

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales**



**LOS LABORATORIOS VIRTUALES APLICADOS A LA  
BIOLOGÍA EN LA ENSEÑANZA SECUNDARIA.  
UNA EVALUACIÓN BASADA EN EL MODELO “CIPP”**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**

**PRESENTADA POR**

**Marta López García**

Bajo la dirección del doctor  
Juan Gabriel Morcillo Ortega

**Madrid, 2009**

• ISBN: 978-84-692-2775-6

©Marta López García, 2008

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES**



**LOS LABORATORIOS VIRTUALES APLICADOS A LA  
BIOLOGÍA EN LA ENSEÑANZA SECUNDARIA. UNA  
EVALUACIÓN BASADA EN EL MODELO CIPP**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR**

Marta López García

**BAJO LA DIRECCIÓN DEL DOCTOR**

Juan Gabriel Morcillo Ortega

Madrid, 2008



A Javier, Alejandro y Esther

A mis padres, *in memoriam*



# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	1
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1- ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN Y OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS	3
2- PRESENTACIÓN DE LOS CAPÍTULOS	10
<b>1- FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
1.1- EL TRABAJO PRÁCTICO EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS	13
1.1.1- El trabajo práctico en la investigación didáctica	17
1.1.1.1- Objetivos del trabajo práctico	17
1.1.1.2- Tipos de trabajo práctico	23
1.1.1.3- Propuestas metodológicas	32
1.1.1.4- Rendimiento académico y evaluación	40
1.1.2- El trabajo práctico en los currículos escolares	49
1.1.3- Obstáculos para la realización del trabajo práctico	59
1.1.4- El trabajo práctico en Biología	65
1.2- CONTRIBUCIÓN DE LAS TIC AL APRENDIZAJE DE PROCEDIMIENTOS EN CIENCIAS	71
1.2.1- Incorporación de las TIC a la educación	72
1.2.2- El ordenador como medio de aprendizaje	77
1.2.3- Consideraciones didácticas sobre el uso del ordenador en el aula	86
1.2.4- Investigación didáctica sobre la utilización de las TIC en la enseñanza	98
1.2.4.1- Líneas de investigación	98
1.2.4.2- Dificultades para la integración de las TIC en la práctica docente	102
1.2.5- Las TIC en la didáctica de las ciencias	107
1.2.6- Recursos informáticos para el aprendizaje de procedimientos de Biología	115
1.2.6.1- Recursos de carácter general	115
1.2.6.2- Recursos de carácter específico	116
1.2.6.2.1- Laboratorio asistido por ordenador	118
1.2.6.2.2- Laboratorios virtuales	118
1.2.6.3- Recursos para consulta	122
1.2.6.4- Recursos para la comunicación y el aprendizaje colaborativo	123
<b>2- PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
2.1- JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN: INTERÉS DIDÁCTICO DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES	125
2.2- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	131
2.3- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: MODELO CIPP	134
2.3.1- La investigación evaluativa	134
2.3.2- El modelo CIPP	141
2.4- FASES DE LA INVESTIGACIÓN	145

### **3- EVALUACIÓN DEL CONTEXTO: ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LAS TIC PARA EL APRENDIZAJE DE PROCEDIMIENTOS DE BIOLOGÍA**

3.1- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	151
3.2- DISEÑO DEL ESTUDIO	165
3.2.1- Objetivos	166
3.2.2- Metodología	167
3.2.3- Instrumento	168
3.2.4- Validación del instrumento	171
3.2.5- Población y muestra	173
3.3- RESULTADOS	175
3.3.1- Análisis descriptivo	175
3.3.2- Análisis de correlaciones	191
3.4- CONCLUSIONES	196

### **4- EVALUACIÓN DEL PROGRAMA: EL LABORATORIO VIRTUAL EN LA ENSEÑANZA DE PROCEDIMIENTOS EN BIOLOGÍA**

4.1. REFERENTES UTILIZADOS: LOS LABORATORIOS VIRTUALES EN LA INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA	205
4.2. DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN LABORATORIO VIRTUAL SOBRE MORFOLOGÍA E IDENTIFICACIÓN DE INSECTOS	217
4.2.1- Fundamentos pedagógicos del programa	217
4.2.2- Características del programa	223
4.2.2.1- Características técnicas	223
4.2.2.2- Objetivos didácticos del programa	226
4.2.2.2.1-Observación	227
4.2.2.2.2- Clasificación	230
4.2.2.3- Contenidos del programa	232
4.2.2.4- Metodología utilizada en las actividades	235
4.2.2.5- Instrumentos de evaluación de las actividades	244
4.3. EVALUACIÓN DEL PROGRAMA	250
4.3.1- Evaluación técnica	251
4.3.2- Evaluación pedagógica	253
4.3.3- Observaciones y valoración global	255
4.4- CONCLUSIONES	256

### **5- EVALUACIÓN DEL PROCESO DE APLICACIÓN**

5.1- METODOLOGÍA	261
5.2- CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO EDUCATIVO	270
5.2.1- Características del centro	270
5.2.2- Características de los alumnos	271
5.2.2.1- Contexto social de los alumnos	271
5.2.2.2- Perfil académico de los alumnos	274

5.3- EVALUACIÓN DEL PROCESO DE APLICACIÓN	275
5.3.1- Observación en el aula	275
5.3.1.1- Instrumento y resultados de la observación	279
5.3.1.2- Ajustes en el proceso de aplicación	284
5.3.2- Valoración de los alumnos	285
5.3.2.1- Categorías establecidas en el cuestionario	287
5.3.2.2- Resumen las respuestas al cuestionario	289
5.3.3- Valoración de los profesores	292
5.3.3.1- Categorías establecidas en la entrevista	295
5.3.3.2- Resumen de las entrevistas	298
5.3.4. Información aportada por la base de datos	305
5.4- CONCLUSIONES	306
<b>6- EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	
6.1- NIVELES ESTABLECIDOS PARA LA EVALUACIÓN	311
6.2- ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES Y OBSTÁCULOS DETECTADOS EN EL CONTEXTO EDUCATIVO EN RELACIÓN AL TRABAJO EXPERIMENTAL	314
6.3- VALORACIÓN DEL PROGRAMA EN RELACIÓN AL LOGRO DE LOS OBJETIVOS	319
6.4- VALORACIÓN DEL PROGRAMA EN RELACIÓN A LA OPINIÓN DE LOS PARTICIPANTES	327
6.4.1- Análisis de la valoración de los alumnos	327
6.4.2- Análisis de la valoración de los profesores	330
6.5- OBSTÁCULOS ENCONTRADOS PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES	335
6.6- CONCLUSIONES	343
<b>7- CONCLUSIONES, IMPLICACIONES DIDÁCTICAS Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b>	
7.1- RESPUESTA A LOS INTERROGANTES BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN	345
7.2- SÍNTESIS DE LAS CONSIDERACIONES DIDÁCTICAS SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES	367
7.3- LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	372
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
1- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	383
2- RECURSOS ELECTRÓNICOS CITADOS	405
<b>ANEXOS</b>	



# AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis doctoral no hubiera sido posible sin el apoyo y la colaboración desinteresada de las personas e instituciones que a continuación menciono y hacia las cuales quiero dejar constancia de mi agradecimiento:

En primer lugar, a mi director de tesis, Dr. Juan Gabriel Morcillo, por la dedicación, interés y confianza que ha mostrado siempre hacia mi trabajo, así como por sus valiosos consejos y su habilidad para reconducir mi natural tendencia a la dispersión. Su participación, además, en el diseño del laboratorio virtual en el que se ha basado parte de la investigación ha sido una aportación fundamental para el desarrollo de dicho programa.

Al resto de los compañeros del equipo que ha participado en la creación del "Laboratorio Virtual de Insectos", por su labor de asesoramiento y supervisión en cuestiones entomológicas llevada a cabo desde el departamento de Zoología y Antropología Física de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense: los doctores Raimundo Outerelo, Purificación Gamarra, y, sobre todo, José M<sup>a</sup> Hernández, quien, además, se ha ocupado de los aspectos técnicos de programación y es, por tanto, responsable último de que todo funcionara correctamente.

Al Vicerrectorado de Innovación y Espacio Europeo de Educación Superior de la Universidad Complutense por el soporte económico prestado para el desarrollo del "Laboratorio Virtual de Insectos" a través de un "Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente" durante el curso 2006/07.

A la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid por la concesión de una licencia por estudios durante el curso 2006/07 que me permitió realizar la mayor parte del trabajo de campo de esta investigación.

A mis compañeros del Departamento de Biología y Geología del IES Luis García-Berlanga, que me han brindado todo su apoyo haciendo posible el desarrollo de la experiencia en el centro y, en especial, a M<sup>a</sup> José Burgos cuya colaboración ha ido más allá de lo que me hubiera atrevido a pedir.

A los doctores Evaristo Nafría, Concepción de Juana, David Reyero y Manuela Martín por hacerse cargo de la evaluación del "Laboratorio Virtual de Insectos".

A los participantes anónimos del cuestionario, compañeros de profesión, sin cuya cooperación no podríamos haber obtenido los datos de partida de la investigación.

A todas aquellas personas cercanas, familia y amigos, cuyas aportaciones no se pueden enumerar por situarse en el ámbito afectivo, pero tan necesarias también en una empresa que ha requerido dedicación plena durante casi tres años.

Por último, debo un agradecimiento especial a Javier por su apoyo constante, quien, además, ha contribuido con sus atinadas observaciones y ayuda material en diversas fases del trabajo, y a mis hijos por su comprensión, ya que muchas de las horas invertidas en este trabajo han sido robadas a ellos.



# INTRODUCCIÓN

---

## 1 ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN Y OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS

La importancia social concedida, desde hace ya décadas, a la educación científica ha ido creciendo y ha experimentado, últimamente, un cambio cualitativo. En efecto, la tradicional atención prestada a las inversiones en educación científica y tecnológica como elemento imprescindible para el desarrollo de un país ha dejado paso al convencimiento de que la alfabetización científica de todos los ciudadanos es una exigencia urgente para la formación en competencias, convencimiento que se refleja en los objetivos educativos marcados por la Unión Europea para el 2010 (Consejo Europeo de Lisboa, 2000). Esta creciente preocupación por la educación científica ha impulsado numerosos estudios institucionales (Eurydice, 2006; OECD, 2006; European Commission, 2007) tendentes a identificar las dificultades encontradas para su extensión a la generalidad de los futuros ciudadanos y se ha convertido en una de las áreas estratégicas de la investigación didáctica.

El consenso general en torno a la trascendencia que tiene la formación científica básica ha trasladado la reflexión hacia cómo mejorar esta formación, con el fin de que los estudiantes puedan integrarse en el mundo altamente tecnológico en el que vivimos y participar activamente en los debates científicos que se plantean en la sociedad. En este sentido, tal vez la tendencia más extendida es la de favorecer las actividades de indagación en el aula que conduzcan a la comprensión de los fenómenos científicos, más que a la acumulación de un conocimiento enciclopédico.

La idea de buscar en la realización de trabajos prácticos la superación de los problemas de aprendizaje inherentes a la tradicional enseñanza expositiva tiene una

larga tradición, especialmente en el mundo anglosajón. En nuestro país, la densidad de los currículos, la falta de instalaciones y material adecuado y el elevado número de alumnos por aula ha impedido, en opinión de muchos profesores, ese cambio metodológico, que se sigue contemplando como una suerte de “revolución pendiente” (Gil [et al.], 1991), toda vez que diversos estudios muestran que la actividad docente en la enseñanza secundaria continúa concentrada, fundamentalmente, en la transmisión de contenidos conceptuales (Nieda, 1994 y 2006; Sanmartí, 2002; Cano y Cañal, 2006; De Pro, 2006).

La familiarización con los métodos de la ciencia, mediante la realización de una amplia diversidad de prácticas de laboratorio, se ha revelado como un asunto extraordinariamente complejo. Es notoria la importancia que desde todos los ámbitos se concede al trabajo práctico de los alumnos: está presente en todos los currículos escolares; desde la investigación didáctica existe una gran preocupación por este tema; las administraciones educativas insisten en las sucesivas reformas del sistema de enseñanza en enfatizar su valor formativo y las editoriales de libros de texto, sin excepción, incorporan en sus manuales propuestas sobre este aspecto. Sin embargo, los pretendidos fines educativos que se persiguen con el trabajo práctico parecen no alcanzarse nunca y cunde el desánimo entre el profesorado, que no encuentra correspondencia entre la inversión de medios y esfuerzo en la realización de estas actividades y el rendimiento académico que se obtiene de la mismas.

Por otra parte, los sistemas educativos deben hacer frente al reto que ha supuesto el cambio cultural propiciado por la irrupción de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (en lo sucesivo TIC) en todos los ámbitos de la sociedad. La responsabilidad de facilitar la inmersión del alumnado en esta cultura tecnológica desde edades tempranas descansa, en gran medida, en la escuela, que debe impulsar planteamientos pedagógicos innovadores y objetivos didácticos en relación a la

utilización de estos recursos con el fin de movilizar a la comunidad educativa hacia lo que se ha dado en llamar la *sociedad de la información y el conocimiento*.

La incorporación de las TIC a la enseñanza proporciona un nuevo espacio de reflexión acerca de su posible aportación al trabajo práctico en las disciplinas científicas, entre ellas, en el área de Biología. Las posibilidades de estas herramientas en cuanto al acceso y almacenamiento de la información, la comunicación, la simulación o la interactividad, amplían las fronteras para la realización de actividades prácticas, ya que abren nuevos escenarios educativos para el aprendizaje de los procedimientos científicos. La aplicación de las TIC al trabajo experimental mediante la utilización de diferentes recursos informáticos puede, así mismo, dar respuesta a las necesidades formativas que conllevan los cambios tecnológicos y abre nuevas vías para la innovación y la investigación en un campo en el que parece detectarse, todavía, cierta resistencia.

A pesar de ser muchos los agentes educativos implicados en la integración de las TIC en la actividad docente, es en el profesorado en quien recae la responsabilidad última de la adopción de nuevas metodologías coherentes con la reforma educativa implícita en dicha integración. Entre las motivaciones de esta investigación se encuentra la convicción personal de la importancia que tiene la participación activa del profesorado en los momentos de cambio educativo. A lo largo de un dilatado periodo de docencia en la enseñanza secundaria, han sido muchas las ocasiones que han evidenciado la necesidad de cuestionar y reorientar prácticas y creencias en torno al proceso de aprendizaje de procedimientos en el ámbito de la Biología, lo que ha proporcionado gratificantes logros, pero también algunas frustraciones. La adopción de una postura investigadora sobre este tema tiene como finalidad sacar a la luz algunas de las dificultades que obstaculizan el trabajo experimental en la enseñanza secundaria y favorecer una reflexión acerca de la utilización de las TIC en este campo. A través de

planteamientos coherentes con los resultados encontrados por quienes se han dedicado al mismo campo de investigación, el ejercicio riguroso de la actividad investigadora y la experiencia docente como factor coadyuvante, en este trabajo se han intentado concretar, de manera explícita, algunas aportaciones de las TIC en el ámbito del trabajo experimental a partir de la evaluación de alternativas metodológicas basadas en la utilización de laboratorios virtuales para el desarrollo de ciertas destrezas científicas.

El punto de partida de esta investigación descansa en la evidencia de que el software de simulación, en el que se basan la mayoría de los laboratorios virtuales, permite crear ambientes de aprendizaje enriquecidos donde los estudiantes pueden visualizar procesos complejos e interactuar con ellos, lo cual puede aportar ciertas ventajas para la realización de trabajos prácticos, tanto para los profesores como para los alumnos.

Basado en dicha evidencia, el objetivo general de la tesis es valorar las aportaciones y las limitaciones de los laboratorios virtuales como recurso didáctico para el aprendizaje de procedimientos científicos en Biología. Para ello, tomando como referencia el análisis de diferentes programas desarrollados con esta finalidad, así como los hallazgos previos de la investigación didáctica acerca de las ventajas pedagógicas de estas herramientas y los obstáculos para su implantación, se ha llevado a cabo la evaluación sistemática de la aplicación de un laboratorio virtual en el aula.

El trabajo que presentamos se sitúa, por tanto, en el ámbito interdisciplinar donde confluyen la didáctica de la Biología y las aplicaciones de la Informática Educativa. La escasez de software adecuado para los objetivos de la investigación ha incrementado la complejidad de la investigación, ya que a las habituales tareas de revisión bibliográfica, diseño de la metodología de trabajo, recopilación de información y, en su caso, experimentación inherentes a la actividad investigadora en el ámbito disciplinar, ha sido necesario añadir la utilización de herramientas y técnicas informáticas

avanzadas para el diseño y desarrollo del software que ha servido como modelo para la evaluación de los laboratorios virtuales aplicados a la Biología. Esto ha hecho necesario trabajar en estrecha colaboración con expertos en informática, lo que ha sido posible a través de la participación en un proyecto titulado “*Diseño, desarrollo y evaluación de laboratorios virtuales para la Didáctica de las Ciencias Experimentales*” financiado por el Vicerrectorado de Innovación y Espacio Europeo de Educación Superior de la Universidad Complutense en la convocatoria de “Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente” del curso 2006/07. El programa desarrollado en dicho proyecto, denominado “*Laboratorio Virtual de Insectos*” está alojado en un servidor de la Universidad Complutense de Madrid y disponible en la dirección:

<http://darwin.bio.ucm.es/usuarios/vespa/index.php>

Dicho programa, fundamentado sólidamente en la didáctica de la Biología, desarrolla las destrezas de observación y clasificación implicadas en el estudio de la morfología e identificación de los insectos, y ha sido sometido a una experiencia de aula en un Instituto de la Comunidad de Madrid.

En el desarrollo de la investigación se ha utilizado una metodología cualitativa, entendiendo que los fenómenos educativos no pueden analizarse exclusivamente a partir de datos numéricos sobre los que, a menudo, ni siquiera hay acuerdo. La perspectiva cualitativa en la investigación didáctica es necesaria toda vez que estamos ante un espacio social asimétrico (Villasante, 1999) y conviene prestar especial atención a situaciones no previstas o que puedan disentir con el discurso dominante y

que resulten pertinentes para el objeto de estudio. Sin embargo, la utilización de la metodología cualitativa no significa prescindir de datos o medidas. Cuando se aplican conjuntamente técnicas cuantitativas y cualitativas con rigor, las evidencias que aportan caen dentro del rango de los métodos que pueden considerarse científicos y ofrecen inferencias más consistentes que si se utilizan aisladamente (Feuer, Towne, y Shavelson, 2002). De acuerdo con esta idea, en la presente investigación se han utilizado técnicas cuantitativas para una recogida amplia de información y cualitativas para clarificar situaciones y contextos.

Para llevar a cabo la valoración del interés didáctico de los laboratorios virtuales nos hemos basado en el modelo CIPP (*context, input, process, product*) para la evaluación de programas, propuesto por Stufflebeam y Shinkfield (1995). Este modelo, recogido en las clasificaciones de diseños de investigación educativa por diferentes autores (Arnal, Del Rincón y Latorre, 1992; Bisquerra, 2000), es, según Escudero (2003), el más utilizado en la investigación evaluativa. El modelo CIPP analiza el objeto de estudio desde cuatro dimensiones - el contexto, el programa, el proceso y los resultados - sobre las que se realizan evaluaciones independientes, pero a través de las cuales se pretende una evaluación global e integradora:

- *La evaluación del contexto: es la primera fase y su objetivo es definir el ámbito de la investigación y diagnosticar los problemas o necesidades que existen respecto al tema de estudio.*
- *La evaluación del producto: en esta etapa se analiza el programa que se va aplicar, identificando su capacidad para responder a los problemas diagnosticados*
- *La evaluación del proceso: consiste en la valoración de la aplicación de dicho programa, grado de cumplimiento de la planificación establecida, obstáculos encontrados y modificaciones realizadas.*

- *La evaluación de los resultados: en esta fase se recopilan los datos obtenidos en las anteriores, relacionándolos con los problemas detectados en la evaluación del contexto para valorar hasta qué punto el programa cumple los objetivos previstos y contribuye a dar solución a las necesidades planteadas.*

(Fig. 1)

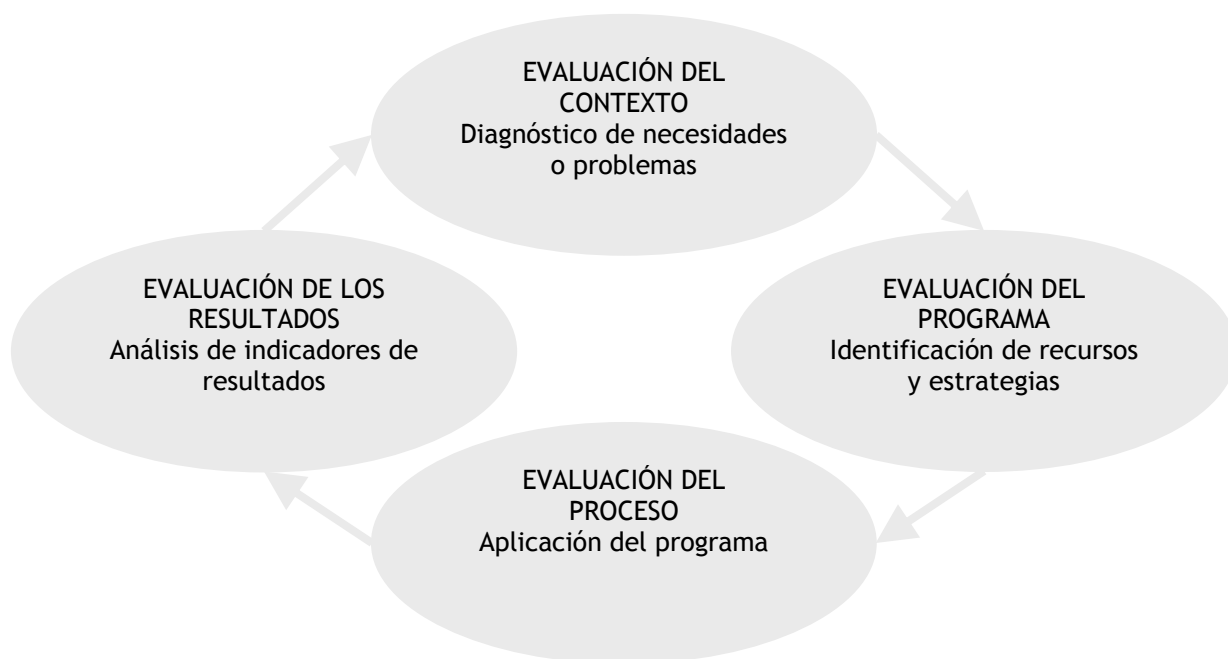


Fig. 1: Modelo CIPP

La presente memoria de la investigación que hemos llevado a cabo expone de manera sucinta el fundamento teórico, la estrategia seguida y los resultados obtenidos en un ejercicio de análisis y evaluación efectuado para identificar los puntos fuertes y débiles de la utilización de los laboratorios virtuales orientados al desarrollo de habilidades cognitivas propias del trabajo experimental. Para dicho análisis se ha considerado un contexto de aprendizaje específico, las características particulares del software utilizado y las condiciones de su aplicación en el aula. Puesto que el interés de esta investigación va más allá de la evaluación de un software educativo concreto, también

se han tenido en cuenta experiencias previas en este campo, la opinión de los profesores respecto a las dificultades que condicionan el trabajo experimental, la percepción de los profesores en relación a la eficacia de los laboratorios virtuales en su propia actividad docente y las dificultades encontradas en la aplicación de estas herramientas.

Los hallazgos de la investigación han puesto de manifiesto el interés didáctico de los laboratorios virtuales y su potencialidad para solucionar algunos problemas que entraña el trabajo experimental en Biología en la enseñanza secundaria, así como las principales limitaciones para su implantación en el contexto de los centros públicos de la Comunidad de Madrid.

## **2 PRESENTACIÓN DE LOS CAPÍTULOS**

El trabajo que presentamos está dividido en siete capítulos, cuyo contenido se expone a continuación:

El *capítulo 1* desarrolla el marco teórico de la investigación e incluye dos apartados que constituyen los dos ejes conceptuales sobre los que se sustenta la investigación:

- . El primero de ellos está referido a la revisión de la investigación didáctica en torno a las consideraciones epistemológicas sobre el trabajo experimental en la enseñanza de las ciencias, sus fines, tipos, metodología y rendimiento académico. También se ha llevado a cabo un análisis de la importancia que los currículos escolares conceden a estas actividades, de los obstáculos para su realización en el aula y de las características específicas del trabajo práctico en Biología.
- . El segundo apartado contiene una reflexión acerca de la integración de las TIC en la actividad docente: el papel del ordenador en la enseñanza, las consideraciones didácticas de su uso y las principales líneas de investigación en

este campo. También incluye una revisión de investigaciones previas sobre las aplicaciones de las TIC a la enseñanza de las ciencias así como del software educativo disponible para el aprendizaje de procedimientos en Biología.

En el *capítulo 2* se expone el planteamiento general de la investigación partiendo de una justificación del interés de la misma basada en experiencias previas analizadas desde la investigación didáctica. A continuación se especifican los objetivos de la tesis y se describen la metodología utilizada y las fases de la investigación.

El *capítulo 3* constituye la primera fase de la investigación evaluativa, que ha consistido en la evaluación del contexto en el que desarrolla la experiencia. Aunque el ámbito de la investigación es la Comunidad de Madrid, el capítulo se inicia con una referencia a estudios exploratorios previos del contexto educativo en el ámbito nacional, con especial énfasis en aquellos que tratan de indagar acerca de la utilización de las TIC en el aula y las dificultades encontradas para su implantación. También se incluye una breve comparación de nuestra situación respecto al ámbito europeo. A continuación se describe de forma pormenorizada el diseño del estudio exploratorio llevado a cabo en la Comunidad de Madrid, sus objetivos, metodología, instrumento utilizado, métodos de validación del mismo y descripción de la muestra sobre la que se ha aplicado el estudio. Finalmente se exponen los resultados y las conclusiones del estudio.

El *capítulo 4* contiene una descripción del software utilizado en la experiencia que incluye una explicación de las características técnicas, una fundamentación de los objetivos didácticos del programa, la descripción de las actividades del laboratorio virtual y la justificación del sistema de evaluación utilizado. También aporta una evaluación técnica y pedagógica realizada por expertos que han revisado el programa antes de su aplicación.

El *capítulo 5* recoge la evaluación del proceso de aplicación del programa. Comienza con una descripción del contexto educativo en el que se ha llevado a cabo la aplicación, centrada en las características del centro y de los alumnos, para seguir con una reseña de las incidencias encontradas y las observaciones realizadas durante el proceso de aplicación del programa. La recogida de información a partir de la observación en el aula se completa con una entrevista a los profesores y un cuestionario a los alumnos participantes.

El *capítulo 6* resume los resultados de la aplicación del laboratorio virtual. En él se exponen las calificaciones obtenidas por los alumnos a través del sistema de evaluación del programa, así como el análisis de las opiniones de profesores y alumnos recogidas en el capítulo anterior. También incluye una interpretación de los resultados en relación al contexto educativo de la Comunidad de Madrid que ha servido como marco de referencia para la investigación.

En el *capítulo 7* se exponen las conclusiones de la investigación: una síntesis de las consideraciones sobre la utilización de los laboratorios virtuales así como las respuestas a los interrogantes básicos de la investigación. También se plantea en este capítulo una reflexión sobre las futuras líneas de investigación que pueden abrirse en este campo.

En el apartado *Bibliografía* se recogen tanto la bibliografía citada como los recursos electrónicos reseñados.

Finalmente, la sección *Anexos* incluye una serie de documentos que corresponden a los instrumentos de investigación utilizados y a la transcripción de las entrevistas completas de los profesores.

# 1

## FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

---

### 1.1. EL TRABAJO PRÁCTICO EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Los currículos de ciencias en la enseñanza secundaria suelen centrarse, principalmente, en los contenidos conceptuales y regirse por la lógica interna de las disciplinas científicas, pero a menudo se olvidan de dar formación sobre la ciencia misma, es decir, sobre qué es la ciencia, cómo funciona internamente, cómo se desarrolla, cómo construye su conocimiento, cómo se relaciona con la sociedad, qué valores utilizan los científicos en su trabajo profesional, etc. Todos estos aspectos constituyen lo que se conoce como *naturaleza de la ciencia*. Como consecuencia de esta falta de atención hacia aspectos tan relevantes de la formación científica, la imagen de la ciencia transmitida por la enseñanza tradicional suele estar traspasada y deformada, pues corresponde a la de un conocimiento acabado, definitivo, dogmático e incontestable (Acevedo-Díaz [et al.], 2007), mientras que desde la investigación didáctica se demandan estudios sobre las concepciones científicas del profesorado (Porlán y Martín, 2006).

Las actuales consideraciones epistemológicas abogan por la inclusión explícita en los currículos de una enseñanza sobre la naturaleza de la ciencia, llegando a afirmarse que una persona no debería considerarse alfabetizada en ciencia si no es capaz de comprender los valores y supuestos de la actividad científica y los procesos mediante

los cuales se crea el conocimiento científico y si no llega a superar una imagen ingenua de la ciencia basada en hechos aislados de su contexto, ya que el contexto es lo que confiere a este conocimiento su relevancia y aplicabilidad (Lederman, 1999). En este intento de acercar la enseñanza de la ciencia a la naturaleza misma de la actividad científica, el aprendizaje de procedimientos y destrezas en los que ésta se fundamenta juega un papel esencial.

A partir de la década de los sesenta se suscitó entre el profesorado de enseñanza secundaria un debate que cuestionaba los métodos tradicionales de enseñanza, provocando un replanteamiento de objetivos, programas y metodologías que ha desembocado, en alianza con otros factores coadyuvantes, en sucesivas reformas educativas. La implantación de la LOGSE en 1990 (España, Jefatura del Estado, 1990), tras varios años de experimentación y debate, supuso una revisión importante de los currículos escolares que introdujo, entre otros muchos cambios, distintos niveles de decisión en el diseño del currículo (nacional, autonómico y específico de cada escuela), definió objetivos educativos en términos de capacidad de los alumnos, modificó el sistema de evaluación, concedió una especial importancia al aprendizaje de procedimientos y actitudes e incluyó contenidos transversales vinculados a la educación en valores de los alumnos en todas las áreas curriculares. La LOPEG, en 1995 (España, Jefatura del Estado, 1995), trajo nuevos cambios en la gestión y gobierno de los centros educativos y la LOCE, en 2002 (España, Jefatura del Estado, 2002), supuso un replanteamiento del currículo, de los objetivos educativos y de los aspectos metodológicos, otorgando más peso a los contenidos conceptuales. Los principios que inspiran la última reforma educativa, la LOE, aprobada en 2006 (España, Jefatura del Estado, 2006), animan al profesorado de enseñanza secundaria a la adopción de metodologías más participativas en las que los alumnos formen parte activa de su propio aprendizaje y propugnan un aprendizaje basado en las competencias.

En las materias de ciencias experimentales, uno de los principales focos de atención del debate que ha acompañado a esta sucesión de desarrollos curriculares ha sido la importancia del trabajo práctico en los procesos de aprendizaje. La reflexión en torno a la naturaleza, los fines y la necesidad del trabajo experimental en ciencias, permitió, desde la investigación didáctica, el intercambio de numerosas opiniones y puso de manifiesto la existencia de problemas específicos de este aspecto de la enseñanza, que carece de referentes precisos y cuyas fronteras se amplían con la incorporación de nuevas herramientas de trabajo.

Aunque las conclusiones de los numerosos trabajos que se han venido publicando sobre este aspecto mantienen un punto de indeterminación, cuando no son claramente divergentes, respecto a los fines concretos del trabajo práctico y su articulación en los planes de estudio, parece existir cierto consenso en torno a una posición: ni la teoría ni el trabajo práctico proporcionan por sí solos una comprensión sobre la naturaleza de la ciencia. La asociación entre trabajo práctico y teoría se entiende como una relación de necesidad 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.

El sello distintivo de las ciencias es su capacidad para generar teorías y leyes que deben ser consistentes con las evidencias que se obtienen a partir de las observaciones, muchas de las cuales tienen lugar durante investigaciones en laboratorio. La posición de la NSTA<sup>1</sup> (2007) respecto al papel de la actividad experimental en la formación científica es que, para que las ciencias puedan ser enseñadas de forma rigurosa y efectiva, las actividades de laboratorio deben formar parte integral del currículo, ya que contribuyen a una mejor comprensión de los

---

<sup>1</sup> La NSTA (National Science Teachers Association) es la asociación norteamericana de profesores de ciencias, cuyo objetivo es promover la calidad y la innovación en la enseñanza de las ciencias. Fundada en 1944, y con más de 55.000 miembros, actualmente es la asociación de profesores de ciencias de mayor prestigio y con mayor número de miembros en el mundo

conceptos científicos así como al entendimiento de la naturaleza y las actitudes de la ciencia y al desarrollo de las habilidades del razonamiento científico.

Algunos profesores, en referencia a la importancia de las actividades prácticas para la comprensión de la ciencia, subrayan la complejidad de determinados conceptos científicos, indicando que “los estudiantes entienden más fácilmente todo lo que pueden ver, sintiéndose más motivados hacia estos conocimientos” (Caño y Canal, 2006). Una anécdota recogida por Martín y Martín (2002), en su artículo “Trabajo experimental en la enseñanza de las ciencias experimentales en niveles no universitarios”, ilustra muy bien esta idea: Ira Remsey, codescubridor de la sacarina, cuenta en sus memorias que, cuando estudiaba secundaria, estaba intrigadísimo por saber qué significaba que los ácidos atacan los metales. *“Un día que el profesor lo envió al laboratorio, a buscar unos cuadernos, vio sobre la mesa un frasco de nítrico y no se lo pensó dos veces, sacó una moneda, la colocó en un vaso y le echó nítrico. Cuando comprobó que la moneda desaparecía metió los dedos para sacarla y como se quemó se limpió rápidamente en los pantalones. Nunca más se le olvidó que el ácido nítrico atacaba los metales, los dedos y los pantalones.”*

Sin embargo, la incorporación de actividades experimentales en los currículos de enseñanza secundaria no está exenta de controversia. La disparidad de planteamientos en este ámbito obedece no sólo a la lógica diferencia de criterio de los profesores en el ejercicio de su profesión, a las necesarias adaptaciones al tipo de alumnado al que van dirigidas las actividades o a las limitaciones de medios y materiales que pudieran darse, sino que, seguramente, es también reflejo de una falta de directrices claras por parte de las administraciones educativas y de resultados concluyentes por parte de la investigación educativa. A continuación se analizan algunos de los aspectos relevantes sobre el trabajo práctico, tanto desde la investigación didáctica como desde la práctica docente.

### **1.1.1. EL TRABAJO PRÁCTICO EN LA INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA**

Los intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias, surgidos a partir de los años sesenta, giraron en torno al binomio adquisición significativa de conocimientos / familiarización con la metodología científica, en un intento de aproximar contenidos y métodos, realizando el papel educativo de estos últimos (Gil Pérez, 1983). El interés creciente por las actividades prácticas ha tenido como fruto la publicación de numerosos estudios que pretenden determinar los límites y la naturaleza del trabajo experimental. Lo que sigue es un breve resumen de algunas de las aportaciones más significativas de la investigación didáctica en torno a la discusión sobre el papel que desempeña el trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias.

#### **1.1.1.1. Objetivos del trabajo práctico**

Aunque no existe una definición consensuada, bajo la denominación de trabajo práctico se suelen incluir actividades realizadas por los alumnos en las que éstos tengan que desarrollar destrezas manipulativas o intelectuales para solucionar algún tipo de problema o para explorar el medio natural. La mencionada falta de consenso alcanza incluso a la propia denominación de unas actividades que aparecen recogidas en la investigación didáctica, indistintamente, como *trabajo experimental*, *investigación escolar* o *actividades prácticas*, aunque quizás sea la denominación de *trabajo práctico* la más utilizada. Para Hodson (1994) el trabajo práctico sería cualquier método de aprendizaje que exija a los alumnos que sean activos en lugar de pasivos, de acuerdo con la idea de que los estudiantes aprenden mejor a través de la experiencia directa. Para Miguens y Garret (1991) las expresiones “trabajo práctico” o “actividades prácticas” se utilizan para indicar el trabajo realizado por los estudiantes en la clase, en el laboratorio o en el campo que pueden involucrar un cierto tipo de interacción con

el profesor e incluyen demostraciones, experimentos exploratorios, experiencias prácticas e investigaciones.

Del Carmen (2000) propone, como características que definen el trabajo práctico:

- *Son actividades realizadas por los alumnos*
- *Implican el uso de procedimientos científicos de diferentes características (observación, formulación de hipótesis, realización de experimentos, técnicas manipulativas, elaboración de conclusiones, etc.) y con diferentes grados de aproximación en relación al nivel académico*
- *Requieren el uso de material específico*
- *Con frecuencia se realizan en un ambiente diferente al aula (laboratorio, campo...)*
- *Encierran ciertos riesgos, por lo que es necesario tomar medidas*
- *Son más complejas de organizar que las actividades de aula*

Una definición más reciente de la NSTA (2007), define el trabajo práctico (recogido como investigación escolar) como una experiencia en el laboratorio, en clase o en el campo que proporciona a los alumnos oportunidades para interactuar directamente con los fenómenos naturales o con los registros de datos existentes, usando herramientas y materiales específicos, técnicas de recogida de datos y modelos.

Sin embargo, muchos autores definen el trabajo práctico a partir de sus objetivos, siendo numerosos los estudios que buscan concretar los objetivos educativos de las actividades prácticas. Barberá y Valdés (1996) en una revisión bibliográfica sobre la finalidad del trabajo práctico constatan las diferencias de criterio respecto a los objetivos que debe cubrir, a la luz de numerosas investigaciones que citan como ejemplo. Un estudio citado por estos autores, que analiza la investigación didáctica sobre este tema llevada a cabo en Gran Bretaña durante tres décadas, revela una gran disparidad entre los objetivos que proponen para el trabajo práctico investigadores, diseñadores curriculares, profesores y alumnos en los distintos niveles

educativos. Así, en los años sesenta, mientras que profesores e investigadores proponen como objetivos principales descubrir leyes a partir de la experiencia, adiestrar a los estudiantes en la realización de informes experimentales y en la confección de un diario de laboratorio o servir de motivación para mantener vivo el interés en el estudio de las ciencias, para los alumnos los objetivos que cumple el trabajo práctico en su instrucción son el aprendizaje de técnicas experimentales y el refuerzo de clases teóricas, objetivos que los profesores consideran poco prioritarios.

En los años setenta se propone una clarificación de los objetivos por parte de los profesores y su comunicación efectiva a los estudiantes especificando el tipo de experiencia a realizar y sus propósitos educativos. En este sentido, Baberá y Valdés citan las investigaciones de Hofstein y Lunetta (1982) que denuncian que muchos de los objetivos de las prácticas que se plantean en los informes de estos años son los mismos que los de un curso de ciencias y señalan la necesidad de definir concretamente dónde el trabajo de laboratorio puede aportar algo especial, propio y significativo citando como ejemplo trabajos como el de Anderson (1976) en el que se proponen cuatro aspectos educativos que se desarrollan mediante el trabajo práctico:

- *Proporcionar una explicación a los fenómenos naturales*
- *Aprender formas de razonamiento sistemáticas y generalizadas que puedan ser transferidas a otras situaciones problemáticas*
- *Emular el papel del científico en la investigación*
- *Conseguir una visión de conjunto de las distintas ciencias*

Por último, las reformas curriculares realizadas en los años ochenta en Gran Bretaña pusieron especial énfasis en los procedimientos, tendencia que se plasmó en proyectos curriculares como el de Inglaterra y Gales (DES, 1985), que proponen como objetivos de las prácticas de laboratorio:

- *Hacer observaciones*
- *Seleccionar de entre éstas las que sean relevantes para la investigación que se plantea realizar*
- *Buscar e identificar regularidades y patrones*
- *Sugerir y evaluar explicaciones para los patrones propuestos*
- *Diseñar y realizar experimentos para probar las explicaciones sugeridas*

Desde el punto de vista de los profesores tampoco parece estar clara la intencionalidad con que se llevan a cabo las actividades prácticas. Hodson (1994), al preguntar a los profesores acerca de sus razones para hacer que los estudiantes participen en actividades prácticas, observa que el abanico de motivos es desconcertante, aunque los agrupa en cinco categorías generales que analiza después críticamente:

- *Para motivar*
- *Para enseñar las técnicas de laboratorio*
- *Para intensificar el aprendizaje de los conceptos científicos*
- *Para proporcionar una idea sobre el método científico*
- *Para desarrollar determinadas “actitudes científicas”*

Praia y Marques (1997) afirman que cuando los profesores se proponen realizar actividades de trabajo de laboratorio, la mayoría de las veces tienen en mente varios objetivos y que sus representaciones sobre lo que es ciencia, sobre lo que es hacer ciencia o lo que es el método científico interfieren, no solamente en lo que enseñan, sino, sobre todo, en cómo lo enseñan y en el significado que atribuyen al trabajo de laboratorio.

En España, los estudios realizados sobre los fines del trabajo práctico adquieren especial relevancia a partir de la implantación de la LOGSE, que señala claramente los

objetivos procedimentales como objetivos educativos. Algunos autores, a partir de este momento, se esfuerzan por elaborar una lista de posibles fines del trabajo práctico.

Así, Miguens y Garret (1991) recopilaron los objetivos de más valor para el trabajo práctico a partir de una revisión de la literatura reciente:

- *Desarrollar competencias en el trabajo como un científico real resuelve los problemas. Desarrollar la habilidad para desarrollar una investigación científica genuina*
- *Ayudar a los estudiantes a extender un conocimiento sobre fenómenos naturales a través de nuevas experiencias*
- *Facilitar a los estudiantes una primera experiencia, un contacto con la naturaleza y con el fenómeno que ellos estudian*
- *Dar oportunidades para explorar la extensión y límite de ciertos modelos y teorías. Comprobar las ideas alternativas experimentalmente y aumentar la confianza al aplicarlas a la práctica. Explorar y comprobar las estructuras teóricas a través de la experimentación*
- *Desarrollar algunas destrezas científicas prácticas, tales como observar y manipular*

Caballer y Oñorbe (1997), por su parte, afirman que los objetivos que persiguen las actividades prácticas se centran sobre todo en habilidades intelectuales de aplicación: enseñar algunas técnicas de trabajo, manejar con soltura datos, fórmulas y cálculos, manipular materiales e instrumentos de medida, mostrar determinados fenómenos, afianzar conceptos, analizar los factores que intervienen en una situación, despertar la curiosidad o trabajar con orden y limpieza.

Otros, en cambio, prefieren una concepción global de las actividades prácticas. Para González Eduardo (1992) uno de los objetivos más señalados a la hora de fundamentar la tarea de laboratorio en la enseñanza es acercar a los alumnos a la actividad y a los métodos de la ciencia, mientras que Sanmartí [et al.] (2003) centran su importancia en la adquisición de habilidades manipulativas, ya que entienden que el

aprendizaje de una determinada técnica sirve para la construcción de modelos asociados y afirman que uno de los factores que ha dado lugar al avance de la ciencia es la invención y uso de nuevos instrumentos, argumentando que sin microscopio no existiría el concepto de célula tal y como hoy se ha construido.

Como puede verse, cuando se plantea el objetivo concreto que persiguen los trabajos prácticos nos encontramos con una gran diversidad de propuestas, cuya consecuencia, sin duda beneficiosa, es la de dar a conocer diferentes opiniones respecto al papel que debe jugar el trabajo práctico en los planes de estudio. Sin embargo, llegado el punto en que *“algunas veces los profesores hacen prácticas sin una buena razón o sin pensar en objetivos útiles”* (Miguens y Garret, 1991) o cuando *“se pueden constatar los motivos más desconcertantes a partir de preguntas realizadas a los profesores sobre las razones personales para promover actividades de trabajo de laboratorio”* (Praia y Marques, 1997), parece necesaria una reflexión encaminada a buscar mayor concreción respecto a la finalidad del trabajo práctico en los distintos niveles educativos. La búsqueda de un consenso podría arrojar luz sobre la necesidad de secuenciación de los objetivos del trabajo práctico, es decir, su adecuación a la lógica interna de las disciplinas y al desarrollo cognitivo de los alumnos mediante la gradación de la complejidad de los conceptos implicados, el tránsito del nivel descriptivo al interpretativo o el paso de los estudios con pocas variables a otros con muchas.

Por otra parte, la mayoría de los objetivos reseñados, formulados de una u otra forma, giran en torno a la adquisición de destrezas científicas concretas, obviando aspectos importantes en la formación de los alumnos que difícilmente se pueden reducir a un modelo científico, como son el trabajo en equipo, la riqueza argumental, la autonomía o la capacidad para desarrollar recursos expresivos, destrezas, todas ellas, más generales y que también pueden alcanzarse a partir de la realización de actividades prácticas.

Así las cosas, en ausencia de referentes de autoridad, es el profesor el que debe buscar coherencia a la hora de diseñar o seleccionar las actividades prácticas dentro del marco epistemológico que le sirve de referencia, y conectando con las experiencias y conceptos previos de los alumnos, para desarrollar los procesos intelectuales y destrezas manipulativas propias del trabajo científico.

### **1.1.1.2. Tipos de trabajo práctico**

Como hemos mencionado, la implantación de la LOGSE supone un punto de inflexión en España respecto a la importancia otorgada al trabajo práctico y a los procesos de enseñanza, hasta el punto de considerarse, en ocasiones, el conocimiento procedimental como un cuerpo de conocimientos en sí mismo, desvinculado de los contenidos teóricos, lo que ha conducido, en muchos casos, a la aplicación inductivista del método científico tal y como fue formulado por Bacon, consistente en una serie de pasos consecutivos, práctica, en la actualidad, severamente criticada.

Se han producido en este sentido intentos de plantear el aprendizaje de las ciencias a partir de la experimentación del alumno, que asume el papel del científico, cuando el alumno no tiene (y habría que decir que, en muchos casos, tampoco los profesores) la preparación, los recursos o la experiencia de un científico. Este afán ha llevado a plantear el trabajo práctico, en muchas ocasiones, como una sucesión de experimentos que demuestran una serie de principios científicos y que, siempre que se sigan las instrucciones adecuadamente, desembocan en el resultado esperado. Algo que refuerza la visión empirista de las ciencias y su concepción como un cuerpo de conocimientos inmutable (Barberá y Valdés, 1996).

Los trabajos prácticos comprenden actividades para desarrollar procedimientos y pueden interpretarse en una amplia extensión de formas, razón por la que han sufrido

numerosas clasificaciones en función del tratamiento y el contexto en que los profesores utilicen la gran variedad de actividades prácticas posibles. La mayoría de los investigadores agrupan estas actividades en listas más o menos completas que se elaboran atendiendo a diferentes criterios de clasificación.

Woolnough y Allsop (1985) consideran que en ningún caso el objetivo del trabajo práctico que desarrollan los estudiantes debe ser reforzar y comprobar la teoría correspondiente y proponen tres objetivos fundamentales y para cada uno de ellos una clase distinta de trabajo práctico:

- *Ejercicios, diseñados para desarrollar técnicas y destrezas prácticas*
- *Investigaciones, en las que los estudiantes tienen la oportunidad de enfrentarse a tareas abiertas y ejercitarse como científicos que resuelven problemas*
- *Experiencias, en las que se propone que los alumnos tomen conciencia de determinados fenómenos naturales*

En otros casos, (Perales, 1994), se clasifican los trabajos prácticos mediante el establecimiento de diversos criterios:

- *Por su ámbito de realización:*
  - Prácticas de laboratorio*
  - Prácticas caseras*
  - Prácticas de campo*
- *Por el carácter de su resolución:*
  - Abiertos*
  - Cerrados*
  - Semicerrados*
- *Por sus objetivos didácticos:*
  - De habilidades y destrezas*
  - De verificación*
  - De predicción*

*Inductivos*

*De investigación*

Para Miguens y Garret (1991) el trabajo práctico está limitado, en la mayoría de los casos, a ejercicios en los que los estudiantes realizan alguna clase de actividad o manipulación de equipos guiados por claras y precisas instrucciones. Este trabajo, frecuentemente, conduce a los alumnos a un seguimiento mecánico de pasos, en fichas o carpetas de trabajo, sin que ningún pensamiento sea aplicado y, consecuentemente, lo que se aprende es mínimo. Una posible clasificación de los trabajos prácticos para estos autores sería:

- *Experimentos de descubrimiento guiado, en los que los procedimientos son realizados por los estudiantes encaminados hacia una única y predeterminada respuesta. Este tipo de trabajo conduce al juego de la “respuesta correcta” y lleva la marca de los puntos de vista inductivista y empirista de la ciencia, que no está de acuerdo con la filosofía de la ciencia actual.*
- *Las demostraciones realizadas por el profesor a un grupo de estudiantes, involucrando o no alguna discusión sobre lo que se está haciendo, han sido casi abandonadas probablemente como rechazo a los métodos didácticos expositivos. Sin embargo, pueden ser útiles en algunas ocasiones, por ejemplo para ilustrar la teoría.*
- *Las experiencias, definidas como simples experimentos exploratorios, generalmente cualitativos, muy cortos y rápidos, pueden ser beneficiosos para un primer acercamiento de los alumnos al fenómeno científico.*
- *El trabajo de campo, entendido como aquél en el que los alumnos salen de la escuela para recoger materiales y datos o experimentar en el campo, también tiene interés especialmente para las disciplinas de Biología, Geología o Ciencias de la Tierra y pueden ser utilizados como punto de arranque para discutir algunos fines contradictorios en ciencia, política, economía o tecnología y para valorar la importancia de la ciencia en la conservación del medio ambiente.*

- *Las investigaciones, en que los estudiantes están involucrados en resolver problemas abiertos o cerrados, reúnen el verdadero valor, utilidad y significado del trabajo práctico. Esto requiere que los alumnos planifiquen, ejecuten, interpreten y evalúen las pruebas o posibles soluciones y expongan sus resultados de forma verbal o escrita. Los estudiantes encuentran estos proyectos motivadores, interesantes y relevantes, los sienten como problemas reales y se involucran en una investigación personal. Esto permitiría también liberar al trabajo práctico de la tiranía de la teoría, ya que según algunos autores el interés de la unión entre teoría y actividades prácticas es, al menos, dudoso.*

También otros autores defienden una reorientación de las prácticas de laboratorio como actividades de investigación. Gil y Valdés (1996) proponen diez aspectos que deberían estar presentes en este tipo de actividades, aunque estos no deben entenderse como una sucesión de pasos sino como una muestra de la riqueza de la actividad científica y una llamada de atención contra los habituales reduccionismos:

- *Presentar situaciones problemáticas abiertas*
- *Favorecer la reflexión*
- *Potenciar los análisis cualitativos*
- *Plantear la emisión de hipótesis*
- *Conceder importancia a la elaboración de diseños*
- *Plantear el análisis detenido de los resultados*
- *Plantear otras posibles perspectivas e implicaciones*
- *Pedir un esfuerzo de integración en un cuerpo de conocimientos coherente*
- *Conceder importancia a la elaboración de memorias científicas*
- *Potenciar la dimensión colectiva del trabajo científico*

En otras ocasiones, el trabajo práctico es entendido como un proceso de resolución de problemas. Caballer y Oñorbe (1997) clasifican los trabajos prácticos atendiendo a dos criterios:

- *Por su proceso de resolución y ámbito de realización:*

*Problemas de lápiz y papel (aula)*

*Experimentales (laboratorio)*

*De observación directa (trabajo de campo)*

- *Por los objetivos de conocimiento:*

*Problemas-cuestiones, dirigidos a la adquisición de contenidos conceptuales, que, en el caso de las actividades de laboratorio se corresponderían con las demostraciones*

*Problemas-ejercicios, destinados al aprendizaje de determinadas técnicas y destrezas de manipulación*

*Problemas-investigaciones, para la adquisición de conocimientos procedimentales y de actitudes hacia la ciencia y sus métodos de trabajo*

También las actividades prácticas han sido clasificadas en función de su nivel de indagación. Geli de Ciurana (1995) pone como ejemplo la escala de Herron (1971) que clasifica las actividades prácticas en función de la forma en que plantean el problema (abierto o cerrada), la autonomía que tiene el alumno para diseñar su trabajo (abierto o cerrado) y el tipo de respuesta que pretenden (abierto o cerrado) y considera cuatro niveles de indagación (Tabla 1.1):

NIVEL	PROBLEMA	DESARROLLO	RESPUESTA
0	Definido	Definido	Definida
1	Definido	Definido	Abierta
2	Definido	Abierto	Abierta
3	Abierto	Abierto	Abierta

Tabla 1.1: Niveles de indagación de las actividades prácticas según Herron

González Eduardo (1992) plantea que las tentativas renovadoras de las prácticas tradicionales arrojan resultados contradictorios y resume en cuatro categorías las actividades prácticas propuestas por diferentes investigadores:

- *Actividades a-teóricas: serían aquellas destinadas a mejorar las habilidades prácticas y los conocimientos técnicos, pero que están desligadas total o parcialmente de un cuerpo teórico*
- *Desarrollo de recursos: se refiere a aquellas actividades destinadas a la preparación y el mejoramiento de los distintos elementos que se integran en la práctica pero que no determinan el contenido de la misma*
- *Aplicaciones nuevas o problemáticas: actividades que plantean una nueva forma de enfrentarse a los contenidos que se han dado en la teoría y que generalmente ofrecen enfoques y experiencias originales*
- *Pequeñas investigaciones dirigidas: actividades que abordan problemas que no están destinados solamente a aplicar los conocimientos sino que se refieren incluso al desarrollo de los mismos, es decir, acercar los trabajos prácticos a una verdadera investigación*

Por otra parte, aunque no se mencione expresamente en ninguna de las clasificaciones reseñadas, es imposible no tener en cuenta los beneficios que el desarrollo de la tecnología aporta a la enseñanza. La incorporación de las nuevas tecnologías audiovisuales, de la informática y de los medios de comunicación telemáticos hace prever cambios importantes en el aula. Su aplicación en el trabajo experimental, en la simulación de fenómenos, en la comunicación a distancia con personas o instituciones, en la comunicación visual de los trabajos, etc., conduce inevitablemente a un replanteamiento de las actividades a realizar en el aula y puede llegar a alterar la distribución de espacios y tiempos de los centros escolares.

Pintó (2003) plantea las perspectivas que se abren con el uso de las nuevas tecnologías y pone como ejemplo dos tipos de trabajo práctico que se puede incorporar al laboratorio:

- *La tecnología MBL (micro-computer based laboratory): son experimentos en tiempo real que realizan los alumnos tomando datos mediante sensores conectados a un ordenador*
- *Las simulaciones: consiste en programas que muestran en la pantalla una simulación real, algunas de cuyas condiciones se pueden modificar a voluntad enfrentando a los alumnos a problemas abiertos*

Finalmente, a pesar de que el imaginario popular considera que los científicos son personas que se pasan la vida encerrados en un laboratorio entre probetas y matraces, la realidad es que buena parte de su trabajo consiste en buscar o contrastar información en hemerotecas, bibliotecas o, más recientemente, a través de Internet. Por tanto, si la realización de trabajos prácticos pretende iniciar a los alumnos en las actividades propias del trabajo científico, éstos deberían incluir tareas relacionadas con la búsqueda de información. Esta es una destreza que requiere un aprendizaje, cosa que muchas veces se obvia, debido a la cantidad de información disponible actualmente así como a la variedad de las fuentes. Castanho (2004) considera que la búsqueda de información forma parte de el trabajo práctico y distingue entre “Libs before labs” (el manejo de información precede a la experimentación), “In between libs and labs” (el manejo de la información se realiza en el transcurso de la experimentación para producir conocimiento) y “Libs post labs” (el manejo de información se utiliza para convertir el conocimiento en comunicación).

A la vista de esta breve reseña sobre la profusión de clasificaciones que se pueden encontrar en la bibliografía especializada, cabe concluir que es éste un campo poco definido y susceptible de ampliarse hasta la saciedad. Quizá uno de los problemas que subyace tras esta aparente dificultad de encontrar puntos en común, es el modo en que, en algunas ocasiones, se analiza el trabajo práctico desde la investigación didáctica: el investigador define su propio modo de concebir el trabajo práctico y analiza bajo esa lente todos los otros modos de hacer ciencia, para concluir que a

través de otros enfoques no se alcanzan los objetivos por él propuestos, es decir, reduce todos los modos de hacer ciencia al suyo propio. Es el investigador quien establece los requisitos del trabajo práctico para considerarlo como tal y, de este modo, podríamos encontrar tantas clasificaciones como investigadores.

Por esta razón, cuando el profesor acude a la literatura sobre investigación didáctica, interesado en contrastar la idoneidad de las actividades que realiza o en buscar la inspiración para modificarlas, probablemente le resultará difícil orientarse entre tal disparidad de términos que en ocasiones se excluyen, otras se solapan y, las más, vienen a representar situaciones muy parecidas con diferente denominación.

Pero, prescindiendo de diferencias menores que, a veces, no superan el campo semántico, es cierto que en alguna de las clasificaciones citadas afloran problemas no resueltos, como la necesidad o no de subordinar las actividades prácticas a la teoría, llegando a manifestar algunos autores la conveniencia de “liberar al trabajo práctico de la tiranía de la teoría” (Miguens y Garret, 1991). La proliferación de programas de “enseñar a pensar” surgidos a partir de la promulgación de la LOGSE impulsó algunas investigaciones en torno a los beneficios en el aprendizaje que podrían derivarse de la utilización de estas nuevas metodologías (Martín Izard, 2001). El debate sobre si dichos programas, centrados en los procedimientos, se deben impartir dentro de los currículos de las asignaturas o fuera de ellos (es decir “libres de contenido”) es un reflejo de esta tendencia. Pero, aunque esta postura surge como reacción a una concepción tradicional del trabajo práctico como ilustración o demostración de aspectos teóricos, también es cierto que la presunción de libertad de contenidos a la hora de abordar el trabajo práctico es ilusoria, ya que es imposible pensar en el vacío.

Otro de los problemas que suscita opiniones antagónicas que a veces se polarizan, es la necesidad, defendida por algunos autores (Miguens y Garret, 1991; Gil y Valdés, 1996), de plantear el trabajo práctico como una actividad científica, es decir, como una

auténtica investigación, bajo la convicción de que el trabajo práctico escolar debe servir para formar científicos. En este sentido, sorprende la pretensión, algo ingenua, de algunos investigadores de que a través del trabajo práctico “los alumnos emulen el trabajo científico” (Anderson, 1976) o “que desarrollen competencias en el trabajo como un científico real resuelve los problemas y desarrollen la habilidad para desarrollar una investigación científica genuina” (Miguens y Garret, 1991), cuando estamos hablando de enseñanza secundaria. Nadie, sensatamente, entendería que, en este nivel de enseñanza, la pretensión de los profesores de Educación Física fuera formar atletas, la de los profesores de Literatura formar novelistas o la de los profesores de Música formar virtuosos del violín. De esta manera se subestiman, además, planteamientos más modestos de otros autores que entienden que también pueden obtenerse réditos intelectuales del desarrollo de contenidos procedimentales considerados aisladamente (De Pro, 1998). Para De Pro, los procedimientos “son contenidos que pueden ser enseñados como la corriente eléctrica, el mol, la fotosíntesis o la tectónica de placas y, para ello, tendremos que planificar y realizar intervenciones intencionadas que hagan factible su aprendizaje. En este contexto, las actividades deberán actuar, igual que en los contenidos conceptuales, como vehículos facilitadores de nuestras intenciones educativas; en este caso: aprender a hacer ciencia”, y propone una clasificación de contenidos procedimentales que, tras la última revisión (De Pro, 2006), quedan agrupados en cuatro apartados:

- *Destrezas técnicas (realización de montajes, construcción de aparatos...)*
- *Destrezas básicas (observación, clasificación, medición...)*
- *Destrezas de investigación (identificación de problemas, emisión de hipótesis, diseño experimental...)*
- *Destrezas de comunicación (representación simbólica, utilización de distintas fuentes, elaboración de informes...)*

La realización de actividades para el desarrollo de estas destrezas admitiría diversos planteamientos: ejercicios, experiencias dirigidas, actividades de descubrimiento... y, por supuesto, también trabajos de investigación, siempre que estén adaptados a los medios disponibles y a la madurez intelectual de nuestros alumnos. A lo largo de los años que dura la educación formal de un estudiante probablemente hay tiempo para aprovechar las ventajas de los diferentes enfoques que admite el trabajo práctico. En cualquier caso, no se puede obviar el carácter propedéutico de algunas destrezas a la hora de planificar el trabajo práctico de los alumnos, lo que, necesariamente, determina una secuenciación de las actividades.

### **1.1.1.3. Propuestas metodológicas**

Si la configuración del campo específico del trabajo práctico es problemática, también lo es su articulación metodológica. La metodología utilizada en la realización de actividades prácticas va a depender de la forma en que se aborde la enseñanza de las ciencias en el aula. Para Hodson (1994) la enseñanza de la ciencia consta de tres aspectos principales y el trabajo práctico juega un papel diferente en cada uno de los casos:

- En el *aprendizaje de la ciencia* (aprendizaje conceptual), los trabajos prácticos desempeñan un papel importante si están orientados a la reflexión, a familiarizar al alumno con el mundo natural y a que éste desarrolle un bagaje de experiencia personal, pero es necesario que las actividades tengan una base teórica y sean bien entendidas por el alumno.
- Para el *aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia* (entendimiento de la naturaleza y métodos de la ciencia) se debe animar a los alumnos a que realicen sus propias investigaciones, lo que contribuye a aumentar su comprensión sobre la naturaleza de la ciencia, e incluir una amplia gama de

actividades (estudios históricos, simulaciones, debates...) que permitan la reflexión acerca de cómo se valora la investigación científica.

- La *práctica de la ciencia* (conocimientos técnicos sobre la investigación científica y la resolución de problemas) es una actividad poco metódica e imprevisible que exige a cada científico inventar su propio modo de actuar. Esta falta de precisión hace que la práctica de la ciencia no pueda ser enseñada directamente mediante un protocolo definido, sino que se aprende *practicando la ciencia* junto a un experto, en el caso de los estudiantes junto a un profesor, y empezando por investigaciones sencillas y adaptadas a su nivel. Esto no significa que el trabajo de laboratorio sea siempre indispensable. La consulta de bases de datos, la confrontación de ideas, la predicción o la especulación juegan un papel importante en la investigación científica, que no siempre es experimental.

Desde otro punto de vista, la Filosofía de la Ciencia ha tenido una gran influencia en los modelos de enseñanza. Así, como reacción a la enseñanza tradicional meramente expositiva y centrada en la transmisión de conocimientos, en los años sesenta surgieron movimientos, influidos por el positivismo lógico emergido del Círculo de Viena que propugnaba “una concepción científica del mundo” (Pérez Tamayo, 1998). Estos movimientos defendían la importancia de la manipulación y la experimentación para alcanzar el conocimiento científico y la existencia de “un método científico” basado en la observación y la experiencia como fuente del conocimiento científico y consistente en un conjunto de reglas de aplicabilidad universal cuyo seguimiento llevaría al conocimiento de las teorías. Esta idea ha impregnado numerosas propuestas curriculares en las últimas décadas.

Las ideas renovadoras de la Nueva Filosofía de la Ciencia (Popper, 1985; Kuhn, 1977; Lakatos, 1983) plantean una crítica al empirismo, cuestionando su carácter

inductivo, y toman en cuenta aspectos históricos, sociológicos y culturales en la génesis de los conocimientos científicos, estableciendo un paralelismo entre la evolución de las teorías científicas a través de la historia y el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Los trabajos de Piaget (Piaget e Inhelder, 1973; Piaget, 1986) y Ausubel (Ausubel, 1976) sobre psicología evolutiva contribuyeron a consolidar el llamado paradigma constructivista que, frente al positivismo empirista (percepción sensorial de la realidad, ciencia objetiva y neutra, ideología de la “verdad”...), opone una epistemología de la ciencia cuyo principio básico sería que los conceptos se construyen, no se descubren, es decir, el conocimiento se construye a través de un proceso mental que relaciona el objeto de aprendizaje con los conocimientos previos. El alumno, a través de las situaciones de aprendizaje propiciadas por este modelo de enseñanza, puede utilizar operaciones mentales (juzgar, inferir, deducir, sistematizar, seleccionar...) que le permitan formar estructuras cognitivas que logren aprendizajes significativos y la adquisición de competencias que le permitan aplicar lo conocido a una situación nueva.

Si asumimos la existencia de tres grandes paradigmas en la evolución reciente de la enseñanza de las ciencias (Gil Pérez, 1983), el papel jugado por los trabajos prácticos en cada uno de ellos quedaría como sigue (Perales, 1994):

- *Modelo transmisión-recepción:* En este contexto, las prácticas de laboratorio representan un complemento de la enseñanza verbal donde se persigue ante todo una oportunidad para el desarrollo manipulativo, para la verificación de la teoría y para el dominio del cálculo de errores, por lo que los trabajos prácticos cerrados constituyen los instrumentos más idóneos para su articulación. En este modelo, las prácticas suelen ser contempladas, según Perales, como una actividad sin objetivos didácticos explícitos, inconexa en el espacio y en el tiempo, carente de significado para el alumno y de oportunidades para la creatividad.

- *Modelo de aprendizaje por descubrimiento:* Su énfasis lo constituyen los procedimientos científicos y la adquisición de habilidades por parte de los alumnos. Por consiguiente, el objetivo primordial de la enseñanza será poner al alumno en situación de aplicar el método científico en situaciones experimentales, con lo que los trabajos prácticos pasan de jugar un papel secundario a otro de primera magnitud: el alumno mediante la experimentación debería descubrir leyes, teorías, etc. Esto es, existe una identificación entre el aprendizaje de la ciencia y la investigación científica. En esta línea de pensamiento, los trabajos prácticos deberían ser preferentemente de carácter inductivo y abiertos/semiabiertos, aunque el querer dotar al descubrimiento de una solución única llegó a convertirlos en procesos muy dirigidos.
- *Modelo constructivista:* Concibe el aprendizaje como un proceso individual, dinámico y significativo, es decir, relacionado con el conocimiento previo del alumno. El revisionismo de la didáctica de las ciencias que supuso este modelo alcanzó también a los trabajos prácticos apareciendo diversas propuestas metodológicas cuya finalidad es convertirlos en pequeñas investigaciones, es decir, contemplados como un componente significativo de la estrategia didáctica que entiende que la enseñanza-aprendizaje de las ciencias debe concebirse como una labor de investigación en torno a problemas teóricos explícitamente planteados. Dichos problemas serían básicamente conceptuales y estarían orientados a que el alumno “construya” su conocimiento a partir de la contrastación de sus ideas previas. La metodología de actuación didáctica pondría el énfasis en la enseñanza *por* investigación (utilizando los procesos para aprender ciencia) en lugar de enseñanza *como* investigación (que pone el énfasis en el aprendizaje de los procesos) propia del modelo de descubrimiento. Para Gil Pérez [et al.] (1999), la estrategia de enseñanza más coherente con el modelo constructivista y con las características del

pensamiento científico es la que plantea el aprendizaje como “tratamiento de situaciones problemáticas abiertas que los alumnos puedan considerar de interés”.

En la actualidad surgen voces que alertan del peligro de caer en una interpretación reduccionista del modelo constructivista aplicado a los trabajos prácticos, ya que éstos suponen una simplificación extrema de las condiciones reales de los fenómenos y se recomienda no considerar la investigación como un proceso de generación-verificación de hipótesis, sino acentuar la fase de discusión de resultados procurando no falsear la verdadera imagen de la ciencia. Además, la visión constructivista de Piaget o Ausubel, influenciada por la psicología, ha sufrido una transformación a medida que se han ido introduciendo aspectos relacionados con la construcción social del conocimiento propugnada por Vygotsky (1962), algo que ha dado pie a la aparición de diversas tendencias dentro del constructivismo.

Otras consideraciones epistemológicas condicionan también la manera de enfocar el trabajo práctico en el aula. Así, el antiguo debate entre ciencia integrada y ciencia disciplinar aún no se ha cerrado. Según Barberá y Valdés (1996), algunos autores consideran que el interés del trabajo práctico para la mejora de la comprensión de los contenidos teóricos o como una serie de destrezas a desarrollar es mínimo y defienden un enfoque de *ciencia integrada* en la que el trabajo práctico serviría para aprender a *hacer ciencia* y tendría como finalidad proporcionar experiencia directa sobre los fenómenos, contrastar la abstracción científica establecida con la realidad que pretende describir, el desarrollo de la competencia técnica de los estudiantes y el desarrollo del razonamiento práctico.

El debate surgido en torno al papel que juega el trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias ha llevado a algunos autores a plantearse que las prácticas “están en crisis” y a realizar nuevas propuestas. La revisión de la gran cantidad de

conocimientos científicos incluidos en los currículos ha conducido al estudio de los procesos de transposición didáctica y a la búsqueda y selección de unos pocos conceptos estructurantes, cuyo fin es perfilar las características de la “ciencia escolar” (Sanmartí, 2002). La transposición didáctica es un término acuñado por Chevallard (2000) para definir el proceso mediante el cual los saberes propios del conocimiento científico se transforman en contenidos de la enseñanza. Usualmente esta traslación ocurre casi de manera espontánea –o en el mejor de los casos, se planifica solamente a corto plazo– dejando el movimiento de conocimientos científicos hacia nichos escolares a la merced de escritores de libros de texto o a expensas de las ideologías dominantes que no necesariamente trasladan conocimiento relevante para la sociedad (Cajas, 2001). Para Izquierdo [et al.] (1999) la transposición didáctica es un concepto que abarca los mecanismos que permiten el diseño, la implementación y el desarrollo del sistema didáctico y que permite crear el escenario adecuado para que lo que el alumno haga, piense y escriba esté relacionado significativamente y, a la vez, sea lo que requiere el currículum. Así, afirman que deben utilizarse en primer lugar “prácticas de iniciación” que han de ofrecer situaciones diseñadas cuidadosamente a partir de lo que sabemos sobre los conocimientos previos de nuestros alumnos.

Algunos autores (Martín Izard, 2001; Campanario, 2000) ponen de relieve la importancia de los procesos metacognitivos en el aprendizaje de las ciencias. La metacognición fue definida por Flavell (1984) como *“el conocimiento de los propios procesos cognitivos, de los resultados de estos procesos y de cualquier aspecto que se relacione con ellos”*, es decir, se refiere al conocimiento que desarrolla un individuo acerca de lo que ha aprendido respecto a una determinada tarea y en él intervienen variantes personales, de la propia tarea y de la estrategia utilizada. Según Campanario y Otero (2000) *“cabe hablar de metacognición, p.e. cuando nos referimos al conocimiento que tiene el que aprende sobre problemas y dificultades para analizar un determinado contenido, sobre los procedimientos cognitivos adecuados para*

*desarrollar una tarea, sobre la aplicación de recursos de comprensión, estrategias de procesamiento.*” Cuando los alumnos aplican estrategias intelectuales para comparar, organizar coherentemente la información o formular hipótesis, estarían aplicando tanto estrategias científicas como metacognitivas.

Un resumen de las principales tendencias y propuestas de la enseñanza de las ciencias (Campanario, 1999) puede resultar útil para resaltar algunas de sus semejanzas y diferencias:

- *La enseñanza tradicional*, basada en el aprendizaje por transmisión de conocimientos
- *El aprendizaje por descubrimiento*, basado en la participación activa del alumno y en el aprendizaje y aplicación de los procesos de la ciencia
- *La enseñanza de las ciencias basada en el uso de problemas*, que consiste en organizar unidades didácticas articuladas como colecciones de problemas, entendidos en un sentido amplio, que son seleccionados y secuenciados cuidadosamente de forma que se consiga un aprendizaje significativo
- *El cambio conceptual como punto de partida de las ideas constructivistas*, basado en el afloramiento de las ideas previas de los alumnos en el aula y su posterior debate
- *El aprendizaje de las ciencias como un proceso de investigación dirigida*, que plantea el aprendizaje a partir de situaciones problemáticas de interés, su estudio según una orientación científica y la aplicación de los nuevos conocimientos adquiridos a nuevas situaciones
- *La enseñanza de las ciencias y el desarrollo de las capacidades metacognitivas*, basado en el empleo de actividades que siguen el esquema predecir-observar-explicar

- *El diseño de unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias*, que incluyan actividades de iniciación, actividades de desarrollo y actividades de finalización

Para Campanario, algunos de los problemas que plantean la mayoría de las propuestas, frente a la enseñanza tradicional, son que requieren más tiempo para desarrollar los contenidos debido a una mayor participación de los alumnos en el proceso de aprendizaje mediante la realización de tareas diversas y que se existe cierta dificultad para la implantación de algunas de las alternativas analizadas por la resistencia de alumnos, profesores y autoridades educativas que tienden a ser conservadores a la hora de aceptar nuevos enfoques metodológicos.

La importancia del trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias se constata tras comprobar la referencia constante a las actividades prácticas desde cualquiera de las propuestas metodológicas analizadas. De hecho, han pasado de figurar como meras actividades para ilustrar la teoría a convertirse, en alguna de las propuestas reseñadas, en parte esencial de la tarea del alumno en su proceso de aprendizaje. Sin embargo, la rigidez de algunos planteamientos contrasta con la realidad docente. Cuando un profesor intenta analizar su práctica docente bajo la luz de diversas propuestas metodológicas, muy probablemente se identificará con varias de ellas y descubrirá, para su desconcierto, que utiliza métodos y estrategias que podrían enmarcarse en modelos de enseñanza diferentes y que se desacreditan mutuamente. ¿No pueden utilizarse las actividades prácticas como ilustración de una clase expositiva? A veces es conveniente, incluso necesario. ¿Puede plantearse una investigación sobre un aspecto del currículo? Por supuesto que sí, aunque quizá no pueda plantearse así el currículo completo. También puede plantearse un proyecto en torno a una serie de conceptos estructurantes, diseñar una unidad didáctica orientada a la solución de un problema y, en fin, algunas actividades son especialmente

adecuadas para desarrollar procesos metacognitivos. Aunque la investigación didáctica tenga otros fines, el profesor es ecléctico, por convicción o por necesidad, a la hora de llevar a cabo su actividad docente. El proceso educativo está influido por una enorme cantidad de variables y, entre ellas, el contexto educativo y los medios disponibles van a condicionar, en gran medida, las decisiones respecto a objetivos y metodologías del trabajo práctico.

#### **1.1.1.4. Rendimiento académico y evaluación**

Es infrecuente que las actividades prácticas se vean sometidas a una evaluación tan exhaustiva como los contenidos conceptuales, lo que redundará, en muchas ocasiones, en un desinterés tanto por parte del alumnado como del profesorado en el grado de cumplimiento de los objetivos en este campo. La falta de criterios de calificación del trabajo práctico, o la escasa influencia de esta calificación en la nota final, imprime a menudo un carácter “menor” a este aspecto de la enseñanza, hasta quedar relegado, en algunos casos, a meras actividades de motivación que se realizan para “romper la rutina”.

Probablemente sean éstas algunas de las razones por las que frecuentemente encontramos en la literatura especializada en investigación educativa reflexiones o estudios que cuestionan el rendimiento académico de unas actividades que requieren una gran inversión en tiempo y en medios materiales y humanos. Mientras que algunos investigadores justifican la inclusión del trabajo práctico en la enseñanza aduciendo el logro de determinados objetivos, otros son más críticos y piden una revisión sobre sus objetivos y su evaluación.

González Eduardo (1992) destaca algunas aportaciones críticas con las tareas de laboratorio recogidas en la bibliografía y los congresos sobre didáctica de las ciencias, que son amplias y diversas: se menciona que los estudiantes realizan un experimento

sin tener una idea clara de lo que están haciendo; que los resultados del aprendizaje basado en el trabajo en laboratorio con respecto a otros métodos de enseñanza más convencionales no aportan diferencias significativas; que las prácticas no familiarizan a los alumnos ni siquiera mínimamente con la metodología científica o que la indudable capacidad motivadora que los trabajos prácticos tienen *a priori*, se convierte en decepción después de realizarlos.

También Hodson (1994), expone argumentos de distintos autores que ponen en duda la eficacia de estas actividades en relación con los objetivos señalados repetidamente como prioritarios:

- i. Respecto a la motivación recoge citas de autores que consideran que una importante minoría de alumnos expresan su aversión al trabajo práctico y que los alumnos no siempre disfrutan con las actividades prácticas, especialmente cuando “no saben lo que están haciendo” o cuando “sale mal”.
- ii. Respecto a la adquisición de destrezas afirma que éstas pueden ser de dos tipos: a) habilidades generalizables libres de contenido, y supuestamente transferibles a otras áreas de estudio, aunque, en realidad, algunas de estas habilidades sólo sean útiles para un tipo muy concreto de actividad; b) destrezas y técnicas de investigación básicas, consideradas esenciales para futuros científicos y técnicos, lo que considera excesivamente ambicioso además de moralmente dudoso, ya que puede estar subordinada la educación de todos los alumnos a los intereses de unos pocos.
- iii. En cuanto a la adquisición de conceptos científicos, Hodson no encuentra en las investigaciones consultadas diferencias significativas entre la enseñanza basada en el trabajo de laboratorio y la tradicional salvo en lo referente al desarrollo de las técnicas de laboratorio.

- iv. También considera decepcionantes los resultados aportados por la investigación didáctica sobre el conocimiento de los alumnos acerca de la naturaleza de la ciencia. Es frecuente que el trabajo práctico individual se revele contraproducente y dé lugar a una comprensión incoherente y distorsionada de la metodología científica. El aprendizaje basado en el descubrimiento se basa en una idea inductivista de la ciencia y en un modelo de un método científico único que los alumnos siguen como una receta.
- v. Por último, considera que las actitudes científicas (objetividad libre de valores y de prejuicios, imparcialidad, disposición para aceptar otras ideas o sugerencias) difícilmente se fomentan desde la realización del trabajo práctico (donde muchas veces se manipulan los datos para obtener el resultado deseado) y, en cualquier caso, es falso que todos los científicos participen de tales virtudes.

Algunos profesores que acaban prescindiendo de las prácticas porque las consideran poco eficaces aducen, como posible razón que explique el escaso rendimiento que se obtiene de las prácticas, que los experimentos escolares se diseñan teniendo como referente lo que hacen los científicos, cuando en realidad consideran que deberían ser como un guión especialmente diseñado para aprender determinados aspectos de las ciencias, con su propio escenario (aula, laboratorio escolar...) muy diferente al de una investigación científica (Izquierdo [et al.], 1999).

Opiniones como las aquí expuestas contribuyen a crear una suerte de estado de opinión respecto a la falta de eficacia del trabajo práctico que incide en el ánimo del profesorado, que termina por no considerar el problema como tal sino como el estado natural de las cosas. Es necesario recordar que la planificación de las actividades prácticas supone un esfuerzo adicional para el profesorado que no es baladí y que implica la superación de dificultades de distinta índole. Si el rendimiento académico de dichas actividades fuera, como manifiestan algunos investigadores, prácticamente nulo, su inclusión en las programaciones de los profesores solo podría entenderse

desde un planteamiento irreflexivo de la actividad profesional. Ciertamente el asunto merece un análisis más profundo. La revisión de muchos trabajos que destacan el poco beneficio que obtienen los alumnos en la asimilación de conceptos a partir de las actividades prácticas indica que los resultados pueden estar fuertemente influenciados por el sistema de evaluación utilizado, ya que, si existe confusión respecto a los objetivos del trabajo práctico, esto necesariamente se trasladará a la evaluación del mismo (Barberá y Valdés, 1996). En muchos casos las actividades prácticas carecen de un sistema de evaluación, algo necesario para valorar la efectividad de cualquier actividad, pero además, la coherencia del sistema de evaluación utilizado con los objetivos propuestos es fundamental para que sus resultados sean fiables.

Según el último informe PISA (OCDE, 2007), el objetivo principal de la educación en ciencias es que los alumnos alcancen una *competencia científica*. La definición de competencia según dicho informe sería *“la capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Además, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como un método del conocimiento y la investigación humanas, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas sobre la ciencia como un ciudadano reflexivo”*.

Esta definición comprende, pues, tres dimensiones:

- *conocimiento y conceptos científicos*, que se evaluarán a través de su empleo en aspectos específicos de la vida real (p.e.: cambio atmosférico; transformación de la energía; ecosistemas; estructura y propiedades de la materia)

- *procesos científicos*, también denominados en este estudio competencias (p.e.: reconocer cuestiones científicas; predecir fenómenos científicos; interpretar las pruebas científicas)
- *situaciones* o contextos en los que se evalúan el conocimiento y los procesos que adoptan la forma de problemas de contenido científico (áreas de aplicación como salud, enfermedad y nutrición; producción y pérdida de suelo; eliminación de residuos)

Los procesos científicos, definidos por la OCDE (2004) como “*un conjunto de destrezas y saberes necesarios para recopilar e interpretar hechos del mundo que nos rodea y extraer conclusiones de ellos, e incluyen los relativos a la investigación científica: planificar y montar situaciones experimentales, tomar mediciones y realizar observaciones con los instrumentos necesarios, etc.*”, son evaluados en este informe por medio de una batería de preguntas de respuesta abierta o de elección múltiple que exigen que el conocimiento se aplique a la vida real y diseñadas para evaluar un tipo de concepto, proceso y situación específicos cada una, algo a lo que no están acostumbrados nuestros estudiantes. La controversia a que ha dado lugar la publicación de los resultados de dicho informe sobre la competencia de los estudiantes españoles, revela que la evaluación es uno de los aspectos curriculares que más problemas presenta, sobre todo en el campo de la enseñanza experimental.

Una idea central del proyecto PISA es que con el enfoque de la evaluación propuesta, que considera la aplicación del conocimiento científico en vez de la memorización de conceptos, se puede favorecer el desarrollo de una didáctica coherente con los logros que se pretenden conseguir (saber resolver problemas que se plantean en la vida real: situaciones de viaje, compra, domésticas, económicas, etc.) y, en última instancia, mejorar el rendimiento de los estudiantes (Gil y Vilches, 2006).

Si admitimos que una de las finalidades de la evaluación es detectar dificultades o errores, analizar posibles causas y tomar decisiones para corregirlos (Jorba y Sanmartí, 1997), la planificación del proceso de evaluación es esencial. Una evaluación basada en criterios de aprendizaje, por ejemplo, implica concretar, partiendo de una evaluación inicial, varios niveles de progreso hasta alcanzar el objetivo propuesto. Este sistema presenta ciertas ventajas: facilita una fijación de objetivos más clara para profesores y alumnos; permite un mejor diagnóstico de las dificultades; el dominio de un criterio de aprendizaje estimula el progreso; permite conocer el progreso de todos (Gil [et al.], 1991). Geli de Ciurana (1995) identifica tres decisiones que deben tomarse en la planificación del proceso evaluativo y que se pueden enmarcar en otros tantos interrogantes: ante la pregunta ¿qué evaluar? manifiesta la necesidad de identificar detalladamente las tareas que realizan los estudiantes; ¿cuándo evaluar? implica que la finalidad de la evaluación es diferente en las distintas fases de la actividad: “diagnóstica” antes de iniciarla, “formativa” a lo largo del proceso y “sumativa” al término de la actividad y por último afirma que ¿cómo evaluar? plantea la necesidad de encontrar instrumentos adecuados para cada fase y cada tipo de aprendizaje.

Hay que tener en cuenta que la evaluación del trabajo práctico encierra una dificultad derivada de la diversidad de tareas que se engloban bajo este término. Esta dificultad plantea la necesidad de utilizar diferentes instrumentos de evaluación para actividades diferentes. Algunos de los más conocidos, utilizados frecuentemente en la investigación didáctica son los siguientes:

- i. *La observación en el aula*: es útil para la valoración de la ejecución de técnicas de laboratorio (Geli de Ciurana, 1995). La observación directa del trabajo práctico es la técnica que ofrece una información más completa de los progresos que realiza el estudiante. Los datos recogidos han de quedar recogidos en una

plantilla y puede completarse con el informe realizado por el alumno al término de la actividad. Para diseñar la plantilla de observaciones, es necesario identificar las distintas tareas que exige un determinado trabajo y diseñar una escala de valoración para cada una.

- ii. *Los informes personales de Tamir* (Tamir y Lunetta, 1978): sirven para obtener información sobre el grado de conocimiento que el alumno cree tener respecto a determinados contenidos y no el que realmente tiene. A menudo los estudiantes creen que su nivel de conocimiento es mayor que el real y no acostumbran a dudar de sus conocimientos ni a contrastarlos. Aplicados al trabajo práctico serían formularios en los que se les preguntaría acerca de las cosas que creen que saben hacer. Son útiles para que el alumno conozca el nivel de conocimientos con el que parte al iniciar una actividad y, en consecuencia, pueda valorar mejor su progreso.
- iii. *Los cuadernos de clase y los informes de laboratorio*: en ellos quedan reflejados los problemas que encuentran los estudiantes en la realización de las actividades, los procedimientos que usan, las observaciones que hacen y las conclusiones. Ruiz-Primo [et al.] (2004) los considera útiles para comprobar si los objetivos curriculares se trasladan realmente a los aspectos que se enseñan en clase, pero también permiten evaluar la capacidad de comprensión y de comunicación y revelar errores conceptuales u otros factores asociados al aprendizaje. Existe el problema de que el alumno, en su intento de mejorar su expresión escrita, puede distraerse del objetivo principal. Para el profesor, además, la tarea de evaluar detalladamente los cuadernos de clase es ardua.
- iv. *Pruebas escritas*: a menudo se ha criticado la evaluación de los aprendizajes prácticos mediante la aplicación de exámenes escritos puesto que parece demostrado que los conocimientos adquiridos en un contexto práctico son difíciles de evaluar mediante estas pruebas. Sin embargo sirven para valorar las capacidades cognitivas desarrolladas a través del trabajo práctico (lectura de

información en diferentes formas simbólicas, construcción e interpretación de gráficas, tratamiento de datos: descubrimiento de tendencias, interpolación, extrapolación, planificación de investigaciones, etc.) (Olivares, 1995) y no se pueden despreciar sus cualidades: proporcionan información sobre temas muy variados del aprendizaje de los alumnos en un tiempo muy corto, son fáciles de aplicar y relativamente rápidos de corregir. La presentación de situaciones problema, acompañadas de cuestiones de elección múltiple han sido muy utilizadas para la evaluación de actividades prácticas en proyectos de evaluación ingleses y en proyectos de enseñanza de las ciencias ingleses y americanos. A partir de una situación descrita o experimentada, el profesor puede interrogar al alumno sobre las observaciones, deducciones, interpretaciones y conclusiones que puede hacer. Si las respuestas alternativas están bien construidas y son coherentes, ponen de manifiesto la consistencia de los conocimientos de los estudiantes y su nivel de comprensión (Geli de Ciurana, 1995).

- v. *Diagramas en V (V de Gowin)*: es una técnica diseñada por Novak y Gowin (1988) para ilustrar la relación entre los elementos conceptuales y metodológicos, referidos a una pregunta central, que interactúan en el proceso de construcción del conocimiento. Es de gran ayuda para realizar un análisis de actividades experimentales y relacionar lo que se observa con los conocimientos teóricos y se revela como un método que favorece el desarrollo de un esquema mental integrador, que capacita al alumno para las actividades de indagación dentro de la ciencia. Aunque se utiliza como técnica de aprendizaje, puede ser utilizado como instrumento de evaluación (Campanario, 2002) ya que sirve para relacionar las medidas y diseños experimentales con las fundamentaciones teóricas, algo que muchas veces se da por supuesto en las prácticas de laboratorio tradicionales. Un profesor, ante el diagrama en V confeccionado por un alumno, ve rápidamente si ha habido coordinación entre lo que este sabía y pensaba y lo que decidía y hacía. De ahí, que se convierta en herramienta útil y

ágil de evaluación en un aspecto tradicionalmente ignorado en anteriores modelos. En cierto modo, el diagrama V realizado por el propio alumno sobre el trabajo experimental que él mismo ha llevado a cabo, pretende ser la expresión escrita de la interacción entre los dominios conceptual y metodológico a lo largo de su actividad, aunque su confección entraña cierta dificultad.

- vi. *Mapas conceptuales y diagramas de flujo*: los mapas conceptuales ponen de manifiesto las dependencias, similitudes y diferencias entre conceptos así como su organización jerárquica y pueden ser útiles para organizar el trabajo de laboratorio. Una variante de esta técnica aplicable al trabajo de laboratorio son los diagramas de flujo que sería la representación gráfica del desarrollo de una experiencia a partir de una relación encadenada de dibujos entre los que puede establecerse más de un enlace. Davidowitz, Rollnick y Fakudze (2005) lo consideran una subcategoría de los mapas conceptuales y lo consideran útil para explorar la comprensión de los alumnos de las instrucciones de laboratorio ya que tienen un potencial como herramienta de diagnóstico para planificar sesiones prácticas. Así mismo puede utilizarse como instrumento de evaluación, ya que si un alumno es incapaz de dibujar un diagrama de flujo coherente con un experimento esto puede indicar que no ha sabido seguir las instrucciones y no ha comprendido el proceso.
- vii. *Plantillas de evaluación (rubric)*: es una herramienta que describe los niveles de “logro” en una tarea y consiste en una descripción detallada de los niveles de aprendizaje de cada uno de los procedimientos que engloba una determinada actividad, a los cuales se asigna una puntuación. Estas plantillas tienen la ventaja de que permite a los alumnos saber con precisión qué se espera de ellos y han demostrado su eficacia en múltiples actividades de aprendizaje (Hafner, 2003; Davidowitz, Rollnick y Fakudze, 2005; Ruiz-Primo [et al.] 2004).

La elección de uno u otro instrumento y su adaptación a un contexto y a unos objetivos educativos concretos es tarea del profesor, pero la evaluación de las actividades prácticas es imprescindible si queremos verificar los logros de las mismas y detectar sus puntos débiles. Su importancia es crucial para los dos estamentos implicados:

- Para los alumnos: por una parte porque el alumnado, en general, manifiesta un desinterés palmario por aquellas actividades que requieren un esfuerzo pero no van a ser objeto de evaluación (hay ejemplos contundentes sobre ello); por otra porque la evaluación permite al alumno ser consciente de su propio progreso.
- Para el profesor: porque mediante la evaluación de una actividad concreta puede comprobar cuáles han sido los principales obstáculos en el logro de los objetivos y tomar así decisiones respecto a su práctica docente en sucesivas actuaciones.

La ausencia de evaluación de las actividades prácticas o la falta de coherencia de los instrumentos que se utilizan cuando ésta se lleva a cabo, pueden estar detrás de ese sentimiento de insatisfacción que parece detectarse entre el profesorado respecto al rendimiento académico de dichas actividades, pero también cabría preguntarse si no estamos siendo demasiado ambiciosos o si lo estamos analizando bajo un prisma inadecuado, ya que probablemente cabría albergar ese mismo sentimiento respecto de los contenidos teóricos a la vista de los resultados de muchos de nuestros alumnos y, sin embargo, normalmente no se plantea que esto sea debido a un problema intrínseco de dichos contenidos, que permanecen prácticamente inmutables desde hace décadas, sino a otro tipo de factores (metodológicos, sociológicos...) a los que se intenta buscar solución. Probablemente lo único que necesita el trabajo práctico es recibir la misma atención.

### **1.1.2. EL TRABAJO PRÁCTICO EN LOS CURRÍCULOS ESCOLARES**

A pesar de la evidente controversia en cuanto objetivos y efectividad del trabajo práctico, lo cierto es entre los profesores de ciencias se mantiene la creencia de que las prácticas son necesarias, importantes y característica *sine qua non* de una buena enseñanza. Esta creencia ha llevado a los responsables de educación en España y otros países a realizar un esfuerzo, durante las últimas décadas, tanto en inversión económica como en el desarrollo de programas educativos que primen el trabajo práctico. Algunos de estos programas incluyen proyectos específicos de aprendizaje basados en la experimentación e inspirados en el aforismo de Confucio “hacer para aprender”.

Así, el ambicioso proyecto francés “*La main à la pâte*”, (traducido aquí como “Manos a la obra”) se puso en marcha en 1996 con la finalidad de contribuir a la renovación de la enseñanza de las ciencias en la escuela primaria incitando a los maestros a poner en contacto a los niños con la experimentación, la interrogación y el razonamiento, abriéndolos de esta manera a las bellezas del mundo que los rodea y a su comprensión (Larcher, 2006). En el año 2000, el Ministerio de Educación Nacional francés decidió extender a todas las escuelas la experiencia obtenida en varios miles de aulas poniendo en marcha un plan de renovación del aprendizaje de las ciencias y las tecnologías. Este proyecto se inscribe dentro de la tradición pedagógica *roussoniana* y consiste en introducir a los alumnos en la práctica de actividades de tipo científico por medio de experimentos sencillos realizados de manera regular. El objetivo principal es la apropiación progresiva por parte de los estudiantes de conceptos científicos o de técnicas manuales, acompañadas de la expresión escrita y oral. La metodología se basa en la realización de una serie de actividades propuestas por el profesor y organizadas en secuencias buscando una progresión de los

aprendizajes. El eje organizador del trabajo es el “cuaderno de experimentos” en el que los alumnos reflejan tanto su trabajo individual como el colectivo y constituye una herramienta importante que les obliga a recoger por escrito descripciones, razonamientos, dibujos e interpretaciones. Este cuaderno se completa durante toda la escolaridad y supone una recopilación coherente del trabajo realizado durante esos años.

También en el ámbito sajón, especialmente en Inglaterra y Estados Unidos, existe una gran tradición en la enseñanza basada en la experimentación. El término inglés “*Hands-on-learning*” hace referencia a un aprendizaje basado en la manipulación de objetos y la investigación con materiales, animales, plantas y fenómenos naturales. El término emerge en los años sesenta como resultado del creciente interés en los procesos científicos y el uso de una gran variedad de medios y materiales para la enseñanza de la ciencia. El aprendizaje, basado en el descubrimiento, se llevaba a cabo a partir de experiencias, como una forma de obtener la comprensión de las leyes científicas. Los proyectos curriculares que surgieron en Gran Bretaña a partir de estos años estaban impregnados de este punto de vista (McLean, 1995).

Caamaño [et al.] (2002) al analizar la situación de la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria en diversos países europeos, constatan, así mismo, la inclusión de sesiones específicas dedicadas al trabajo práctico en todos los casos. En Bélgica, en el primer grado de la educación secundaria los alumnos cuentan con dos horas semanales de “formación científica” basada casi en su totalidad en la experimentación. La metodología se vertebra en torno a dos ejes principales: adquirir nuevas competencias apoyándose en las representaciones mentales y en las concepciones iniciales del alumnado, y apropiarse progresivamente de una práctica científica y de los métodos que incluye. Las puestas en situación se aplican mediante una aproximación a objetos, seres vivos y fenómenos naturales a partir de los cuales los

alumnos se plantean preguntas y se acostumbran a una utilización de la práctica científica para resolver “enigmas científicos”. En el segundo grado los alumnos tienen la opción de matricularse en una o dos sesiones semanales de prácticas de laboratorio como complemento a su formación científica. La metodología se basa en la adquisición de competencias mediante la aplicación de una práctica científica partiendo de situaciones problemáticas extraídas, en la medida de lo posible, de la vida cotidiana. En el tercer grado la enseñanza de las ciencias tiene una fuerte base experimental con sesiones específicas de prácticas de laboratorio para cada una de las materias de estudio cuya finalidad es la adquisición de competencias transferibles de saber actuar. En Italia las situaciones son muy variadas aunque la mayoría de los profesores utilizan el laboratorio o, cuando el equipamiento de los laboratorios es insuficiente, se proponen experimentos con instrucciones para construir y desarrollar alguna clase de equipamiento. Con frecuencia se utilizan los ordenadores para el análisis y presentación de datos así como para realizar simulaciones. En Alemania los estados federales tienen autonomía en materia de educación por lo que existen una gran variedad de currículos, aunque en todos los casos se incluyen prácticas de laboratorio en las asignaturas de ciencias y los centros tienen, en general, una excelente dotación.

Según los datos del informe Eurydice de 2006 sobre la enseñanza de las ciencias en Europa, la práctica totalidad de los currículos escolares (de 30 países analizados) contemplan las actividades experimentales como parte de los contenidos, que constituyen un aspecto distintivo de la enseñanza de las ciencias. El trabajo experimental recogido en los currículos, cubre una variada gama de objetivos: demostraciones de los profesores, realización de experimentos siguiendo un protocolo, habilidad para seguir instrucciones y hacer observaciones científicas, uso apropiado de aparatos y equipos, habilidad para proponer y discutir protocolos en relación a objetivos concretos, diseño experimental, verificación de leyes, formulación y

comprobación de hipótesis y realización de proyectos. Como puede verse más abajo (fig. 1.1), la mayoría de los países participantes en el estudio (ente ellos España) incluyen la totalidad de los objetivos señalados en sus currículos de enseñanza secundaria.

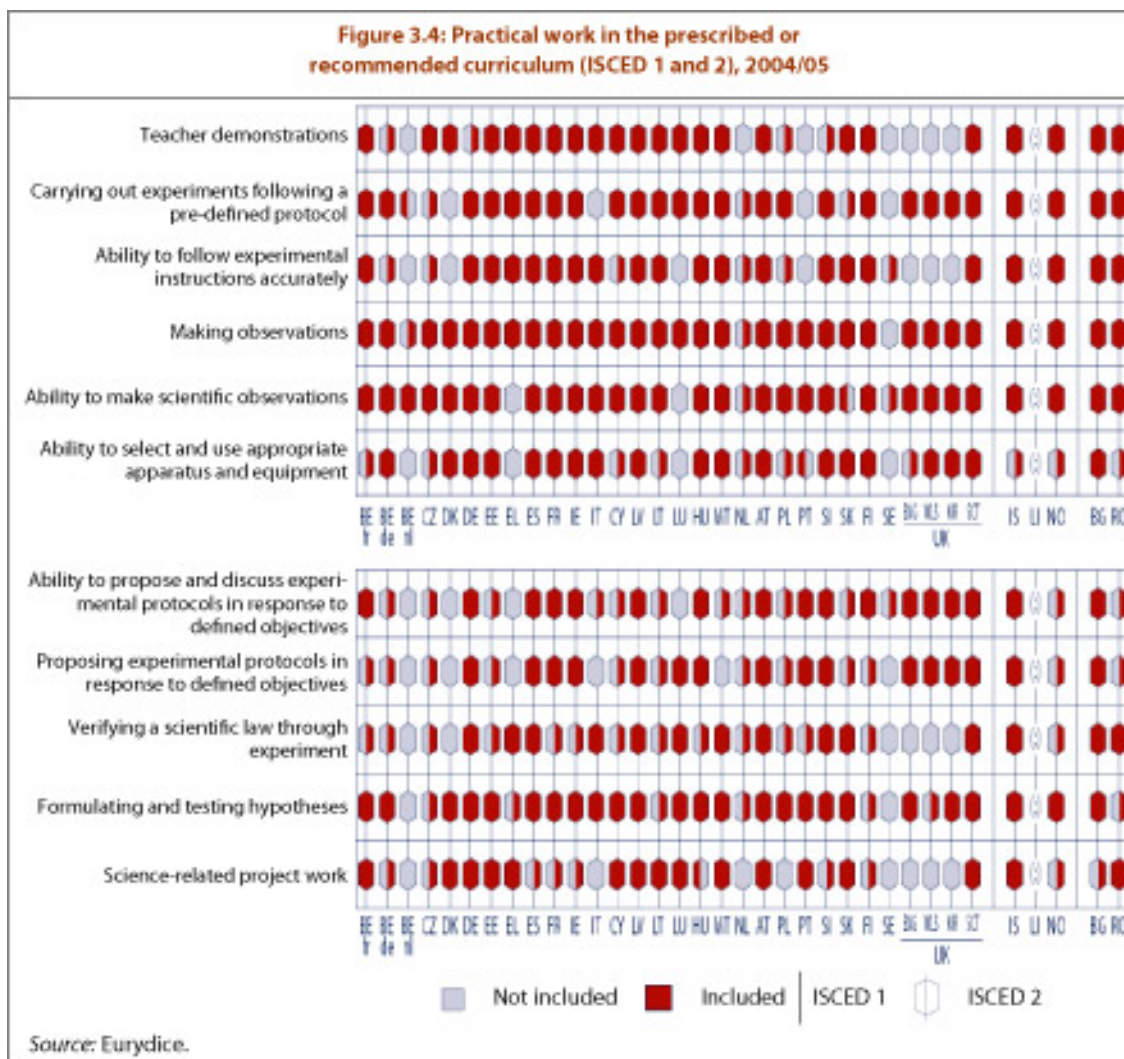


Fig. 1.1: Objetivos del trabajo práctico recogidos por los currículos de enseñanza primaria (ISCED 1) y secundaria (ISCED 2)<sup>2</sup> de los países participantes en el estudio<sup>3</sup> (Fuente: Eurydice, 2006)

<sup>2</sup> Las siglas ISCED (Internacional Standard Classification of Education) hacen referencia a taxonomías de conceptos que permiten la comparación interterritorial de los sistemas educativos europeos. ISCED 1 se refiere a los currículos de enseñanza primaria e ISCED 2 a los de enseñanza secundaria.

<sup>3</sup> Participan en el estudio los treinta países incluidos en la red europea Eurydice, la red de información sobre educación en Europa, que cubre los sistemas de educación de los estados miembros de la UE, los tres países del Espacio Económico Europeo (Liechtenstein, Islandia y Noruega) y los dos países candidatos a la adhesión ( Hungría y Bulgaria). (Aunque Turquía forma parte de Eurydice, no se incluye del estudio)

En el sistema educativo español, el trabajo práctico está contemplado en el currículum de la educación secundaria como un aspecto fundamental de la enseñanza de las ciencias. Las últimas reformas educativas han puesto especial énfasis en los conocimientos de tipo práctico que en la LOGSE se recogían como *contenidos procedimentales* y en la ley de Calidad como un bloque específico de contenidos denominado *técnicas de trabajo*. En la vigente Ley Orgánica de Educación estos contenidos se recogen nuevamente en un bloque temático, incluido en todos los cursos de enseñanza secundaria, que, bajo la denominación de *contenidos comunes*, incluye:

- Familiarización con las características básicas del trabajo científico por medio de: planteamiento de problemas, discusión de su interés, formulación de conjeturas, experimentación, etc. para comprender mejor los fenómenos naturales y resolver los problemas que su estudio plantea
- Utilización de los medios de comunicación y las tecnologías de la información para seleccionar información del medio natural
- Interpretación de datos e informaciones sobre la naturaleza en general y sobre el propio entorno en particular y utilización de dicha información para conocerla
- Reconocimiento del papel del conocimiento científico en el desarrollo tecnológico y en la vida de las personas
- Utilización cuidadosa de los materiales e instrumentos básicos de un laboratorio respetando las normas de seguridad y de protección ambiental

Así mismo, siguiendo las directrices de la Unión Europea marcadas en la conferencia de Lisboa 2000, se incorporan a la ley las competencias básicas que deberá haber

adquirido el alumnado al final de la etapa. La incorporación de estas competencias, basadas en la Definición y Selección de Competencias (DeSeCo) elaborada por la OECD (2005a), permite poner el acento en aquellos aprendizajes que se consideran imprescindibles desde un planteamiento integrador y orientado a la aplicación de los saberes adquiridos.

Estas competencias son:

- *Competencia en comunicación lingüística*
- *Competencia matemática*
- *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*
- *Tratamiento de la información y competencia digital*
- *Competencia social y ciudadana*
- *Competencia cultural y artística*
- *Competencia para aprender a aprender*
- *Autonomía e iniciativa personal*

La contribución del trabajo experimental en ciencias de la naturaleza a la adquisición de dichas competencias se refleja en la normativa que desarrolla el currículo de educación secundaria (MEC, 2007):

i) Los contenidos de las ciencias de la naturaleza tienen una incidencia directa en el *conocimiento e interacción con el mundo físico* ya que esta competencia *“requiere el aprendizaje de conceptos y procedimientos propios de cada una de las ciencias de la naturaleza”*. Es necesario para ello lograr la familiarización con el trabajo científico y *“poner en marcha procesos y actitudes propios del análisis sistemático y la indagación científica: realizar observaciones directas e indirectas con conciencia del marco interpretativo que las dirige, identificar y plantear problemas relevantes, formular preguntas, localizar, obtener, analizar y*

*representar información cualitativa y cuantitativa, plantear y contrastar soluciones tentativas o hipótesis, realizar predicciones e inferencias de distinto nivel de complejidad e identificar el conocimiento disponible (teórico y empírico) para obtener, interpretar, evaluar y comunicar conclusiones en diversos contextos”.*

ii) La *competencia matemática* está asociada al trabajo científico ya que “*se presentan a menudo situaciones de resolución de problemas de formulación y solución más o menos abiertas, que exigen poner en juego estrategias asociadas a esta competencia*”. Ejemplos de ello son algunas tareas frecuentes en el trabajo experimental como la organización de datos, el cálculo matemático, o la utilización de lenguaje matemático para cuantificar los resultados.

iii) La competencia en el *tratamiento de la información y la competencia digital* “*incluye la utilización de las TIC en su doble función de transmisoras y generadoras de información.*” El trabajo práctico se utiliza fundamentalmente con función generadora a través del registro de datos del entorno, del procesamiento y gestión éstos, del trabajo en entornos virtuales o de la resolución de problemas.

iv) La “*adquisición de terminología específica sobre los procesos naturales*”, la construcción de un discurso dirigido a “*argumentar o a hacer explícitas las relaciones*” y el “*cuidado y precisión de los términos utilizados*” son formas de contribución a la adquisición de la competencia en *comunicación lingüística* que, desde el trabajo práctico, se plasman especialmente en la elaboración de los informes.

v) De manera menos específica, el trabajo en equipo propio de muchas actividades prácticas, la necesidad de abordar la resolución de problemas, la comprensión del quehacer científico y de su papel social, las destrezas derivadas del carácter tentativo y creativo del trabajo científico, la integración de diferentes

conocimientos o el desarrollo del espíritu crítico son aspectos asociados la trabajo experimental y que contribuyen así mismo al desarrollo de otras competencias (*cultural, social o de autonomía e iniciativa personal...*).

La presencia constante de los contenidos relacionados con el trabajo práctico en los currículos escolares, así como la recomendación expresa de incluirlos en el quehacer diario de los procesos de enseñanza de las ciencias, pone de manifiesto la importancia que, desde las administraciones educativas, se concede a las destrezas que se desarrollan a través de dichos contenidos. Sin embargo la falta de concreción acerca de lo que se espera realmente que los alumnos aprendan sobre este aspecto, permite casi cualquier interpretación. Las ambiguas referencias a “*la familiarización con las características básicas del trabajo científico*” sirven de muy poco al profesorado a la hora de programar sus actividades de aula. Porque, de entre la enorme profusión de métodos y técnicas con características propias que usan los científicos de todos los campos de las ciencias experimentales ¿cuáles podemos considerar “características básicas”? Y aún más, de entre éstas ¿cuáles son aptas para ser introducidas en el nivel de enseñanza del que estamos hablando? Esta falta de concreción, junto con otros factores (organización docente, falta de profesores de apoyo, falta de recursos...) deriva, a menudo, en un desinterés por parte de los profesores hacia una tarea que supone un mayor esfuerzo que el requerido para la enseñanza teórica.

Por otra parte, empiezan a oírse voces (Sjoberg, 2002; European Commission, 2007) que alertan acerca de bajo interés que despiertan, entre los jóvenes europeos, las enseñanzas de tipo científico. Esto se pone de manifiesto no sólo en la baja tasa de matrícula en este tipo de estudios (Fig. 1.2), sino en los niveles poco satisfactorios de los estudiantes en las disciplinas científicas (OCDE, 2007).



Fig. 1.2: Porcentajes de graduados en ciencia y tecnología de los países participantes en el estudio. Desviación respecto a la media anual en el periodo 1993-2003. (Fuente: OECD, 2006)

Una de las temidas consecuencias que esto tendría a largo plazo es el consiguiente declive de la capacidad de Europa para innovar o de la calidad de sus investigaciones. El contexto social, los currículos obsoletos, la falta de cualificación docente y el modo en que se enseñan las ciencias en la escuela, son algunas de las causas que se señalan en un problema, sin duda, multidimensional. El informe de la OECD sobre el interés de los estudiantes por los estudios de tipo científico-tecnológico viene a corroborar estas conclusiones ya que la elección de estudios científicos por parte de los estudiantes parece basarse fundamentalmente en la imagen que tiene de las profesiones científicas, los contenidos curriculares y la calidad de la enseñanza (OECD, 2006). La falta de atención de las administraciones educativas a este problema agudiza el desinterés de los alumnos, ya desde la enseñanza secundaria, por las disciplinas científicas, lo que desembocará, inevitablemente, en una formación deficiente de los contenidos científicos en la población.

Uno de los objetivos marcados por el Consejo de la Unión Europea (2001) para el período 2000-2010 en materia de educación es aumentar la matriculación en estudios científicos y técnicos. Las indicaciones de la Unión Europea, en este sentido, se dirigen a enfatizar más el contexto y las aplicaciones prácticas de las ciencias para que el aprendizaje de estas disciplinas signifique algo más que meros contenidos teóricos para las inquietudes y las aspiraciones de los estudiantes. Los expertos recomiendan, entre otras cosas, currículos más atractivos, contenidos más actualizados y un aprendizaje basado en la indagación en la escuela (European Commission, 2007), ya que la demanda de ciertas habilidades relacionadas con la ciencia es cada vez mayor.

### **1.1.3. OBSTÁCULOS PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS PRÁCTICOS**

A pesar de que desde las nuevas orientaciones metodológicas en la enseñanza de las ciencias se aboga por hacer explícitos los contenidos procedimentales y actitudinales así como las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, la orientación conceptual de la enseñanza de las ciencias “goza de buena salud” (Banet, 2007). Para Banet, las causas habría que buscarlas en la formación académica de los profesores, la inercia de profesores y departamentos, los libros de texto enciclopédicos debido a la extensión de los currículos, la escasa preocupación de la administración por la formación del profesorado y por el seguimiento y control de la enseñanza y la influencia de las evaluaciones externas, como la prueba de acceso a la universidad.

Diversos estudios (Nieda, 1994 y 2006; Sanmartí, 2002; Cano y Cañal, 2006; De Pro, 2006) revelan tercamente que las clases magistrales siguen teniendo una presencia dominante en las aulas, constatando así el divorcio existente entre las propuestas de la investigación en didáctica de las ciencias y las actividades que realmente se

desarrollan en el aula. Las razones recogidas en dichos estudios, por las que muchos profesores no realizan experiencias de laboratorio con sus alumnos, son variadas.

Una de las respuestas más comunes cuando se interpela al profesorado sobre estas cuestiones es la falta de recursos materiales y humanos, en referencia, generalmente, a la falta de dotación en los laboratorios y de profesorado de apoyo para la realización de las prácticas (lo que se conoce en enseñanza secundaria como “desdobles”). Niedo (1994), en un artículo sobre los trabajos prácticos en la enseñanza secundaria, hace referencia a un informe inédito realizado por la Inspección de Madrid Centro denominado *“Análisis del aprovechamiento de los recursos materiales y humanos puestos a disposición de la enseñanza de las materias experimentales”* basado en una actuación que se llevó a cabo en setenta centros públicos de bachillerato en 1991. En dicho informe se concluye que, en relación a la infraestructura y la disponibilidad de profesorado, el 85,4 % de los grupos de Ciencias Naturales y el 82,3 % de Física y Química se encontraban en magníficas condiciones de partida para poder realizar tareas experimentales. La comprobación del desarrollo real de los trabajos prácticos en las horas de desdoble se realizó sobre un muestreo de cincuenta centros a razón de tres visitas por centro. De las visitas realizadas, el 35,4 % de Física y Química y el 58,6% de Ciencias Naturales resultaron positivas.

En una revisión más reciente, (Niedo, 2006), revela que *“En los departamentos de ciencias, en general, los trabajos prácticos siguen teniendo un papel subsidiario y, en el mejor de los casos, son un complemento comprobatorio de la teoría. Su realización depende, en primer lugar, del interés de cada docente, así como del dinamismo y liderazgo de la jefatura del departamento y, cada vez más, se hacen en función de las horas de desdoble disponibles en el cupo del centro”*. Además, *“el profesorado no siempre evalúa los conocimientos que pueden haberse adquirido con ellas y las programaciones del departamento raramente especifican el valor que se les concede en la nota final del alumnado”*.

Sin embargo, aunque estos datos parecen apuntar hacia una infrautilización de los recursos, por sí solos son insuficientes para sacar conclusiones. Ciertamente la dotación de la mayoría de los centros públicos de enseñanza secundaria es, en general, suficiente para desarrollar un programa de prácticas, pero la asignación de profesores de apoyo se realiza habitualmente “si hay disponibilidad horaria” en los centros, es decir, se asignan únicamente si a algún miembro del departamento le faltan horas para completar su horario una vez repartida la carga lectiva de los diferentes cursos, situación que puede cambiar en cada curso escolar. El trabajo experimental requiere una organización compleja y supone un esfuerzo para el profesorado, que, a menudo, desanimado por la falta de continuidad de su trabajo, termina por abandonarlo.

Existen además otras barreras para la realización de actividades prácticas. Cano y Cañal (2006), en entrevistas realizadas a 24 profesores de Huelva y Sevilla encontraron coincidencia en la importancia que todos ellos concedían al trabajo práctico, considerándolo consustancial a la enseñanza de las ciencias. Algunos profesores subrayaban la complejidad de determinados conceptos, indicando que, en su opinión, la realización de trabajos prácticos contribuye a su comprensión. Sin embargo, al ser preguntados acerca de la frecuencia y los fines con que realizaban actividades prácticas con sus alumnos, solamente tres manifestaron hacerlas con frecuencia, ocho en pocas ocasiones y los trece restantes nunca o casi nunca. En cuanto al tipo de actividades realizadas las respuestas fueron dispares: actividades de campo, visitas al entorno urbano, prácticas de laboratorio, observación de fenómenos o materiales, elaboración de murales o visionado de cintas de video. En ningún caso se incluía la utilización de recursos más actuales como los medios informáticos.

Preguntados por las dificultades que encontraban para la realización de actividades prácticas, además de las ya señaladas (falta de recursos y de desdobles), algunos

profesores destacaron la complejidad intrínseca que tiene la enseñanza de algunos procedimientos, matizando que algunos temas se prestan más al desarrollo de actividades prácticas que otros. Otros aspectos como la peligrosidad de algunas actividades y las limitaciones derivadas del comportamiento de los alumnos o de sus conocimientos previos se señalaron también como obstáculos.

La falta de tiempo para terminar los temarios es otra de las razones aducidas por el profesorado como obstáculo para la realización de trabajos prácticos. La importancia que los profesores conceden a los contenidos teóricos de las materias es no sólo un reflejo de una tradición difícil de desterrar, sino también de la relevancia que otorgan las administraciones a estos contenidos a la hora de evaluar el nivel académico de nuestros alumnos. Una buena prueba de ello es la forma en que la prueba de acceso a la universidad condiciona las programaciones de los cursos de bachillerato, algo que puede extenderse a otros niveles si el contenido conceptual es el que prevalece en las nuevas *pruebas de diagnóstico* que la Comunidad de Madrid ha empezado a llevar a cabo en determinados cursos de la ESO.

Por otra parte los libros de texto son el principal (a veces el único) material de referencia de los profesores a la hora de planificar el currículo, tanto en lo que se refiere a la selección de los contenidos como a la propuesta de las actividades de aula (Martínez Losada y García Barros, 2003). La metodología transmisiva a la que inducen los libros de texto y el diseño poco realista de algunas de las actividades propuestas ayuda poco a la hora de elaborar una programación coherente del trabajo práctico.

Un obstáculo específico del trabajo práctico en Biología, pero que rara vez se menciona en los trabajos de investigación, deriva de la naturaleza del material con que se trabaja. Las prácticas de Biología se realizan, generalmente, utilizando muestras biológicas que constituyen material perecedero, que debe ser utilizado en un corto plazo y que se debe reponer constantemente. La diferencia con respecto a los

reactivos químicos, también fungibles, es que la adquisición del material biológico debe hacerse, a menudo, pocas horas antes de la realización de la actividad y en establecimientos muy diversos, lo que obliga al profesorado a una dedicación extra, mantenida a lo largo de todo el curso, con esta finalidad. Pero, además, estos materiales no siempre se pueden obtener en un entorno urbano, por lo que a las dificultades mencionadas habría que añadir la búsqueda y recolección, muchas veces en el campo, del material idóneo para la realización de determinadas actividades prácticas.

El trabajo práctico también plantea dificultades desde el punto de vista de los alumnos. Hodson (1994), analizando lo que considera barreras innecesarias en la realización de los trabajos prácticos, encuentra que a los estudiantes se les suele pedir frecuentemente que comprendan la naturaleza del problema y el procedimiento experimental, que adopten la perspectiva teórica relacionada con el tema de estudio, que lean, asimilen y sigan las instrucciones del experimento, que manejen el aparato en cuestión, que recopilen los datos obtenidos, que reconozcan la diferencia entre los resultados conseguidos y los que “debían haberse obtenido”, que interpreten tales resultados y escriban un informe del experimento, y se les pide, además, que en todo momento se aseguren de comportarse razonablemente bien con el resto de los compañeros. Demasiadas “interferencias”, según Hodson. Y que dejen recogido y limpio el laboratorio, debería añadirse, y todo en un tiempo récord de cincuenta minutos según nuestro rígido sistema de enseñanza.

Otro de los problemas con los que se puede encontrar el alumno a la hora de abordar un trabajo práctico es la debilidad de sus conocimientos previos que “parecen afectar no solamente al aprendizaje de los conceptos de ciencias, sino a la forma de hacer las actividades prácticas de ciencias” (Miguens y Garrett, 1991). Los conocimientos previos, ya sean conceptos o destrezas, que constituyen un requisito para el desarrollo

de una actividad, suponen un condicionante para muchos alumnos que, al presentar alguna deficiencia en este sentido, sienten “que no se enteran de nada” o “que no son capaces de hacerlo”.

Estas dificultades pueden llevar a los alumnos a adoptar diferentes estrategias:

- Seguir las instrucciones paso a paso a modo de receta por miedo a equivocarse
- Concentrarse en un único aspecto del experimento
- Aparentar estar muy ocupados sin hacer nada realmente
- Copiar lo que están haciendo los demás
- Integrarse en un grupo dirigido por otros compañeros

Por otra parte, la percepción de que las actividades prácticas, especialmente de laboratorio, no tienen un alto rendimiento académico, desanima tanto a profesores como a alumnos. Esto es debido, en parte a que dichas actividades presentan muchas veces dificultades para los alumnos relacionadas con la comprensión del lenguaje utilizado en la descripción del problema que se plantea, con la complejidad de los contenidos conceptuales que pueden ser necesarios para el desarrollo de la actividad o con la complejidad de los procedimientos y las técnicas manipulativas que deben emplearse. Si esta dificultad resulta excesiva se convertirá en el “problema real” del alumno e impedirá el avance en una actividad de laboratorio que se había programado con otros objetivos (Caballer y Oñorbe, 1994).

Para Hodson es necesario redefinir el trabajo práctico y propone:

- Tener claro el propósito de una lección concreta
- Escoger una actividad de aprendizaje que se adapte a ese objetivo

- Eliminar todo aquello que se pueda convertir en una dificultad para el desarrollo de la práctica si no tiene que ver con el objetivo que se persigue

Un planteamiento excesivamente ambicioso de los objetivos, así como su falta de adecuación a las circunstancias en que se desarrollan las actividades (nivel de los alumnos, tiempo...), sólo puede causar desánimo en los alumnos que deben dejar el trabajo sin terminar, lo terminan con ayuda del profesor o consideran que ha sido una pérdida de tiempo.

Para algunos profesores, la falta de atención por parte de los responsables educativos de los obstáculos mencionados constituye, probablemente, el mayor de ellos.

#### **1.1.4. EL TRABAJO PRÁCTICO EN BIOLOGÍA**

La Biología, como disciplina académica, ha sido tradicionalmente una ciencia básica que investigaba la variedad de formas de los organismos vivos en departamentos universitarios de botánica, zoología, microbiología y biología humana. La actual diversificación de los campos de estudio que la biología ha alcanzado en las últimas décadas, ha hecho que se desarrollen hasta ochenta subdisciplinas desde la biología molecular hasta la ecología. Según la IUBS<sup>4</sup>, sólo en el campo del medio ambiente se prevé en los próximos años el incremento de treinta especialidades (Grimme, 2004).

Reiss y Tunnicliffe, (2001) sostienen la existencia de diferentes clases de ciencia, ya que con diferentes procedencias formativas se abordará el estudio de la ciencia con procedimientos también diferentes. Para ilustrar esta postura utilizan como ejemplo el

---

<sup>4</sup> IUBS, International Union of Biological Sciences, es una organización que tiene como objetivo promover el estudio de las Ciencias Biológicas a nivel internacional. Son miembros de esta organización Academias de Ciencias, Institutos de Investigación y asociaciones de científicos de numerosos países y atiende a una amplia diversidad de disciplinas

modo en que pueden ser abordado por diferentes científicos el estudio de un bosque: un biólogo estará interesado en los organismos, un climatólogo en datos como insolación, pluviosidad, viento, etc. y un geólogo se centrará en las características del suelo. Los biólogos a su vez pueden abordar su trabajo de diferentes formas: habría microbiólogos, micólogos, zoólogos, botánicos, ecologistas, anatomistas, bioquímicos, fisiólogos e incluso individuos más difíciles de clasificar, como los interesados en la historia: especialistas en dendrocronología o arqueólogos de campo. Los ecologistas por su parte incluirían biólogos de poblaciones (que cuentan y clasifican), ecólogos genetistas (interesados en la relación entre genomas), autoecologistas (interesados en la ecología de una especie), sinecologistas (interesados en las relaciones entre especies) y conservacionistas (interesados en prevenir la pérdida de la biodiversidad). Pero, además de los científicos que poblarían este abarrotado bosque, habría muchos otros a los que no se encontraría investigando en este bosque ni, probablemente, en ningún otro, ni, más importante, usando los métodos de biólogos, geólogos o climatólogos. Concluyen afirmando que, en la práctica científica, un químico, un físico teórico y un cirujano cardíaco comparten muy poco.

Aunque el aprendizaje de las ciencias implica el desarrollo de unas destrezas intelectuales y manipulativas comunes y de unos contenidos teóricos muchas veces interrelacionados, también es cierto que cada una de las disciplinas científicas tiene un campo propio de conocimientos bien definido que incluye contenidos teóricos y procedimentales. Ciertamente en Biología, como en otras disciplinas científicas, es fundamental observar, delimitar y definir problemas, revisar antecedentes, formular hipótesis, seleccionar variables, experimentar, hacer tratamientos matemáticos y/o estadísticos de los datos, inferir y establecer conclusiones. Sin embargo la experimentación en Biología no siempre es posible ya que algunos procesos biológicos no se pueden reproducir en el laboratorio y, desde luego, no siempre se pueden controlar las variables implicadas en dichos procesos. Ejemplos de las

limitaciones de la experimentación en Biología son los condicionantes éticos y legales inherentes a ciertas investigaciones, la existencia de acontecimientos históricos irrepetibles o la imposibilidad de manejar las escalas temporales o espaciales que requieren algunos estudios. La validación de las hipótesis, en estos casos, debe conseguirse a partir de la acumulación de datos no empíricos en contextos diferentes, la comparación y el análisis de la convergencia de los datos obtenidos por diversos caminos, la formulación de nuevas hipótesis que conduzcan a la obtención de nuevos datos hasta conseguir un alto grado de fiabilidad y la comprobación de la habilidad predictiva de las teorías resultantes.

Por otro lado, las inferencias y conclusiones obtenidas a partir de las investigaciones que buscan dar explicación a los procesos vitales no siempre (de hecho casi nunca) pueden reducirse a modelos matemáticos. La evolución biológica, por ejemplo, no puede entenderse como una suma de elementos discretos, es decir de mutaciones aleatorias, supuestamente ventajosas *per se* para la supervivencia del individuo. La creciente complejidad filogenética de los seres vivos expresa la aparición en el tiempo de nuevos patrones morfológico-funcionales y revela complicadas relaciones alométricas a distintos niveles (ontogenético, filogenético, intraespecífico e interespecífico) que difícilmente admiten tratamiento experimental en un laboratorio. (Castro, 2007). Tampoco pueden reproducirse en un laboratorio escolar muchos de los procesos biológicos que forman parte de los currículos de la enseñanza secundaria: metabolismo celular, genética, ecología, fisiología humana, etc. Nuevos campos de investigación recientemente incorporados a los planes de estudio como la ingeniería genética o la biotecnología vienen a complicar aún más el panorama de la experimentación en Biología durante la enseñanza secundaria.

Cuando hablamos de los objetivos procedimentales de las ciencias, hay que tener presente de qué objetivos y de qué ciencia estamos hablando para constituirlos en

objetivos didácticos. Si bien es cierto que hay procedimientos generales de los que participan todas las disciplinas científicas y que figuran en repertorios jerarquizados de una u otra forma por distintos investigadores (Miguens y Garret, 1991; Gil y Valdés, 1996; Hodson, 1994; Barberá y Valdés, 1996; Caballer y Oñorbe, 1997; De Pro, 1998 y 2006), también lo es que existen procedimientos más específicos ligados a algunas de ellas. Así, todos entendemos que la enseñanza de la Física debe incluir, planteadas de una u otra forma, estrategias de resolución de problemas con planteamientos matemáticos, mientras que en Biología los alumnos sólo “hacen problemas” puntualmente al tratar algunos temas (genética, bioquímica...), pero desde luego esa no es la forma en que se enfoca habitualmente la enseñanza de zoología, la botánica o la evolución. Por el contrario, el trabajo de campo que, con diversas finalidades (orientación, observación, registro de datos, toma de muestras, exploración del entorno natural...) aparece frecuentemente en los proyectos curriculares de Biología o Geología, no suele encontrarse en los de Física o Química.

Incluso un mismo objetivo didáctico presenta diferencias significativas según se aborde desde unas u otras disciplinas. Por ejemplo, cuando un alumno aborda el estudio de la flor, de la anatomía humana, de los mamíferos o de la célula desde el trabajo práctico, tendrá que aplicar rigurosas técnicas de observación, descripción y clasificación que no son habituales en la Física o en la Química o que no se realizan de la misma forma. La observación de los fenómenos en Biología (también en Geología) presenta, en la mayoría de los casos, una escala temporal diferente a la observación de los fenómenos físicos o químicos. Mientras que estos últimos suelen ser rápidos o, al menos, suelen desarrollarse en un período de tiempo que puede ser acotado, los seres vivos parecen ser intemporales, ya que los cambios evolutivos no pueden ser apreciados sino a través de la evidencia de los fósiles. En Física y Química tiene más peso la observación a través de instrumentos de medida y cuantitativa; en

Biología (y de nuevo también en Geología) es muy importante, además, la observación visual y cualitativa.

Para Aristóteles, *“el alma nunca piensa sin imágenes”*. La imagen ocupa un papel fundamental en la enseñanza de la Biología, ya que difícilmente pueden adquirir los alumnos una representación mental de la anatomía interna de un animal o de la morfología celular si no es a través de la imagen en toda la gama posible de escalas, secciones e idealizaciones de los seres vivos, de sus estructuras o de sus componentes. Muchas actividades prácticas requieren, por tanto, la observación directa o microscópica de muestras u organismos, algo que no siempre se encuentra a disposición de los alumnos en los centros de enseñanza secundaria. Una de las destrezas que los estudiantes deben desarrollar cuando se enfrentan al estudio de los seres vivos es la interpretación de imágenes y, a su vez, un modo inequívoco de conocer el grado de comprensión de los alumnos respecto a la localización y morfología de determinadas estructuras (aspecto íntimamente relacionado con la comprensión de la función) es a través de la realización de dibujos y diagramas, tras una cuidadosa observación, que impliquen la diferenciación y reconocimiento de dichas estructuras (Reiss, [et al.], 2002).

Valgan estos ejemplos para resaltar la existencia de características propias del trabajo práctico asociado a determinados contenidos de Biología.

Cañal (2004), en una reflexión sobre la enseñanza de la Biología en el momento actual, plantea una serie de interrogantes respecto a la realidad de la práctica docente en esta materia y recoge algunas propuestas de cambio respecto al papel que han de jugar las experiencias prácticas en la construcción del saber sobre los seres vivos. En este sentido, afirma que los estudios realizados han llevado a resituar el papel de las experiencias escolares, también en el caso de la Biología. La investigación sobre las prácticas escolares revela que suelen brillar por su ausencia y que, de realizarse,

adoptan frecuentemente el esquema clásico de las “prácticas de laboratorio”, de pobres planteamientos y resultados. Plantea, como alternativa más conveniente, la necesidad de introducir actividades experimentales sobre los seres vivos y los procesos que estos desarrollan, en la dinámica cotidiana del aula, evitando las experiencias excesivamente complejas y enfocadas a demostrar *a posteriori* la validez de nociones teóricas. Recomienda recurrir a experiencias fácilmente realizables en el aula o aula-laboratorio, que se puedan llevar a cabo con materiales sencillos, que estén centradas en tareas de reflexión y exploración del alumnado (con enfoque de investigación escolar) y que se hagan justo en los momentos exigidos por la lógica del proceso de enseñanza y aprendizaje en curso. Esto requiere, evidentemente, un marco curricular que facilite esta opción, así como los recursos materiales, organizativos y de formación que sean necesarios para ponerla en práctica.

La elección de un determinado planteamiento metodológico para el trabajo práctico también debe ser meditada, ya que los métodos de laboratorio reflejan las metas y limitaciones que presenta la perspectiva de enseñanza en que se enmarcan (Baldaia, 2006). Así mismo, la programación de los niveles de adquisición de los diferentes procedimientos debe tener en cuenta tanto su carácter propedéutico como el desarrollo de la estructura mental de los estudiantes (Ianfrancesco, 2005).

Por último, hay que considerar que las perspectivas que ofrece la Biología actual van mucho más allá de nuestra antigua visión reduccionista de las ciencias y nos revela una naturaleza rica, creativa, dinámica e interconectada. La plasticidad y el cambio son, quizá, sus características más distintivas. La misma tendencia a fragmentar y jerarquizar, imprescindible como metodología de estudio, es antinatural. En palabras de Haldane “*la realidad no sólo es más extraña de lo que imaginamos, sino más extraña de lo que podemos imaginar*”. Aunque el fundamento de la Biología es experimental, los aspectos de la vida que se pueden estudiar a través de la

experimentación son limitados y reconocer y precisar en qué consisten estos límites es un ejercicio útil a la hora de planificar las actividades de los alumnos.

## **1.2. CONTRIBUCIÓN DE LAS TIC AL APRENDIZAJE DE PROCEDIMIENTOS EN CIENCIAS**

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 quienes 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 los distintos ámbitos profesionales y una ciudadanía igualmente preparada y familiarizada con la utilización de unas herramientas que ya son necesarias para desenvolverse en un ambiente tecnológico cambiante.

Es indudable que el interés no es sólo psicopedagógico, sino también de naturaleza política, económica y empresarial. La revolución informática de final del siglo XX fue de tal magnitud que los gobernantes tomaron conciencia de que los ordenadores y, más concretamente, la digitalización y procesamiento de la información, eran un elemento estratégico de primer orden para el futuro de cada nación y de la economía mundial (Area, 2005a). Consecuentemente, desde principios de los ochenta los gobiernos occidentales incorporaron a sus políticas educativas la necesidad de que los ordenadores entraran en los centros educativos.

### **1.2.1. INCORPORACIÓN DE LAS TIC A LA EDUCACIÓN**

En el contexto español, este proceso de incorporación de las TIC a la enseñanza se inició en los años ochenta con el “Proyecto Atenea” impulsado por el Ministerio de Educación y Ciencia para pasar a integrarse en los años noventa en el “Programa de Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación” (PNTIC) y, actualmente, el “Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa” (CNICE). Paralelamente, las administraciones autonómicas han desarrollado planes institucionales propios para la integración de las TIC en el sistema educativo, especialmente en lo que se refiere al uso de Internet: el plan EducaMadrid en la comunidad de Madrid, el proyecto Medusa en la de Canarias o la red Averroes en la de Andalucía son algunos ejemplos.

La conferencia del Consejo Europeo de Lisboa de 2000 supuso un nuevo impulso a la incorporación plena de las TIC a la educación. En esta reunión, los países miembros de la UE se comprometieron en un nuevo objetivo estratégico para la década 2000-2010: *convertirse en la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo, capaz de crecer económicamente de manera más sostenible y con más y mejores empleos y cohesión social*. Con este fin, el Consejo exhortó a los Estados miembros a que *“garanticen que todas las escuelas de la Unión tengan acceso a Internet y a los recursos multimedia a finales de 2001, y que todos los profesores necesarios estén capacitados para usar Internet y los recursos multimedia a finales de 2002”* (Consejo Europeo, 2000).

La Comisión de Educación del Consejo Europeo, siguiendo las directrices marcadas por la conferencia de Lisboa, redactó en 2001 un informe (Consejo de la Unión Europea, 2001) sobre los futuros objetivos precisos con los que los sistemas de educación y formación contribuirán a alcanzar los objetivos de Lisboa. Estos objetivos son:

- i. Mejorar la calidad y la eficacia de los sistemas de educación y formación europeos
- ii. Facilitar el acceso de todos a la educación y la formación
- iii. Abrir los sistemas de educación y de formación a un mundo más amplio

Algunas de las medidas concretas propuestas para lograr estos objetivos son “*Desarrollar aptitudes para la sociedad basada en el conocimiento*”, para lo cual es necesario “actualizar la definición de las capacidades básicas para la sociedad del conocimiento”, en referencia, especialmente, a los cambios que la incorporación de las TIC ha introducido tanto en el ámbito laboral como personal; “*Garantizar el acceso de todos a las tecnologías de la información y la comunicación*” mediante el equipamiento de colegios y el acceso de los profesores a la formación con el fin de que “dispongan permanentemente de las capacidades y de una selección de software de alta calidad que les permitan integrar las TIC en el ejercicio diario de su profesión” y “*Facilitar un entorno de aprendizaje abierto*” con el fin de facilitar el acceso a la formación permanente, lo que implica, entre otras cosas, adaptación de horarios, emplazamiento y asequibilidad de las acciones de formación, retos ante los cuales “las tecnologías de la información y la comunicación y el desarrollo de entornos de aprendizaje abiertos pueden proporcionar el modo de facilitar el acceso a la formación y la educación”.

Como consecuencia de estos acuerdos, todos los países han hecho un esfuerzo por reforzar diversas medidas educativas conducentes a alcanzar dichos objetivos. Reflejo de ello, con el objetivo de mejorar las destrezas en el manejo de las TIC integrándolas en los procesos de enseñanza, es la inclusión de actividades relacionadas con las TIC en los currículos escolares de la mayoría de los países europeos, según el informe de Eurydice (2006) (fig.1.3).

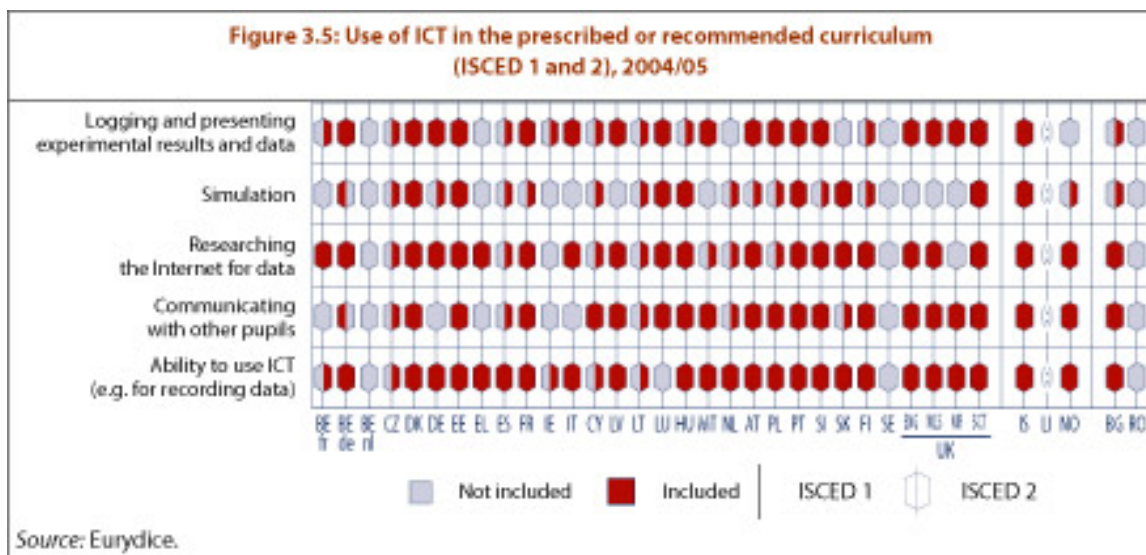


Fig. 1.3- Uso de las TIC en los currículos prescritos o recomendados de enseñanza primaria (ISCED 1) y secundaria (ISCED 2)<sup>5</sup> de los países participantes en el estudio (Fuente: Eurydice, 2006)

España, como se ha señalado anteriormente, ha incluido en el nuevo currículo de enseñanza secundaria desarrollado por la LOE una serie de competencias básicas, entendidas como aprendizajes imprescindibles de acuerdo con la mencionada necesidad de *actualización de la definición de las capacidades básicas en la sociedad del conocimiento*. Estas competencias que deben haber alcanzado los jóvenes al finalizar la enseñanza obligatoria, les permitirán “lograr su realización personal, ejercer la ciudadanía activa, incorporarse a la vida adulta de manera satisfactoria y ser capaces de desarrollar un aprendizaje permanente a lo largo de la vida”. Una de las ocho competencias básicas que se incorporan al currículo es el *Tratamiento de la información y competencia digital*. El desarrollo de esta competencia comprende diferentes habilidades, que van desde el acceso a la información hasta su transmisión en distintos soportes una vez tratada, incluyendo la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación como elemento esencial para informarse, aprender y comunicarse. Las TIC se deberán utilizar, siguiendo las indicaciones del MEC, en su doble función de generadoras y transmisoras de información y conocimiento, es decir, tanto como herramientas en el uso de modelos de procesos matemáticos, físicos,

<sup>5</sup> Ver notas 2 y 3, p. 53

sociales, económicos o artísticos, como para procesar y gestionar adecuadamente información abundante y compleja, resolver problemas reales, tomar decisiones, trabajar en entornos colaborativos y generar producciones responsables y creativas. En definitiva, la competencia digital comporta hacer uso habitual de los recursos tecnológicos disponibles para resolver problemas reales de modo eficiente. Para ello el MEC recomienda también la adopción de medidas organizativas y funcionales imprescindibles para su desarrollo, ya que la organización y el funcionamiento de los centros y las aulas, la participación del alumnado, las normas de régimen interno, el uso de determinadas metodologías y recursos didácticos, o la concepción, organización y funcionamiento de la biblioteca escolar, entre otros aspectos, pueden favorecer o dificultar el desarrollo de competencias asociadas a la alfabetización digital.

La lectura de los datos del informe de 2006 sobre implantación y uso de las TIC en centros de primaria y secundaria elaborado por el MEC y el MITC en el marco del Plan Avanza (MEC/MITC, 2006) permite afirmar que existen indicadores claros en cuanto a la mejora de dotación de los centros, especialmente en lo que se refiere a las características de los equipos y la conexión a Internet. Según dicho informe el 94,5% de los centros de secundaria tiene aula de informática, la ratio para estos centros es de 7,4 alumnos por ordenador y el 51% de las aulas equipadas con ordenadores tiene conexión a Internet. La dotación y la formación del profesorado parecen estar mereciendo atención preferente en los planes institucionales y se espera una evolución positiva en el futuro.

Sin embargo los equipos directivos consultados perciben que los proyectos de mejora están teniendo una incidencia notablemente más reducida en el acceso a contenidos educativos digitales así como en la actividad diaria en el centro y en el aula. En las entrevistas realizadas para la elaboración de dicho informe, los equipos directivos

señalan los problemas de organización que la integración de estos recursos están generando en los centros, lo cual parece tener un reflejo en los bajos niveles de ocupación de los recursos/aulas TIC: la ocupación es inferior al 50% del horario lectivo en un 40% de los centros de secundaria. En su opinión, *“la mejora en los próximos años requerirá acciones en paralelo en aspectos tales como la creación de software adaptado, los apoyos técnicos, el asesoramiento didáctico para el uso de las TIC en las áreas curriculares y la formación del profesorado”*.

En relación a la falta de integración de las TIC en las tareas docentes, el informe afirma que *“las razones que pueden explicar la escasa incidencia de las TIC en los procesos del aula parecen complejas, y los propios docentes apuntan algunas de ellas. En opinión de los profesores, los obstáculos para la incorporación de las TIC a la práctica docente inciden simultáneamente en aspectos muy diversos: formación, tiempo, personal especializado en el centro, motivación del profesorado, recursos tecnológicos y desconocimiento de las posibilidades de explotación de estos recursos en la propia área docente. Por su parte, los alumnos señalan también algunos de estos mismos aspectos como obstáculos importantes para el uso de las TIC en el centro educativo (la dotación de ordenadores o la formación del profesorado para usar estos recursos en el aula), pero añaden otros de interés como son la falta de programas informáticos de contenido educativo o su propia formación para usar el ordenador en clase”*.

Pero, aunque tanto profesores como alumnos parecen estar de acuerdo en que la falta de formación juega un papel limitante en la utilización de las TIC en el aula, hay un hecho que merece cierta consideración: en todas las actividades TIC analizadas por el informe, la frecuencia de uso declarada por los alumnos es notablemente más elevada fuera que dentro del centro educativo, ya que los alumnos utilizan habitualmente las TIC fuera del centro escolar en una variedad amplia de actividades (lúdicas, de información y comunicación o relacionadas con el aprendizaje) (Fernández Morante,

2006). Del mismo modo los niveles de uso de las TIC por parte de los docentes en las aulas son inferiores a la competencia declarada, es decir, hay más docentes capaces de utilizar estas herramientas que aquellos que las ponen en práctica con sus alumnos.

Parece como si el manejo de estas herramientas en sí mismo no fuera la principal dificultad para su incorporación a la enseñanza, ya que unos y otros afirman utilizarlas por separado aplicadas al componente individual de sus tareas (búsqueda de información, elaboración de materiales curriculares o trabajos, preparación de exámenes, etc.) o bien en función de sus necesidades o intereses personales. Sin embargo, la plena integración de las TIC en las actividades docentes se percibe como un problema complejo en el que participan obstáculos de distinta índole.

El análisis preciso de estas dificultades y la adopción de medidas que permitan superar esta situación no pueden hacerse esperar, toda vez que los datos que ofrecen los estudios nacionales e internacionales nos sitúan lejos del compromiso de Lisboa.

### **1.2.2. EL ORDENADOR COMO MEDIO DE APRENDIZAJE**

Podemos considerar, de acuerdo con Quiñones (2006), tres razones para que los centros incorporen las TIC en el desarrollo curricular :

- Un supuesto es considerar que una de las funciones de la escuela en la actualidad es el entrenamiento en el uso de las TIC. La relación entre estas nuevas herramientas y la educación se traduce entonces en la búsqueda por parte de los profesores de nuevas situaciones de aprendizaje que propicien la utilización de estas tecnologías. Este supuesto coincide con el *escenario tecnócrata* descrito por Marqués (2000) en las primeras fases de adaptación de los centros a la

utilización de las nuevas tecnologías: se inicia con la alfabetización digital (Aprender SOBRE las TIC) para pasar progresivamente a la utilización de las TIC como fuente de información y proveedor de materiales didácticos (Aprender DE las TIC).

- Un segundo supuesto es considerar las TIC como un recurso, como una simple herramienta de trabajo. Su estudio se reduce al uso de programas concretos aplicados a distintas disciplinas u objetivos educativos, en el caso del alumno, o como medio para elaborar y exponer materiales de apoyo para las explicaciones, en el caso de los profesores. Se obvia su importancia como agente en el proceso de formación de los alumnos y se prescinde de una parte importante de su potencial educativo. Para Marqués (2000a), esto constituiría el *escenario reformista* en el que se empiezan a introducir en las prácticas docentes nuevos métodos de enseñanza/aprendizaje constructivistas que contemplan el uso de las TIC como instrumento cognitivo (Aprender DE y CON las TIC).
- El tercer supuesto propuesto por Quiñones sería concebir el ordenador como un medio para la mejora del aprendizaje y la innovación educativa. Es lo que Marqués denomina *escenario holístico*, en el que los centros deben llevar a cabo una profunda reestructuración de todos sus elementos para adaptarse a los nuevos entornos de aprendizaje (Aprender CON las TIC).

En este avance hacia la integración de las TIC en la enseñanza, los ordenadores deben pasar de ser objeto de enseñanza a convertirse en medios educativos, los cuales, según la definición de Cabero (1999), son “*elementos curriculares que por sus sistemas simbólicos y estrategias de utilización, propician el desarrollo de habilidades cognitivas en los sujetos, en un contexto determinado, facilitando y estimulando la*

*intervención mediada sobre la realidad, la captación y comprensión de la información por el alumno y la creación de entornos diferenciados que propician aprendizajes”.*

Pero en referencia a las TIC ¿conocemos el fundamento pedagógico que permite afirmar que estas tecnologías propician el desarrollo de habilidades cognitivas en los alumnos?, ¿cuáles son los contextos y estrategias de utilización que facilitan y estimulan el desarrollo de estas habilidades?, ¿cuáles son las capacidades que se requieren, que se ponen en juego y que se construyen con el uso de estas tecnologías?

El papel de las TIC en el aprendizaje ha sido analizado desde la perspectiva de las teorías educativas sin llegar a establecerse un modelo pedagógico que oriente con claridad la forma de diseñar, disponer y llevar a la práctica un proceso de enseñanza caracterizado por el uso de las nuevas tecnologías, aunque cada propuesta de informática educativa utiliza unas determinadas estrategias de enseñanza y se desarrolla bajo unos supuestos teóricos que fundamentan y condicionan su diseño. Urbina (1999), en un análisis sobre el papel de las TIC en el aprendizaje, señala tres factores determinantes a la hora de valorar el software educativo: el *diseño* del mismo, el *contexto* de aprendizaje y el papel del *sujeto* ante el aprendizaje. Efectivamente, el contexto en el que se va a desarrollar el aprendizaje condiciona el diseño del mismo y, a su vez, la concepción del aprendizaje que subyace bajo el diseño del software puede condicionar el papel del sujeto ante el programa.

Bajo el paradigma conductista, uno de los mecanismos centrales del aprendizaje es la asociación, de tal manera que la recompensa de una conducta refuerza la posibilidad de nuevas respuestas similares. En el aprendizaje basado en el uso de las TIC, esta concepción de la adquisición del conocimiento se traduce en el diseño de la *enseñanza programada*, que consiste en la secuenciación, por orden creciente de dificultad, de unidades de contenido. Una prueba entre una unidad y la siguiente

permite avanzar en el programa y, en caso de no superarla, el propio programa indica qué contenidos se deben volver a estudiar (Area, 2005a). Este modelo de enseñanza conocido como enseñanza asistida por ordenador (EAO) y basado en la ejercitación y la repetición presentaba, en sus primeros diseños, algunas virtudes e inconvenientes que Urbina (1999) recoge en el siguiente resumen (Tabla 1.2):

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Facilidad de uso; no se requieren conocimientos previos	Alumno pasivo
Existe cierto grado de interacción	No es posible la participación del educador para el planteamiento de dudas, etc.
La secuencia de aprendizaje puede ser programada de acuerdo a las necesidades del alumno	Excesiva rigidez en la secuencia de los contenidos, que impide el tratamiento de respuestas no previstas
Feedback inmediato sobre cada respuesta	No se sabe por qué un ítem es correcto o incorrecto
Favorecen automatización de habilidades básicas para aprendizajes más complejos	Fragmentación de contenidos excesivamente uniforme y reductora, sea cual sea la materia
Proporciona enseñanza individualizada	Individualización muy elemental; no tiene en cuenta el ritmo, no guía

Tabla 1.2: Ventajas e inconvenientes de la EAO, según Urbina

Sin embargo, algunos de los inconvenientes mencionados por Urbina, como el excesivo automatismo de las actividades o la falta de respuesta a las acciones de los alumnos, por ejemplo, han sido superados con el tiempo y los nuevos diseños de EAO ofrecen entornos didácticos mucho más ricos. Por otra parte, las posibilidades de la comunicación abiertas por las nuevas herramientas vinculadas a la *Web 2.0*<sup>6</sup> permiten la participación tanto de los compañeros como del profesor en el proceso de aprendizaje, solucionando, o paliando al menos, otra de las críticas que se venía

<sup>6</sup> La web 2.0 es la transición que se ha dado desde las aplicaciones tradicionales de la web hacia aplicaciones enfocadas al usuario final, es decir, la web como plataforma colaborativa. La irrupción de nuevas herramientas y conceptos como blogs, wikis o folcsonomías propician una actitud participativa y la formación de comunidades y redes sociales de usuarios gracias a nuevas formas de colaboración y de intercambio ágil de información.

haciendo a las aplicaciones de enseñanza programada: el aislamiento del alumno frente al ordenador.

Desde la perspectiva cognitivista, las respuestas del individuo tienen que ver no sólo con el estímulo, sino con una serie de procesos mentales dependientes de variables subjetivas. Para Ausubel (1976) los contenidos han de ser incorporados al conjunto de conocimientos del sujeto, relacionándolos con sus conocimientos previos para que su aprendizaje sea significativo. En este sentido, considera la EAO válida en tanto que posibilita el control de muchas variables al mismo tiempo, pero entiende que no proporciona interacción de los alumnos entre sí ni con el profesor, señalando el papel fundamental de éste último que nunca podrá ser sustituido por una computadora, ya que ésta nunca podrá dar respuesta a todas las preguntas que puedan formular los estudiantes. Frente a la importancia concedida por Ausubel al aprendizaje por *recepción*, Bruner (1988) opone el concepto de aprendizaje por *descubrimiento* y propone la estimulación cognitiva mediante la utilización de materiales que entrenen las operaciones lógicas básicas. Piaget (1986) por su parte, desde la óptica de la psicología evolutiva, defiende que una secuencia de instrucción ha de estar ligada al desarrollo del individuo y debe ser flexible, ya que entiende el aprendizaje como un proceso en el que destaca la importancia de la actividad y del ambiente en el desarrollo de la inteligencia, por lo que no se muestra muy partidario de la instrucción por ordenador. Gagné (1971), adoptando una postura más ecléctica, aunque se posiciona dentro del cognitivism, incorpora elementos de otras teorías (conductismo, procesamiento de la información..) para elaborar la suya propia. Las aportaciones de Gagné suponen una alternativa al modelo conductista en el diseño de programas instructivos ya que defiende la importancia del refuerzo como motivación intrínseca (más que del refuerzo externo) y proporciona pautas para la selección y ordenación de los contenidos y de las estrategias de enseñanza, las cuales han tenido gran influencia en el desarrollo de materiales educativos informáticos. Para Papert (2003), creador del

lenguaje LOGO<sup>7</sup>, el ordenador reconfigura las condiciones de aprendizaje y supone nuevas formas de aprender. Papert parte de los postulados de Piaget, pero incide más en las estructuras mentales y en el ambiente de aprendizaje y pretende que, mediante la programación, el niño pueda pensar sobre sus procesos cognitivos favoreciendo así sus actividades metacognitivas. El lenguaje LOGO utiliza instrucciones sencillas para que el niño pueda construir cualquier figura geométrica a partir de los movimientos de una tortuga, con la finalidad de que llegue a dominar los conceptos básicos de geometría de forma autónoma.

Algunos autores (Marqués, 1999a; Gros, 2000), analizando las bases psicopedagógicas de las principales concepciones sobre el aprendizaje, establecen una relación entre éstas y la función de los programas multimedia, según su estructura, el tipo de interacción que propician y las actividades cognitivas que activan.

Un resumen de las relaciones encontradas por Gros puede verse en el siguiente cuadro (Tabla 1.3):

TIPOS DE PROGRAMAS	TEORÍAS DEL APRENDIZAJE	MODELOS INSTRUCTIVOS
Enseñanza asistida por ordenador (primeros programas)	Conductismo	Aprendizaje basado en la enseñanza programada
Programas multimedia de enseñanza, simulación e hipertextos	Cognitivismo	Aprendizaje basado en el almacenamiento y la representación de la información
LOGO, micromundos	Constructivismo	Aprendizaje basado en el descubrimiento
Programas de comunicación	Teorías sociales del aprendizaje	Aprendizaje colaborativo

Tabla 1.3: Relación entre las principales teorías del aprendizaje y los tipos de programa multimedia, según Gros

<sup>7</sup> LOGO es un lenguaje de programación creado con la finalidad de que los niños pequeños aprendan matemáticas de forma fácil y sencilla. Seymour Papert lo describió como “el lenguaje para aprender”

Por otra parte, el carácter intencional, interpretativo y cultural del aprendizaje puesto de manifiesto por Dewey (1967) y Vygotsky (1962) evidencia la importancia de la creación de entornos educativos estimulantes. Desde los postulados vygotiskianos, se destaca el papel del adulto y los iguales en el proceso de aprendizaje en los nuevos entornos colaborativos que pueden crearse por medio de las TIC. Independientemente de los principios que inspiran el diseño del material instructivo, su aplicación a una situación concreta de aprendizaje dependerá de la interrelación entre el profesor y sus alumnos, tanto que un mismo software educativo generará distintas actividades con combinaciones de alumnos y profesores diferentes.

Actualmente se señala la necesidad de aplicar a las TIC el principio de *aprender a aprender*, utilizándolas no solamente para adquirir información, sino para desarrollar habilidades que permitan seleccionarla, organizarla e interpretarla estableciendo conexiones cognitivas con los saberes anteriores para elaborar conocimiento. El modelo CAIT (Constructivo, Autorregulado, Interactivo y Tecnológico) (Fundación Encuentro, 2005) considera que el aprendizaje constituye una construcción personal de significados. Este modelo pretende una enseñanza activa en un entorno colaborativo y tecnológico. En este entorno, las actividades deben ser constructivas y contextualizadas, que permitan a los estudiantes ser más reflexivos, aportar visiones personales y comunicarse con sus iguales, con el profesor o con especialistas; autorreguladas, de manera que los estudiantes sean activos y cada vez más autónomos; interactivas, es decir, provistas de sistemas de feed-back y, finalmente, con apoyo tecnológico para la exploración, comprensión, organización, construcción y representación del conocimiento, así como para el aprendizaje cooperativo y la comunicación. El profesor cambia el tradicional enfoque instructivista a favor del papel de mediador en el proceso de construcción del conocimiento de los alumnos, lo que favorece la integración de estas tecnologías en el currículum (Adell, 2005; Real García, 2006).

Pero a pesar de las reflexiones realizadas desde el campo de las teorías educativas sobre la función educativa de las TIC, parece que no existe todavía acuerdo acerca del papel que deben cumplir los ordenadores en el aula. De hecho, algunas voces (Pérez Moreno, 2003, Area, 2005,b) advierten sobre la implantación improvisada de las TIC en los centros, sin haber valorado previamente las características que dicha implantación 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. Respecto a las supuestas virtudes del aprendizaje mediado por las TIC, aún no se encuentran evidencias concretas de un aumento importante de aprendizaje cognitivo en relación a un recurso TIC determinado ni se conocen las consecuencias cognitivas de la lectura no lineal. Por otra parte, la atención que están recibiendo los aspectos técnicos en la incorporación de las TIC al proceso educativo puede crear la sensación de que se está produciendo un vacío en lo pedagógico y un retorno a lo instruccional en cuanto al diseño de materiales, lo que genera un uso irreflexivo de la tecnología y el didactismo en el proceso educativo (Quiñones, 2006). 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, hasta el punto de afirmarse que *“la aplicación de las TIC carece de un objetivo pedagógico y didáctico específico”* (Pérez Moreno, 2003).

Pero, a pesar de la necesaria improvisación (derivada de la vertiginosa evolución de estas tecnologías), de la falta de modelos pedagógicos de referencia y del peso de razón que existe en algunas de estas afirmaciones, debemos asumir que los ordenadores, como reza el título de la obra de Rozenhauz y Steinberg (2002) sobre la incorporación de las TIC en las aulas, *“llegaron para quedarse”*. La escuela no puede dar la espalda a unas tecnologías que se están incorporando a todos los ámbitos de vida cotidiana, ni puede permanecer ajena a la posibilidades de incorporación de las

nuevas estrategias de aprendizaje que brindan estas tecnologías. El mero hecho de que no se haya encontrado un incremento en las habilidades cognitivas con el uso de las TIC no es razón para su rechazo. Probablemente tampoco lo hubo con el libro de texto respecto a los apuntes o con la utilización de dispositivos, transparencias, audios, videos y otras tecnologías respecto de épocas anteriores y todos las hemos celebrado como ayudas a la tarea docente incorporándolas a nuestra actividad en la medida en que lo hemos considerado conveniente.

Por otra parte los modelos pedagógicos en los que se inspiran los autores de los libros de texto son tan diversos como los que fundamentan el uso de las TIC. El análisis sobre la orientación didáctica de dos libros de texto sobre la misma materia puede revelar discrepancias importantes (tenemos sobrados ejemplos sobre ello), pero no por ello se discute la utilidad del libro en sí mismo.

Colgar la etiqueta de aprendizaje conductista a las TIC es una simplificación (en cualquier caso el conductismo rige muchos de nuestros comportamientos, no se puede desterrar de la educación) y asumir que con un determinado programa informático se está abrazando una teoría educativa concreta es atribuirle una importancia y un peso que no tiene en relación al total de actividades de aprendizaje que tienen lugar a lo largo de la vida formativa del alumno. Es la habilidad y el saber hacer del docente el que debe conducir su utilización, ya que es función insustituible del profesor la selección y estructuración de la información disponible atendiendo a criterios como adecuación al contexto, oportunidad, actualidad, pertinencia científica y búsqueda de objetivos educativos concretos, para integrar dicha información en el proceso de formación de los alumnos. Con la incorporación plena de las tecnologías de la información a la enseñanza, se espera que el profesor pase de hacer un mero uso didáctico de ellas a generar situaciones de aprendizaje mediadas por estas herramientas.

Sin embargo la realidad nos muestra que, en muchos casos, la supuesta innovación metodológica que supone la incorporación de las TIC a la tarea docente no pasa de ser una transposición de las tareas tradicionales a formato digital. Parece como si los profesores, presionados por una situación impuesta, se afanasen en buscar “alguna utilidad” de las TIC en su docencia, tratando para ello de abrir espacios dentro de la rígida organización escolar. Pero 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 vengan 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 el cambio metodológico (López García y Morcillo Ortega, 2007). Como afirma Area (2005,b), 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 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.

### **1.2.3. CONSIDERACIONES DIDÁCTICAS SOBRE EL USO DEL ORDENADOR EN EL AULA**

Son muchos los aspectos que deben tenerse en cuenta para lograr una plena integración de las TIC en la práctica docente, ya que también son muchos los condicionantes de nuestro sistema educativo. La disponibilidad de recursos, los

aspectos organizativos y metodológicos, así como la elección de software educativo, son algunos de los factores que deben contemplarse a la hora de planificar una actividad docente utilizando la tecnología informática (Romero, 2004), aunque en cada situación educativa concreta seguramente habría que contemplar muchos más (nivel de conocimientos de los alumnos, medidas de atención a la diversidad, comprobación del funcionamiento de los equipos, integración de la actividad en el currículo, etc.).

Marqués (2001), considera que son cinco los factores fundamentales que intervienen en la integración de las TIC en el aula:

- 1) Las infraestructuras y dotación: la conexión a Internet, la existencia de una Intranet o de plataformas de aprendizaje y la disposición de los equipos informáticos en los centros condiciona las posibilidades de aprovechamiento didáctico de las TIC. Algunas de las formas más corrientes de organización de los ordenadores en los centros de secundaria relacionadas con sus posibilidades de uso didáctico son (Marqués, 2005):
  - a) *Aulas de informática*: La mayoría de los centros disponen los equipos informáticos para uso de los alumnos en una o más aulas de informática, de manera que es necesario establecer turnos de ocupación de dichas aulas.
  - b) *Aulas con ordenadores de apoyo*: En algunos centros las aulas cuentan con uno o varios ordenadores de apoyo que, si bien son insuficientes para el trabajo individual de los alumnos, permiten la realización de trabajos en grupo y la participación en actividades colaborativas.
  - c) *Aulas con pizarra digital*: La disponibilidad de una pizarra digital en el aula permite proyectar y compartir cualquier tipo de información. Si se trata de una PDI (pizarra digital interactiva) se puede escribir sobre el mismo tablero de proyección con un lápiz electrónico o desde cualquier

punto de la clase si se dispone de un *tablet-PC* lo que introduce nuevas posibilidades de aplicación en el aula (Marqués, 2004).

d) *Bibliotecas o salas de estudio dotadas con ordenadores*: La instalación de ordenadores en salas de estudio y bibliotecas permiten la utilización de las TIC para el estudio, la consulta y el trabajo personal del alumno.

2) El software educativo: La disponibilidad de software educativo es, así mismo, un factor decisivo para la utilización didáctica de las TIC. Existen muchas clasificaciones del software para uso educativo (Alonso Oliva [et al.], 1998; Duarte, 1999; Marqués, 1999b; Pontes, 2005), que van desde las aplicaciones de uso general como sistemas operativos, buscadores, herramientas de ofimática o aplicaciones para generación de contenidos, hasta recursos específicos diseñados para facilitar el aprendizaje de materias concretas o el software para la comunicación y el aprendizaje colaborativo.

3) La coordinación técnico pedagógica: la creciente informatización de los centros hace necesaria una buena organización de los recursos y personas encargadas de su gestión, mantenimiento y apoyo al profesorado. Como respuesta a esta necesidad, se ha creado en la mayoría de los centros la figura del profesor coordinador en TIC, cuyas funciones, desgraciadamente, exceden con mucho el tiempo asignado para llevarlas a cabo: instalación y mantenimiento de equipos, asesoramiento y ayuda al profesorado en los problemas que se presenten en la utilización de las TIC, asesoramiento pedagógico al profesorado, gestión del horario de utilización de las aulas de informática, actualización del inventario de los materiales curriculares digitales o apoyo a la formación técnico-didáctica del profesorado, entre otras.

- 4) La formación del profesorado: los profesores, para la utilización de las TIC en su práctica docente, deben tener las competencias técnicas necesarias para manejar los programas y los recursos de Internet así como las competencias en el uso didáctico de estos medios y el conocimiento de las posibilidades de aplicación de estas tecnologías en su disciplina. Pero además de estos requisitos, los profesores deben asegurarse de conocer bien el funcionamiento del aula de informática de su centro, número de equipos disponibles y sistema operativo que utilizan, prever la disponibilidad del aula, probar los materiales que va a utilizar y, finalmente, planificar la sesión y ... estar preparados para resolver las incidencias que puedan producirse (fallos en los equipos, problemas de conexión...)
- 5) La integración en el currículo: la integración de las TIC en el currículo puede entenderse a varios niveles:
- a) La alfabetización digital, que implica el conocimiento teórico, práctico y actitudinal del uso de los ordenadores. Suele llevarse a cabo por especialistas en materias específicas comunes u optativas.
  - b) La aplicación didáctica en el marco de cada asignatura: puede utilizarse como fuente de documentación o para trabajar con programas específicos de la materia o bien pueden utilizarse los programas de uso general aplicándolos a actividades específicas de la asignatura. Esta aplicación didáctica puede llevarse a cabo con distintos grados de integración: de manera puntual, cuando el tema o los materiales didácticos de que se dispone resultan relevantes; de manera sistemática, considerando las posibles aportaciones de las TIC para cada tema; de manera instrumental para el estudio de cada tema, lo que supone la articulación a partir de actividades o proyectos basados en el aprovechamiento de los recursos que ofrecen las TIC.

- c) La utilización para el aprendizaje distribuido: supone su utilización como complemento de las clases presenciales, como espacio virtual para el aprendizaje, como medio de comunicación entre los alumnos o entre alumnos y profesor, para intercambio de información, debate... etc.

Sancho Gil (2006), de manera menos sistematizada, propone siete axiomas básicos para convertir las TIC en motor de innovación pedagógica:

- Infraestructura tecnológica adecuada: conexión, en todas las clases, de alta velocidad a la red de banda ancha
- Utilización de los nuevos medios en los procesos de enseñanza y aprendizaje: integración en todos los aspectos del currículo
- Enfoque constructivista de la gestión: establecimiento de un sistema efectivo de acceso a la información y la comunicación entre la dirección, el profesorado y las familias
- Inversión de la capacidad del alumnado para adquirir su propia educación: de modo que los alumnos puedan aprender indagando y haciendo
- Imposibilidad de predecir los resultados del aprendizaje: la tendencia a establecer metas de la enseñanza deja de tener sentido cuando la experiencia pedagógica del alumnado no se basa en la repetición de las explicaciones del docente o del libro de texto para centrarse en procesos de indagación
- Ampliación del concepto de interacción docente: implica diseñar y poner en práctica entornos diversificados de aprendizaje
- Poner en cuestión el sentido común pedagógico: revisión de las creencias pedagógicas respecto a la concepción del conocimiento escolar como un conjunto de saberes estables, perfectamente divisibles en asignaturas y secuenciables en forma lineal

Cabero (2004) destaca la importancia de los aspectos organizativos y administrativos para la incorporación de las TIC frente a la idea tradicional que sugiere que, para dicha incorporación, únicamente se deben adoptar medidas para su presencia y su utilización didáctica (metodologías, formas de diseño o formas de evaluación). Junto al hardware y el software, considera el “orgware” como el componente estructural que tiene la misión de asegurar el funcionamiento de los anteriores, y garantizar la interacción con otros elementos y con otros sistemas de naturaleza diferente. Para Cabero, las TIC transforman los modos, las formas, los espacios, los tiempos y las modalidades de interacción de los sujetos que participan en la acción educativa, y por ello se requieren respuestas organizativas completamente diferentes a las tradicionales metodologías de enseñanza, basadas en situaciones donde existían una coincidencia espacio-temporal entre el profesor y el estudiante y donde este último, por lo general, era contemplado como un receptor pasivo de información.

Pero, aunque todos los factores analizados juegan un papel importante en el proceso de integración de las TIC, es, sin duda, el profesor el que marcará el peso e influencia de estas herramientas en el proceso de enseñanza. Las decisiones que se toman en la planificación del proceso didáctico serán las que determinen el aprovechamiento de las TIC en función de las estrategias de aprendizaje diseñadas. Para ello, el profesor debe considerar el contexto y el objetivo didáctico que persigue para, seguidamente, escoger la combinación de métodos, medios y técnicas que permitan al alumno alcanzar los objetivos marcados del modo más sencillo y eficaz. La complejidad de la práctica educativa hace que dicha combinación no sea única, sino que puede presentar variadas soluciones en función, no sólo de las decisiones racionales del profesor de acuerdo con sus creencias o teorías educativas implícitas, sino de factores externos relacionados con el contexto. En este proceso de toma de decisiones, el conocimiento por parte del profesor de la funcionalidad didáctica de las TIC juega un papel importante.

Las funciones que pueden cumplir las TIC en la formación de los estudiantes son diversas. Salinas (1999), reconoce tres funciones de los medios dentro de las situaciones didácticas: *informativa*, relacionada con la adquisición de conocimientos; *motivadora*, por su capacidad para transmitir emociones o sensaciones apoyadas en el lenguaje visual; *instructiva*, en tanto que proporciona elementos tendentes a la organización del conocimiento y el desarrollo de destrezas.

Listados más completos de las funciones de las TIC como los elaborados por Cabero (2004) o Marqués (2000b) nos dan una idea más amplia de las posibilidades didácticas de las TIC: inciden en la motivación de alumnado, facilitan el aprendizaje, constituyen herramientas para la evaluación, favorecen la retroalimentación, promueven nuevas relaciones, facilitan nuevos entornos de aprendizaje, proveen de herramientas para la creación y la expresión, posibilitan el acceso a la información, etc. Un resumen, sin ánimo de exhaustividad, de las funciones de las TIC en relación a algunos de los recursos disponibles sería (Tabla 1.4):

<b>FUNCIONES EDUCATIVAS DE LAS TIC</b>	
<b>FUNCIONES</b>	<b>RECURSOS</b>
Fuente de información	Enciclopedias, bases de datos, revistas electrónicas, páginas web docentes o institucionales, etc.
Medio de creación y de expresión multimedia	Procesadores de texto, editores de imagen y sonido, generadores de presentaciones y páginas web, herramientas de autor, etc.
Procesamiento de la información	Hojas de cálculo, paquetes estadísticos, gestores de bases de datos, etc.
Canal de comunicación	Correo electrónico, chats, foros, listas de distribución, etc.
Medio didáctico y para la evaluación	Tutoriales, simulaciones, programas interactivos, etc.
Soporte de nuevos escenarios educativos	Entornos virtuales de enseñanza

Tabla 1.4: Funciones educativas de las TIC

El uso educativo de las TIC, atendiendo a las anteriores funciones, se traduce en la realización de una amplia gama de actividades que podríamos agrupar en función de la organización del trabajo en el aula:

- *Actividades para el trabajo individual:* realizar ejercicios para diferentes asignaturas, realizar actividades de autoevaluación, guardar trabajos y ejercicios y organizar un e-portfolio, explorar simulaciones y materiales didácticos virtuales, buscar información, realizar trabajos, acceder a tutoriales, comunicarse a través de foros, correos o weblogs, etc.
- *Actividades para la docencia:* proyección de presentaciones y otros materiales digitales, incorporación de simulaciones a las explicaciones, diseño o adaptación de materiales didácticos, utilización o creación de canales de comunicación como el correo electrónico, los foros o los chats, educación a distancia mediante aulas o campus virtuales, creación de espacios virtuales para la enseñanza: blogs, wikis, webs, etc.
- ◆ *Actividades para el trabajo en grupo:* participación en actividades colaborativas, realización de trabajos a distintos niveles, elaboración de materiales digitales, proyección de trabajos, participación en la clase con materiales aportados por los alumnos, corrección de ejercicios en grupo, comunicación a través de diferentes canales, participación en blogs, wikis, webs, etc.

Por otra parte no debemos olvidar que la incorporación de las TIC en la actividad docente tiene como finalidad, más allá de los logros particulares que se obtengan en relación con los objetivos didácticos de las disciplinas específicas, una inmersión de los alumnos en el manejo de estas tecnologías y una apropiación de las mismas en su quehacer diario. Conviene tener en cuenta, por tanto, a la hora de diseñar las actividades educativas, qué es lo que consideramos que un alumno debe saber y

saber hacer para participar activamente en lo que se ha dado en llamar la sociedad del conocimiento. Existen algunos estándares publicados al respecto. En Estados Unidos, los NETS (National Educational Technology Standards) publicados por la International Society for Technology in Education (ISTE, 2007) por primera vez en 1998, están siendo revisados actualmente. Esta nueva generación de estándares de 2007 está más centrada en el desarrollo de habilidades y menos en el conocimiento de las herramientas y resume en seis puntos los logros que deben conseguir los estudiantes en relación a las TIC:

*I. Creatividad e innovación*

*Los estudiantes piensan de manera creativa, construyen conocimiento y desarrollan productos innovadores usando tecnología*

*II. Comunicación y colaboración*

*Los estudiantes usan entornos y medios digitales para comunicarse y trabajar de manera colaborativa, incluidas actividades a distancia, apoyando su aprendizaje individual y contribuyendo al aprendizaje de otros*

*III. Búsqueda y procesamiento de datos*

*Los estudiantes acceden, recuperan, manejan y evalúan la información usando las herramientas digitales*

*IV. Pensamiento crítico, resolución de problemas y toma de decisiones*

*Los estudiantes utilizan habilidades de pensamiento críticas para planificar y conducir la investigación, para manejar proyectos, para solucionar problemas y para tomar decisiones contrastadas usando las herramientas tecnológicas apropiadas*

*V. Ciudadanía digital*

*Los estudiantes vinculan la tecnología con aspectos humanos, culturales, y sociales practicando un comportamiento legal y ético*

*VI. Conceptos y procedimientos tecnológicos*

*Los estudiantes demuestran una comprensión natural de los conceptos, sistemas y procedimientos tecnológicos*

En el entorno europeo, también se están produciendo intentos por definir las capacidades básicas en TIC que deben alcanzar los alumnos al final de cada etapa educativa. En Francia, con el fin de valorar los esfuerzos educativos que realizan las escuelas para integrar las tecnologías de la información en la práctica docente, se ha instaurado el B2i, una suerte de certificado de informática e Internet que pretende reconocer la labor de los centros educativos en la adquisición de competencias significativas en el dominio de las TIC por parte de los alumnos (Ministère de l'Education Nationale, 2000). El B2i implica el dominio, por parte de los alumnos, de un conjunto de competencias agrupadas en dos niveles y que pretenden no sólo la adquisición de técnicas de conocimiento en la utilización de un determinado software u otro, sino la formación de usuarios conscientes, autónomos y que perciban las posibilidades y los límites del tratamiento automatizado de la información. Las competencias que se han considerado esenciales para obtención del B2i se agrupan en dos niveles:

*I. Nivel 1 (enseñanza primaria):*

*Dominar las bases de la tecnología informática*

*Adoptar una actitud ciudadana respecto a la información mediada por ordenadores*

*Producir, crear, modificar y explorar documentos con ayuda de un procesador de textos*

*Investigar, documentarse a través de materiales multimedia*

*Comunicarse por medio de mensajería electrónica.*

*II. Nivel 2 (enseñanza secundaria):*

*Organizar tratamientos digitales con ayuda de hojas de cálculo*

*Organizar documentos complejos que incluyan cuadros, fórmulas y enlaces con otros documentos*

*Informarse y documentarse utilizando un navegador y un motor de búsqueda*

*Organizar su espacio de trabajo gestionando archivos y carpetas de forma adecuada a sus necesidades*

*Comunicarse por medio de la mensajería electrónica y sobre todo intercambiar ficheros*

*Percibir los límites relativos al uso de información nominativa, así como a los que impone el respeto de la propiedad intelectual.*

En Inglaterra, el currículo nacional (Qualifications and Curriculum Authority, 2008), en relación al uso de las tecnologías de la información y la comunicación, establece que los alumnos deben desarrollar su capacidad en el uso de las TIC incorporando estas herramientas para apoyar sus aprendizajes en todas las materias. Sin embargo, los objetivos que deben alcanzar los alumnos al finalizar la etapa son más imprecisos:

- I. Encontrar, seleccionar y sintetizar la información necesaria a partir de diversas fuentes y desarrollar habilidades para cuestionar su precisión y credibilidad*
- II. Desarrollar sus ideas usando las TIC para corregir y refinar sus trabajos y mejorar su precisión y calidad*
- III. Intercambiar y compartir información directamente y a través de medios electrónicos*
- IV. Revisar, modificar y evaluar su trabajo, reflexionando críticamente sobre su calidad y progreso.*

Esta imprecisión en el establecimiento de los niveles de adquisición de competencias en las TIC es mayor aún en España. El nuevo currículo de enseñanza secundaria

(MEC, 2006) plantea, como uno de los objetivos generales de la etapa “*Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.*” Sin embargo no existe ninguna especificación de cuáles son estas destrezas básicas que debe alcanzar todo el alumnado al finalizar la educación secundaria obligatoria. El currículo de Ciencias de la Naturaleza marca como objetivo general de la etapa, en relación a este aspecto, “*Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación, y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos*”, pero la búsqueda de concreción para los distintos niveles educativos resulta decepcionante. Para 1º y 2º de ESO el objetivo específico es la “*Utilización de los medios de comunicación y las tecnologías de la información para seleccionar información sobre el medio natural*”, mientras que para 3º y 4º de ESO, en un alarde de enroque ajedrecístico, dicho objetivo se transforma en “*Búsqueda y selección de información de carácter científico utilizando las tecnologías de la información y comunicación y otras fuentes*”. Cuando, por último, se consultan los criterios de evaluación esperando encontrar allí las referencias para valorar el progresivo grado de adquisición de estas competencias, se comprueba que no existe ningún criterio de evaluación en toda la etapa para este objetivo tan *fundamental*.

La administración se muestra, aparentemente, más preocupada por garantizar la pertinencia y oportunidad de cada una de las piezas que conforman el currículo que por analizar la calidad, la utilidad o el sentido de algunos aspectos de la normativa que lo desarrolla. Imbuida de una suerte de positivismo ingenuo, parece considerar que la mera inclusión de un objetivo en la normativa curricular es suficiente para garantizar los resultados que se esperan.

De esta manera, nuevamente es el profesor el único responsable en decidir cuáles, de entre todas las posibles destrezas que se pueden desarrollar mediante las TIC, son las más adecuadas en cada contexto, materia o nivel educativo. Pero, sin que ello deba suponer una merma en el ejercicio del propio estilo docente de cada profesor, una orientación respecto a unos logros mínimos comunes que se esperan en cada etapa educativa tendría, seguramente, la virtud de impulsar la búsqueda de consensos en este sentido y disminuiría la situación de desigualdad en la que se encuentra actualmente el alumnado ante las diferencias existentes en la práctica docente en relación a las TIC o, incluso, a la ausencia de ésta.

La tarea pendiente de la administración, respecto a la incorporación de las TIC en la formación de los estudiantes, es integrar un campo nuevo y no sistematizado del conocimiento en los procesos de enseñanza. Esto implica una selección, una secuenciación, una orientación metodológica adecuada a cada nivel de enseñanza y el establecimiento de criterios de evaluación.

#### **1.2.4. INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LAS TIC EN LA ENSEÑANZA**

##### **1.2.4.1. Líneas de investigación**

Paralelamente a la implantación de las TIC en los centros educativos han comenzado a proliferar estudios encaminados a valorar el impacto que dicha implantación está teniendo sobre el sistema escolar. Gallego Arrufat (1998) analizó la investigación llevada a cabo desde finales de los setenta sobre el uso de informática en la escuela desde el punto de vista de la organización y contexto educativo, encontrando como principales puntos de interés las relaciones que se establecen entre el uso del ordenador y el proceso educativo y el análisis de contextos de clase con ordenadores,

donde identifica: investigaciones referidas al ambiente de clase; la organización de actividades; la cooperación, la interacción grupal y las formas de agrupación; los modelos de interacción profesor–alumno y la actuación del profesorado en aulas de informática. En el análisis final, Gallego recomienda un mayor acercamiento desde la investigación didáctica a los criterios que determinan la toma de decisiones de los profesores, especialmente en lo que se refiere a la selección del software, su integración curricular y la evaluación de su calidad didáctica.

Area (2005b), en una revisión más reciente de los estudios, trabajos e informes desarrollados desde 1995 identifica cuatro grandes líneas de investigación:

- Estudios sobre indicadores cuantitativos que reflejan el grado de presencia de las TIC en el sistema educativo: Son estudios impulsados, generalmente, a nivel institucional que utilizan técnicas metodológicas basadas en datos estadísticos, encuestas a administradores y análisis documental y ofrecen datos que permiten evaluar la evolución en el tiempo del sistema escolar respecto a la implantación de las TIC o comparar un sistema educativo con otros de diferentes países. Ejemplos de estos estudios son los informes de Eurydice (2006), de la OCDE (2005b) o, en el ámbito español, del CIDE (Gargallo, 2003) o del MEC/MITC (2006). Estos trabajos tienen una fiabilidad limitada ya que, en ocasiones, muestran datos diferentes para un mismo indicador, lo que puede deberse a las diferentes formas de interpretar o medir los indicadores por parte de los distintos organismos. Por otra parte, los datos cuantitativos en los que se apoyan estos informes aportan poca información sobre el uso pedagógico de las TIC y su impacto en la enseñanza.
- Estudios sobre el impacto de los ordenadores en el aprendizaje de los alumnos: Tienen como objetivo la medición de la eficacia del uso de los ordenadores sobre el proceso de aprendizaje. Se apoyan en metodologías de

corte experimental que utilizan variables mensurables con un grupo de alumnos, objeto del estudio, frente a un grupo control. La variable dependiente suele ser un programa o software específicos. González (2004) ha realizado una revisión de estudios relativos a la aplicación de los sistemas inteligentes a la educación destacando la eficacia de algunas aplicaciones y la necesidad de explorar el potencial educativo de otras. Aunque se trata de una línea de investigación que tiene poca tradición en España, trabajos como el de Sierra (2005) sobre la influencia de un entorno de simulación para el aprendizaje de la Física muestran un camino a seguir.

- Estudios sobre las perspectivas, opiniones y actitudes de los agentes educativos y del profesorado hacia el uso e integración de las tecnologías en las aulas y centros escolares: Se centran en las opiniones y actitudes de profesores y otros agentes educativos hacia las TIC, entendiendo que dichas opiniones y actitudes condicionan la integración las TIC en la enseñanza. (BECTA, 2004; Suárez [et al.], 2005; European Commission, 2006).
- Estudios sobre los usos y prácticas pedagógicas con ordenadores en contextos reales y aulas: Pretenden indagar sobre los fenómenos que rodean y acompañan al uso de ordenadores en la práctica educativa. Se apoyan en planeamientos cualitativos de estudios de caso tomando como unidad de análisis un centro escolar, un grupo de docentes de la misma materia o del mismo nivel, o bien un profesor o un aula concretos. El interés de estos estudios es identificar los factores o variables que están presentes en aquellas experiencias o situaciones que pudieran ser consideradas como innovadoras o valiosas desde un punto de vista pedagógico (Aguaded [et al.], 2001; Paredes Labra, 2003; Fuentes, Ortega y Lorenzo, 2005; Vidal, 2006).

En los últimos años, la investigación sobre la aplicación de las TIC a la enseñanza se ha convertido en España en un campo de estudios emergente que está siendo

impulsado desde diferentes departamentos universitarios con objetivos diversos (Sevillano, Pascual y Bartolomé, 2007). Las líneas de investigación desarrolladas a menudo se solapan o se complementan, por lo que no resulta fácil actualmente encuadrarlas en grupos homogéneos con objetivos diferenciados. Así Gallego Arrufat, en la Universidad de Granada, centra su interés en la relación de las TIC con la formación docente; Jordi Adell en la Universidad Jaume I trabaja sobre análisis y evaluación de entornos de aprendizaje constructivistas y es el creador del canal digital de tecnología educativa OCTETO<sup>8</sup>; José Ignacio Aguaded, en la Universidad de Huelva, desarrolla una línea de investigación sobre tecnologías de la comunicación en la educación dentro del grupo @gora; Manuel Area Moreira, en la Universidad de la Laguna, dirige actualmente el proyecto “La integración y uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación en los centros educativos de Canarias” y es presidente de RUTE; Julio Cabero Amenara, en la Universidad de Sevilla ha trabajado en los usos y efectos cognitivos de los medios y es miembro del grupo de investigación GID; Pere Marqués Graells, en la Universidad Autónoma de Barcelona centra actualmente su atención en el software educativo y la pizarra digital además de dirigir el grupo DIM; Jesús Salinas Ibañez y Santos Urbina Ramírez, en la Universidad de les Illes Balears, son miembros del Grupo de Tecnología Educativa donde trabajan en proyectos sobre diseño, producción y evaluación de materiales multimedia; Antonio Bautista, Carmen Alba y Evaristo Nafría, en la Universidad Complutense de Madrid, trabajan sobre usos didácticos de los recursos tecnológicos y formación del profesorado en nuevas tecnologías; Francisco Martínez Sánchez, en la Universidad de Murcia, trabaja sobre espacios virtuales de aprendizaje y dirige el Grupo de Investigación del Universidad de Murcia GITE; Manuel Cebrián de la Serna, en la Universidad de Málaga, es coordinador de Nuevas Tecnologías y pertenece al grupo de investigación Ágora Virtual; Jesús Suárez, en la Universidad de Valencia, participa

---

<sup>8</sup> Las URL de los grupos de investigación que se mencionan en este capítulo aparecen recogidas en la Bibliografía en el apartado correspondiente a “Recursos electrónicos citados”

en diversos proyectos relacionados con la formación del profesorado en nuevas tecnologías y la integración de las TIC en la escuela y coordina el grupo UTE-UV. Existen, además de los mencionados, diversos grupos interuniversitarios de trabajo como Netlab, Edutec, ADIE, ESPIRAL o RUTE. En algunos casos, los estudios promovidos por estos grupos de investigación se han llevado a cabo tomando como referencia las distintas comunidades autónomas, centrándose en el modo en que se están introduciendo las TIC en las mismas y en los puntos fuertes y débiles de esta implantación. Valgan como ejemplo los trabajos realizados por Gargallo (2003) en la comunidad valenciana, Area (2007) en Canarias, ISEI-IVEI (2004) en el País Vasco o Fernández y Cebreiro (2002) en Galicia.

Las anteriores referencias, si bien no pretenden representar la totalidad del trabajo que se está llevando a cabo actualmente en este campo, bastan para ilustrar el interés por analizar el impacto pedagógico de estas tecnologías y la necesidad de alcanzar un conocimiento más preciso que permita identificar y sistematizar los factores que intervienen en la integración de las TIC en la actividad docente.

#### **1.2.4.2. Dificultades para la integración de las TIC en la práctica docente**

De entre todas las líneas de investigación abiertas por diferentes investigadores, la búsqueda de factores condicionantes de la integración de las TIC en los centros educativos se ha convertido en centro de atención de numerosos estudios, aún cuando las unidades de referencia varían desde estudios de caso de centros educativos o grupos de trabajo concretos hasta estudios locales, regionales o internacionales. Una de las líneas de investigación más fructíferas, y de relevancia internacional, es la que se lleva a cabo sobre las dificultades de implantación de las

TIC en la práctica docente. Un trabajo de investigación llevado a cabo por BECTA<sup>9</sup> (2004) sobre las barreras encontradas por la literatura especializada para la incorporación de las TIC por parte de los profesores, permitió determinar diez dominios de dificultad:

- I. *Falta de confianza y ansiedad en el uso de los ordenadores por parte de los profesores*
- II. *Falta de competencia de los profesores, debida fundamentalmente a:*
  - Falta de tiempo para practicar*
  - Falta de formación pedagógica*
  - Falta de formación técnica*
  - Carencias en la formación inicial del profesorado*
- III. *Falta de acceso a los recursos:*
  - Falta de hardware*
  - Mala organización de los recursos*
  - Escasa calidad del hardware*
  - Carencia de software apropiado*
  - Falta de acceso personal de los profesores*
- IV. *Falta de tiempo*
- V. *Problemas técnicos, derivados de:*
  - Miedo de hacer algo mal*
  - Falta de soporte técnico*
- VI. *Resistencia al cambio y actitud negativa del profesorado*
- VII. *Falta de percepción de beneficios pedagógicos*
- VIII. *Impacto de los exámenes externos*
- IX. *Diferente disposición del profesorado en función de la edad*
- X. *Diferente disposición del profesorado en función del género*

---

<sup>9</sup> British Educational Communications and Technology Agency

Un reciente estudio de la Unión Europea (European Commission, 2006) utilizó el modelo ACM (Access, Competence and Motivation) con la finalidad de generar una tipología de profesorado de acuerdo con estas tres variables (acceso, competencia y motivación), viendo la forma en que influyen en la disposición del profesorado a usar las TIC con los alumnos en clase, bajo el argumento de que estas tres categorías resumen los principales condicionantes para el uso de las TIC. El modelo, simplificado para dicho estudio, asigna una respuesta binaria a las preguntas correspondientes a cada una de las tres dimensiones consideradas:

- El acceso se mide según la respuesta de los profesores a la pregunta de si consideran su centro suficientemente equipado y si el acceso a Internet es suficientemente rápido, otorgando valor 1 a las respuestas afirmativas y 0 en caso contrario.
- La competencia se mide según un rango de habilidades descritas en el estudio. Se asigna valor 1 a las respuestas que entren dentro del rango “bueno o muy bueno” y 0 en caso contrario
- La motivación se mide en función de la afirmación “usar TIC en clase no produce ningún beneficio pedagógico” El desacuerdo se valora como 1 y el acuerdo como 0

Un primer análisis de los resultados revela que más del 80% del profesorado se considera competente en el uso de las TIC; dos tercios disponen de motivación suficiente y el 60% describe sus centros como suficientemente dotados en infraestructuras y conexión a Internet. España figura, junto con Islandia y Suecia, entre los tres países que menos motivación tienen.

La posición de España según este estudio sería (Tabla 1.5):

	ACCESO	COMPETENCIA	MOTIVACIÓN
ESPAÑA	64,4	81,7	41,6
UE (25)	60,3	82,1	68,4
UE (15)	61,4	79,3	78,1

Tabla 1.5: Comparación del porcentaje de profesores españoles incluidos en cada uno de los tres grupos comparado con los mismos datos referidos a la UE (25) y a la UE (15). (Fuente: European Commission)

Combinando estas tres variables los profesores se agrupan en 8 categorías dependiendo de la presencia o ausencia de cada concepto (Fig. 1.3).

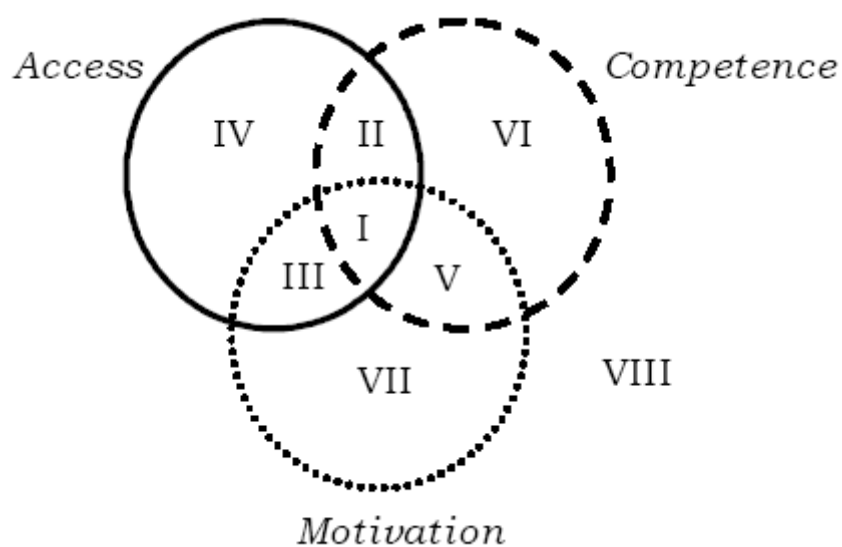


Figura 1.3. Ocho categorías de profesorado consideradas en el estudio en función de la combinación de los tres factores de análisis: acceso, competencia y motivación. (Fuente: European Commission)

Los resultados la aplicación del modelo ACM al profesorado español arrojan, según el informe de la Comisión Europea, los datos de categorización que se muestran en la tabla 1.6:

	VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I
	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación
España	6,0	7,0	15,7	2,0	29,6	3,2	11,9	24,5
Media UE (25)	4,3	3,9	9,7	5,0	13,7	4,8	20,7	37,9
Media UE (15)	4,6	3,9	10,6	4,7	14,7	4,3	20,3	37,0

Tabla 1.6: Porcentaje de profesores españoles pertenecientes a cada categoría, en comparación a los mismos datos para la UE (25) y la UE (15) (Fuente: European Commission)

Como puede verse el porcentaje de profesores pertenecientes a la categoría I (profesores con acceso, competencia y motivación) es significativamente inferior a la media europea. Analizando cuál de los tres factores analizados influye más en este resultado parece claro que el factor limitante es la motivación, toda vez que en las categorías de profesores que manifiestan no tener motivación pero sí acceso, competencia o ambas cosas a la vez obtienen porcentajes mayores que la media de la UE, mientras que en todas las categorías que incluyen el factor motivación los resultados son inferiores a la media europea.

Si se repite este análisis, centrado ahora solamente en aquellos profesores que NO utilizan las TIC en el aula, para tratar de averiguar a qué categorías pertenecen, vemos que nuevamente, en España, la categoría IV (profesores con acceso y competencia pero sin motivación) es la que representa el mayor porcentaje de profesores, mientras que es menor que la media europea el porcentaje de profesores que no utiliza las TIC en el aula en todas las categorías en las que la motivación está presente (Tabla 1.7).

	VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I
	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación	acceso competencia motivación
España	12,0	13,7	19,0	2,4	22,7	4,9	11,3	14,1
Media UE (25)	9,0	7,7	11,6	8,1	12,1	8,0	19,8	24,6
Media UE (15)	9,8	7,8	12,9	7,6	12,7	7,2	18,3	23,8

Tabla 1.7: Porcentaje de profesores españoles que NO utilizan las TIC pertenecientes a cada categoría, en comparación a los mismos datos para la UE (25) y la UE (15) (Fuente: European Commission)

A pesar de que muchos estudios parecen señalar la falta de formación del profesorado como el factor limitante más importante a la hora de integrar las TIC en la enseñanza, estudios como éste ponen de manifiesto la necesidad de investigaciones más precisas sobre los obstáculos reales con los que se encuentran los profesores.

### 1.2.5. LAS TIC EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Un objetivo importante de la enseñanza de las ciencias es agregar al repertorio de ideas sobre la ciencia que van adquiriendo los estudiantes en el curso de su aprendizaje, aquellas otras que fomenten la integración del conocimiento. El proceso de organizar, estructurar, seleccionar y dar sentido a un conjunto de perspectivas diversas sobre un fenómeno científico puede verse favorecido por la utilización de entornos de aprendizaje virtuales y el uso de Internet (Linn, 2002). Los ordenadores son, actualmente, esenciales en la investigación biológica y han permitido el desarrollo de subdisciplinas relacionadas con la bioinformática como genómica o proteómica. Así como los ordenadores desempeñan un papel central en el desarrollo y aplicación del conocimiento científico, también pueden facilitar el aprendizaje de la ciencia (Delpech, 2006).

La gran capacidad de almacenamiento y acceso a la información, la posibilidad de simular fenómenos naturales difíciles de observar, la interactividad con el usuario y la posibilidad de llevar a cabo un proceso de aprendizaje individualizado, son algunas de las prestaciones que hacen de los ordenadores unas herramientas especialmente útiles para la enseñanza de las ciencias, ya que ayudan a los estudiantes a participar más activamente en la investigación y el aprendizaje, al tiempo que constituyen un excelente recurso para aprender los conceptos y procesos de las ciencias. La integración de las TIC en la formación científica comienza a considerarse imprescindible en la llamada sociedad del conocimiento.

La enseñanza de las ciencias comparte problemas y necesidades comunes a otras disciplinas, muchas de las cuales encuentran en las TIC herramientas de ayuda (búsqueda de información, elaboración de materiales, comunicación, etc.). Pero, más allá de este uso común, algunos recursos de estas tecnologías se han revelado como particularmente provechosos para la formación científica. Gras y Cano (2003) identifican tres áreas en las que la incorporación de las TIC en el aprendizaje de las ciencias pueden resultar realmente importantes: la simulación de procesos físico-químicos, la experimentación automatizada y la conexión con otros alumnos fuera del aula. Pintó (2003) plantea las perspectivas que se abren con el uso de las nuevas tecnologías y pone como ejemplo dos tipos de trabajo práctico que se puede incorporar al laboratorio: la tecnología MBL (micro-computer based laboratory) y las simulaciones. Pontes (2005), por su parte, analiza las funciones formativas de las TIC en relación a la adquisición de tres tipos de objetivos en la formación científica:

- Con relación a los objetivos de carácter conceptual las TIC facilitan el acceso a la información.
- Los objetivos de carácter procedimental pueden desarrollarse a partir de diversos recursos informáticos que permiten la construcción e interpretación de gráficos, la elaboración y contrastación de hipótesis, la resolución de

problemas asistida por ordenador, la adquisición de datos experimentales o el diseño de experiencias de laboratorio mediante programas de simulación.

- Respecto a las actitudes, el uso de las TIC favorece el intercambio de ideas, la motivación y el interés por de los alumnos por el aprendizaje de las ciencias.

La atención de los investigadores de la didáctica de las ciencias se ha centrado en dos formas de utilizar las TIC que son específicas de la enseñanza de las ciencias: la recopilación y el tratamiento de los datos del experimento (el ordenador como herramienta de laboratorio) y el uso de ordenadores para la simulación (Eurydice, 2006).

Son muchos los recursos informáticos que pueden aplicarse a la enseñanza de las ciencias, por lo que, para realizar un análisis de los mismos, resulta útil su agrupamiento según el criterio que se determine. Sin embargo esto nos puede llevar a establecer tantas clasificaciones como criterios diferentes queramos utilizar, con el inconveniente añadido de que muchos de los recursos son susceptibles de ser incluidos en varias categorías. Aunque se han publicado diversos intentos de catalogación del uso de estas herramientas (Alonso [et al.], 1998; Duarte, 1999; Zamora, 2000; Marqués, 1999b; Pontes, 2005), una clasificación sencilla, basada en la finalidad de su diseño, puede ser suficiente para los fines de este trabajo:

- I. **RECURSOS DE CARÁCTER GENERAL:** Son herramientas que, aunque no han sido diseñadas con fines educativos, pueden aplicarse a multitud de actividades de aprendizaje. Constituyen recursos de carácter general, entre otros, los *procesadores de texto, hojas de cálculo, paquetes de software estadístico, programas de tratamiento de imágenes, reproductores de imagen y sonido* o aplicaciones para creación de contenidos como *preparadores de presentaciones, generadores de páginas web, etc.*

- II. **RECURSOS DE CARÁCTER ESPECÍFICO:** Son programas específicos diseñados para facilitar el aprendizaje de materias concretas. Existen diferentes tipos de programas en función de los objetivos didácticos que persiguen y las teorías educativas en las que se fundamentan. Destacan entre ellos: *programas de ejercitación y autoevaluación, tutoriales interactivos, simulaciones, laboratorios virtuales, laboratorio asistido por ordenador, visitas virtuales, colecciones virtuales, bancos de imágenes o webs específicas docentes o institucionales.*
- III. **RECURSOS PARA CONSULTA:** Los constituyen materiales diversos disponibles en Internet y accesibles desde diferentes buscadores: *portales educativos, libros, revistas o periódicos electrónicos, videos, bibliotecas, bases de datos, mapas, enciclopedias multimedia, wikipedia, diccionarios...etc.*
- IV. **RECURSOS PARA LA COMUNICACIÓN Y EL APRENDIZAJE COLABORATIVO:** resultan muy útiles en actividades de grupo o para fomentar la participación en comunidades de aprendizaje. Son el *correo electrónico, los foros, listas de distribución, chats, blogs, wikis, webcam, etc.*

La integración de estos recursos en el aula requiere una reflexión sobre su oportunidad didáctica, así como sobre los aspectos metodológicos que deben tenerse en cuenta para la incorporación de los materiales elaborados o seleccionados en la actividad docente. Para ello, es fundamental conocer bien qué cualidades de los diferentes recursos los hacen idóneos para determinadas situaciones de aprendizaje. La NSTA (1999) propone una serie de pautas para la utilización de los recursos informáticos, a los que identifica como herramientas poderosas en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia:

- El software tutorial y multimedia debe servir para que el estudiante se involucre en diálogos interactivos significativos y emplee creativamente gráficas, sonido y

simulaciones con el objeto de promover el aprendizaje de hechos y habilidades, facilitar el aprendizaje de conceptos y, mejorar la comprensión.

- El software de simulación debe ofrecer oportunidades de explorar conceptos y modelos a los que no se puede acceder directamente desde el laboratorio.

Estos son los que requieren:

1. Equipos o materiales muy costosos o inexistentes
  2. Materiales o procedimientos de alto riesgo
  3. Niveles de habilidad que todavía no han alcanzado los estudiantes
  4. Mayor cantidad de tiempo del que es posible o apropiado destinar para el período(s) de clase; por ejemplo, simulaciones de crecimiento de población
- Deben utilizarse sensores y sondas para que los estudiantes recolecten y analicen datos de la misma forma en que lo hacen los científicos y realicen observaciones durante períodos de tiempo prolongados que permitan llevar a cabo experimentos que de otra forma no se podrían realizar.
  - Las bases de datos y las hojas de cálculo deben usarse para facilitar el análisis de los datos mediante las funciones que ofrecen para organizarlos y visualizarlos.
  - Se debe estimular la creación de redes de trabajo entre maestros y estudiantes para que estos puedan emular la manera en la que trabajan los científicos y los maestros puedan evitar el aislamiento.
  - Se debe fomentar el uso de Internet como medio para establecer grupos de interés con científicos, docentes y estudiantes de otras áreas, recoger información y datos, publicar datos y hallazgos y, poder ofrecer a los estudiantes información muy actualizada.

Es evidente que la disponibilidad de software informático adecuado para diferentes situaciones de aprendizaje es lo que va a permitir diversificar y generalizar el uso de

las TIC. Coincidiendo con Gallego Arrufat (1998), “*En el marco de las decisiones metodológicas, la elección de software es probablemente lo esencial para el desarrollo del uso de ordenadores en la enseñanza*”. El material del que se sirven los profesores para utilizar en sus clases procede, cada vez más, de Internet según datos de la Comisión Europea (2006). 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, por lo que los nuevos modelos pedagógicos apoyados en el aprendizaje virtual deben 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. Es, por tanto, necesario, desde la perspectiva de las disciplinas científicas, planificar situaciones de aprendizaje en las que los procedimientos reciban un tratamiento didáctico específico, en las cuales las TIC, en tanto que permiten la interactividad del estudiante, pueden suponer una contribución importante en la formación de los estudiantes en este campo.

Sin embargo, la escasez de materiales disponibles en español para trabajar destrezas procedimentales en determinadas materias traslada a los profesores la responsabilidad de su diseño, lo que provoca ansiedad y frustración en un colectivo 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 (López García y Morcillo Ortega, 2007).

Desde luego puede (y debe) haber situaciones de aprendizaje abiertas mediadas por el ordenador para que cada profesor pueda adaptarlas a un contexto concreto y a unos fines educativos determinados, pero también hay objetivos educativos prescritos que precisan de un aprendizaje guiado y actividades instruccionales cuidadosamente secuenciadas, las cuales no sólo no es necesario que sean programadas por cada profesor con sus alumnos, sino que esto supondría un monumento a la falta de eficiencia. A lo largo de un curso académico, o en el tiempo que la enseñanza reglada dedica al aprendizaje de una determinada materia, se generan situaciones diversas de aprendizaje y el profesor, para poder aprovechar al máximo los recursos que las TIC le ofrecen, debe ver en ellos una ayuda, no un problema. El papel del profesor en la utilización de estos recursos pasa a constituirse en el de consultor, tutor y animador más que en fuente de información para los alumnos (Pintó y Gutiérrez, 2001). Porque ¿sería sensato que cada profesor se elaborara sus propios materiales digitales tras un trabajo de años, para descubrir que otros muchos antes que él lo han hecho igual y, además, en este tiempo los temarios han cambiado y ya no vale? Por otra parte, ¿cuántas definiciones de un mismo concepto necesitamos? ¿resulta realmente necesario que cada profesor diseñe sus propios materiales cuando están referidos a contenidos básicos de su materia que no admiten enfoques personalizados? ¿no sería más eficaz dirigir los esfuerzos a generar o aprovechar situaciones de aprendizaje concretas para utilizar los recursos digitales más adecuados?

El diseño de *learning objects*<sup>10</sup> u objetos de aprendizaje concebidos como pequeñas unidades de aprendizaje, autónomas, combinables para formar otras mayores y

---

<sup>10</sup> Los *learning objects* u objetos de aprendizaje podrían definirse como recursos digitales reutilizables con fines educativos. Estos recursos son concebidos como unidades de tamaño variable, disponibles en la red y susceptibles de ser utilizados y modificados por los usuarios.

reutilizables pretende dar una solución a este problema (Wiley, 2000). Entre sus ventajas Monge (2005) señala:

- *No tienen limitación de extensión*
- *Niveles de profundidad ilimitado a partir del hipertexto*
- *Pueden integrar videos, multimedia, simulaciones*
- *Las actividades pueden ofrecer ayudas contextuales*
- *Las pruebas de evaluación pueden autocorregirse*
- *Pueden ser actualizados con mayor inmediatez*
- *Pueden integrar sistemas de colaboración en red*

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 y adaptación 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.

### **1.2.6. RECURSOS INFORMÁTICOS PARA EL APRENDIZAJE DE PROCEDIMIENTOS EN BIOLOGÍA**

Como se ha mencionado anteriormente, el trabajo experimental en Biología cuenta con numerosas dificultades a la hora de incorporarlo a la práctica docente. Las TIC proporcionan múltiples herramientas que pueden solucionar algunos de estos problemas, ya que son muchos los recursos informáticos que pueden ser incorporados a las actividades prácticas (Scanlon, 1997). En ocasiones podemos contar incluso con programas específicamente diseñados con esta finalidad que permiten adoptar nuevos enfoques. Lo que sigue es una breve reseña de algunos recursos que hacen de las TIC herramientas valiosas para el aprendizaje de procedimientos en Biología y justifican su plena incorporación a estas actividades (López García y Morcillo Ortega, 2008):

#### **1.2.6.1. Recursos de carácter general**

Los procesadores de texto, permiten trabajar aspectos relacionados con la elaboración de trabajos escritos, informes de laboratorio o memorias de investigación, por ejemplo, manejando distintas fuentes y formatos e incorporando la utilización de las diversas herramientas que ofrece el programa (inclusión de tablas, imágenes, referencias, diagramas, organigramas, etc.). La posibilidad de insertar marcas y comentarios puede resultar así mismo de utilidad para el profesor en la corrección de los trabajos, siempre que se reciban en formato digital. Las hojas de cálculo y los paquetes de software estadístico permiten registrar y manipular los datos numéricos obtenidos en una experiencia de laboratorio y realizar con ellos cálculos complejos utilizando las fórmulas y funciones que proporciona el programa, así como elaborar distintos tipos de gráficas o realizar estudios estadísticos sencillos. Los programas de tratamiento de imágenes posibilitan la manipulación de imágenes para realizar dibujos,

composiciones, etc. con los que se pueden ilustrar trabajos e informes. Las presentaciones, permiten realizar resúmenes visuales sobre un tema concreto incorporando esquemas, imágenes y diversos efectos para comunicar los resultados de un trabajo, un experimento o una investigación, algo que también pueden hacer los estudiantes a través de la creación de páginas web o de colaboraciones en la página web de su centro educativo.

### 1.2.6.2. Recursos de carácter específico

Algunos recursos disponibles en Internet pueden ser incorporados a las actividades experimentales diseñadas por los profesores, bien complementando o sustituyendo el material de uso tradicional o bien abriendo nuevas vías de trabajo.

La utilización de dibujos, fotografías o microfotografías como las que pueden obtenerse de bancos de imágenes como “*BIODIDAC*”<sup>11</sup> y “Bioimages” o de microfotografía electrónica disponibles en “Molecular Expressions”, “The Virtual Microscope”, “Science Stock Photography” o “Microscope Imaging Station”, por ejemplo, permiten diseñar guías de actividades sobre temas concretos. Las colecciones virtuales como el “*Atlas electrónico de parasitología*”; el “*Atlas de microorganismos*”; el “*Atlas Interactivo de Histología*” de la Universidad de Oviedo; la colección de moluscos de la página “*Malakos*”; los herbarios virtuales, como el de la universidad de las Islas Baleares, el de la universidad de Navarra o el de la universidad de Extremadura; la galería de imágenes del “*Insectarium Virtual*”; el “*Atlas y libro Rojo de los mamíferos terrestres de España*” o la colección de hongos de la Sociedad Micológica de Madrid, son recursos que permiten actividades de observación, estudio morfológico y clasificación y pueden suplir las carencias de ejemplares de seres vivos que son comunes a la mayoría de los centros de enseñanza

---

<sup>11</sup> Las URL de los recursos didácticos que se citan en este capítulo pueden consultarse en la Bibliografía, en el apartado “Recursos electrónicos citados”

secundaria. Las simulaciones sobre biología celular e inmunología del North Harris College de Houston, sobre microbiología y biotecnología de la academia Creteil, sobre fisiología del Physiology Educational Research Consortium, sobre ingeniería genética del DNA Learning Center de Nueva York y sobre embriología de los sitios “*Sea Urchin Emriology*” de la Universidad de Stanford o “*Embryo Images*” de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina), son ejemplos de algunos de los recursos disponibles en Internet que, aplicados al trabajo práctico pueden utilizarse para hacer predicciones, comprobar hipótesis o, cuando son interactivas, investigar sobre los efectos de la modificación de algunos parámetros en temas para los que resulta especialmente difícil diseñar actividades experimentales en los centros de enseñanza secundaria. Las visitas virtuales como las que pueden realizarse a excavaciones como la de Atapuerca; a jardines botánicos como el Real Jardín Botánico de Madrid o el Jardín Botánico de Córdoba; a espacios naturales como la red de Parques Nacionales del Ministerio de Medio Ambiente o parajes naturales como el Parque Natural de Cabárceno o Las Médulas y a museos de ciencias como el Museo de Ciencias Naturales de Madrid, el National History Museum de Londres, el American Museum of National History de Nueva York o el Exploratorium de San Francisco, proporcionan acceso a galerías de imágenes en las que pueden basarse pequeñas investigaciones. Las posibilidades de visualización en 3D y manipulación en el espacio de objetos posibilitan el estudio detallado de la anatomía humana desde diferentes ángulos en “*Visible body*” o la indagación en aspectos relacionados Biología molecular, que nunca podrían abordarse en un laboratorio escolar, a través de visualizadores moleculares como Chime, RasMol o Protein Explorer

Hay, por último, dos tipos de recursos que destacan por estar específicamente concebidos para llevar a cabo trabajo experimental:

#### **1.2.6.2.1. LABORATORIO ASISTIDO POR ORDENADOR**

Una de las aplicaciones de las TIC a la enseñanza experimental es la posibilidad de utilizar sensores y sondas acoplados a un equipo informático para el registro y análisis de datos. Los sensores pueden captar datos como luz, humedad, presión, ritmo cardíaco, pH, etc, y resultan particularmente útiles para el estudio de la ecología o la fisiología. Los datos recogidos pueden ser analizados a través de la aplicación de diversas funciones matemáticas creando gráficos y archivos de datos (Van Eijck, Goedhart y Ellermeijer, 2005). Puesto que muchos de estos sensores son portátiles, permiten, además, el registro de datos en el campo que pueden estudiarse posteriormente en el laboratorio. Aspectos relativos a fisiología humana (interpretación de electrocardiogramas, ventilación pulmonar), fisiología vegetal (fotosíntesis, transpiración de las plantas), bioquímica (proteínas como sustancias tampón, actividad enzimática), biología celular (respiración celular, fermentaciones) o genética (estudio de las diferencias fenotípicas de la pigmentación de la piel) son algunos ejemplos de trabajo experimental que pueden llevarse a cabo mediante aplicaciones de laboratorio asistido por ordenador (Mateos y Piñero, 2002). Sin embargo, los requerimientos de software, sensores y dispositivos especiales y la necesidad de contar con ordenadores en los laboratorios hacen que, en la práctica, estos recursos no se utilicen mucho en la enseñanza secundaria.

#### **1.2.6.2.2. LABORATORIOS VIRTUALES**

Son simulaciones de actividades prácticas, es decir, imitaciones digitales de prácticas de laboratorio o de campo reducidas a la pantalla del ordenador. Resultan de gran interés para abordar trabajos experimentales que difícilmente podrían llevarse a cabo en un laboratorio tradicional por razones de seguridad, tiempo, disponibilidad de material, etc. Como hemos visto, son muchos los procesos biológicos en los que la experimentación en los laboratorios de los

centros de enseñanza secundaria se ve muy restringida. La simulación permite reproducir estos procesos planteando actividades investigativas a los alumnos, los cuales pueden interactuar con el programa. Desgraciadamente la mayoría de los laboratorios virtuales disponibles en Internet están en inglés, aunque en algunos casos, un conocimiento básico del idioma permite seguir el programa.

Algunos ejemplos son el laboratorio virtual sobre genética "*Drosophila*", que permite visualizar y cuantificar los resultados de cruzamientos de moscas *Drosophila* de diferentes fenotipos tras varias generaciones y analizar las hipótesis de trabajo; también sobre genética, pero a un nivel más sencillo, el laboratorio "*BioLogica*" del Concorde Consortium de Massachussets contiene actividades para trabajar los conceptos de genotipo y fenotipo así como de la meiosis y los principios mendelianos; el laboratorio sobre evolución "*Biology in Motion*" permite introducir mutaciones en una población comprobar los efectos de la selección tras varias generaciones; "*Connecting Concepts: Interactive Lessons in Biology*", ofrece varios laboratorios sobre ecología, evolución, genética, biología celular, fisiología animal y fisiología vegetal, en cada uno de los cuales propone a los estudiantes una tarea de tipo investigativo; el "*Bio-Lab Center*" del Brooklyn Collage 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 sigmoideal; en "*The Virtual Biology Labs*" podemos encontrar varios laboratorios sobre diferentes temas de Biología; el laboratorio virtual de inmunología "*Biointeractive*" del Instituto Médico Howard Hughes utiliza técnicas de ensayo inmunoenzimático (ELISA) para detectar la presencia o no de anticuerpos para una determinada enfermedad y tiene 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*”, 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 y Pearson Prentice Hall, en su página “*LabBench Main*”, ofrece 12 laboratorios sobre distintos aspectos de Biología y Fisiología con simulaciones, actividades interactivas y cuestionarios de autoevaluación. Las disecciones para el estudio de los seres vivos, cada vez menos presentes en los laboratorios de enseñanza secundaria por razones tanto éticas como 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 “*Net Frog*” o “*The Whole Frog Project*”, de un cerdo en “*Virtual Fetal Pig Dissection*” o de un ojo de vaca en “*Cow’s eye dissection*”. En relación a la microscopía, podemos encontrar programas que posibilitan la manipulación virtual del microscopio óptico, como el desarrollado por el departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Delaware “*Microscopy pre-lab activities*”, aunque resulta de mayor interés la posibilidad de trabajar sobre diferentes tipos de microscopía electrónica, algo inaccesible para el común de los estudiantes de secundaria, para lo cual podemos recurrir a “*Virtual Microscopy*” de la página de la División de Microscopía Óptica del National High Magnetic Field Laboratory; a la página del Exploratorium, el famoso museo de San Francisco, donde podemos encontrar imágenes aceleradas de mitosis o desarrollo embrionario o a “*The Virtual Microscope*”, desarrollado por la NASA.

La búsqueda de laboratorios virtuales de Biología en nuestro idioma arroja muy pocos resultados 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*” 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. Algunas iniciativas personales han dado como fruto actividades interactivas que bien pueden considerarse laboratorios virtuales. Ejemplo de ello son los programas desarrollados por Manuel Merlo, como el “*Laboratorio celular*”, disponible en Averroes (red telemática educativa de Andalucía) y diseñado para el estudio de los procesos celulares, o el conjunto de laboratorios sobre diferentes aspectos de la herencia y la evolución así como de los ecosistemas, su dinámica y los impactos ambientales en un programa con actividades ambientadas en una isla ficticia denominada “*La Isla de las Ciencias*”, disponible en CNICE. También en la página personal de Raúl Martínez encontramos dos laboratorios virtuales, uno sobre genética, el “*Simulador genético*” que permite realizar cruzamientos y estudiar las leyes de Mendel y otras formas de herencia y un “*Simulador de Ecología*” que contiene actividades basadas en el sistema depredador-presa y permite modificar diversos parámetros. “*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. La Universidad Católica de Chile ha desarrollado un laboratorio sobre insectos, “*Morfología e Identificación de Insectos*”, basado en la identificación de ejemplares a partir de fotografías. El “Laboratorio Virtual Ibercaja” plantea algunas actividades sencillas sobre el ADN o las plantas y el “Laboratori de Biología” basa en la resolución de problemas y la comprobación de hipótesis algunas actividades sobre Biología (en catalán).

### 1.2.6.3. Recursos para consulta

La búsqueda, selección y tratamiento de la información disponible en numerosos portales educativos, libros, revistas o periódicos electrónicos, o enciclopedias multimedia para responder cuestiones planteadas por el profesor o indagar sobre un tema concreto es, sin duda, una actividad práctica del máximo interés en la formación científica, toda vez que permite a los alumnos discernir entre lo fundamental y lo accesorio en la información, contrastar diferentes puntos de vista sobre un mismo tema, construir argumentos que fundamenten determinadas hipótesis de una investigación o recopilar datos que apoyen una determinada postura en debates planteados en el aula o en otros entornos. También constituyen herramientas importantes de ayuda en estas tareas las enciclopedias multimedia o los diccionarios. Por otra parte, la disponibilidad de mapas interactivos abren la posibilidad de realizar actividades prácticas a partir de los muchos recursos disponibles: localización de proyectos de conservación del medio ambiente, comparación de imágenes relativas al cambio climático, acceso a monografías o documentos de imagen y sonido interactivos asociados a puntos geográficos de interés, observación de fotografías aéreas de zonas concretas con posibilidad de aproximación, comparación de la distribución de la vegetación en función de la orografía o la zona climática, realización de itinerarios temáticos, etc. Las bases de datos, por último, contienen abundante información sobre un tema específico organizada de modo sistemático para su consulta, como la clave de clasificación general de “Flora Ibérica” o las bases de datos de “Fauna Ibérica”; la del “Banco de datos de Biodiversidad de Cataluña”; la del “Inventario Nacional de Biodiversidad” del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino o la del proyecto “Anthos” sobre flora ibérica, y pueden ser utilizadas para la fundamentación de algunos trabajos, para seleccionar, analizar y relacionar datos o para comprobar hipótesis.

#### 1.2.6.4. Recursos para la comunicación y el aprendizaje colaborativo

Las herramientas que posibilitan la comunicación, el intercambio de ideas, información o materiales digitales y la participación en proyectos comunes de aprendizaje consituyen una línea de investigación emergente en relación a la aplicación de las TIC a la enseñanza. Los proyectos de aprendizaje colaborativo, inspirados en los postulados vygotskianos, encuentran múltiples ayudas en herramientas como el correo electrónico, los foros, listas de distribución, los chats, blogs, wikis o webcam. El uso de estos recursos permite explorar nuevas vía de aprendizaje e introduce elementos novedosos en la práctica docente. La utilización de las webcam, por ejemplo, permite realizar un seguimiento de la vida de diferentes animales y estudiar su forma de alimentación o sus hábitos estacionales o comparar diferentes ecosistemas, por ejemplo. Los proyectos colaborativos implican a alumnos de diferentes centros, culturas, etc. en la realización de una tarea común. Integrar dicha tarea en el currículum es labor del profesor, así como definir y propiciar los aprendizajes para los que se diseña el proyecto. Algunos ejemplos de proyectos colaborativos de aplicación en área de Biología se pueden encontrar en “*ePals*”, “*Aulas Unidas*” (Educared) o en “*Atlas de la diversidad*”.

La diversidad de los recursos mencionados pone de manifiesto las posibilidades de aplicación de las TIC al trabajo práctico en Biología para ampliar, mejorar y complementar las actividades tradicionales o para introducir otras nuevas aprovechando los nuevos escenarios virtuales. La intencionalidad pedagógica, la planificación de los recursos disponibles, y la contextualización de las actividades son claves para incorporar estos recursos a la docencia.



# 2

## PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

---

### 2.1. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN: INTERÉS DIDÁCTICO DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES

Como hemos visto en el capítulo anterior, dos de los objetivos educativos de la enseñanza secundaria que merecen especial atención tanto de las administraciones educativas como de la investigación didáctica, son el aprendizaje de procedimientos científicos y la necesidad de adquisición, por parte de los alumnos, de lo que se ha dado en llamar “competencia digital”. Pero el análisis de la literatura especializada revela la existencia de numerosos obstáculos para la realización de actividades prácticas en Biología debido a diversos factores (escasez de profesorado de desdoble, falta de tiempo, dificultad intrínseca de algunos contenidos, dificultad para evaluar el rendimiento, etc.) lo que lleva, en la práctica, a una baja ocupación de los laboratorios escolares. Por otra parte, la incorporación de las TIC a la enseñanza constituye una prioridad para las administraciones educativas y se contempla, desde la investigación didáctica, como una oportunidad para introducir nuevas estrategias de enseñanza. Sin embargo, en los estudios llevados a cabo para analizar la implantación de estas tecnologías en la educación, también se refieren numerosas dificultades para la integración de las TIC en la actividad docente, entre las que se señalan la falta de motivación y de formación técnica y pedagógica del profesorado así como la falta de recursos (tanto hardware como software). De la intersección de ambas problemáticas no cabe sino esperar una débil implantación de las TIC para abordar el trabajo práctico

con los alumnos, algo que parece corroborarse, además de por la observación informal desde el propio ámbito profesional, por la escasez de literatura especializada sobre el uso de las TIC en el aprendizaje experimental en Biología. Si admitimos, como parece probable, que este déficit de publicaciones está en relación con la falta de experiencias en este campo, debemos concluir que todo un bloque de contenidos didácticos del área de Biología no está mereciendo la atención que merece por parte de los profesores y/o de los desarrolladores de software educativo.

Estas consideraciones, emanadas de los fundamentos de la investigación que han servido para establecer el marco teórico en que se desarrolla la misma, avalan la pertinencia de investigaciones que puedan contribuir a esclarecer cuáles son los puntos débiles y fuertes de la incorporación de las TIC al trabajo práctico de los alumnos, cuáles son los principales obstáculos que dificultan la integración de las TIC en este campo, cuál puede ser la contribución de las TIC al aprendizaje de procedimientos o en qué dirección deberían acometerse preferentemente las actuaciones (formación técnica, formación pedagógica, desarrollo de software específico, desarrollo de modelos de utilización de las distintas herramientas que ofrecen las TIC, mejora en la dotación y acceso a los recursos, etc.) que permitan alcanzar los objetivos deseados.

De los recursos informáticos susceptibles de ser incorporados al trabajo práctico en Biología, hay dos que destacan por estar específicamente concebidos para la realización de trabajo experimental: el ordenador como herramienta de laboratorio (*laboratorio asistido por ordenador*) y el uso de simulaciones (*laboratorio virtual*). Algunas investigaciones recogidas en el informe Eurydice (2006) sobre enseñanza de las ciencias en los centros escolares de Europa, apuntan que el laboratorio asistido por ordenador no contribuye a desarrollar la reflexión teórica de los alumnos y puede reducir la atención que éstos prestan al experimento al desplazarse ésta hacia el funcionamiento del ordenador. La utilización de las simulaciones, según dicho informe,

sí favorece en cambio la reflexión teórica. Cuando se coordinan las actividades de experimentación y de simulación, éstas últimas pueden servir de “puente cognitivo” entre la teoría y la práctica (Psillos y Niedder, 2002). Los laboratorios virtuales aplicados a la enseñanza secundaria reúnen, además, las ventajas de no requerir hardware adicional, como ocurre con el laboratorio asistido por ordenador, y de ofrecer soluciones para algunas de las dificultades que plantean las actividades prácticas.

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, 2000b).

Un laboratorio virtual, en sentido amplio, se define como *“un espacio electrónico de trabajo concebido para la colaboración y la experimentación a distancia con objeto de investigar o realizar otras actividades creativas, y elaborar y difundir resultados mediante tecnologías difundidas de información y comunicación”* (UNESCO, 2000).

Los laboratorios virtuales se basan en la simulación de fenómenos reales, proporcionando ambientes de aprendizaje donde los alumnos pueden desarrollar por sí mismos conocimiento significativo y transferible. La simulación es una potente herramienta informática ampliamente extendida en todos los sectores de la sociedad cuya definición varía dependiendo del ámbito de aplicación: ingeniería, economía, publicidad, ocio, comercio, arte, ciencias sociales, investigación científica, etc. En el ámbito de la educación puede definirse como un programa informático que reproduce un fenómeno real diseñado de forma simplificada con el fin de lograr situaciones de aprendizaje concretas. *“En este mundo simplificado el estudiante resuelve problemas, aprende procedimientos, comprende las características de un fenómeno y cómo*

*controlarlas o aprende qué decisiones tomar en diferentes situaciones”* (Alessi y Trollip, 1991).

El valor técnico de las simulaciones en los laboratorios virtuales reside en su capacidad para reproducir procesos biológicos a diferentes escalas (molecular, celular, organismos, ecosistemas, etc.), con diferente grado de complejidad y de forma dinámica, acelerando o disminuyendo la velocidad real de dichos procesos para adaptarla al nivel cognitivo de los estudiantes o al logro de determinados objetivos educativos. La posibilidad de interactuar con el programa permite, además, modificar las condiciones de algunos procesos y analizar los cambios que se observan, lo que hace de las simulaciones una herramienta extremadamente útil en el trabajo experimental en Biología cuyas posibilidades de aplicación parecen ilimitadas.

Desde el punto de vista pedagógico, las simulaciones han sido sujeto de diferentes clasificaciones según distintos autores: informativas, de refuerzo, de ejercitación e integradoras (Thomas y Hopper, 1991); simbólicas y experienciales (Gredler, 1996) u operativas y conceptuales (De Jong y Van Joolingen, 1998), en función de los planteamientos pedagógicos que fundamentan su diseño. Así, algunos autores enfatizan la simplificación de la realidad que suponen las simulaciones, omitiendo o cambiando detalles, ya que encuentran ventajas en concentrar la atención de los estudiantes en el desarrollo de determinadas habilidades (Gagné, 1962; Alessi y Trollip, 1991; Grabe y Grabe, 1996). Otros, en cambio, desde una perspectiva constructivista, aprecian la posibilidad de los estudiantes de llevar a cabo tareas complejas en escenarios que simulan la vida real (Harper, Squires y McDougall, 2000; Lajoie [et al.], 2001; Esteban, 2002; García y Gil, 2006). En este caso, las simulaciones reflejarían la complejidad de los fenómenos reales permitiendo a los estudiantes desarrollar habilidades cognitivas y reestructurar sus modelos mentales al comparar el comportamiento de los modelos con sus previsiones.

Una postura más ecléctica apuesta por una combinación de ambos puntos de vista. Así, “*Exploring the Nardoo*” es un laboratorio virtual desarrollado en la universidad de Wollongong (Australia) que combina la simulación compleja y simplificada (experiencial y simbólica según la clasificación de Gredler), en el que los estudiantes pueden explorar el medio ambiente natural alrededor de un río, desde el siglo XIX hasta su deteriorado estado actual, analizando los efectos de las actividades domésticas de consumo de agua en el entorno para trabajar conceptos relacionados con la ecología. Los estudiantes pueden acceder a una serie de datos sobre el entorno del río además de contar con herramientas para la toma de datos y medidas (temperatura, pH, turbidez y recuento de microorganismos) mediante la simulación experiencial, que proporciona complejidad y credibilidad al entorno. La simulación simbólica es una representación dinámica, simplificada, del comportamiento de un sistema y permite a los estudiantes manipular datos y examinar sus consecuencias eliminando la confusión e inseguridad que supone un ambiente complejo. En palabras de sus desarrolladores, la simulación mixta, simbólica y experiencial, abre la posibilidad de un nuevo paradigma para las simulaciones educativas y enriquece el enfoque constructivista del aprendizaje, permitiendo al estudiante anclar su entendimiento cognitivo a través de su acción en una situación determinada (Harper, Squires y McDougall, 2000).

Algunos laboratorios, para conseguir un mayor realismo utilizan para su diseño 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 mas allá de lo que sería la simulación por computador, tratándose realmente de la simulación interactiva, dinámica y en tiempo real de un sistema*" (Hilera, Otón y Martínez, 1999). Versiones virtuales de museos, juegos, 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. La realidad virtual es utilizada en muchos casos para conseguir efectos de gran realismo, necesarios para algunas prácticas, o para lograr representaciones tridimensionales de algunas estructuras, como la configuración y plegamiento de algunas biomoléculas. Una idea de hacia dónde nos pueden llevar estas técnicas nos la da el proyecto de creación de entornos virtuales para la enseñanza que está llevando a cabo el Instituto Tecnológico de Virginia (Virginia Tech) donde se ha diseñado, entre otros entornos, una célula en CAVE<sup>12</sup>, 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.

Pero los laboratorios virtuales no son simplemente un sustituto de la observación y la experimentación de fenómenos reales en un laboratorio, sino que pueden añadir una nueva dimensión válida para la indagación y la comprensión de la ciencia (López García y Morcillo Ortega, 2007). El interés de la incorporación de los laboratorios virtuales a la práctica docente debe venir de sus ventajas respecto al laboratorio tradicional. El diseño del software requiere una inversión en tiempo y dinero que resultaría oneroso dedicar allí donde el laboratorio tradicional cumple su función. Son

---

<sup>12</sup> CAVE Automatic Virtual Environments es una marca registrada de la Universidad de Illinois para el diseño de entornos virtuales inmersivos en 3D. La Universidad Politécnica de Virginia (Virginia Tech) ha desarrollado una serie de aplicaciones utilizando este entorno, una de ellas una célula virtual.

necesarias, por tanto, más investigaciones orientadas a profundizar en los beneficios pedagógicos de estas herramientas.

## 2.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

La falta de experiencias, en España, basadas en la utilización de los laboratorios virtuales para la enseñanza de la Biología evidencia un vacío en la investigación educativa acerca de la utilización de las TIC para el aprendizaje de procedimientos científicos. Las siguientes observaciones en relación a esta circunstancia establecen el punto de partida de esta investigación y ponen de manifiesto la pertinencia de la misma:

- 1- Los laboratorios virtuales constituyen recursos informáticos que, aprovechando las posibilidades de simulación e interacción, permiten reproducir actividades prácticas de laboratorio con gran realismo y explorar nuevas formas de enfocar el trabajo experimental en Biología
- 2- La búsqueda de laboratorios virtuales de Biología en nuestro idioma arroja muy pocos resultados y no siempre responden a lo que supuestamente esperamos de estos programas, ya que, en ocasiones, el término “laboratorio” no es sino un artificio que esconde un tutorial de contenidos conceptuales.
- 3- No se dispone de datos concretos acerca de la utilización de laboratorios virtuales en Biología en la enseñanza secundaria en España, ni se conocen investigaciones didácticas que muestren los resultados de la aplicación de dichos programas al trabajo experimental para esta disciplina y nivel educativo.
- 4- Investigaciones recientes, llevadas a cabo en otros países o en otras disciplinas, ponen de manifiesto algunas de las ventajas de estos programas en relación al aprendizaje autónomo, la solución de algunos problemas prácticos, la retroalimentación o la autoevaluación.

- 5- La falta de formación del profesorado, de motivación o de recursos, entre otros, son algunos de los obstáculos que, de manera general, según se menciona repetidamente en la literatura especializada, dificultan la integración de las TIC en la práctica docente y, probablemente, dificultarán también la utilización de los laboratorios virtuales.

Las anteriores observaciones muestran que estamos ante un recurso nuevo que puede aportar ventajas respecto a la programación, orientación o tratamiento de las prácticas de laboratorio que habitualmente se vienen realizando en la enseñanza secundaria, al tiempo que por su carácter innovador abre una vía de experimentación en el aprendizaje de procedimientos, pero la falta de experiencias o investigaciones en este campo hace suponer que existe una infrautilización de dicho recurso en nuestro país. La incorporación de las TIC a la docencia ha supuesto el desarrollo de programas, materiales curriculares y metodologías orientados preferentemente al ámbito conceptual de las disciplinas, desatendiendo, en el área de Biología, el ámbito experimental. El interés pedagógico de los laboratorios virtuales aplicados a la Biología, la utilización que el profesorado de enseñanza secundaria hace de estos recursos o las dificultades concretas que encuentran para su aplicación en el aula son algunos de los interrogantes para los que aún no hay respuestas.

Estas consideraciones constituyen el sustrato de esta investigación, llevada a cabo en la Comunidad Autónoma de Madrid y orientada a la reflexión sobre la práctica docente, cuyo objetivo fundamental es:

Evaluar el interés didáctico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de la Biología para el aprendizaje de procedimientos científicos y explorar los obstáculos para su utilización en la enseñanza secundaria

El cambio educativo es una actividad planificada y la evaluación es una extensión de esta planificación. En el momento actual de incorporación de nuevas herramientas tecnológicas a los procesos de enseñanza es importante analizar las decisiones o actuaciones que se están llevando a cabo a nivel tanto institucional como individual para comprender los conflictos de distinta índole que genera esta situación en los centros educativos, así como para detectar aplicaciones de interés de estas tecnologías y posibles líneas de actuación que las favorezcan. Los propósitos concretos de esta investigación son:

- Obtener una visión integrada de indicadores que permitan ofrecer un diagnóstico detallado de las circunstancias que condicionan la realización de trabajo experimental en Biología en la enseñanza secundaria y la actitud de los profesores hacia la incorporación de las TIC a estas actividades
- Destacar factores positivos, avances y logros derivados de la utilización de los laboratorios virtuales para la enseñanza de procesos científicos y aquellos otros que, sin estar consolidados, puedan suponer un punto de partida para la reflexión
- Poner de relieve las actuales limitaciones, aspectos deficitarios u otros factores que puedan estar impidiendo o restringiendo una implantación más amplia de los laboratorios virtuales para el aprendizaje de los procedimientos en Biología.

Las preguntas que han orientado la investigación son:

- 1) ¿Cuál es la actitud del profesorado de Biología ante el trabajo experimental?
- 2) ¿Cuáles son los obstáculos y limitaciones que perciben los profesores para realizar prácticas de laboratorio en la enseñanza secundaria?
- 3) ¿Tiene el profesorado de Biología una actitud favorable hacia la utilización de las TIC aplicadas al trabajo experimental?

- 4) ¿Utilizan los profesores las TIC para la realización de trabajo experimental con los alumnos?
- 5) ¿Cuáles son los factores que dificultan la utilización de las TIC en el ámbito del trabajo experimental?
- 6) ¿En qué medida facilitan los laboratorios virtuales la labor docente en relación a los obstáculos percibidos para la realización del trabajo experimental?
- 7) ¿Cuáles son las aportaciones de los laboratorios virtuales al aprendizaje de procedimientos científicos por parte de los alumnos?
- 8) ¿Proporcionan los laboratorios virtuales aportaciones específicas en el campo de la evaluación de los procedimientos?
- 9) ¿Cuáles son las principales desventajas de los laboratorios virtuales frente a los presenciales?

La finalidad de esta investigación es, por tanto, dar respuesta a estos interrogantes. Para ello se han identificado las necesidades en este campo entre el colectivo de profesores de Biología de los institutos de enseñanza secundaria de la Comunidad de Madrid, se han valorado las posibilidades didácticas de estas herramientas mediante la revisión de investigaciones previas y la evaluación detallada de un laboratorio virtual diseñado para la investigación y se han analizado las dificultades de su aplicación a través de una experiencia en el aula.

## **2.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: MODELO CIPP**

### **2.3.1. LA INVESTIGACIÓN EVALUATIVA**

Este trabajo se ha planteado como una investigación aplicada de tipo evaluativo, orientada a valorar las aportaciones de los laboratorios virtuales respecto al método tradicional de enseñanza de procedimientos en Biología, así como los obstáculos que

dificultan su integración en la práctica docente, con el fin de establecer conclusiones que sirvan de referente a los diferentes agentes educativos para la reflexión y la toma de decisiones que propicien su utilización en el aula.

La evaluación, considerada motor de la calidad educativa, ha sido objeto de diversas definiciones. Aunque suele entenderse como la estimación del valor de algo, desde el ámbito de la educación la evaluación se puede interpretar de diversas maneras dependiendo de las necesidades u objetivos de la institución educativa que la impulsa, tales como: el control y la medición, el enjuiciamiento de la validez del objetivo o la rendición de cuentas, por citar algunos propósitos (Mora, 2004). La definición clásica de Tyler (1969) considera la evaluación como el proceso para determinar en qué grado han sido alcanzados los objetivos previamente establecidos, y a ella corresponden los modelos orientados a la consecución de metas. La evaluación se concibe así como el *mérito* o *valor* de aquello que se evalúa, entendiendo por *mérito* sus características intrínsecas y por *valor* sus efectos en cuanto a satisfacción de necesidades, expectativas u otros factores extrínsecos (Bisquerra, 2000). Este punto de vista sobre la evaluación, enfocado a la consecución de objetivos, dio pie al establecimiento de tests estandarizados, a la aplicación de los principios estadísticos del método experimental y al desarrollo de taxonomías de objetivos, como la de Bloom (1975), que tuvieron un enorme auge a partir de los años sesenta (Escudero, 2003).

Sin embargo, una concepción más amplia del proceso de evaluación se propugna desde los modelos orientados a la toma de decisiones, que lo entienden como el proceso de determinar, obtener y proporcionar información relevante para juzgar decisiones alternativas (Stufflebeam y Shinkfield, 1995). Se asume así, que los estudios evaluativos deben proporcionar *direcciones para la mejora*, porque no basta con emitir un juicio sobre el mérito o el valor de aquello que se juzga. La reflexión sobre el aspecto multidimensional del proceso evaluativo derivó hacia una nueva

modalidad de investigación que conocemos hoy como investigación evaluativa (Escudero, 2003).

Este tipo de investigación educativa se caracteriza, no sólo por la proyección práctica inherente a toda investigación aplicada, sino, esencialmente, por ser un proceso presidido por juicios de valor que pretende identificar los puntos fuertes y débiles de aquello que es objeto de la evaluación y buscar alternativas a la solución de problemas, teniendo como objetivo último la mejora en la calidad de la educación. La investigación evaluativa estuvo dirigida inicialmente a los procesos de aprendizaje de los estudiantes, para abarcar progresivamente ámbitos más amplios, alcanzando al propio sistema educativo. La valoración de los logros de una determinada política educativa es una tarea tan importante como difícil y adquiere una importancia aún mayor en épocas de cambio acusado y durante los procesos de reforma educativa. En esas circunstancias, su contribución a la mejora cualitativa de la educación resulta más evidente (Tiana, 1994).

Efectivamente, en las últimas décadas, la investigación evaluativa ha conocido un desarrollo sin precedentes debido a la necesidad creciente de constatar la eficacia relativa de los múltiples programas educativos y otras alternativas innovadoras en cuya planificación y aplicación se invierten importantes sumas de dinero, numerosos planes de investigación y renovados esfuerzos en torno a la formación del profesorado (Latorre, Del Rincón y Arnal, 1996).

El propósito de la investigación evaluativa es, por tanto, aplicar el juicio profesional para determinar la eficacia de *programas educativos* que conduzcan a la toma de decisiones informadas para introducir mejoras ajustadas a las necesidades reales detectadas. Un *programa educativo*, en sentido estricto, es una decisión anticipada de las actividades que se han de realizar y los medios que deben utilizarse para lograr las metas propuestas (García Hoz y Pérez Juste, 1989), aunque, actualmente, la

investigación evaluativa se interesa, en un sentido más amplio, por la determinación del valor de un programa, un producto, un procedimiento, un objetivo educativo o de la posible utilidad de enfoques alternativos para conseguir objetivos específicos (McMillan y Schumacher, 2005).

De la Orden, (1985), caracteriza la investigación evaluativa con los siguientes matices diferenciadores:

- a) Los juicios de valor se explicitan no sólo en la selección y definición del problema, cuya responsabilidad comparte el evaluador con otras instancias, aquellas de las que el programa depende, sino también en el desarrollo y aplicación de los procedimientos de estudio
- b) Resulta difícil, y a veces inadecuado, formular hipótesis precisas
- c) La replicación es prácticamente imposible, dado que el estudio de evaluación está íntimamente vinculado a un programa determinado, en una situación específica y en un momento concreto de su desarrollo
- d) Los datos que hay que recoger están condicionados por la viabilidad del proceso. Las opciones, cuando son posibles, reflejan juicios de valor de los administradores de los programas. Con frecuencia se constatan diferencias entre los datos accesibles y los datos deseables para el evaluador y para los responsables del programa
- e) Muchas variantes relevantes sólo superficialmente son susceptibles de control. La aleatorización, como técnica general de control de la varianza sistemática debida a la influencia de variables extrañas al estudio, es muy difícil de conseguir en la investigación evaluativa
- f) El criterio de decisión, en orden a la continuación, modificación, ampliación o sustitución del programa, es responsabilidad de la agencia administradora del programa o de la audiencia a quien se dirige el informe de evaluación

- g) El informe evaluativo debe adaptarse a las exigencias de quien toma las decisiones sobre el programa

La investigación evaluativa implica una amplia extensión de métodos de investigación que aportan información sobre las cuestiones planteadas en torno al programa educativo con el fin de facilitar una toma de decisión sobre el mismo.

Sin ánimo de profundizar en un asunto que bien podría ser objeto de atención más exhaustiva, la investigación evaluativa admite dos enfoques en relación con la mejora cualitativa de la enseñanza (García y Pérez, 1989; Escudero, 2003). El enfoque *sumativo*, consiste en la recogida sistemática de datos que permitan decidir sobre el valor del programa acabado y el grado en que se alcanzaron las metas propuestas. Tiene especial relevancia en la evaluación de innovaciones. El enfoque *formativo* tiene una misión más pedagógica, y su finalidad es recoger información relevante para producir un continuo *feed-back* que incida en la mejora del programa en fase de realización. Este tipo de evaluación permite ir identificando aspectos y características que podrán mejorarse incidiendo en el resultado final. Es decir, mientras que la evaluación sumativa se centra en la evaluación del producto, la evaluación formativa se interesa también por el contexto, la estructura y el proceso. Algunos autores (Bisquerra, 2000) identifican, además, una función *diagnóstica* de la evaluación cuya finalidad es proporcionar datos, análisis e interpretaciones válidas y fiables que permitan forjarse una idea precisa acerca del estado y situación del sistema educativo y de sus componentes.

Pero, ¿qué se entiende por *valor* de un programa? La respuesta puede ser distinta desde los paradigmas o enfoques científico, interpretativo o mixto, reconocidos por diversos autores (Gómez Gómez, 2000; Expósito, Olmedo y Fernández-Cano, 2004) en la investigación evaluativa. En líneas generales, los paradigmas positivistas o científicos tienden a valorar, por encima de otros, los aspectos técnico-metodológicos

de la investigación y a hacer de las metodologías cuantitativas la clave esencial de la evaluación. A juicio de los defensores de esta corriente, el valor de una evaluación sólo quedaría plenamente garantizado con el empleo de procedimientos cuantitativos para la recogida y el tratamiento de datos en el marco de un diseño experimental.

Este punto de vista ha sido fuertemente criticado por los defensores del paradigma interpretativo, para los que las situaciones objeto de estudio bajo diseño experimental no reproducen situaciones reales, sino que se ven forzadas por la necesidad de mantener controladas una serie de variables, lo que lleva a unos resultados que responden a una realidad distorsionada por el evaluador. Desde los enfoques interpretativos se destaca la importancia del contexto y de la explicación de los hechos y fenómenos sociales, ya que cualquier acción está enmarcada en una determinada cultura educativa, y se aplican técnicas cualitativas de investigación.

Se puede resumir que la metodología de evaluación cuantitativa, asociada al paradigma científico, centrará su objetivo en el control y la descripción de los hechos utilizando un método deductivo, mientras que la metodología cualitativa, asociada al paradigma interpretativo, buscará la comprensión centrándose en la indagación de los hechos a partir de un análisis inductivo.

Esta polémica entre las corrientes cuantitativa y cualitativa de la investigación evaluativa ha servido para advertir las ventajas y desventajas de ambos paradigmas y para constatar la dificultad de encontrar unos estándares universalmente válidos. Como consecuencia, el desarrollo de un paradigma mixto trata de incorporar las virtudes de ambos enfoques de la investigación. En revisiones de trabajos de investigación evaluativa (Pérez Carbonell [et al.], 1999; Expósito, Olmedo y Fernández-Cano, 2004), se observa una tendencia, cada vez más normalizada, de apostar por la utilización de las dos metodologías así como de sus diversas y variadas técnicas, procedimientos y diseños. En la actualidad se admite que es el investigador

quien debe decidir entre unas u otras técnicas en función de la naturaleza del objeto de estudio y de los objetivos de la investigación, aunque, a juicio de algunos investigadores, es probable que convenga conceder una mayor relevancia a las cualitativas por centrarse, no tanto en la verificación y la confirmación, más propias de la metodología cuantitativa, como en el descubrimiento (Latorre, Del Rincón y Arnal, 1996).

Otra de las aportaciones de este debate ha sido la propuesta de una línea de investigación de la que han surgido intentos de encontrar estándares con los que valorar la práctica evaluativa, es decir cómo evaluar el proceso evaluativo o metaevaluación. Un ejemplo es la propuesta del Joint Committee on Standards for Educational Evaluation (1994), para quien la evaluación es un enjuiciamiento sistemático de la valía o mérito de un objeto. Para este organismo, las normas que deben guiar la realización de evaluaciones educativas serían:

- Normas de utilidad: pretenden asegurar que una evaluación atienda las necesidades de información práctica de los usuarios involucrados.
- Normas de viabilidad: pretenden asegurar que una evaluación sea realista, prudente, diplomática y sencilla.
- Normas de ética: pretenden asegurar que la evaluación sea dirigida legalmente y éticamente de modo que garantice el debido respeto a las personas implicadas así como la honestidad de los resultados.
- Normas de precisión: pretenden asegurar que la evaluación revele y transmita, de modo técnicamente adecuado, informaciones sobre las características que expresan el mérito o la relevancia del foco de atención.

Pese a la diversidad de concepciones de investigación evaluativa, aspectos como la contextualización o la diversidad metodológica, son comunes a todas las perspectivas.

La diversidad de modelos evaluativos existentes hace que su clasificación no sea tarea sencilla, aunque algunos autores (Escudero, 2003) cuestionan la existencia de modelos bien fundamentados prefiriendo hablar de *enfoques modélicos*, que, en línea generales, se corresponden con alguno de los paradigmas anteriormente mencionados. Latorre, Del Rincón y Arnal (1996) describen ocho modelos de investigación evaluativa enmarcados en los paradigmas cuantitativo, cualitativo o mixto, aunque algunos de ellos admiten más de un diseño. Expósito [et al.] (2004) también agrupan los estudios llevados a cabo en España bajo ocho modelos diferentes, pero advierten de la falta de congruencia de algunos de los modelos utilizados en estos estudios y sus principios teóricos de fundamentación.

### **2.3.2. EL MODELO CIPP**

El interés de la investigación que presentamos no es experimental. No pretende un registro de datos empíricos sobre resultados académicos con el fin de demostrar el valor formativo de los laboratorios virtuales *frente* a los presenciales (o al revés). El objetivo, como se ha manifestado anteriormente, se centra en conocer, comprender y valorar las circunstancias que condicionan la utilización de estas herramientas así como en adquirir elementos de juicio que permitan determinar sus beneficios pedagógicos y justificar actuaciones concretas en relación a su incorporación a la actividad docente. Por esta razón, atendiendo a las anteriores consideraciones sobre métodos y modelos de investigación evaluativa, los enfoques de corte tyleriano, basados en la consecución de objetivos, no se han considerado adecuados para los fines de este estudio. Sin embargo, los enfoques mixtos, al incorporar técnicas cuantitativas y cualitativas de recogida de información, permiten dar respuesta a las diferentes preguntas de la investigación, revelándose más apropiados para la finalidad de la misma. Así, las técnicas cuantitativas permiten obtener datos objetivos de la

realidad sobre la utilización de los laboratorios virtuales en la enseñanza secundaria, mientras que las cualitativas permiten dar significado a dichos datos, incorporando los puntos de vista de los sujetos implicados en el estudio con la finalidad de ampliar el conocimiento adquirido.

Entre los modelos mixtos de investigación evaluativa generalmente admitidos, el más extendido es el modelo CIPP (*context, input, process, product*) de Stufflebeam y Shinkfield (1995), en el cual se basa esta investigación. Se trata de un modelo de evaluación de programas orientado a la toma de decisiones y centrado en cuatro tipos de evaluación, cuyo análisis conjunto persigue la obtención de una visión global e integradora del objeto de estudio. Estos cuatro tipos de evaluación tendrían la finalidad siguiente (Bausela, 2003):

- a) Evaluación del contexto: proporciona información para las decisiones de planificación con el fin de determinar los objetivos
- b) Evaluación del programa: proporciona información acerca de las características intrínsecas del programa y su adecuación a la problemática de estudio
- c) Evaluación del proceso: proporciona información sobre el desarrollo del programa con el fin de corregir el diseño tal y como se había llevado a cabo
- d) Evaluación del resultado: proporciona información sobre los logros obtenidos

La utilización de este modelo está avalada por investigaciones evaluativas previas en diferentes campos del ámbito educativo: en la evaluación de programas de orientación psicológica (Bausela, 2003); en informes institucionales sobre educación (MEC/MTIC, 2006); en la evaluación de programas de formación (Rodríguez y Miguel, 2005; Pascual, 2007; Soldevila i Benet, 2007); en la evaluación externa de proyectos educativos (Moya, 2007); en la evaluación de planes de estudio (Ventura 2005) o en la evaluación de un sistema deportivo (Escudero, 2006).

El modelo CIPP es un modelo integral que combina una perspectiva por fases y áreas con una perspectiva global del programa que se juzga, y que aporta, como novedad a modelos evaluativos anteriores, una propuesta de evaluar el proceso de aplicación, lo cual permite identificar dificultades o circunstancias favorecedoras en la consecución de los objetivos. Para llevar a cabo la evaluación de cada una de las fases que integran la evaluación del programa se recurre a indicadores, entendiendo como indicador cualquier dato empírico, cuantitativo o cualitativo, recogido de forma sistemática y que nos permita estimar la funcionalidad del programa en relación a los objetivos. Así, en cada fase del proceso evaluativo se utilizan indicadores diferentes:

- Los indicadores de contexto pretenden servir de referente a otros indicadores a través de la explicitación de las condiciones en que se desarrolla el programa que se analiza, así como de las actitudes y expectativas de la población respecto al mismo. Algunos de estos indicadores pueden ser la valoración del marco ambiental, la identificación de deficiencias y necesidades o el diagnóstico de problemas.
- Los indicadores del programa pretenden identificar las características de los recursos que se van a poner a disposición de las necesidades detectadas y sirven para valorar si dichas características son coherentes con el problema diagnosticado así como su eficacia en la resolución del mismo.
- Los indicadores del proceso son los que mayor dificultad presentan por la diversidad de factores que intervienen en las situaciones educativas de las que se trata de informar. Están relacionados con aspectos cualitativos, más que con aspectos cuantitativos, y su registro es complejo, ya que requiere comprobación continua, aunque ahí radica precisamente su interés.

- Los indicadores de resultados intentan informar sobre los logros del programa a través de campos complementarios. Permiten juzgar e interpretar los resultados e identificar factores de éxito o fracaso generalmente referidos a niveles de logro de objetivos y a niveles de satisfacción.

En este modelo, cada tipo de evaluación desempeña una función diferente y admite diferentes metodologías de investigación, pero existe entre ellas una relación simbiótica que proporciona una evaluación integral.

El programa educativo que se evalúa en esta investigación se enmarca dentro de los *programas instructivos centrados en el uso de medios y recursos didácticos* y consiste en:

*La utilización de los laboratorios virtuales para el desarrollo de destrezas experimentales en la enseñanza de la Biología*

Aunque la evaluación basada en el modelo CIPP está orientada a la toma de decisiones, éstas, a menudo, implican a diferentes ámbitos del sistema educativo y dependen de políticas educativas concretas. Sin embargo, el resultado de esta evaluación permitirá establecer conclusiones y justificar propuestas respecto a la utilización de los laboratorios virtuales aplicados a la enseñanza de la Biología en la educación secundaria que supongan un punto de partida para la reflexión. El modelo CIPP se ajusta notablemente a la finalidad de esta investigación y determina las fases de la misma.

## 2.4. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Atendiendo a las dimensiones del modelo de evaluación utilizado, las fases de la investigación se han determinado como sigue:

### I. EVALUACIÓN DEL CONTEXTO:

El principal objetivo de la evaluación del contexto es la caracterización del marco en que se desenvuelve el programa o el objeto de análisis y proporcionar una guía para su comprensión.

En esta investigación, la evaluación del contexto está orientada a identificar las características del entorno en el que se va a llevar a cabo la investigación, cuyo ámbito son los centros públicos de enseñanza secundaria de la Comunidad de Madrid. Con ello se pretende identificar los problemas y necesidades que perciben los profesores de Biología para la realización del trabajo experimental con los alumnos y para la incorporación de las TIC a dichas actividades. De esta manera, la evaluación del contexto debe servir de base para juzgar si los resultados obtenidos tras la aplicación del programa responden a las necesidades identificadas en esta fase y constituye, por tanto, un medio para contrastar el interés didáctico de los laboratorios virtuales.

Los objetivos concretos de esta fase han sido:

- Conocer el modo en que se está llevando a cabo la incorporación de las TIC a la actividad docente en la enseñanza secundaria. La metodología utilizada ha sido la revisión de la literatura especializada en relación a la actitud del profesorado respecto a estas herramientas, la frecuencia y finalidad de su utilización y los obstáculos encontrados para su integración en el currículo, ya que los informes existentes respecto a esta cuestión pueden permitir identificar diferentes modelos de trabajo.

- Realizar un estudio empírico acerca de la actitud de los profesores y los obstáculos percibidos ante el trabajo experimental así como del grado de utilización de los laboratorios virtuales para la enseñanza de procedimientos en Biología, con el fin de establecer un diagnóstico de necesidades y analizar algunas de las cuestiones que se señalan repetidamente como barreras para la integración de las TIC. La metodología utilizada ha sido la aplicación de un cuestionario a profesores de Biología de centros públicos de enseñanza secundaria de la Comunidad de Madrid. Como quiera que no existen estudios específicos en este campo, ha sido necesario diseñar un instrumento para la recogida de los datos que se han considerado relevantes para la investigación. Para ello se han determinado los objetivos y las dimensiones del estudio, se ha caracterizado la muestra, se ha diseñado, evaluado y aplicado el instrumento y, finalmente, se han analizado los resultados.

## **II. EVALUACIÓN DEL PROGRAMA EDUCATIVO: DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN LABORATORIO VIRTUAL SOBRE MORFOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN DE INSECTOS**

La evaluación del programa educativo consiste en un estudio eminentemente técnico en torno al programa objeto de la investigación. En esta fase se pretende valorar si el programa que se analiza responde a las necesidades detectadas en la evaluación del contexto.

Para llevar a cabo la valoración del programa se ha realizado, en primer lugar, una revisión de la investigación didáctica en relación a la utilización de estas herramientas. Tomando como referencia estos antecedentes, se ha desarrollado un *“Laboratorio Virtual sobre Morfología y Clasificación de Insectos”*, concebido como un *learning object* susceptible de integrarse en el currículo de Biología de la E.S.O. Este programa

se ha utilizado como modelo para llevar cabo las siguientes fases la investigación, por lo que la evaluación se ha centrado en comprobar si la aplicación diseñada cumple con las características que deben reunir estos laboratorios desde las perspectivas tanto técnica como didáctica y si se han tomado las previsiones correspondientes para que pueda ser llevado a la práctica cumpliendo el objetivo para el que ha sido concebido, de manera que los datos que se obtengan a partir de su utilización experimental permitan establecer algunas conclusiones acerca de los puntos fuertes y débiles de estas herramientas.

La metodología utilizada ha sido:

- Revisión de los antecedentes: Se ha realizado una revisión de la literatura especializada acerca de experiencias previas basadas en la utilización de laboratorios virtuales aplicados a la Biología, así como de los fundamentos pedagógicos y técnicos del software educativo en los que basar el diseño del programa desarrollado para este estudio
- Diseño de la aplicación: Debido a la mencionada escasez de laboratorios virtuales desarrollados en español para la enseñanza de la Biología, se ha considerado necesario diseñar uno que atendiera a los objetivos y competencias que se señalan para los alumnos de la enseñanza secundaria. El nivel elegido ha sido el primer ciclo de la ESO y el tema la morfología y clasificación de insectos. En el diseño de la aplicación se ha atendido especialmente a la revisión de los objetivos educativos y a la incorporación de un sistema de evaluación.
- Evaluación de la aplicación: Una vez completado el diseño, y antes de su utilización en el aula, el programa ha sido sometido al juicio de expertos tanto desde el punto de vista técnico como pedagógico.

### III. EVALUACIÓN DEL PROCESO

La evaluación del proceso incluye la consideración de elementos personales, formales y materiales que pudieran condicionar la aplicación del programa. Entre sus objetivos está el proporcionar una guía para valorar aspectos que deban ser modificados, analizar si se utilizan los recursos disponibles de manera eficiente e identificar hasta qué punto los que participan en el programa lo aceptan y son capaces de desempeñar sus funciones. A partir del laboratorio virtual utilizado en esta investigación, se pretende identificar qué aspectos técnicos y pedagógicos de los laboratorios virtuales se revelan más interesantes, cuáles no se han tenido en cuenta o deberían corregirse para garantizar un aprovechamiento óptimo de estos recursos y cuáles pueden ser las dificultades de su utilización en el aula.

El laboratorio se ha utilizado con 109 alumnos de 1º de ESO del Instituto Luís García-Berlanga de Coslada (Madrid) y la metodología utilizada para la evaluación del proceso ha sido:

- Análisis de las características del centro educativo y del entorno familiar y social del alumnado
- La observación sistematizada en el aula de diversos indicadores, tales como dificultades organizativas, incidencias en el proceso, adecuación del tiempo necesario para el desarrollo de la actividad o participación de los alumnos
- La aplicación de un cuestionario de opinión a los alumnos participantes
- La realización de entrevistas a los profesores que han llevado a cabo la experiencia
- Análisis de la información aportada por la base de datos del programa

#### IV. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

En esta fase se trata de valorar, juzgar e interpretar los logros de un programa. En nuestra investigación, el objetivo fundamental de la evaluación de los resultados es averiguar en qué medida el laboratorio utilizado como modelo ha satisfecho las necesidades detectadas en el análisis del contexto. Para ello se ha analizado la información procedente de las distintas fases de la evaluación, que comprende tanto los datos cuantitativos obtenidos del sistema de evaluación del laboratorio utilizado, como la observación directa en el aula y las opiniones de las personas implicadas en la aplicación del mismo. La metodología utilizada ha sido:

- Análisis de las necesidades y obstáculos detectados en el contexto educativo, basado en la comparación de los datos reflejados en la evaluación del contexto y los obtenidos tras la aplicación del programa en el aula en lo referente a:
  - Actitud de los profesores ante el trabajo experimental en Biología
  - Actitud de los profesores ante la utilización de las TIC aplicadas al trabajo experimental
  - Obstáculos encontrados para la utilización de los laboratorios virtuales en el aula
- Valoración de los resultados de la aplicación del laboratorio en relación al logro de los objetivos, basado en el análisis de las calificaciones obtenidas por los alumnos en cada una de las actividades del laboratorio y otros datos de interés registrados automáticamente por el programa
- Valoración del programa en relación a la opinión de los participantes, basado en el análisis de la actitud y opinión de los alumnos

participantes y el análisis de la opinión de los profesores responsables de la actividad

# 3

## EVALUACIÓN DEL CONTEXTO:

Estudio sobre la utilización de las TIC para el desarrollo de destrezas experimentales en la enseñanza de la Biología en la CAM<sup>13</sup>

---

### 3.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Es un hecho que la dotación de medios informáticos en los centros de educación secundaria ha ido mejorando en los últimos años. Según los datos del sistema estatal de indicadores de la educación publicados por el Instituto de Evaluación del MEC (2006), el 100% de en los centros públicos de enseñanza secundaria en la Comunidad Autónoma de Madrid tenían ya conexión a Internet en el año 2006 y la ratio de alumnos por ordenador era de 11,6 en estos mismos centros. Pero, además de que esta ratio es aún muy elevada para lograr una auténtica integración de las TIC en el aula, este dato dice muy poco de la disponibilidad real de estos recursos, ya que un análisis un poco más detenido de la realidad nos puede mostrar un panorama menos optimista. En la mayoría de los centros los ordenadores están concentrados en aulas específicas (aulas de informática) ya que no hay suficientes para instalarlos en cada aula. Esto significa que, independientemente del número de ordenadores por alumno, el hecho es que, si hay dos aulas de informática en el centro (un modelo bastante

---

<sup>13</sup> Comunidad Autónoma de Madrid

común), la posibilidad de acceso a estos recursos para la mayoría de las materias es muy limitada.

Pero la integración de las TIC no es sólo un problema de recursos. Ciertamente, la simple presencia de tecnologías novedosas en los centros educativos no garantiza la innovación en su sentido real, ni tan siquiera su uso en la práctica docente. La innovación debe ser entendida como el cambio producido en las concepciones de la enseñanza y en los proyectos educativos, en la manera de pensarlos y de llevarlos a la práctica, no se trata de hacer lo mismo con más rapidez o mejor presentación usando tecnologías más novedosas. Sin embargo todavía se conoce poco respecto al uso que el profesorado de diferentes disciplinas hace de las TIC en el contexto del aula, en parte porque hay aún pocos estudios y de carácter muy general y en parte porque los datos que se obtienen en estos estudios probablemente quedan obsoletos antes de su publicación. Una reciente revisión de las líneas de investigación en este campo (Area, 2005b) 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. Una conclusión similar puede leerse en un estudio centrado en el análisis de los Programas de Innovación Educativa para la integración curricular de las TIC en la comunidad autónoma de Canarias y que trata de analizar el impacto en la integración curricular de estas herramientas durante los años 80 y 90, el cual revela que las políticas de integración curricular de las TIC desarrolladas por la Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias durante estas

dos décadas se han caracterizado por estar orientadas por criterios fundamentalmente de índole económica y de relevancia social de las tecnologías más que por criterios de integración curricular de las TIC (Sanabria, 2005).

Varias investigaciones, referidas a diferentes comunidades autónomas, han explorado, bajo diferentes prismas, las circunstancias que rodean la incorporación de las TIC en el aula, utilizando encuestas o entrevistas a los profesores. Algunas se han centrado en conocer la *actitud* de los profesores hacia las TIC al considerar que el grado de interés y motivación del profesorado hacia estas tecnologías, así como su opinión acerca de las mismas sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje, pueden ser factores determinantes para la integración de las TIC en la práctica docente. En esta línea, un trabajo realizado para valorar las actitudes del profesorado de enseñanza primaria hacia la informática en la comunidad autónoma de Murcia (Rodríguez Mondéjar, 2000) constata en sus conclusiones un elevado interés por parte de los profesores en la utilización de las TIC y señala que la finalidad de dicha utilización es, fundamentalmente, motivar a los estudiantes, desarrollar actividades prácticas relacionadas con los temas del programa y desarrollar la creatividad. Hay que mencionar que el propio profesorado reconoce que sólo ha utilizado de manera ocasional el ordenador en su práctica docente y manifiesta, en relación con su metodología de trabajo, que no ha alterado su forma de dar las clases ni de estructurar los contenidos, aunque mayoritariamente considera que los ordenadores benefician el proceso de enseñanza-aprendizaje. Otro trabajo, esta vez en la Comunidad de Madrid, sobre una muestra de 481 profesores de primaria, secundaria, bachillerato y ciclos formativos realizado en 2003-04 pretende así mismo conocer la actitud de los profesores respecto a la integración de las TIC en su actividad docente y concluye que, aunque se valora positivamente la importancia de las TIC como elemento facilitador del aprendizaje y el interés e importancia que el profesorado asigna a las TIC para su uso personal es muy elevado, la intención de uso de las TIC presenta una

gran variabilidad y su valoración en relación a sus efectos sociales es baja (Carballo y Fernández, 2005). La misma actitud positiva hacia las TIC encuentra un estudio llevado a cabo sobre 673 profesores de primaria y secundaria en la Comunidad Valenciana (Orellana [et al.] 2004) según el cual los profesores son conscientes de que las TIC son una realidad y que si no se forman en su manejo se quedarán desfasados, pero, aunque la mayoría vinculan la innovación educativa a las TIC, no creen necesario utilizarlas para enseñar su materia. En La Coruña, un estudio sobre 624 profesores no universitarios (Rodríguez, Abalde y Muñoz, 2007) constata también su actitud favorable hacia estas herramientas así como el convencimiento de su utilidad y capacidad innovadora, encontrando que donde estas actitudes están más generalizadas, hay una mayor utilización de las TIC en el aula.

En otros casos, las investigaciones se han interesado por buscar una correlación entre *formación docente* y la disposición de los profesores a integrar las TIC en el aula. Así, en Cataluña, el estudio realizado por Canales (2005), orientado a establecer propuestas de formación en el uso e integración curricular de las TIC, recaba las opiniones y las necesidades expresadas por los profesores. Éstos muestran una opinión favorable a la integración curricular de las TIC aduciendo, incluso, una expectativa de mejora en los resultados de los aprendizajes; consideran su utilización un valor añadido por las mejoras en la presentación y asimilación de los contenidos e incluso llegan a considerar “un deber profesional” la incorporación de las TIC a la docencia. Sin embargo afirman que, aunque tienen recursos a su disposición, no saben qué hacer con ellos. Las necesidades formativas de los profesores encontradas por los investigadores son: conocimiento de recursos para uso de las TIC por niveles educativos y modelos de inclusión de las TIC en el aprendizaje escolar. También con la formación de los profesores como centro de interés y en el marco del amplio

proyecto PROFORTIC<sup>14</sup> que se ha llevado a cabo en las comunidades autónomas de Castilla y León, Madrid y Comunidad Valenciana, se han publicado algunos trabajos con hallazgos parciales en relación a la utilización de las TIC en los centros educativos. Así, en el simposio “Los profesores ante el proceso de integración de las TIC en la educación. Algunas dimensiones clave” presentado en el XII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa celebrado en La Laguna en 2005 (Suárez [et al.], 2005), se analiza la integración que los profesores hacen de las TIC desde tres perspectivas: las competencias del profesorado, la utilización que hace de las mismas y las necesidades de formación. La valoración de las competencias tecnológicas (conocimiento de las herramientas) y pedagógicas (integración de las TIC en el aula) revela que en ninguna de las comunidades autónomas se ha alcanzado un conocimiento avanzado en ninguno de los recursos analizados, obteniéndose, además, un nivel muy bajo (equivalente a una frecuencia de utilización categorizada como “nunca” o “casi nunca”) respecto a la integración de las TIC en el aula. El análisis de la aplicación de las TIC que hace el profesorado pone de manifiesto la baja utilización de Internet por los profesores tanto a nivel particular como, más aún, con los alumnos en las comunidades autónomas citadas. El uso de procesadores de texto alcanza la valoración más alta en el estudio, mientras que la más baja corresponde al uso de lenguajes y sistemas de autor y de herramientas de diseño de páginas web. Por último, el interés manifestado por los profesores en actividades de formación es alto excepto en tecnologías avanzadas (sistemas de autor, diseño avanzado de páginas web..), como también lo es en formación en modelos para la integración de las TIC en el aula excepto, igualmente, en utilidades muy avanzadas (crear entornos de aprendizaje virtual, por ejemplo). La investigación concluye que la

---

<sup>14</sup> PROFORTIC es un proyecto subvencionado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y por el Fondo Social Europeo (UE) y desarrollado entre 2003-2006 por las Universidades de Valencia, Salamanca, Complutense de Madrid y Jaume I. Bajo el título “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”, el objetivo del proyecto era establecer las necesidades de formación del profesorado para la integración de las TIC en el aula (Coord. Jesús Suárez Rodríguez, Universidad de Valencia)

utilización de las TIC en el aula está directamente relacionada con las competencias de los profesores. Así mismo los autores del estudio señalan que los intereses y necesidades formativas manifestadas por los profesores son mayores cuando ya utilizan estas tecnologías y consideran factores determinantes para la utilización de las TIC el uso personal que el profesor haga de ellas así como sus conocimientos tecnológicos, su actitud y los obstáculos percibidos. Respecto a este último punto afirman que “existen numerosos indicios de que los obstáculos constituyen una dimensión decisiva en el proceso de integración, aunque los modelos desarrollados son generalmente multivariados y reflejan prioritariamente limitadores de bajo nivel”. Otro trabajo, en el marco de este mismo proyecto (Almerich [et al.], 2007), encuentra relación entre el nivel de integración de las TIC y el uso de los distintos recursos tecnológicos a nivel personal y profesional, coincidiendo en sus conclusiones en la idea de que uno de los factores que incide en la utilización de las TIC por parte del profesorado es el dominio de los recursos tecnológicos.

Una conclusión algo diferente se obtiene a partir de la investigación llevada a cabo por el Instituto Vasco de Evaluación e Investigación Educativa (ISEI-IVEI, 2004) sobre la integración de las TIC en la ESO en esta comunidad, cuyos objetivos son conocer la utilización que los profesores hacen de las TIC e identificar prácticas y experiencias educativas relacionadas con la utilización de las TIC, así como los modelos organizativos que favorecen dichas situaciones. Entre las hipótesis de trabajo consideran que el nivel de formación del profesorado es un factor favorable, pero no decisivo, para la utilización de las TIC en el aula, mientras que sí lo es una actitud positiva hacia las TIC. Esta investigación utiliza la metodología de estudio de caso sobre 10 centros educativos seleccionados. La investigación encuentra que sí existe correlación entre la formación del profesorado y la utilización de las TIC en el aula, aunque el 43% del profesorado lo achaca a su falta de formación didáctica y sólo un 28,7% considera que le falta formación como usuario en TIC. También destacan que

las actitudes positivas refuerzan el uso, hasta el punto de que, entre los factores que considera el profesorado que influyen en mayor medida en su decisión de utilizar las TIC, se menciona, primero, “el convencimiento de la utilidad de las TIC para el trabajo docente”; segundo, “el deseo de incorporar nuevos medios en su trabajo habitual”; tercero, “ver en la utilización de las TIC ventajas que otros instrumentos no proporcionan”; y cuarto, “tener equipamiento en el centro”. Los tres primeros reflejan actitudes favorables hacia las TIC por un convencimiento del papel positivo que desempeñan en la mejora del trabajo profesional. Sin embargo, el profesorado no otorga a la formación en TIC la misma relevancia que a los factores mencionados anteriormente. La opción que hace referencia a este aspecto (“me he animado a utilizar las TIC después de haber hecho uno o más cursos de formación”) se sitúa en sexto lugar. El estudio muestra que los profesores que han recibido un mayor número de horas de formación en TIC emplean las destrezas adquiridas en usos personales del ordenador y para la preparación de las clases. Sin embargo, la repercusión de la formación en la actividad profesional es mucho menor.

Así mismo, un proyecto impulsado por la Universidad de la Laguna (Area, 2007), basado en el seguimiento del proceso de integración y uso de las TIC en una muestra de cuatro centros de la Comunidad Autónoma de Canarias, cuestiona, en sus conclusiones provisionales, la formación del profesorado como factor determinante de la integración de las TIC en el aula. Uno de los aspectos clave encontrados para la integración de las TIC en los centros es la implicación personal del coordinador en su planificación y la situación de las infraestructuras. El perfil de formación de los formadores no resultó decisivo a la hora de impulsar el proyecto, dado que en algunos casos se trataba de docentes con una formación básicamente autodidacta y unos conocimientos de usuario de ordenador.

Tampoco Monge (2007), en su tesis doctoral sobre “La escuela vasca ante el cambio tecnológico”, encontró como obstáculo determinante para la integración de las TIC en el aula la formación del profesorado. Las principales dificultades descritas en este trabajo de investigación, realizado en el periodo 1999-2004 en los centros de enseñanza secundaria de la Comunidad Autónoma Vasca, apuntan a la descoordinación en las líneas de actuación de diferentes responsables educativos, la caducidad de las infraestructuras, la escasez de contenidos educativos digitales, el inadecuado sistema de reconocimiento de méritos del profesorado, la escasa presencia de las TIC en el currículum y la necesidad de un cambio metodológico y actitudinal del profesorado.

Abundando en esta misma línea, Fuentes, Ortega y Lorenzo (2005) realizaron una investigación acerca de la formación de los profesores en TIC, frecuencia y dificultades de uso y objetivos y fórmulas más habituales de integración de las TIC en el aula, teniendo como objetivo global profundizar en el conocimiento de las barreras que obstaculizan la integración curricular de los medios y las tecnologías en los centros públicos de Granada capital (ámbito urbano) y Huéscar (ámbito rural). Sus conclusiones parciales en relación con la formación del profesorado señalan que:

- . La formación inicial del profesorado de niveles no universitarios en medios y tecnologías es, en general, escasa. Aquéllos que la han recibido, señalan su marcado carácter teórico.
- . La mayor parte del profesorado entrevistado opina que la utilidad de la formación inicial recibida es nula o escasa.
- . Un alto porcentaje de los docentes entrevistados declara que desconoce la oferta de formación continua disponible.
- . Durante el ejercicio profesional, la mayor parte de los docentes entrevistados manifiestan haber conseguido mejorar sus conocimientos mediante la realización de cursos ofertados por los centros de profesorado.

- . La formación recibida durante el ejercicio profesional se considera, en general, alejada de las demandas de la realidad escolar.
- . La autoformación se confirma como la segunda fórmula de perfeccionamiento practicada.
- . Las principales motivaciones para mejorar la formación son la necesidad de «estar al día» y de «elaborar materiales curriculares».

Otra línea de trabajo, cuyo interés está también próximo al de esta investigación, pretende conocer la realidad del *uso* que se hace de las TIC en el aula. Así, en Galicia los profesores utilizan las TIC para muy pocas y muy elementales funciones, según los estudios realizados por Fernández y Cebreiro, (2002) y Pérez, Vilán y Machado, (2006) en centros de primaria y secundaria. Destacan como usos más frecuentes los relacionados con la motivación y transmisión de información (captar la atención y motivar a los alumnos, presentar información, facilitar el recuerdo, permitir acceso a más información...) y como usos menos frecuentes otros más innovadores o vinculados a las posibilidades de interacción que ofrecen los medios (evaluar conocimientos/habilidades, trabajo con alumnos con necesidades educativas especiales, propiciar relaciones profesor/alumno, ofrecer *feed-back*...). El estudio llevado a cabo por Gargallo (2003) en la comunidad valenciana, planteado desde una amplia perspectiva que involucra a alumnos, profesores, directores y coordinadores TIC, tiene también como finalidad recoger evidencias acerca de lo que se está haciendo en dicha comunidad en materia de implantación de las TIC y, en concreto, para conocer el uso que se da a Internet en los centros escolares. La investigación se llevó a cabo con alumnos de ESO en centros públicos y privados siguiendo una metodología cuantitativa, basada en la aplicación de un cuestionario a los diferentes estamentos educativos (2311 alumnos, 492 profesores y a los directores y coordinadores TIC de 87 centros), y también desde una perspectiva cualitativa, mediante un estudio de caso sobre 17 centros educativos. En las conclusiones se

señala, respecto a la utilización de Internet en el aula, que la proporción de profesores que nunca utiliza Internet con sus alumnos es prácticamente un 80%; aproximadamente el 15% lo usan una vez al mes o menos y un 5% lo usa una vez a la semana. Por su parte los alumnos, preguntados por las horas semanales de utilización de Internet en las diferentes asignaturas, afirmaron emplear para Biología y Geología una media de 1,35 sobre una escala de valoración en la que 1 representa “no lo utilizo nunca” y 2 “menos de una vez al mes”. Un seguimiento posterior de este trabajo llevado a cabo por el ONTEV<sup>15</sup> (Gargallo [et al.], 2004), pone de manifiesto un cierto incremento en los recursos disponibles por los profesores (conexión a Internet, disminución de la ratio de alumnos por ordenador..) y en el uso de las TIC, siendo este incremento de uso muy leve en el ámbito de la aplicación curricular incluso en los centros seleccionados, respecto al primer trabajo, como centros con actividades ejemplares de integración de las TIC.

Finalmente, algunas investigaciones, (Bosco, A., 2002; Aguaded [et al.], 2001; Paredes, 2003; Sierra, 2005), se han ocupado de estudiar *actuaciones concretas* en determinados centros con diferentes objetivos (formas organizativas, interés educativo de diversos programas...), basándose bien en estudios de caso o en estudios experimentales, obteniendo resultados diversos.

Por otra parte, existe una preocupación institucional por conocer cómo se está llevando a cabo la integración de las TIC en los centros educativos, lo que ha impulsado algunos estudios extensos que pretenden recoger una gran cantidad de información en relación a este tema. El informe realizado a nivel nacional sobre la implantación y el uso de las TIC en los centros docentes de primaria y secundaria (MEC/MITC, 2006) en el marco del plan Avanza pone de relieve importantes avances en relación al equipamiento de los centros (7,4 alumnos por ordenador), conexión a Internet (el 94,5% de los centros de secundaria está conectado a Internet), apoyo

---

<sup>15</sup> ONTEV: Observatorio de Nuevas Tecnologías de la Escuela Valenciana

técnico y didáctico (en el 71% de los centros de secundaria hay un coordinador TIC), la alta participación de los centros en proyectos de innovación y mejora (el 84,3% de los centros ha participado en algún proyecto en los últimos cuatro años) o el interés y la valoración positiva del profesorado hacia estas herramientas (el 75% del profesorado dice estar muy interesado en ellas). In embargo este mismo informe señala algunas limitaciones derivadas de la falta de formación docente (un 78% no tendría formación suficiente), la baja frecuencia de utilización en el aula, escasa dedicación horaria de los TIC a las tareas de coordinación (menos de cinco horas semanales), el escaso repertorio de actividades que los alumnos realizan con las TIC (utilizar el procesador de textos, navegar por Internet y realizar trabajos), la escasa presencia de las TIC en la mayor parte de las áreas curriculares (el uso más frecuente, un 38,6%, se da en el área de Tecnología, según los alumnos) y los problemas organizativos responsables, en parte, de la baja frecuencia de ocupación de los recursos (menos del 50% del horario lectivo).

También a nivel europeo se ha realizado estudios con la misma finalidad. Un amplio trabajo publicado recientemente por la Comisión Europea (European Commission, 2006) pone de manifiesto que, aunque las TIC se enseñan como materia independiente en todos los países, la mayoría de los países más avanzados en el uso de de estas tecnologías (Reino Unido, Suecia, Finlandia, Holanda, Dinamarca, etc.) las han integrado también en el aprendizaje de las distintas materias, mientras que los países de reciente incorporación (Polonia, Hungría, Letonia, Eslovenia, Lituania, Estonia..) están aún lejos de esta realidad. El porcentaje de profesores que utiliza las TIC con los alumnos alcanza un 93% en el caso de Dinamarca mientras que se queda en un 23% en Grecia, 33% en Letonia o 36% en Hungría. En España, según este estudio un 57% de los profesores utiliza las TIC en el aula. Sin embargo, este uso es a menudo ocasional: sorprendentemente, en Dinamarca el porcentaje de profesores que utilizan las TIC para más del 50% de los temas de las diferentes asignaturas oscila

entre el 2% y el 14%. En España, la utilización de las TIC en el aula en más del 50% de los temas de la materia por parte de los profesores de matemáticas, ciencias y computación (en España equivaldría a tecnología) es del 16%, frente al 22% de la UE (UE 25). Este dato, además, podría estar sesgado al contabilizar en el mismo grupo a los profesores que imparten asignaturas de informática, que, lógicamente, integran de manera natural las TIC en el aula por ser ésta su materia de estudio. De hecho, contrasta otros, bastante inferiores, para el resto de las disciplinas (el 5% de utilización en lengua y literatura, por ejemplo). Por otra parte, el material del que se sirven los profesores europeos para utilizar en sus clases procede fundamentalmente de Internet en un 83%, alcanzando un 94% en Reino Unido, lo que probablemente constituye, como se afirma en el informe, un indicador de la cantidad de recursos disponibles en lengua inglesa. Respecto a la formación, el estudio encuentra que dos tercios del profesorado utilizan el procesador de textos así como el correo electrónico, algo más de un tercio es capaz de instalar software, un tercio puede elaborar presentaciones y sólo unos pocos manifiestan no tener experiencia. En cuanto a la actitud, el 80% de los profesores ven ventajas en el uso de las TIC por los alumnos especialmente a la hora de practicar y hacer ejercicios, mientras que un 20% de los profesores europeos consideran que el uso de las TIC no tiene beneficios pedagógicos entre los cuales se encuentran, a la cabeza, los profesores españoles con un 52%. El análisis de la integración de las TIC respecto a las tres variables que conforman el *ACM Model* es decir el modelo basado en el estudio de las variables acceso, competencia y motivación (descrito en el capítulo anterior), encuentra que, entre el grupo de profesores de los distintos países que no utiliza las TIC en el aula, un 19% no lo hace por falta de acceso a los recursos, teniendo tanto formación como motivación. Sin embargo un 25% de este grupo tiene acceso, competencia y motivación, es decir, estarían en condiciones de utilizar estas tecnologías en el aula, pero por alguna razón que, en opinión de los investigadores, merecería una investigación más profunda, no lo hacen.

Indudablemente, la incorporación de estas tecnologías en las aulas supone un desafío para el profesorado, que encuentra numerosos obstáculos para abordar esta empresa. Pero en la mayoría de los trabajos analizados, aunque constituyen un referente obligado a la hora de iniciar un nuevo estudio sobre la utilización de las TIC por parte del profesorado, el análisis de la incorporación de las TIC a la práctica docente se ha llevado a cabo desde una perspectiva muy general, abarcando medios tecnológicos diversos, analizando conjuntamente centros de distintos niveles educativos y dirigidos a diferentes grupos de la comunidad educativa (directores, coordinadores TIC, profesores, alumnos...). Así mismo el espectro de dominios en que se agrupan los ítems de estudio es amplio (actitudes, opiniones, frecuencia de utilización, disponibilidad de recursos, utilización personal de las TIC que hacen profesores y alumnos..) y están enfocados sobre todo a buscar la correlación entre formación, actitud o recursos (principalmente hardware) e integración de las TIC.

Sin embargo, aunque la heterogeneidad de metodologías e instrumentos utilizados no permite homologar los resultados de estos estudios, sí es posible inferir, a partir de sus conclusiones, la importancia de esta línea de investigación y su potencialidad para generar nuevos problemas de estudio o propuestas específicas desde diferentes ámbitos. La revisión realizada pone de manifiesto, así mismo, la falta de estudios descriptivos que muestren el verdadero impacto de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje y la necesidad de nuevos proyectos de investigación sobre la forma en que estos recursos pueden optimizarse en las actividades formativas de las distintas áreas.

Consideraciones similares podemos leer en las conclusiones del informe de BECTA<sup>16</sup> (2004) sobre los obstáculos encontrados en diferentes países europeos para la implantación de las TIC, donde se recomiendan, como futuras líneas de investigación,

---

<sup>16</sup> British Educational Communications and Technology Agency

estudios acerca de la existencia de barreras para la utilización de las TIC referidos a áreas, materias o niveles específicos; una mayor concreción en cuanto a los medios objeto de análisis; una búsqueda de ejemplos de buenas prácticas y estrategias para solucionar los obstáculos para su implantación o un análisis acerca del uso de las TIC que ponga el acento más en su efectividad que en su frecuencia, es decir que se preocupe por categorizar los usos que se hacen de estas tecnologías.

Coincidiendo con Area (2005b), *“actualmente debiéramos plantearnos investigaciones holísticas que persigan analizar cómo se integra la tecnología en los grupos y contextos educativos reales, cómo los recursos tecnológicos son interpretados y adaptados por los usuarios; cómo relacionar mejor las potencialidades de la tecnología con las necesidades y procesos de aprendizaje; cómo los cambios tecnológicos afectan e influyen en la innovación de otras dimensiones del proceso educativo tales como evaluación, la gestión, la comunicación o el desarrollo del currículum”*. Opiniones sobre la necesidad de reflexionar acerca de qué manera se están introduciendo las TIC en el aula, ya que existe la sensación de que *“los ordenadores han llegado al salón de clase mucho antes que la claridad didáctica para su uso”* (Pérez, 2003), están en consonancia con unas investigaciones dispares y revelan la urgencia de estudios más detallados sobre este tema. Conviene tener en cuenta que las dificultades o los beneficios pedagógicos que encuentran los profesores para la integración de las TIC en su práctica docente habitual pueden ser muy distintos desde la perspectiva de diferentes disciplinas. Estudios más concretos y con objetivos de análisis específicos, probablemente contribuirían a trazar mejor el mapa de la situación actual respecto a la utilización de las TIC y a establecer las bases que justifiquen futuras actuaciones.

## 3.2. DISEÑO DEL ESTUDIO

Investigaciones como las reseñadas sobre la utilización de las TIC en la enseñanza secundaria, ofrecen el esbozo de una situación que engloba multitud de contextos diferentes, y en la que se ven reflejados patrones de actuación por parte de los profesores que, pudiendo ser relevantes para un contexto concreto, podrían encontrarse insuficientemente representados en las conclusiones generales.

La finalidad de esta investigación requiere un análisis propio de la realidad, ya que se plantea desde la perspectiva específica de la didáctica de la Biología y con la finalidad de conocer la utilización que los profesores hacen de las TIC para tratar objetivos educativos concretos, los procedimientos. Para ello ha sido necesario el diseño de un estudio que permita conocer la finalidad con la que se están incorporando las TIC en las clases de Biología y su implicación en el trabajo experimental de los alumnos, así como establecer la existencia o no de correlación entre los usos de las TIC y algunas de las barreras que repetidamente se mencionan en la literatura. El ámbito del estudio es la Comunidad Autónoma de Madrid.

La necesidad de información detallada respecto al problema de estudio requiere una recogida de datos planificada que permita identificar y analizar las variables propias del mismo, ya que no se conocen trabajos previos que permitan un anclaje comparativo sobre el mismo tema. Este trabajo constituye, por tanto, una primera aproximación a un campo de estudio que no ha merecido, hasta ahora, una atención específica por parte de la investigación educativa. El interés del mismo es conocer con qué frecuencia, mediante qué actividades y con qué objetivos didácticos utilizan las TIC los profesores de Biología para realizar trabajo práctico con sus alumnos y en qué medida estas tecnologías han entrado a constituir una herramienta para el aprendizaje de procedimientos en el trabajo experimental. Cuestiones relevantes para comprender

el contexto en que tienen lugar la actividad docente forman parte también del estudio. La búsqueda de correlaciones a partir de la información obtenida permitirá disponer de un resumen descriptivo del problema y de sus posibles implicaciones.

### **3.2.1. OBJETIVOS**

La finalidad de este estudio es conocer la actitud de los profesores de Biología de Comunidad de Madrid respecto al trabajo experimental y obtener datos concretos que enriquezcan la información obtenida por investigaciones previas acerca de la integración de las TIC en la práctica docente. Los objetivos concretos del estudio son:

- Conocer la importancia que conceden los profesores de Biología al trabajo experimental dentro de su práctica docente
- Precisar las destrezas que se trabajan en el laboratorio con más frecuencia
- Identificar dificultades en la realización del trabajo práctico con los alumnos en el laboratorio presencial
- Conocer el nivel de formación del profesorado en el manejo de las TIC
- Conocer la opinión de los profesores respecto a las utilización de las TIC para realizar actividades experimentales
- Determinar el tipo y frecuencia de actividades basadas en la utilización de las TIC que llevan a cabo en el aula los profesores de Biología
- Precisar cuáles de las destrezas de tipo experimental se trabajan utilizando las TIC

- Identificar obstáculos y dificultades para la inclusión de las TIC como herramienta para la realización de actividades experimentales
- Explorar el conocimiento que tienen los profesores acerca de los recursos TIC disponibles para la realización de actividades experimentales

### **3.2.2. METODOLOGÍA**

La investigación se ha basado en un estudio descriptivo y transversal, llevado a cabo durante el curso 2006/07, que pretende analizar la situación de los centros públicos de enseñanza secundaria de la CAM en relación a los objetivos planteados, registrando los datos relativos a las variables consideradas.

El procedimiento seguido para recabar la información ha sido la aplicación de un cuestionario (Anexo I) diseñado con esta finalidad y para cuya elaboración se han tenido en cuenta los dominios que se han ido revelando como esenciales en los estudios previos sobre utilización didáctica de las TIC, como hemos visto en las referencias a trabajos anteriores.

Para el análisis de los datos obtenidos se ha seguido una metodología cuantitativa, basada en el tratamiento estadístico de los mismos. Este análisis ha permitido establecer comparaciones con otros estudios similares así como correlaciones entre las variables investigadas.

Las fases del estudio han sido:

- i. Determinación de los dominios
- ii. Elaboración del cuestionario
- iii. Realización de un estudio piloto
- iv. Selección de la muestra

- v. Aplicación del cuestionario
- vi. Análisis de los datos

### **3.2.3. INSTRUMENTO**

Como se ha dicho, el instrumento utilizado ha sido un cuestionario para cuyo diseño se han tenido en cuenta diversas fuentes, siendo los ítems coincidentes con los que se encuentran en la literatura especializada, excepto aquellos que aporta la investigación.

El cuestionario consta de un total de 17 ítems de formato cerrado, algunos de los cuales incluyen respuestas múltiples y/o escalas valorativas tipo Likert. Se ha intentado minimizar la merma de exactitud que, en aras de la facilidad de tabulación, introducen los formatos cerrados incluyendo una serie de indicadores en la categorización de los ítems. Así por ejemplo en el ítem 10 referido a las destrezas propias del trabajo experimental que se trabajan en el laboratorio, se describen, para cada una de las categorías, las destrezas que se consideran como referencia. En alguno de los ítems se contempla, además, la posibilidad de que el encuestado introduzca alguna categoría que no se haya incluido en el cuestionario.

Por otra parte, la falta de indicadores estadísticos estandarizados que permitan asignar valores para cada uno de los ítems, ha hecho necesario incluir una breve aclaración de los límites que esta investigación establece para las puntuaciones de cada variable considerada. Cuando ha sido posible, estos criterios de puntuación han sido cuantitativos, para disminuir el efecto *Hawthorne*<sup>17</sup>, y conducir al profesor a una respuesta lo más ajustada posible.

---

<sup>17</sup> Tendencia de las personas a actuar de forma diferente simplemente porque se dan cuenta de que son objeto de una investigación. (McMillan y Schumacher, 2005)

Los ítems se agrupan en cuatro dominios: *I- Datos del Centro; II- Datos personales; III- Utilización del laboratorio de Biología; IV- Utilización de las TIC para el aprendizaje de procedimientos en Biología* (Tabla 3.1).

<b>DIMENSIONES DEL CUESTIONARIO</b>	
I- RECURSOS DEL CENTRO	Laboratorios Ordenadores Conexión a Internet Software específico
II- DATOS PERSONALES	Niveles que imparte Experiencia docente Formación en TIC
III- UTILIZACIÓN DEL LABORATORIO DE BIOLOGÍA	Opinión respecto al trabajo experimental Frecuencia de uso del laboratorio Destrezas experimentales que se trabajan en el laboratorio Obstáculos para la realización de prácticas
IV- UTILIZACIÓN DE LAS TIC PARA EL APRENDIZAJE DE PROCEDIMIENTOS	Opinión respecto a la utilización de las TIC en el trabajo experimental Frecuencia de uso de las TIC Finalidad de uso de las TIC Destrezas experimentales que se trabajan con las TIC Obstáculos para la incorporación de las TIC al trabajo práctico Conocimiento de recursos TIC para el trabajo experimental

Tabla 3.1: Dimensiones del cuestionario

Los dos primeros dominios, *I- Datos del Centro* y *II- Datos personales*, tienen como finalidad contextualizar las respuestas, así como servir de referente para la búsqueda de posibles correlaciones. El dominio I está referido a los recursos disponibles en el centro para utilización con los alumnos (laboratorios, ordenadores, conexión a Internet, software). El dominio II está referido a las características del profesor (en cuanto a los niveles que atiende, experiencia docente y formación en TIC).

El dominio *III- Utilización del laboratorio de Biología*- busca conocer la posición del profesor respecto a la importancia y dificultades del trabajo experimental en su práctica docente habitual. Así, el ítem 8 pretende conocer la opinión del profesor respecto a la importancia de las destrezas que se trabajan en el laboratorio y tiene función de filtro, ya que una respuesta negativa en este ítem permite inferir que no hay disposición para la incorporación de nuevas herramientas, con el esfuerzo suplementario que supone, para trabajar unos contenidos que no se consideran importantes. Los ítems 9 y 10 indagan en la frecuencia y el objetivo didáctico con que se realiza trabajo experimental con los alumnos. Las categorías en que se agrupan los tipos de destrezas procedimentales que se trabajan en el laboratorio están basadas en las que se pueden encontrar en la literatura especializada (Gil y Valdés, 1996; Barberá y Valdés, 1996; De Pro, 2006). Por último, el ítem 11 analiza la percepción que tienen los profesores acerca de los obstáculos que encuentran para la realización del trabajo experimental, los cuales también se han agrupado en categorías consideradas en estudios previos (Nieda, 1994 y 2006; Cano y Cañal, 2006).

El dominio *IV- Utilización de las TIC para el aprendizaje de procedimientos*- trata de establecer cuál es la utilización que se está haciendo de las TIC en las clases de Biología y en qué medida estas herramientas se aplican a la realización de trabajo experimental. El ítem 12 recaba la opinión del profesorado sobre las posibilidades didácticas de las TIC aplicadas al aprendizaje de procedimientos. Con los ítems 13 y 14 se pretende averiguar la frecuencia y tipo de actividades en las que el profesor utiliza las TIC con sus alumnos, también categorizadas siguiendo trabajos anteriores (Marqués, 2000; Romero, 2004; Barberá y Badía, 2005; Pontes, 2005). El ítem 15 pretende averiguar cuáles de las destrezas del trabajo experimental categorizadas en el dominio III trabajan los alumnos utilizando las TIC. El ítem 16 indaga en los obstáculos que detectan los profesores para la incorporación de las TIC como herramienta de trabajo experimental. La categorías en que se agrupan dichos

obstáculos se basan en las dimensiones encontradas repetidamente en investigaciones acerca de los factores que intervienen en la implantación de las TIC (BECTA, 2004; Bo y Sáez, 2005) (falta de recursos, falta de motivación y falta de formación de los profesores) a los que se han añadido otros obstáculos señalados en algunas investigaciones (Czerniak [et al.] 1999; European Commission, 2006) y considerados relevantes para esta finalidad concreta de aplicación de las TIC (escasez de software, necesidad de tiempo para aprender, buscar y planificar actividades, falta de modelos y falta de percepción de beneficios pedagógicos). Por último, el ítem 17 pretende averiguar el grado de conocimiento de los profesores del software educativo disponible para trabajo experimental.

### **3.2.4. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

Más arriba se han señalado las cautelas que se han seguido en el diseño del cuestionario para reducir los riesgos de invalidez del cuestionario (relevancia y categorización de los ítems de acuerdo con la literatura especializada, inclusión de indicadores para cada una de las variables, indicación del criterio para la asignación de puntuaciones). Pero, para garantizar la pertinencia de las inferencias que pudieran establecerse tras el análisis de los datos del estudio, es necesario asegurar la *validez* y *fiabilidad* del instrumento de medida.

- La *validez*, entendida como el grado en que un test mide lo que pretende medir (García Hoz, 1989; Bisquerra, 2000), puede estar referida a la validez de contenido, la validez de criterio o la validez de constructo, según las normas de la American Psychological Association (Buendía [et al.], 1999). El estudio llevado a cabo es descriptivo, por lo que el cuestionario recoge un elevado número de variables que no están referidas a un marco teórico concreto, razón

por la cual no se puede constatar la validez de constructo más allá de la asunción de algunas variables determinadas por investigaciones previas. Por otra parte, al no conocerse estudios anteriores que hayan utilizado el mismo tipo de medidas, no es posible establecer correlaciones para contrastar la validez de criterio. Sin embargo sí se puede comprobar la validez de contenido, es decir, el grado en que los ítems son una muestra representativa de todo el contenido a medir, es decir, el grado de relevancia de los ítems. La comprobación de la validez de contenido se ha llevado a cabo mediante la aplicación de una prueba piloto seguida de un cuestionario de validación (Anexo II) a un grupo de diez profesores de Biología de enseñanza secundaria. La prueba tenía, además, otros objetivos: detectar posibles errores, conocer el tiempo necesario para completar el cuestionario y obtener una idea inicial de las respuestas más probables que permitiera la reflexión sobre la necesidad de revisiones en el diseño. El cuestionario de validación iba acompañado de una explicación acerca de la finalidad del estudio y constaba de cinco preguntas, a través de las cuales se pretendía detectar:

- Errores o ambigüedades en la redacción de los ítems
- La relevancia de los ítems en función del objeto de estudio
- La pertinencia de las categorías establecidas para cada ítem
- La capacidad de discriminación de las escalas de valoración
- Cualquier aportación que pudiera contribuir a clarificar las respuestas en función de los objetivos señalados

Las respuestas de los profesores, que únicamente incluían propuestas de cambio o matización en la redacción de algunos enunciados, se han tenido en cuenta para la elaboración del documento definitivo.

- La *fiabilidad* se refiere al grado de consistencia del instrumento de medida, es decir a la constancia para captar la relación entre variables y, por tanto, de los resultados en sucesivas repeticiones (Latorre, Del Rincón y Arnal, 1996; Bisquerra, 2000) y suele expresarse mediante un coeficiente de correlación. En este caso se ha aplicado el método de dos mitades y se ha medido su correlación utilizando el coeficiente de Spearman-Brown, obteniéndose un valor de 0,85, lo que le confiere una alta fiabilidad a la prueba.

### **3.2.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población objeto del estudio la componen los profesores de Biología que imparten docencia en centros públicos de enseñanza secundaria en la Comunidad de Madrid durante el curso 2006/07. El número total de profesores que constituyen este colectivo, según los datos de la Consejería de Educación, es 1.324, distribuidos por las diferentes Direcciones de Área Territorial de la siguiente manera:

- D.A.T. Madrid-Norte: 110
- D.A.T. Madrid- Sur: 419
- D.A.T. Madrid- Este: 235
- D.A.T. Madrid- Oeste: 154
- D.A.T. Madrid-Centro: 406

El tipo de muestreo utilizado ha sido casual, por facilidad de acceso a partir de itinerarios preestablecidos, y por cuotas, referidas a las cinco Direcciones de Área Territorial de la Comunidad de Madrid. A pesar de tratarse de un procedimiento no probabilístico, se ha considerado que la homogeneidad de la población (respecto al

nivel de formación, disciplina, nivel de enseñanza, objetivos educativos, currículum oficial, acceso a programas de formación, etc.) minimiza las limitaciones que pudieran derivarse de la posible presencia de sesgo en la muestra. Por otro lado se ha tenido en cuenta la desigual distribución del profesorado en las diferentes Direcciones de Área Territorial y las posibles diferencias en los contextos educativos de cada una de ellas, razón por la que se han considerado cinco cuotas procurando que se hallen representados profesores de las cinco zonas administrativas de la Comunidad de Madrid en número proporcional a su distribución en cada una de ellas. Algunos factores que también pueden influir en la disposición del profesorado a la utilización de las TIC, como han puesto de manifiesto algunos estudios previos anteriormente mencionados (disponibilidad de recursos, experiencia docente, formación en TIC) y que no pueden conocerse *a priori*, se incluyen en el cuestionario por si se encuentra alguna correlación que pueda servir de corrección al muestreo no aleatorio.

La muestra la componen 111 profesores de Biología que imparten ESO y Bachillerato, con una experiencia docente media de 18,42 años y un nivel de formación en TIC de 1,72 según la escala de valoración del estudio, donde 0 significa sin conocimientos, 1 nivel básico, 2 nivel medio y 3 nivel avanzado. El nivel de confianza de la muestra es del 95% y el error de estimación del 6%. El porcentaje de profesores encuestados en función de las cuotas consideradas ha sido el siguiente (Tabla 3.2):

	<b>MADRID CENTRO</b>	<b>MADRID NORTE</b>	<b>MADRID ESTE</b>	<b>MADRID SUR</b>	<b>MADRID OESTE</b>
<b>PROFESORES</b>	406 (30%)	110 (8%)	235 (18%)	419 (32%)	154 (12%)
<b>MUESTRA</b>	30 (27%)	14 (13%)	21 (19%)	34 (30%)	12 (11%)

Tabla 3.2: Comparación del número y porcentaje de profesores encuestados por Direcciones Territoriales de Área y su distribución real en cada una de ellas

### **3.3. RESULTADOS**

El análisis de los resultados se ha llevado a cabo con el paquete estadístico SPSS y se ha basado en el estudio de estadísticos descriptivos y en el análisis de correlaciones.

#### **3.3.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO**

El análisis descriptivo pretende ofrecer una visión sintética de los datos obtenidos que facilite la interpretación de los mismos. Estos datos se muestran agrupados en los dominios del estudio.

##### **I- RECURSOS DEL CENTRO**

Los ítems de este dominio están referidos a la disponibilidad de los recursos y no a la existencia o no de los mismos en el centro. Con ello se pretende que las respuestas reflejen la situación real del profesor respecto a los medios de que dispone para su trabajo diario, ya que, como se ha comentado anteriormente, la medida habitual de la ratio de alumnos por ordenador no asegura que estos medios estén siempre accesibles para los profesores de todas las materias y para todos los grupos que atienden. Las preguntas referidas a los recursos del centro consideran cuatro categorías: no hay acceso a los recursos, hay disponibilidad para menos del 50% de los grupos a los que atiende el profesor; hay disponibilidad para más del 50% de los grupos; hay disponibilidad total. Los resultados pueden verse en el siguiente gráfico (Fig. 3.1):

## DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS DEL CENTRO

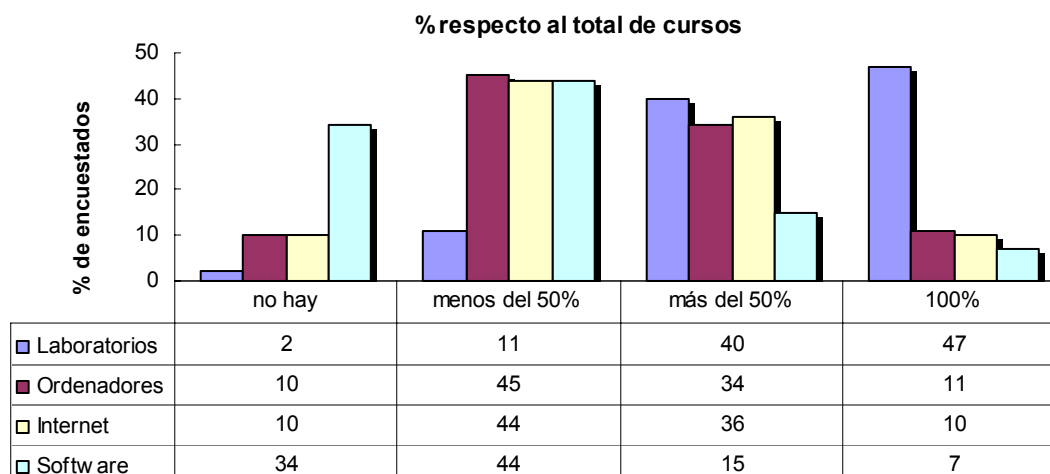


Fig. 3.1: Acceso a los recursos del Centro

### 1) Disponibilidad de laboratorios

El ítem “Disponibilidad de laboratorios” revela que, a pesar de que todos los centros públicos de enseñanza secundaria cuentan con, al menos, un laboratorio para Biología y Geología, solamente cuentan con disponibilidad de utilización para todos los cursos el 47% de los profesores de la muestra, aunque otro 40% tiene disponibilidad para más de la mitad de los cursos que imparte.

### 2) Disponibilidad de ordenadores

Mayores dificultades se observan en lo que se refiere a la disponibilidad de medios informáticos. Solamente un 11% de los profesores tienen acceso a ordenadores o aulas de informática para todos los cursos a los que atienden y un 10% no tienen disponibilidad de ordenadores para ninguno de sus grupos. El resto carecen de posibilidad de acceso a estos recursos con algunos de sus cursos.

### 3) Acceso a Internet

La posibilidad de acceso a Internet está ligada, lógicamente, al acceso a los ordenadores, por lo que, aunque los centros dispongan de conexión a Internet, los

datos de posibilidad de acceso para los alumnos manifestados por los profesores son prácticamente coincidentes con los anteriores

#### 4) Disponibilidad de software

La disponibilidad de software educativo especialmente diseñado para trabajar los contenidos de la asignatura de Biología es muy escasa, bien debido a la falta de interés de los centros educativos o del profesorado o bien por la escasa oferta existente. Solamente el 7% de los profesores dispone de recursos suficientes para trabajar con todos sus grupos utilizando las TIC mientras que, en el otro extremo, un 38% manifiesta no disponer de ningún recurso informático para trabajar los contenidos de su asignatura.

## II- DATOS PERSONALES

#### 5) Niveles de enseñanza

La muestra está constituida por profesores que imparten docencia en los niveles de ESO y Bachillerato en la proporción que se muestra en la figura 3.2:

**PORCENTAJE DE ENCUESTADOS POR NIVELES DE ENSEÑANZA**

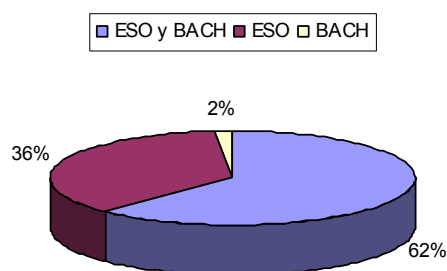


Fig. 3.2: Porcentaje de profesores por niveles que imparten

## 6) Experiencia docente

Para el cálculo de la experiencia docente se consideraron cuatro categorías: menos de diez años; entre once y veinte años; entre veintiuno y treinta años; más de treinta años. La experiencia docente media de la muestra, calculada a partir de las marcas de clase, es de 18,42 años y los porcentajes de cada categoría representados en la muestra se observan en la figura 3.3:

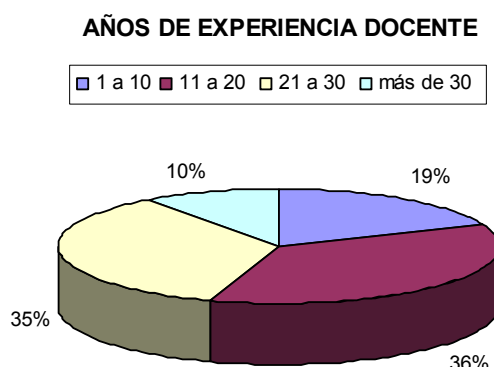


Fig. 3.3: Años de experiencia docente

## 7) Nivel de formación en TIC

Para conocer el nivel de formación de los profesores en el manejo de las TIC se tuvo en cuenta la posibilidad de que los profesores infravaloraran (o sobrevaloraran) sus capacidades. Para reducir al mínimo esta posible desviación en las respuestas se establecieron cuatro categorías, especificando el significado de cada una:

- Sin conocimientos: no usan el ordenador y prácticamente no poseen ningún tipo de conocimiento.
- Nivel básico: utilización de procesador de textos, consulta de páginas web, correo electrónico (enviar y recibir e-mail)

- Nivel medio: utilización de aplicaciones informáticas de carácter general y específico (presentaciones, hojas de cálculo, tutoriales, ..); Internet para la comunicación (administrar el correo electrónico, foros, chats, listas de distribución..), captura de información y aplicaciones desde Internet
- Nivel avanzado: utilización de herramientas para el diseño de contenidos multimedia (diseño de páginas web, tratamiento de imágenes, programación de actividades interactivas..); experiencia en e-learning

El nivel medio de formación en TIC, según la escala de valoración del estudio, es de 1,72, donde 0 significa sin conocimientos, 1 nivel básico, 2 nivel medio y 3 nivel avanzado (Fig. 3.4).

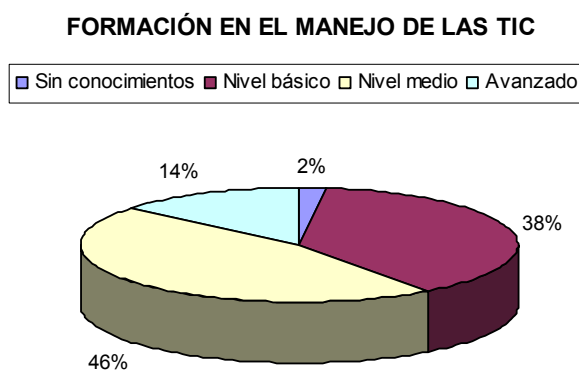


Fig. 3.4: Nivel de formación en el manejo de las TIC

### III- UTILIZACIÓN DEL LABORATORIO DE BIOLOGÍA

Los ítems de este dominio están orientados a conocer la actitud del profesorado ante las destrezas experimentales y la forma en que las integra en su práctica docente.

## 8) Opinión respecto al trabajo experimental

Respecto a la opinión acerca de la importancia de las destrezas y procedimientos que se trabajan en el laboratorio, un 92% de la muestra considera que son fundamentales para el aprendizaje de la Biología en la enseñanza secundaria, mientras que un 8% opinan que no (Fig. 3.5).

### OPINIÓN DE LOS ENCUESTADOS SOBRE DESTREZAS Y PROCEDIMIENTOS EN EL APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA

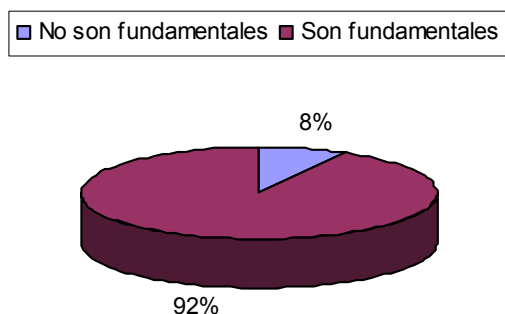


Fig. 3.5: Opinión respecto a la importancia de los procedimientos en el aprendizaje de la Biología

## 9) Frecuencia de uso del laboratorio

Contrastando con la contundencia del dato anterior, se observa sin embargo que son pocos los profesores que utilizan el laboratorio de forma sistemática con sus alumnos. Llama la atención, además, que la frecuencia de utilización en la ESO es sensiblemente mayor que en bachillerato. Mientras que en la ESO un 48% de los profesores acude semanal o quincenalmente (agrupados para este resumen en la categoría "más de una vez al mes") al laboratorio con sus alumnos, en bachillerato este porcentaje se reduce al 21%. Los profesores que no utilizan nunca el laboratorio con sus alumnos suponen un 2% en la ESO frente a un 19% en bachillerato. (Fig. 3.6)

### FRECUENCIA DE USO DEL LABORATORIO

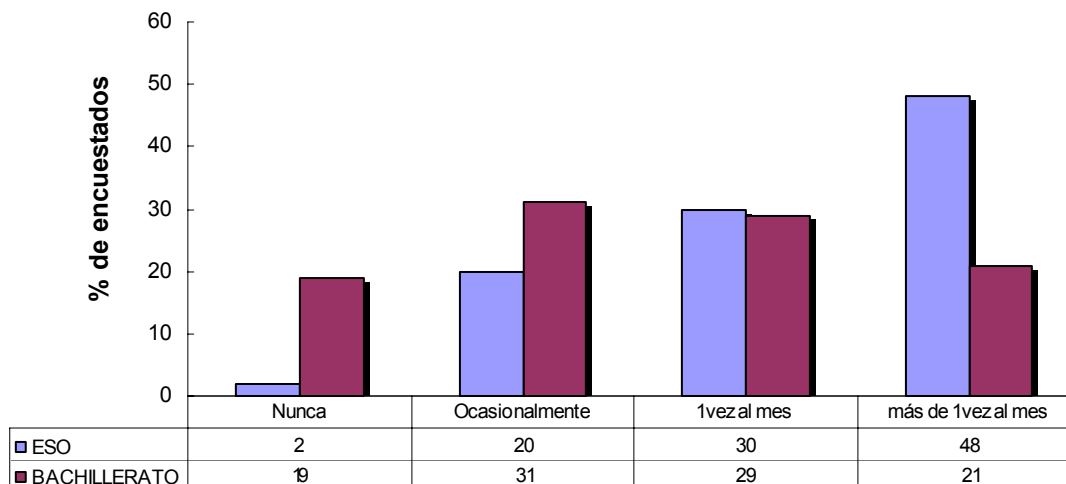


Fig. 3.6: Utilización del laboratorio por los grupos de ESO y bachillerato

#### 10) Destrezas experimentales que se trabajan en el laboratorio

Las destrezas que los profesores trabajan habitualmente con sus alumnos en las actividades prácticas se han agrupado en cuatro categorías:

- Destrezas técnicas o manipulativas (manejo de instrumentos, aparatos o reactivos, realización de montajes..)
- Destrezas básicas (observación, clasificación, descripción, medición, tabulación y representación de datos...)
- Destrezas de investigación (identificación de problemas, emisión de hipótesis, control de variables, análisis e interpretación de datos..)
- Destrezas de comunicación (representación simbólica, análisis de diversas fuentes e identificación de ideas, elaboración de informes de laboratorio..)

El cuestionario recoge la frecuencia con que los profesores trabajan las destrezas o procedimientos incluidos en cada una de estas categorías con respecto al total de actividades prácticas que realizan con sus alumnos. Se han establecido cinco niveles

de frecuencia: nunca; menos del 25% de las actividades; entre 25% y 50% de las actividades; entre el 50 y el 75% de las actividades; más del 75% de las actividades (Fig. 3.7).

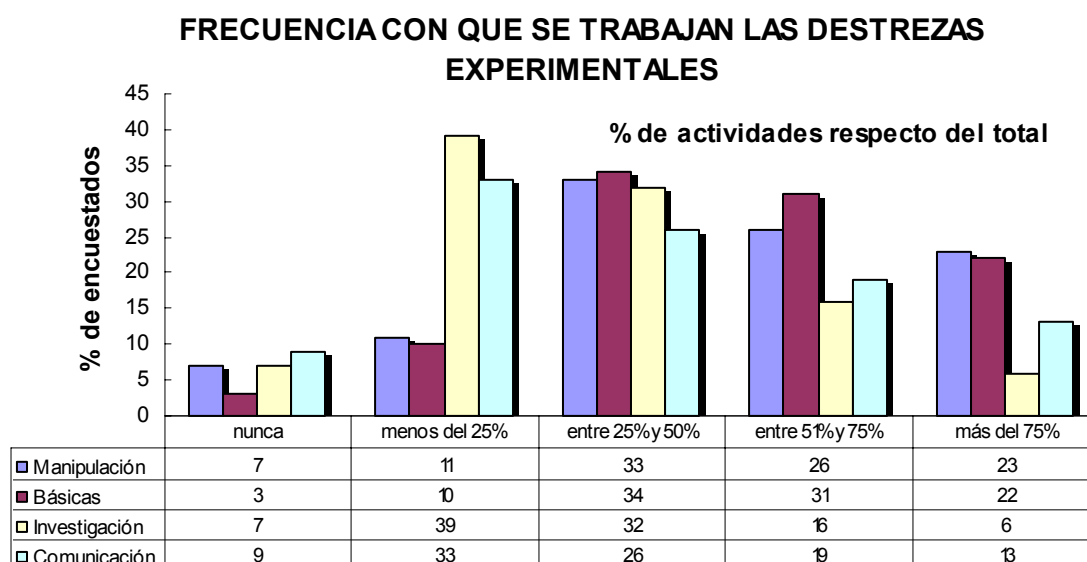


Fig. 3.7: Frecuencia con que se trabajan las destreza experimentales en las prácticas de Biología

Los resultados ponen de manifiesto una correspondencia en la frecuencia con que se trabajan las destrezas básicas y manipulativas, las cuales consignan las frecuencias más altas: el 53% de los encuestados dedican más del 50% de las actividades prácticas al desarrollo de destrezas básicas y un resultado muy próximo, el 49% de los profesores, a las destrezas manipulativas. Sin embargo las destrezas de comunicación e investigación obtienen frecuencias más bajas, figurando en menos del 25 % de las actividades para un 42% de los profesores en el primer caso y un 46% en el segundo.

### 11) Obstáculos para la realización de prácticas de laboratorio

Por último, los aspectos que dificultan la realización del trabajo experimental, y que pueden contribuir a explicar las discrepancias encontradas entre los ítems 8 y 9

(importancia concedida al trabajo práctico y frecuencia de uso del laboratorio), quedan recogidos en la Fig. 3.8:

### IMPORTANCIA DE LOS OBSTÁCULOS PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

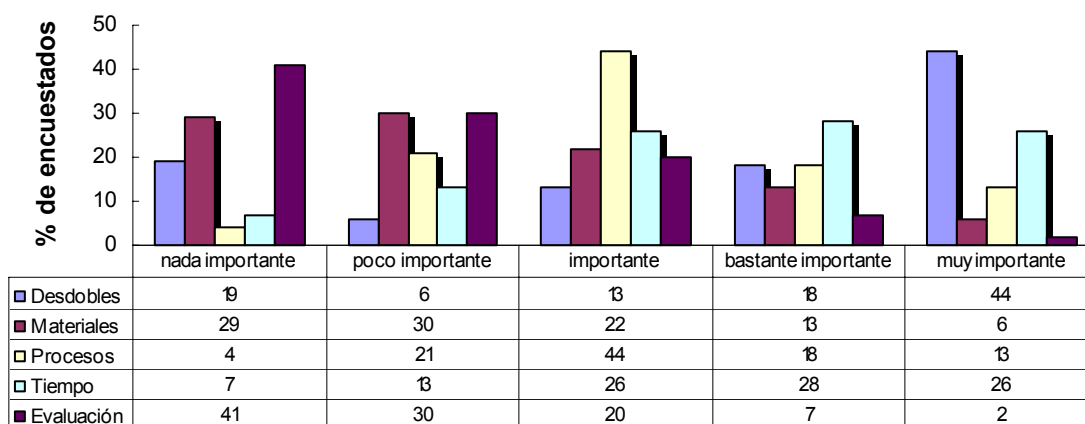


Fig. 3.8: Importancia concedida a diferentes obstáculos para la realización de prácticas de laboratorio

El cuestionario contempla cinco posibles obstáculos para el trabajo en el laboratorio que los profesores valoraron mediante una escala de tipo Likert. Aunque contempla la posibilidad de incluir otros, las escasas anotaciones recogidas han consistido en reformulaciones de los mismos obstáculos, por lo que se han incluido en el que se ha considerado equivalente:

- Falta de desdobles
- Dependencia de material perecedero y/o difícil de encontrar en un entorno urbano
- Imposibilidad para reproducir ciertos procesos biológicos en el laboratorio
- Falta de tiempo y dificultad para la organización del currículum
- Dificultad para evaluar las prácticas
- Otros (indicar)

Considerando las categorías “bastante importante” y “muy importante”, el obstáculo que destaca para la realización de prácticas de laboratorio es la existencia de profesores de desdoble (57%), en segundo lugar la falta de tiempo (54%), en tercer lugar la dificultad intrínseca de ciertos procesos biológicos (31%), en cuarto lugar la disponibilidad de material (19%) y por último la evaluación, que sólo constituye un obstáculo para el 9% de los profesores. Sin embargo si ampliamos el rango incluyendo la categoría “importante”, este orden cambia, pasando a ser la falta de tiempo el obstáculo más importante (80%) seguido de la falta de desdobles y la dificultad de reproducir ciertos procesos biológicos (75% en ambos casos). La disponibilidad de material (41%) y, sobre todo, la dificultad de evaluación (19%) son los obstáculos a los que se concede menos importancia. Parece claro, por tanto, que los tres primeros, jerarquizados de una forma u otra, constituyen factores limitantes para un porcentaje elevado de profesores.

#### IV- UTILIZACIÓN DE LAS TIC PARA EL APRENDIZAJE DE PROCEDIMIENTOS DE BIOLOGÍA

En este dominio se pretende conocer la forma en que el profesorado de Biología está integrando las TIC en la práctica docente y, más concretamente, en qué medida esta integración se está llevando a cabo en el ámbito del trabajo práctico.

##### **12) Opinión respecto a la utilización de las TIC en el trabajo experimental**

La opinión del profesorado respecto a la medida en que las TIC contribuyen al aprendizaje de destrezas y procedimientos de Biología es positiva en un 86% de los casos, que las consideran útiles para esta finalidad, aunque un 12% manifiesta no tener referencias para valorarlo. (Fig. 3.9)

**OPINIÓN DE LOS ENCUESTADOS SOBRE LA UTILIDAD DE LAS TIC EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL**

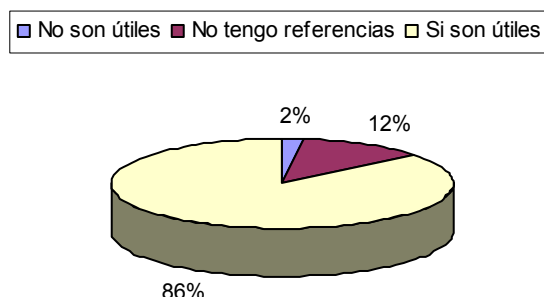


Fig. 3.9: Opinión de los profesores respecto la contribución de las TIC en el aprendizaje de procedimientos

**13) Frecuencia de uso de las TIC**

La frecuencia de utilización de las TIC en el aula es muy baja, siendo el uso ocasional el más frecuente. La utilización sistemática de las TIC (más de una vez al mes) en el aula, contrariamente a lo que ocurre con el trabajo en el laboratorio, es algo mayor en bachillerato (26%) que en la ESO (16%). Algo más de un 15% no las utilizan nunca (Fig. 3.10)

**FRECUENCIA DE USO DE LAS TIC**

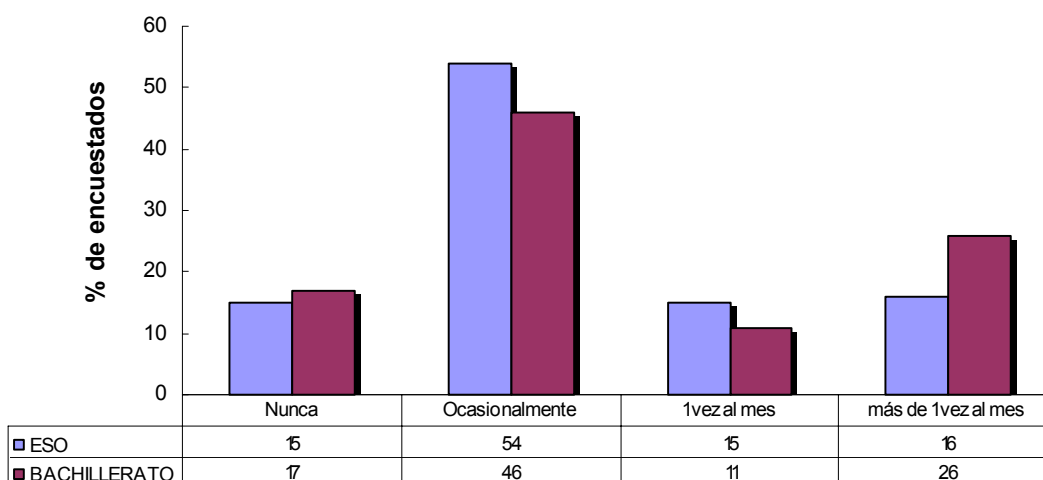


Fig. 3.10: Frecuencia de utilización de las TIC con los alumnos

#### **14) Finalidad del uso de las TIC en el aula**

En el cuestionario se establecen cinco categorías para el uso de las TIC en el aula:

- Como herramienta para apoyo de las explicaciones (presentaciones, apuntes, páginas web, pizarra digital, etc.)
- Para la búsqueda de información o para la realización de ejercicios de ampliación/refuerzo de la teoría (consulta en páginas web, bases de datos, enciclopedias y software específico, tutoriales, cuestionarios de autoevaluación, etc.)
- Para la elaboración de trabajos (trabajos de documentación; webquest; elaboración de presentaciones; informes de actividades extraescolares, etc.)
- Como medio de comunicación o aprendizaje colaborativo (foros, listas de distribución, chats, wikis, blogs, proyectos de aula, etc.)
- Para la realización de prácticas de laboratorio y desarrollo de destrezas propias del trabajo experimental (laboratorio asistido por ordenador; laboratorio virtual; bases de datos, etc.)

Los niveles de frecuencia se han establecido en relación al total de actividades en las que se utilizan las TIC: nunca; en menos del 25% de actividades; entre el 25% y el 50%; entre el 50% y el 75%; más del 75%.

Los resultados muestran que la finalidad con que se utilizan preferentemente las TIC (en más del 50% del total de actividades) es para la realización de trabajos (un 52% de los encuestados), para búsqueda de información (31%) y como apoyo a las explicaciones (29%). Sin embargo, un 64% de los encuestados nunca utilizan las TIC como medio de comunicación o aprendizaje colaborativo y un 70% nunca utilizan las TIC como apoyo para las prácticas de laboratorio. (Fig. 3.11)

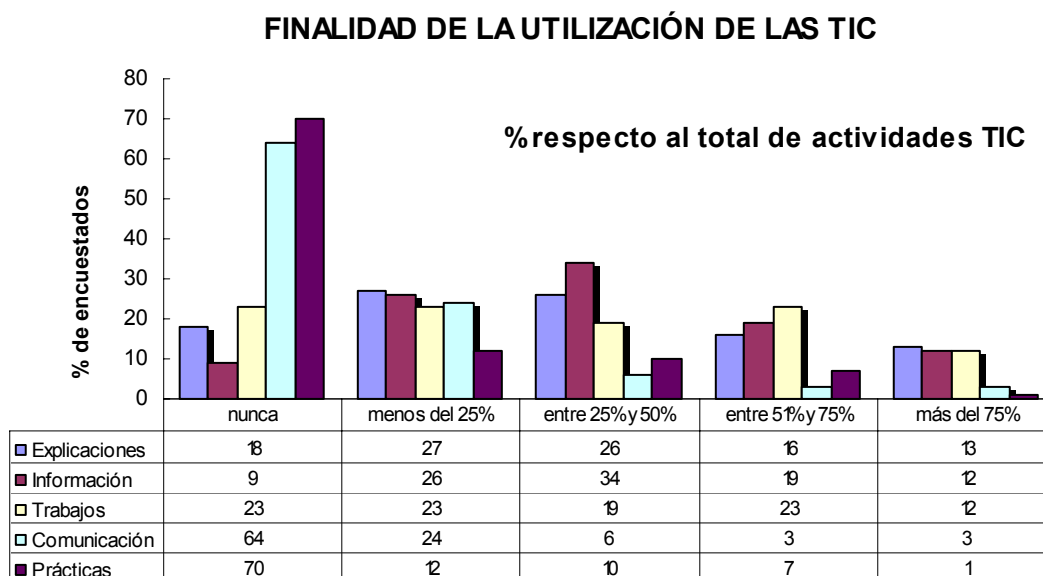


Fig. 3.11: Finalidad con que los profesores utilizan las TIC con respecto al total de actividades

### 15) Destrezas experimentales que se trabajan con las TIC

En este ítem se muestra la frecuencia con que se aplican las TIC al desarrollo de diferentes destrezas del trabajo práctico. Las categorías en que se agruparon estas destrezas se corresponden con las del ítem 10, añadiendo, entre las destrezas manipulativas, aquellas relacionadas con el manejo de programas informáticos:

- Destrezas técnicas o manipulativas (manejo de instrumentos o aparatos, realización de montajes, manejo de programas informáticos como hojas de cálculo, bases de datos, etc.)
- Destrezas básicas (observación, clasificación, descripción, medición, tabulación y representación de datos...)
- Destrezas de investigación (identificación de problemas, emisión de hipótesis, control de variables, análisis e interpretación de datos..)
- Destrezas de comunicación (representación simbólica, análisis de diversas fuentes e identificación de ideas, elaboración de informes de laboratorio..)

Las respuestas reflejadas por el 30% de los profesores que manifestaron en el ítem anterior utilizar las TIC en alguna ocasión para la realización de prácticas muestran una gran variabilidad, algo comprensible puesto que, a menudo, la finalidad de las actividades no es única. Como dato significativo, todos los profesores que utilizan las TIC en el trabajo experimental lo hacen para desarrollar destrezas básicas en un porcentaje variable de actividades, mientras que la mayoría de los profesores incluyen los procedimientos de investigación en un número muy reducido de actividades o no los incluyen. (Fig. 3.12)

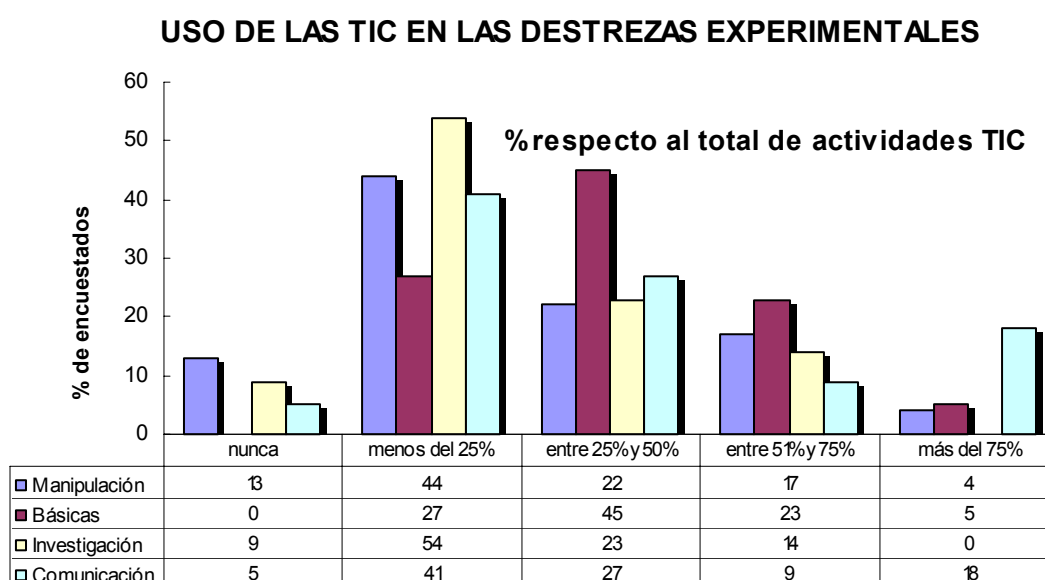


Fig. 3.12: Frecuencia con que se trabajan las destrezas experimentales en las actividades prácticas realizadas con TIC

### 16) Obstáculos para la incorporación de las TIC al trabajo práctico

Los posibles obstáculos que encuentran los profesores para la incorporación de las TIC se agruparon en seis categorías:

- Escasez de recursos
- Falta de software específico en español
- Falta de formación técnica en el manejo de las TIC

- Falta de modelos o ejemplos de integración curricular en esta disciplina (formación pedagógica)
- Falta de tiempo y dificultad para la organización del currículum
- No están claros los beneficios pedagógicos

Los resultados apuntan a la falta de tiempo y de acceso a los recursos como los factores más limitantes. La falta de tiempo es un obstáculo “bastante importante” o “muy importante” para un 73% de los encuestados y la falta de acceso a los recursos lo es para un 65%. Para estas mismas categorías (“bastante importante” y “muy importante”), la falta de software (53%) y de formación técnica (51%) y pedagógica (51%) consignan valores muy similares entre sí. Sin embargo, la falta de beneficios pedagógicos en relación a la utilización de estas herramientas para el trabajo práctico no se considera un obstáculo importante (13% para las dos categorías analizadas), lo que está en consonancia con la valoración positiva del uso de las TIC reflejada en el ítem 12 (Fig. 3.13).

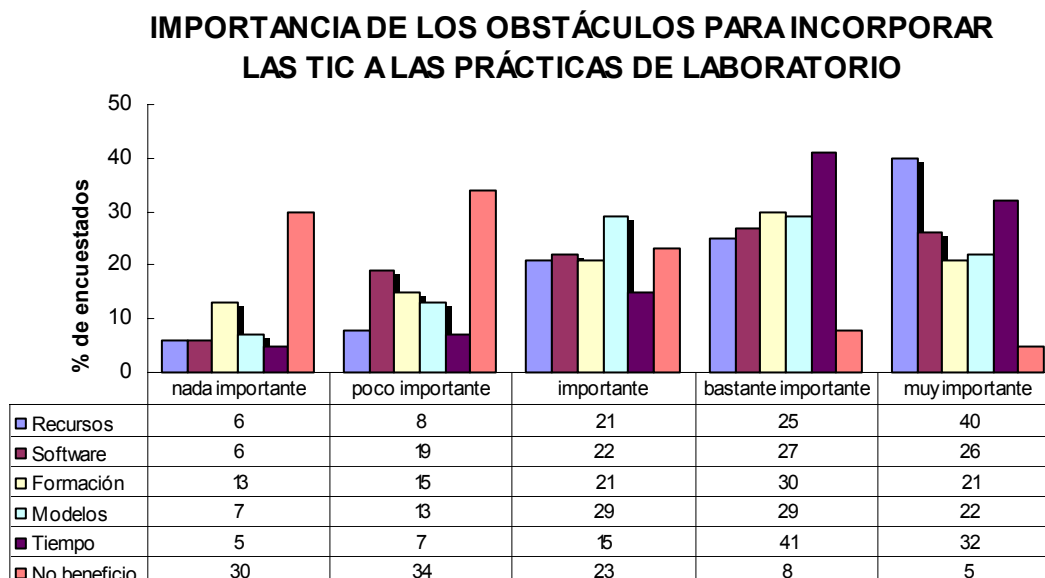


Fig. 3.13: Importancia de los obstáculos encontrados para la utilización de las TIC

## 17) Conocimiento de recursos TIC para el trabajo experimental

Finalmente, el grado de conocimiento que manifiestan tener los profesores respecto al software disponible para llevar a cabo trabajo experimental en Biología se analiza en referencia a tres tipos de software:

- . Software general (bases de datos, hojas de cálculo, presentaciones, etc.)
- . Laboratorio virtual (basado en la simulación de actividades de laboratorio)
- . Laboratorio asistido por ordenador (mediante sensores conectados a un ordenador)

Las categorías establecidas para la valoración del nivel de conocimiento de los profesores acerca de este tipo de software para trabajar destrezas experimentales en los diferentes temas de la disciplina han sido:

- No tengo conocimiento para ninguna parte del temario
- Conocimiento escaso, para trabajar hasta un 25% del temario
- Conozco recursos suficientes para trabajar en hasta el 50% del temario
- Conozco recursos suficientes para trabajar, entre el 50% y el 75% de los temas de la disciplina
- Conozco recursos suficientes para trabajar cualquier tema de la disciplina (más del 75% del temario)

Los resultados muestran que el grado de conocimiento de estos recursos por parte del profesorado es muy escaso. En concreto, en el caso de los laboratorios virtuales, un 83% de los profesores manifiesta no tener ningún conocimiento o conocer algún ejemplo aislado. (Fig. 3.14)

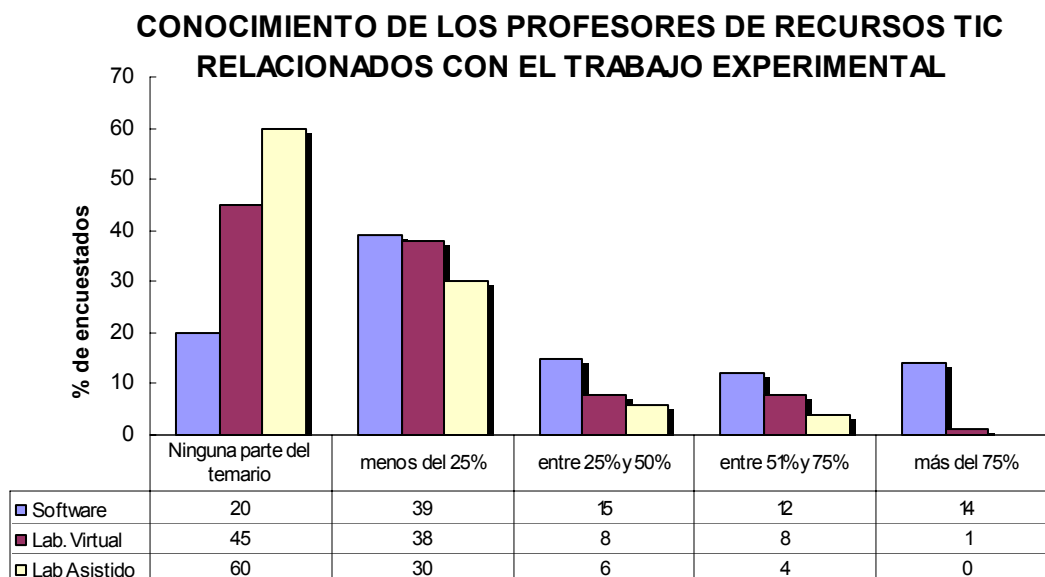


Fig. 3.14: Conocimiento de los profesores de software específico para trabajar destrezas experimentales

### 3.3.2. ANÁLISIS DE CORRELACIONES

#### 1- Relación entre los obstáculos percibidos por los profesores para la realización de trabajo experimental y la frecuencia de utilización del laboratorio

Al analizar la relación existente entre los obstáculos percibidos por los profesores para la realización de prácticas y la forma en que efectivamente éstos influyen en la frecuencia de utilización del laboratorio, encontramos que ninguno de los obstáculos analizados permite explicar por sí solo la baja tasa de utilización del laboratorio, toda vez que no se ha encontrado correlación entre éstos y la frecuencia de realización de actividades prácticas. Los valores más altos del coeficiente de correlación de Pearson respecto a la frecuencia de utilización del laboratorio y los obstáculos percibidos por los profesores corresponden a la falta de desdoblamiento y a la falta de tiempo para

desarrollar el currículo, aunque en ningún caso son valores significativos ( $r = 0,27$  y  $r = 0,25$  respectivamente). El resto de los obstáculos señalados por los profesores en la encuesta (falta de material, dificultad para reproducir algunos procesos, dificultad para evaluar las prácticas) parecen no actuar como condicionantes en la práctica real. Cuando se ha buscado la correlación entre la frecuencia de utilización al laboratorio y la disponibilidad de acceso a los laboratorios, los valores son algo mayores que para el resto de los obstáculos ( $r = 0,35$ ), pero tampoco explican la situación. Una posible causa de la débil correlación de todos los factores analizados es que muchos profesores, aún considerando los factores mencionados como obstáculos importantes, consiguen superar u obviar ciertas dificultades llevando a cabo actividades prácticas con una frecuencia por encima de lo que cabría esperar en función de los datos del ítem 11 (obstáculos percibidos por los profesores).

## **2- Relación entre la formación en TIC, el acceso a los recursos y la disponibilidad de software y la frecuencia de utilización de las TIC en el aula**

La búsqueda de correlación entre los obstáculos mencionados repetidamente por la investigación didáctica y la frecuencia de utilización de las TIC en el aula tampoco ha arrojado resultados concluyentes. La correlación más alta, siendo moderada, se ha encontrado entre la utilización de las TIC y la falta de software específico, con valores de  $r = 0,49$  en la ESO y  $r = 0,42$  en bachillerato. Valores algo menores se obtienen analizando la correlación entre la utilización de las TIC y la posibilidad de acceso a los ordenadores:  $r = 0,42$  en la ESO y  $r = 0,35$  en bachillerato. Respecto a la importancia de la formación del profesorado como obstáculo los valores son de  $r = 0,35$  tanto para la ESO como para el bachillerato. No parece por tanto que haya un factor determinante, de entre los analizados, que explique la baja frecuencia de integración docente de las TIC.

### **3- Relación entre la actitud, la formación en TIC, la disponibilidad de software y el acceso a los recursos y la frecuencia de utilización de las TIC para el trabajo experimental**

Analizando la frecuencia de utilización de las TIC para la realización de trabajo experimental no se ha encontrado correlación con la actitud de los profesores, ni con el acceso a los recursos informáticos, ni con el nivel de formación del profesorado. Sí se mantiene, sin embargo, una correlación moderada con respecto a la disponibilidad de software específico, con el mismo resultado que el obtenido en relación a la utilización de las TIC en el aula con carácter general,  $r = 0,49$ . El porcentaje de profesores que utiliza las TIC para el trabajo experimental con los alumnos es muy inferior al de aquellos que manifiestan utilizarlas en el aula, sin que se haya encontrado en este estudio ninguna variable que explique por sí sola esta circunstancia dada la ausencia de correlaciones con la mayoría de las variables analizadas. El hecho, sin embargo, de que se mantenga un moderado coeficiente de correlación con la falta de software específico puede hacer pensar que parte de los profesores que utilizan las TIC en el aula con otros fines, no las aplican al trabajo experimental debido a esta carencia.

### **4- Relación entre los obstáculos percibidos por los profesores y la frecuencia de utilización las TIC para el trabajo experimental**

La búsqueda de correlación entre los obstáculos que señalan los profesores para la utilización de las TIC en el trabajo experimental y la frecuencia con la que las utilizan con esta finalidad tampoco ha devuelto resultados que expliquen el bajo nivel de aplicación de las TIC en estas actividades. El coeficiente de correlación de Pearson oscila entre  $r = -0,11$  como valor máximo encontrado, correspondiente a la correlación del uso de las TIC con la percepción de falta de beneficios pedagógicos para los alumnos, y  $r = -0,009$  como valor mínimo correspondiente a la correlación del uso de

las TIC y la dificultad de acceso a los recursos. Esto parece indicar que la percepción de los obstáculos por parte de los profesores no se corresponde con las limitaciones reales que encuentran para estas aplicaciones, probablemente porque ninguno de estos factores considerados aisladamente explica la realidad docente en relación a la integración de las TIC en el aula.

#### **5- Relación entre la percepción que tiene el profesorado de la formación como obstáculo para la integración de las TIC y su nivel real de formación técnica**

Llama la atención que, a pesar de que el nivel de formación en TIC manifestado por los profesores está muy próximo al nivel medio, considerado suficiente para utilizar numerosas aplicaciones de las TIC, son muchos los profesores que señalan el nivel de formación como un obstáculo de gran importancia para la utilización de estas herramientas en el aula (un 51% lo considera un obstáculo importante o muy importante). Analizando la correlación entre la percepción que tiene el profesorado de la formación como obstáculo para la integración de las TIC y su nivel real de formación técnica, el resultado es  $r = -0,31$ . Esta correlación tan débil puede reflejar bien una aceptación del profesorado de las conclusiones de numerosos estudios que pretenden explicar el bajo nivel de integración de las TIC en la actividad docente por la falta de formación de los profesores o bien que, aunque el nivel de formación técnico no es tan bajo como para que suponga una limitación muy importante, probablemente lo que reflejan las respuestas del cuestionario es una inseguridad en la aplicación docente de las TIC, es decir, una falta de formación pedagógica.

### 6- Comparación de las destrezas que se trabajan en las actividades prácticas en el laboratorio presencial y utilizando las TIC.

La comparación entre las destrezas o procedimientos que se trabajan en el laboratorio y las que se trabajan cuando se utilizan las TIC para realizar actividades prácticas muestra una alta correspondencia, aunque hay que tener en cuenta que el grupo representado en la segunda serie (con TIC) es menor, ya que corresponde a los profesores que utilizan las TIC en las actividades prácticas (un 30% de la muestra). El gráfico, obtenido a partir de la frecuencia media con que se trabajan las destrezas analizadas, permite comprobar que la importancia relativa que otorgan los profesores a los diferentes tipos de destrezas es similar en ambos contextos. Las mayores diferencias se manifiestan en las destrezas manipulativas y van disminuyendo progresivamente cuando se comparan las destrezas básicas y de investigación, llegando a ser coincidente en ambas series la frecuencia de aplicación de las actividades para tratar destrezas de comunicación. (Fig. 3.15)

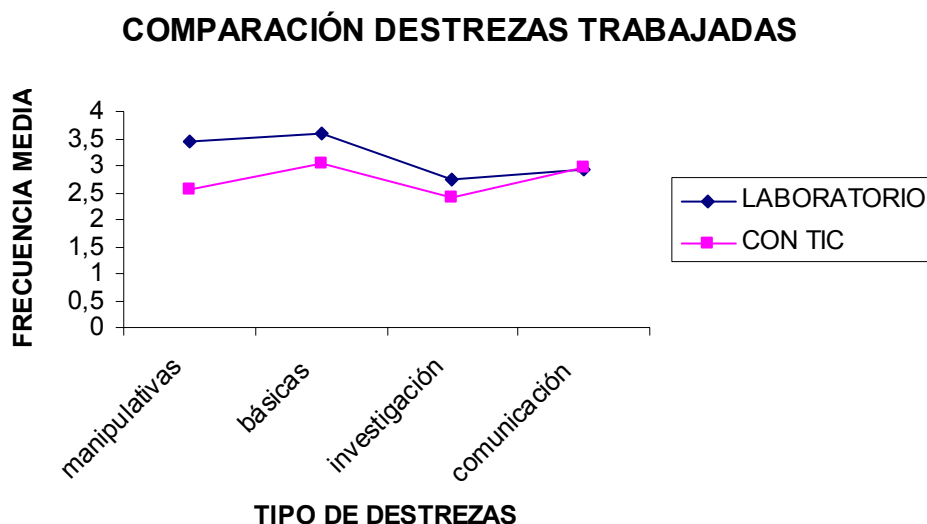


Fig. 3.15: Comparación de las destrezas que se trabajan en el laboratorio presencial con las que se trabajan utilizando las TIC para el aprendizaje de procedimientos

### 3.4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del análisis del contexto merecen algunas reflexiones en relación con los objetivos de la investigación:

- ***Conocer la importancia que conceden los profesores de Biología al trabajo experimental dentro de su práctica docente***

En el capítulo 1 se expusieron algunas de las controversias que se han puesto de manifiesto desde la investigación educativa en relación a la realización de actividades prácticas con los alumnos de enseñanza secundaria. Diferentes concepciones de la ciencia, diferentes opiniones en cuanto a características y objetivos que debe cubrir el trabajo práctico, diferentes categorizaciones de estas actividades, diferentes enfoques metodológicos y diferentes planteamientos de evaluación de las actividades son algunos de los focos del debate. En este estudio se ha obtenido un dato incontestable que bien podría incorporarse a la polémica: con unos u otros objetivos o enfoques metodológicos, el 92% del profesorado encuestado afirma que el desarrollo de destrezas y procedimientos propios del trabajo experimental es fundamental para el aprendizaje de la Biología. Cabe, pues, preguntarse por la razón por la que la frecuencia de utilización del laboratorio no es tan alta como cabría esperar.

- ***Precisar las destrezas que se trabajan en el laboratorio con más frecuencia***

Probablemente un estudio en profundidad entre el profesorado de Biología de la Comunidad de Madrid haría aflorar algunas de las diferencias de opinión mencionadas en el capítulo 1, y puede que otras, en torno al

objetivo de las actividades prácticas. Con una pretensión más modesta, los datos obtenidos a partir del cuestionario muestran la frecuencia con que se trabajan diferentes destrezas en el laboratorio, lo que, de alguna manera, es reflejo de la importancia relativa que se concede a cada una de ellas. Los datos revelan que las destrezas técnicas y manipulativas así como las destrezas básicas de investigación son las que mayor atención merecen por parte de los profesores de Biología, quedando las destrezas de investigación y de comunicación relegadas a un segundo plano, lo que parece indicar, coincidiendo con los planteamientos de algunos autores (Caballer y Oñorbe, 1997; Sanmartí [et al.], 2003; De Pro, 2006) que los profesores se decantan más por las experiencias diseñadas para el desarrollo de procedimientos concretos que por la realización de investigaciones completas que impliquen resolución de problemas abiertos y que involucren la aplicación de destrezas múltiples.

- ***Identificar dificultades en la realización del trabajo práctico con los alumnos en el laboratorio presencial***

La falta de profesores de desdoble y la falta de tiempo destacan en el estudio como los obstáculos más importantes para la realización de actividades experimentales, como ya apuntaron Niedo (1994) o Cano y Cañal (2006). Ya se ha mencionado que la existencia o no de profesores de desdoble en cada centro es discrecional y puede variar en cada curso escolar, dificultando la programación y seguimiento de estas actividades. Por otra parte, en los datos referentes a la frecuencia de utilización del laboratorio se observa un significativo descenso en el bachillerato, nivel en que un 50% de los profesores no lo utilizan nunca o lo hacen ocasionalmente. La extensión de los temarios, argumento aducido

repetidamente en relación a la falta de tiempo para realizar actividades prácticas y que se incrementa considerablemente en estos cursos, así como la presión de la prueba de acceso a la universidad, de orientación claramente conceptual, están seguramente detrás del abandono de las actividades prácticas en este nivel.

Otro obstáculo, que se señala como importante por parte de un elevado porcentaje de profesores encuestados, es la dificultad para reproducir ciertos procesos biológicos en el laboratorio y la complejidad intrínseca de algunas prácticas. Esto hace que algunos contenidos de Biología queden excluidos de las actividades de laboratorio, produciéndose una programación discontinua de las mismas.

La falta de recursos, obstáculo señalado frecuentemente como fundamental, puede serlo para el porcentaje de profesores que no tienen acceso libre a los laboratorios para todos sus cursos, aunque solamente un 13% carecen de acceso para más de la mitad de sus cursos. También en relación a los recursos, las dificultades derivadas de la necesidad de material perecedero o difícil de encontrar, tienen menor importancia que otros obstáculos.

Aunque el estudio permitía la posibilidad de incluir algún aspecto no contemplado en el cuestionario, los encuestados no han mencionado ninguno. Sin embargo, probablemente existan más razones, apuntadas por la investigación didáctica, en relación con la propia concepción del trabajo práctico por parte del profesorado, inercias de ciertos hábitos de trabajo, la actitud del alumnado o la falta de tiempo para el replanteamiento de la propia actividad docente, que probablemente merecerían una atención más detenida. La débil correlación encontrada entre los obstáculos manifestados

por los profesores y la frecuencia de utilización del laboratorio parece indicar que la baja tasa de realización de actividades prácticas responde a una combinación de algunos de los factores analizados y, probablemente, a la existencia de algunos otros que no aparecen reflejados en el estudio.

- **Conocer el nivel de formación del profesorado en el manejo de las TIC**

El nivel de formación técnica del profesorado está próximo al nivel considerado medio por esta investigación, lo que indica que los profesores están capacitados para la utilización del procesador de textos, la consulta de páginas web, el manejo del correo electrónico (enviar y recibir e-mail), pero también que muchos de ellos son capaces de utilizar aplicaciones informáticas de carácter general y específico (presentaciones, hojas de cálculo, tutoriales, ..), de utilizar Internet para la comunicación (administrar el correo electrónico, foros, chats, listas de distribución..) o de capturar información y aplicaciones desde Internet.

No se ha encontrado correlación entre el nivel de formación de los profesores y la percepción que éstos tienen de la formación como obstáculo. Los resultados parecen indicar que los profesores perciben la formación como un obstáculo de mayor importancia de la que correspondería en función del nivel de formación declarado, dándose el caso de que profesores con un nivel de formación avanzado señalan como obstáculo “muy importante” la falta de formación en TIC.

- ***Conocer la opinión de los profesores respecto a las utilización de las TIC para realizar actividades experimentales***

La opinión de los profesores respecto a la utilización de las TIC para realizar actividades experimentales es muy favorable. Solamente un 2% niegan su utilidad, aunque un 12% reconoce no tener referencias para valorarlo. Este resultado contradice los datos del estudio de la European Commission (2006) que señalan la falta de motivación del profesorado, en España, como uno de los obstáculos para la integración curricular de las TIC, siendo, sin embargo, coincidente con numerosos estudios, en el ámbito nacional, que muestran un actitud favorable del profesorado hacia las posibilidades didácticas de las TIC (Rodríguez Mondéjar, 2000; ISEI-IVEI, 2004; Canales, 2005; Rodríguez, Abalde y Muñoz, 2007). La discrepancia entre la actitud positiva de los profesores y la baja tasa de utilización de las TIC aplicadas al trabajo experimental merece especial atención.

- ***Determinar el tipo y frecuencia de actividades basadas en la utilización de las TIC que llevan a cabo en el aula los profesores de Biología***

Los resultados muestran, en consonancia con otros estudios (Fernández y Cebreiro, 2002; Gargallo, 2003; Gargallo [et al.], 2004; Pérez, Vilán y Machado 2006; European Commission, 2006) , que la frecuencia de uso de las TIC con los alumnos es muy baja (aproximadamente la mitad del profesorado las utiliza ocasionalmente o no lo hace nunca) y su finalidad está orientada, fundamentalmente, a la motivación, al ámbito conceptual (búsqueda de información y apoyo a las explicaciones) o a la realización de

trabajos, siendo muy pocos los profesores que las utilizan como herramienta para el trabajo experimental.

- ***Precisar cuáles de las destrezas de tipo experimental se trabajan utilizando las TIC***

Los profesores que sí utilizan las TIC para el trabajo experimental, enfocan las actividades para el desarrollo de diferentes habilidades. Es interesante resaltar que existe una correspondencia bastante alta entre la frecuencia con se trabajan los diferentes procedimientos científicos con las TIC y las frecuencias encontradas para el trabajo de estos mismos procedimientos en el laboratorio, con la salvedad, explicable, de que las destrezas manipulativas obtienen frecuencias menores en las actividades mediadas por las TIC que en el trabajo presencial en el laboratorio.

- ***Identificar obstáculos y dificultades para la inclusión de las TIC como herramienta para la realización de actividades experimentales***

La falta de tiempo y de recursos son los obstáculos percibidos como bastante o muy importantes por los profesores encuestados. El tercer lugar lo ocupa la falta de software específico, un obstáculo que no ha merecido una especial atención por los estudios previos en este campo y cuya posición destacada confirma la necesidad de estudios específicos por materias, niveles u objetivos educativos concretos, necesidad apuntada por numerosas investigaciones (Becta, 2004; Area, 2005b; European Commission, 2006). Sin embargo, la falta de formación técnica de los profesores, que de manera recurrente aparece en numerosos estudios como una de las mayores dificultades para la integración de las TIC, no se

confirma como obstáculo fundamental, apareciendo en cuarto lugar junto con la falta de modelos de referencia, es decir, de formación pedagógica. La falta de percepción de beneficios pedagógicos, por último, se apunta como un obstáculo de menor importancia, en consonancia con la opinión favorable manifestada por la aplicación de las TIC al trabajo experimental. Sin embargo no se ha encontrado correlación entre esta percepción positiva por parte de los profesores y la frecuencia de utilización de las TIC para el trabajo experimental.

La correlación entre los obstáculos considerados más limitantes por la investigación didáctica (formación y acceso a los recursos) y la frecuencia de utilización de las TIC en para el trabajo experimental es débil, siendo la más alta la relacionada con la disponibilidad de software.

- ***Explorar el conocimiento que tienen los profesores acerca de los recursos TIC disponibles para la realización de actividades experimentales***

El conocimiento que tienen los profesores de los recursos disponibles para la realización de actividades prácticas con TIC es muy bajo, en especial en lo que se refiere a los relacionados con los laboratorios virtuales y software específico para el laboratorio asistido por ordenador.

Los resultados de este estudio nos dibujan un perfil medio del profesorado de Biología de enseñanza secundaria de la Comunidad Autónoma de Madrid que muestra un elevado interés por los contenidos de tipo procedimental de la disciplina, especialmente por las destrezas básicas y manipulativas, pero que encuentra diversos obstáculos para el desarrollo de las actividades prácticas. La formación en TIC le capacita para la utilización de herramientas informáticas sencillas, aunque la

posibilidad de acceso a estos recursos en sus centros se ve muy limitada. Mayoritariamente manifiesta confianza en las posibilidades didácticas de la aplicación de las TIC al trabajo experimental, pero para su incorporación a la actividad docente aprecia dificultades relacionadas, principalmente, con la falta de tiempo, de acceso a los recursos, de software específico y de formación técnica y pedagógica. Su conocimiento de software específico para abordar contenidos procedimentales de la disciplina es muy precario y las escasas ocasiones en que utiliza las TIC con los alumnos realiza actividades orientadas a tratar contenidos conceptuales. El reducido porcentaje de profesores que utiliza las TIC para el aprendizaje de procedimientos presta atención a las mismas destrezas que se trabajan habitualmente en el laboratorio presencial.

La falta de correlaciones fuertes entre las variables analizadas para evaluar el nivel de integración de las TIC en la realización de actividades prácticas no es sino el reflejo de que nos hallamos ante una situación compleja en la que intervienen numerosos factores. No se puede descartar tampoco cierta incongruencia en las respuestas de los profesores (reflejada en la falta de correlación entre sus percepciones y la situación real en su trabajo o entre lo que piensan y lo que realmente hacen), lo que dificulta enormemente su análisis y hace que los resultados deban tomarse con una cierta cautela. Las entrevistas y análisis en profundidad de contextos educativos concretos podrían contribuir a esclarecer un poco más las dificultades de la incorporación de las TIC al trabajo experimental, así como sus fortalezas y debilidades.



# 4

## EVALUACIÓN DEL PROGRAMA:

Los laboratorios virtuales para el desarrollo de destrezas experimentales en la enseñanza de la Biología. El Laboratorio Virtual de Insectos

---

### 4.1. REFERENTES UTILIZADOS

Los laboratorios virtuales son ya habituales en la enseñanza de algunas disciplinas, especialmente en aquellas relacionadas con las ciencias físicas y la ingeniería, pero, aunque empiezan a encontrarse algunos laboratorios desarrollados para tratar temas específicos de Biología, la mayoría están en inglés y su utilización es aún muy limitada en España. La escasez de laboratorios virtuales sobre Biología en español se hace evidente utilizando cualquiera de los grandes motores de búsqueda de Internet y seguramente está detrás de la falta de literatura específica sobre este tema en nuestro país.

Por esta razón, a la hora de buscar referentes para esta investigación, ha sido necesario dirigir la mirada fuera de nuestras fronteras. A pesar de tratarse de un tema emergente, en otros países en los que los laboratorios virtuales sobre Biología empezaron a utilizarse de manera más o menos generalizada hace algunos años, ya se han empezado a publicar algunas experiencias valiosas en este campo.

En Estados Unidos, el proyecto "*Virtual Courseware*" para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, es el resultado de la colaboración entre miembros de la Natural Science Faculty y de la California State University, y tiene como objetivo el desarrollo de laboratorios virtuales para la enseñanza de la Biología ("*Biology Labs On-Line*") y de la Geología ("*Geology Labs On-Line*"). Bell (1999) examinó el interés de algunos de los primeros laboratorios desarrollados bajo este proyecto a partir de cuestionarios contestados por los alumnos que los utilizaron. Los resultados, según este estudio, fueron excelentes: 98%, 83% y 93% de los alumnos evaluaron positivamente cada uno de los tres laboratorios utilizados en un curso de genética (respectivamente, "*FlyLab*", "*TranlationLab*" y "*EvolutionLab*").

Desharnais y Limson (2007), en un reciente estudio, han revisado la evolución del impacto de estos mismos laboratorios. Según dicho trabajo, uno de los primeros laboratorios diseñados, el "*Virtual FlyLab*", entró en la red en 1995 y poco después lo habían utilizado 665.000 estudiantes, los cuales habían realizado un total de cinco millones de cruzamientos genéticos. En junio del 1996, el laboratorio virtual de Geología "*Earthquake*", desarrollado por estos mismos autores, había expedido 1,5 millones de diplomas, lo que revelaba una elevada demanda de este tipo de aprendizaje virtual. El laboratorio "*Virtual FlyLab*" se utiliza actualmente en numerosas escuelas de Estados Unidos, tanto que ya precisa de 5 servidores. El éxito de "*Virtual FlyLab*" condujo a la creación de 12 laboratorios virtuales diferentes para Biología, integrados en el proyecto "*Biology Labs On-Line*" y disponibles en la red bajo suscripción. Desde que se lanzaron en 2002 hay 500.000 suscriptores y cientos de colegios los utilizan. Una de las más interesantes revelaciones para los desarrolladores ha sido la creciente demanda desde la enseñanza secundaria. En 2004 el proyecto "*Virtual Courseware*" obtuvo una subvención de la National Science Foundation para desarrollar otro repertorio de actividades orientadas a la enseñanza secundaria, lo que condujo a la creación de un nuevo proyecto llamado "*Virtual*

*Coursewear for Inquiry-based Science Education*” (VCISE). El primer producto de este proyecto ha sido el laboratorio “*Drosophila*”, el cual simula un laboratorio auténtico donde se incuban moscas de la fruta con diferentes mutaciones y que permite analizar los resultados de los cruzamientos de fenotipos elegidos por el estudiante, portadores de una o más mutaciones, y estudiar aspectos como herencia ligada al sexo, ligamiento de genes, mapas cromosómicos o variaciones de las leyes de Mendel debidas a fenómenos como epistasia o genes letales.

Deshamais y Limson exponen en su trabajo los principios pedagógicos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de las actividades de “*Biology Labs On-Line*” y que consideran el fundamento de su éxito:

- Adecuarse a objetivos de aprendizaje estándar
- Hacer el software accesible e intuitivo
- Diseñar el programa bajo el principio de las tres “ies”: intuitivo, interactivo e investigativo
- Reforzar la metodología científica y las habilidades de pensamiento crítico de acuerdo con las indicaciones de los National Science Educational Standards
- Crear situaciones abiertas de aprendizaje con demostraciones guiadas como ayuda
- Utilizar la aleatoriedad para que cada alumno trabaje con un escenario diferente e introducir el error experimental
- Proveer mecanismos que permitan a los alumnos guardar sus resultados permitiendo que el alumno confeccione un cuaderno de laboratorio
- Incorporar herramientas de evaluación
- Permitir la adaptación de los materiales según criterio de los profesores
- Proveer de ayuda online y documentación de apoyo

Otros laboratorios virtuales han sido también objeto de análisis por diferentes investigadores. Stuckey-Mickel y Stuckey-Danner (2007), desde el departamento de Tecnología Educativa de la Northern Illinois University, valoraron la percepción de los alumnos acerca de las prácticas sobre biología humana que integra el “*Virtual Physiology Lab*”, distribuido en CD-ROM por McGraw-Hill. El estudio acerca de la efectividad de estos laboratorios se llevó a cabo sobre un grupo de 38 alumnos de un colegio de Illinois que realizaron un total de 22 prácticas, 12 de las cuales fueron presenciales y 10 virtuales. El instrumento utilizado fue un cuestionario en el que se pedía a los estudiantes una comparación de su experiencia en ambas situaciones. Los datos indican que los estudiantes valoraron positivamente el laboratorio virtual, aunque, en este caso, consideraron más efectivo el presencial. Los investigadores analizaron en sus conclusiones algunas de las debilidades del estudio: el reducido tamaño de la muestra, la versión un tanto anticuada de los laboratorios utilizados o la dificultad de comparar algunos contenidos debido a pequeñas diferencias en uno y otro tipo de prácticas, por lo que sugieren que son precisas más investigaciones encaminadas a explorar todas las posibilidades de estas nuevas herramientas.

Schoner [et al.] (2005) han publicado los resultados de un trabajo que tenía como objetivo evaluar *learning objects* desarrollados en Canadá en el marco del proyecto colaborativo CLOE (Co-operative Learning Object Exchange), grupo perteneciente al consorcio MERLOT<sup>18</sup>. Dicho trabajo, en el que participaron 16 universidades, trataba de comprobar el valor didáctico y las ventajas de uso de diferentes materiales digitales con fines didácticos, entre ellos algunos laboratorios virtuales. El análisis de estos materiales se llevó a cabo mediante la aplicación de un cuestionario para los alumnos y una entrevista estructurada para los profesores. El cuestionario de los alumnos

---

<sup>18</sup> MERLOT (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching) es un consorcio de más de 50.000 miembros, fundado en 1997 por la California State University, que ha creado un repositorio de *learning objects* revisados, catalogados y disponibles en Internet. (Ver URL en Bibliografía, “Recursos electrónicos citados”)

utilizaba una escala Likert de cinco puntos: muy de acuerdo, de acuerdo, neutral, en desacuerdo y muy en desacuerdo con cada uno de los ítems del estudio. Uno de los laboratorios analizados, aplicado a la Inmunología, sobre identificación de leucocitos, obtuvo los siguientes resultados para “de acuerdo” o “muy de acuerdo”: valor didáctico: 91%; valor añadido: 82%; usabilidad: 97% y funcionamiento (tecnológico): 100%. De la entrevista a los profesores se desprende que los alumnos obtuvieron mejores puntuaciones en el examen teórico posterior cuando utilizaron el laboratorio virtual que cuando utilizaron el presencial, y lo justifican por dos razones: porque utilizando el laboratorio virtual los alumnos son capaces de identificar muchas más células que con el laboratorio presencial, debido al ahorro de tiempo que supone disponer de las imágenes digitalizadas, y porque el feed-back que reciben los alumnos de sus errores después de cada actividad evita que continúen repitiéndolos en cada identificación.

También con el objetivo de valorar la efectividad de los laboratorios virtuales, Gilman (2006) llevó a cabo un estudio comparativo en la Coastal Carolina University. Dos grupos de alumnos trabajaron sobre contenidos relacionados con la división celular y la diferencia entre mitosis y meiosis. Un grupo de 54 estudiantes trabajó en un laboratorio presencial y otro grupo de 52 estudiantes lo hizo en un laboratorio virtual. Los resultados se midieron a través de un cuestionario con preguntas sobre los contenidos de las actividades realizadas. Los alumnos que trabajaron en el laboratorio virtual obtuvieron puntuaciones significativamente mejores que sus compañeros. Otro cuestionario, que, en este caso, pretendía recabar las opiniones de los alumnos sobre el método de trabajo utilizado, mostró que los alumnos que trabajaron en el laboratorio virtual habían empleado menos tiempo en resolver las actividades (en torno a una hora, frente a más de dos horas del grupo presencial) y trabajaron sólo con otra persona (los grupos habituales en el laboratorio presencial son de 4 ó 5 personas), de modo que, aparentemente, los alumnos consiguen mayor conocimiento en menos tiempo y con menos interacción con sus compañeros. Sin embargo, a la hora de hacer

sus comentarios se encontraron discrepancias: 12 de los alumnos que trabajaron en el laboratorio virtual fueron claramente favorables a su utilización y manifestaron haber encontrado ventajas debido a la accesibilidad del programa en el momento que quisieran, la posibilidad del trabajo autónomo, una mayor concentración en las tareas y una mayor posibilidad de reflexión sobre la actividad que estaban realizando, valorando, así mismo, positivamente, la calidad de los modelos y animaciones utilizados. Pero a otros 15 no les gustó el trabajo virtual: algunos tuvieron la sensación de no haber aprendido nada, les pareció más difícil que el trabajo en un laboratorio presencial porque no tenían a quien preguntar y preferían el laboratorio tradicional porque les resultaba más auténtico. Finalmente, otros seis estudiantes se decantaban por un sistema mixto pues, aunque veían las ventajas del laboratorio virtual, consideraban importante tener delante al profesor y poder manipular la realidad. Según el estudio, todos los alumnos esperaban realizar prácticas sobre ADN y los que se vieron forzados a trabajar en el laboratorio virtual se sintieron frustrados por no poder verlo en la realidad. Los alumnos del laboratorio presencial habrían aprendido más sobre el proceso manipulativo, pero los que trabajaron en el laboratorio virtual, al disponer de imágenes mejores, fueron capaces de diferenciar mejor las fases de mitosis y meiosis. La autora del estudio concluye que los resultados positivos de los test de conocimientos avalan la utilización de estos laboratorios, que pueden estar especialmente indicados en casos individuales o situaciones concretas, y que constituyen una actividad diferente (pero no menor) que los laboratorios tradicionales. Para ella, el laboratorio virtual mejora el aprendizaje conceptual, pero presenta más dificultades para el trabajo abierto, el aprendizaje por descubrimiento, el diseño experimental y el manejo de técnicas instrumentales, por lo que defiende una utilización mixta de estas herramientas.

Tsui y Tregust (2003), movidos por el interés de comprobar el grado de aprendizaje que proporcionaban los laboratorios virtuales del programa "*BioLogica*", realizaron un

estudio en una escuela australiana donde se utilizaron algunas de sus aplicaciones sobre conceptos básicos como genotipo, fenotipo, meiosis o leyes de Mendel. El estudio, realizado sobre 24 alumnos de enseñanza secundaria de dicha escuela permitió a los autores extraer las siguientes conclusiones: el entorno es motivador, los alumnos demostraron en los cuestionarios finales haber mejorado su aprendizaje y los profesores encontraron útiles y relevantes estas aplicaciones. Como aspectos negativos se destacan la dificultad en el apoyo a estos programas debido al escaso presupuesto disponible y la falta de tiempo para explorar todas las posibilidades del software.

Otros investigadores han destacado algunas de las posibilidades concretas de los laboratorios virtuales. Persuadidos de la importancia de la imagen en el estudio de la Biología, Ribisi, Yu y Lambertson (2007) llevaron a cabo un estudio que puso el acento en las posibilidades didácticas del acceso a imágenes digitales a través de Internet. La utilización de imágenes de microscopía electrónica y embriología disponibles en las páginas de "*Microscope Imaging Station*" del Exploratorium de San Francisco y "*Sea Urchin*" de la Universidad de Stanford fue la base de su investigación. Algunas de las actividades realizadas fueron: determinar el aumento de la imagen midiendo diámetros celulares, calcular la ratio diámetro celular / diámetro nuclear o determinar el límite de la membrana celular excluyendo la membrana de fertilización. Para estos investigadores, la utilización de imágenes de alta resolución disponibles en la red permite una cuidadosa observación científica y realizar prácticas llevando un registro de datos en un tema tan difícil de trabajar en el laboratorio como es el desarrollo embrionario. También incidiendo en la utilización de la imagen, Dickerson y Kubasko (2007) se han interesado por la aplicación de los laboratorios virtuales a la microscopía, destacando la facilidad con que los alumnos se adaptan al nuevo entorno y la calidad de sus informes de laboratorio, mucho más elaborados que los habituales.

Los ricos entornos que reproducen algunos laboratorios virtuales y la visualización de simulaciones capturan la atención de los alumnos incrementando su motivación. El Virtual Labs Project, de la Universidad de Stanford, se creó en 1998 como iniciativa para desarrollar laboratorios virtuales aplicados a la enseñanza de la Biología y en este tiempo han creado módulos relativos a la circulación, la respiración, la digestión, la excreción y la neurofisiología. Huang (2004) utilizó durante cuatro años un laboratorio virtual que reproducía el sistema de filtración de la sangre por el riñón. Después de estudiar el funcionamiento del riñón, los alumnos participaban en una actividad interactiva cuyo reto era sobrevivir en una isla desierta manteniendo el balance hídrico. Los estudiantes opinaron que las actividades realizadas les facilitaron el aprendizaje, además de encontrarlas atractivas y divertidas.

La búsqueda de entornos más realistas que permitan recrear procesos biológicos ha cristalizado en experiencias que han analizado las ventajas de la incorporación de modelos de realidad virtual e imágenes 3D a los laboratorios virtuales. Huk (2006), del IWF<sup>19</sup> de Göttingen, señala la potencialidad de estos recursos en la simulación de aspectos de la Biología para los que carecemos de imagen real. Al examinar el impacto de la utilización de modelos interactivos 3D en un laboratorio sobre biología celular, encontró que los que más se benefician de estos modelos son los alumnos con una elevada habilidad espacial, mientras que en aquellos que tienen menor habilidad espacial, el efecto es el contrario. Huk sugiere, a la luz de los resultados de su estudio, nuevas investigaciones en este tema, ya que la Biología a menudo maneja procesos espaciales alejados de la experiencia diaria y en los cuales la imagen virtual puede ser una ayuda.

Un argumento similar utiliza Amón (2002), del Centro para la Visualización Científica de Ljubljana (Eslovenia), para destacar las ventajas de realidad virtual. En su opinión, una de las dificultades de los profesores de Biología es poder disponer de ejemplares

---

<sup>19</sup>Institut für den Wissenschaftlichen Films (Instituto de Medios Audiovisuales Científicos)

de plantas y animales para llevarlos al laboratorio y, especialmente, para estudiar la anatomía interna. Las virtudes de los modelos 3D las expone tomando como modelo un laboratorio desarrollado para estudiar la estridulación de un grillo. Las imágenes del programa explican cómo el impulso nervioso codifica la señal acústica y estimula el sistema nervioso, permitiendo visualizar la relación entre neurofisiología y comunicación.

En esta misma línea de trabajo, Jensen [et al.] (2004), de la universidad de Hanover, desarrollaron y probaron una serie de laboratorios virtuales durante seis años utilizando entornos de realidad virtual e imágenes 3D, afirmando que el uso de estas imágenes mejora la percepción del estudiante debido a su realismo. Según su experiencia, con estos laboratorios se consigue una pequeña mejora en el aprendizaje debido, en su opinión, a que el medio utilizado no distrae de los objetivos didácticos de la actividad. Señalan, sin embargo, las dificultades para el desarrollo de estos programas y la resistencia de los responsables educativos a integrarlos en el currículum debido a la falta de estándares para evaluar este tipo de trabajo y de resultados empíricos sobre su efectividad.

También con la intención de evaluar la entornos virtuales para la enseñanza de la Biología basados en aplicaciones 3D, Mikropoulos [et al.], (2003) diseñaron y aplicaron un laboratorio virtual para el estudio de los procesos celulares de los vegetales y de la fotosíntesis. El programa se basa en la posibilidad de navegación por el interior de la célula vegetal para estudiar el funcionamiento de los orgánulos celulares. La actividad principal consiste en la simulación, a partir de los componentes y energía disponibles, de una serie de reacciones químicas encadenadas hasta completar el proceso de fotosíntesis. El programa fue probado y evaluado por un grupo de 37 profesores de enseñanza primaria de Turquía, que valoraron muy positivamente su capacidad de interacción, navegación y simulación, mostrando una actitud muy favorable al

desarrollo de este tipo de aplicaciones. Los resultados de los participantes, sin embargo, no permiten asegurar una mejora en el aprendizaje. Los autores señalan que es necesario ajustar el diseño a las necesidades de aprendizaje.

Otro estudio, utilizando la realidad virtual en 3D sobre la anatomía y función del ojo, fue aplicado a 27 estudiantes de 12-13 años de Corea (Shim, K., 2003). Según este estudio, los alumnos afirmaron estar muy motivados para la utilización de estos programas. Los autores, por su parte encontraron las siguientes ventajas: incrementa la motivación y el interés de los alumnos, permite la interacción en tiempo real, permite llevar a cabo la investigación con seguridad, es fácilmente controlable, posibilita la realización de prácticas peligrosas o demasiado caras y permite trabajar con autonomía en el lugar y momento que los alumnos consideren más adecuado. Los autores creen que estas tecnologías tendrán un fuerte impacto en la enseñanza de la Biología, ya que sirven de apoyo para aquellos conceptos que tradicionalmente se han considerado inapropiados o difíciles de trabajar a través de la enseñanza instruccional.

Una línea de trabajo diferente descansa sobre las posibilidades que estos laboratorios abren en relación a la enseñanza a distancia (Monge-Nájera, Rivas y Méndez, 2002; Sahin, 2006). Precisamente la dificultad para acceder a la parte experimental de los estudios de ciencias es lo que ha dificultado tradicionalmente la enseñanza a distancia de estas disciplinas. Las dificultades de desplazamiento que limitan el acceso a la educación en algunos países o las recientes políticas educativas que promocionan el “aprendizaje permanente” (*lifelong learning*), son algunas de las situaciones para las que estos recursos suponen una gran ayuda.

Desde los planteamientos éticos de la experimentación con seres vivos, algunos investigadores valoran la posibilidad que ofrecen los laboratorios virtuales de evitar el sacrificio de animales en los estudios de fisiología. La creciente resistencia de profesores y alumnos a servirse de organismos reales para la realización de estas

prácticas está conduciendo a la búsqueda de alternativas a través de programas de simulación. En esta transición hacia los laboratorios virtuales, los aspectos manipulativos de estas prácticas son los perjudicados, aunque es dudoso que puedan considerarse ciertas técnicas de laboratorio una parte fundamental del programa de Biología de enseñanza secundaria. Desde la literatura especializada, laboratorios como los desarrollados por el Instituto de Fisiología de la Universidad de Marburg, aplicados durante varios años en distintas facultades y escuelas, se han considerado más instructivos que los laboratorios tradicionales (Braun, 2003).

Las ventajas y desventajas de los laboratorios virtuales han sido analizadas por Scheckler (2003), que reconoce que aún hay pocos ejemplos disponibles en la red totalmente desarrollados como auténticas prácticas de laboratorio. Entre sus ventajas destaca la posibilidad de repetición de las actividades, el material complementario en forma de documentos o glosarios que suelen incluir estos programas, la posibilidad de colaboración en línea con otros estudiantes mediante la participación en foros de discusión o el acceso a bases de datos. Encuentra, sin embargo, desventajas en el alejamiento de la realidad que supone el trabajo en un entorno virtual, en la falta de contacto con un profesor experimentado, esencial para estudiantes jóvenes o en la dependencia de la permanencia en el tiempo de los sitios web.

En España, los trabajos publicados sobre experiencias con laboratorios virtuales están referidos a otras disciplinas. Entre ellos, debe mencionarse la investigación de Sierra (2005) acerca de la influencia del entorno virtual para el aprendizaje de la Física en bachillerato. Sierra, utilizando un laboratorio virtual sobre mecánica, llevó a cabo una investigación aplicada de tipo experimental con 110 estudiantes. En sus conclusiones señala que la metodología basada en la realización de trabajos de investigación con ayuda de simuladores propicia la evolución de las creencias científicas del alumnado hacia un planteamiento más próximo al pensamiento científico y destaca el papel de

estos recursos como facilitadores del aprendizaje, ya que encontró un incremento en las puntuaciones de contenidos conceptuales en el grupo experimental.

Un laboratorio virtual sobre terremotos, traducción del original en inglés "*Earthquake. Virtual Courseware*", permite a los alumnos realizar observaciones y mediciones utilizando mapas, sismogramas, nomogramas, etc. con la finalidad de trabajar los conceptos y procedimientos clave sobre la utilización de las ondas sísmicas de un terremoto para localizar el epicentro y determinar su magnitud Richter. Los resultados obtenidos en las actividades de evaluación del programa por parte de los alumnos de la Facultad de Educación de la Universidad Complutense, tras su utilización durante tres cursos, han sido muy satisfactorios y están en consonancia con la valoración que los estudiantes hacen de él, así como con los resultados de los exámenes de la asignatura (Morcillo [et al.], 2006).

En distintas universidades españolas se están llevando a cabo experiencias con laboratorios virtuales, algunos de ellos de elaboración propia, para realizar prácticas en diferentes disciplinas relacionadas con la Biología, como los de virología de la Universidad de Barcelona (Carrió, M.M. y Aris, A., 2005) o los de análisis microbiológico y genética de la Universidad de Salamanca (Departamento de Microbiología y Genética). También en la enseñanza secundaria algunos profesores están empezando a introducir laboratorios virtuales y simulaciones en sus prácticas, a medida que se empieza a disponer de materiales diseñados con esta finalidad, pero estas actividades aún son muy escasas y faltan estudios acerca de los resultados del proceso y de su influencia en el aprendizaje de los alumnos.

## 4.2. DISEÑO DE UN LABORATORIO VIRTUAL SOBRE MORFOLOGÍA E IDENTIFICACIÓN DE INSECTOS

### 4.2.1. FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS

La convicción de la utilidad didáctica de los laboratorios virtuales que ha impulsado esta investigación, ha tropezado desde sus comienzos con un problema que no es menor: aunque, como hemos visto, existen numerosos laboratorios virtuales aplicados a la enseñanza de la Biología en inglés, cuya efectividad está siendo analizada por diversas investigaciones, son muy pocos los laboratorios virtuales de esta disciplina en español, al menos diseñados para ser aplicados en la enseñanza secundaria. La búsqueda infructuosa en Internet, la ausencia de este tipo de programas en los catálogos de las empresas desarrolladoras de software, la falta de conocimiento del profesorado de enseñanza secundaria acerca de estas herramientas y la ausencia de trabajos de investigación sobre este aspecto en las revistas especializadas, lo confirman.

Esta circunstancia añade, a la dificultad ya comentada de la carencia de referentes previos en los que cimentar algunos de los planteamientos de esta investigación, la necesidad ineludible de diseñar un instrumento que permita llevar a cabo la evaluación planteada. Para ello se ha recurrido a la *técnica del grupo asesor* (Stufflebeam y Shinkfield, 1995), aplicable en situaciones en las que no se dispone de los apropiados métodos efectivos para satisfacer las necesidades específicas detectadas en la evaluación del contexto: un grupo de expertos fija los objetivos de un programa, proporciona especificaciones para la planificación de las propuestas del programa y orienta los criterios mediante los que debe ser juzgada su aplicación. Los informes del *grupo asesor* son valorados por un panel de expertos de acuerdo con criterios establecidos. Las ventajas de esta técnica son que proporciona un procedimiento

explícito para generar y valorar las estrategias del programa y una valoración externa de las cualidades del mismo.

El laboratorio diseñado para esta investigación, denominado "*Laboratorio Virtual de Insectos*", se ha desarrollado en el marco del proyecto nº 504 titulado "Diseño, desarrollo y evaluación de laboratorios virtuales para la Didáctica de las Ciencias Experimentales" aprobado en la convocatoria de "Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente" para el curso 2006/07, realizada por el Vicerrectorado de Innovación y Espacio Europeo de Educación Superior de la Universidad Complutense de Madrid. En este proyecto han participado, además de la autora de la investigación, profesores del departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Educación y del departamento de Zoología y Antropología Física de la Facultad de Biología, ambas de la Universidad Complutense de Madrid, constituyéndose así el *grupo asesor*.

El "*Laboratorio Virtual de Insectos*" es una simulación interactiva basada en la manipulación de insectos modelados en 3D y está concebido para desarrollar destrezas de observación y clasificación en la enseñanza secundaria.

El diseño pedagógico del programa se apoya en aportaciones tomadas de diferentes teorías educativas que sirven de soporte en el desarrollo de programas informáticos para la educación (Gros, 1997). El modelo conductista, basado en el paradigma estímulo-respuesta-refuerzo e inspirador los primeros programas de EAO, ha sido objeto de numerosas críticas. Sin embargo la planificación del refuerzo es, quizá, una de las aportaciones más importantes de este modelo al diseño de software educativo, algo que incorporan numerosos programas en la actualidad. En el "*Laboratorio Virtual de Insectos*" la evaluación de la actividad constituye uno de los estímulos para los alumnos y la corrección de las respuestas se convierte en un refuerzo positivo de razón variable (Skinner, 1979), es decir, el programa no devuelve la corrección

después de cada pregunta, sino al final de cada actividad. Sin embargo, aunque el programa permite la reflexión sobre los errores mediante la repetición de las respuestas, esto no impide que el alumno avance en la actividad, valorándose los aciertos parciales obtenidos.

Además de este refuerzo externo, se ha tenido en cuenta la importancia del refuerzo interno, defendida desde el cognitivismo, especialmente desde las teorías del procesamiento de la información de Gagné (1971), por lo que las respuestas que devuelve el programa tienen también un carácter informativo. En relación a la organización del contenido se ha prestado atención a las distintas fases del procesamiento de la información descritas por Gagné: fase de motivación (propiciada por el propio entorno de trabajo), fase de comprensión (facilitada por la lectura de los documentos de apoyo), fases de retención y de recuerdo (que se activan durante la realización de las actividades) y fase de generalización (reforzada por la utilización de ejemplares diferentes en cada actividad, que suponen contextos diferentes, y verificable en el test que figura al final del programa). Las fases de ejecución y de retroalimentación tienen lugar durante la misma actividad, ya que las posibilidades de diseño del software permiten simultanear algunas de las fases del aprendizaje superando la necesidad de secuenciación lineal.

Los postulados constructivistas defienden el desarrollo de habilidades del alumno para construir y reconstruir conocimientos en respuesta a la demanda de un determinado contexto o situación. Aunque el enfoque constructivista se identifica, generalmente, con escenarios de aprendizaje más abiertos, en el diseño de este programa se han incorporado algunas de las características que identifican a los entornos constructivistas de aprendizaje como entornos “ricos”, es decir, que permiten un mayor control del aprendizaje por parte del alumno. Estas características son:

- Recrear un entorno de trabajo capaz de generar aprendizaje significativo para el alumno, basado en la utilización de simulaciones que representan la complejidad inherente a un mundo real y conocido
- Facilitar la flexibilidad cognitiva utilizando un sistema *hipermedia* y dotando de interactividad a la simulación, lo que permite que el alumno controle su tarea, administre sus ayudas, tome decisiones en función de la necesidad de información, nivel de experiencia, curiosidad o interés y reflexione sobre sus errores utilizándolos como fuente de aprendizaje

Por otra parte, algunos de los postulados constructivistas han sido también tenidos en cuenta en el diseño instructivo y se han plasmado en algunas decisiones:

- Propiciar el aprendizaje activo a través de actividades en las que se orienta al alumno a construir interpretaciones de la realidad más que a aprender conceptos, dando mayor énfasis a la construcción del conocimiento que a la instrucción
- Fomentar el desarrollo de estrategias de aprendizaje dirigiendo la actividad a la búsqueda de la prevalencia, similitud o diferencia de algunas características con el fin de identificar patrones morfológicos y poder aplicarlos a otros contextos.

Por último, aunque en los programas de autoformación el diseño del software es muy importante porque el usuario se enfrenta sólo al ordenador y ha de aprender a través del uso del programa, no hay que olvidar que en una situación escolar, el diseño del software puede condicionar la forma de uso o de aplicación en el aula, pero la figura de profesor no puede ser ignorada y éste puede adaptar el software a metodologías muy diversas.

Una vez sentadas las bases pedagógicas del programa, las experiencias previas de la investigación didáctica sobre los laboratorios virtuales han servido también para reflexionar acerca de algunos aspectos prácticos para el desarrollo de este tipo de software específico. Basándonos en los principios de Desharnais y Limnson (2007), mencionados anteriormente, en el diseño del programa se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los objetivos del programa deben ser adecuados a los objetivos del aprendizaje del currículum escolar de Ciencias Naturales de la ESO
- El software debe ser fácil de usar, de manera que su manejo esté al alcance de cualquier usuario
- El laboratorio virtual debe ser concebido como un programa interactivo, intuitivo e indagatorio
- Las actividades deben reforzar la metodología científica y desarrollar habilidades de razonamiento
- El laboratorio debe utilizar la aleatoriedad en la elección del ejemplar de cada actividad para evitar la repetición mecánica de las actividades
- Se debe intentar reducir la posibilidad de error experimental, acotando la definición de las características morfológicas que se van a estudiar con el fin de limitar el carácter subjetivo de la observación
- El programa debe incorporar un instrumento de evaluación que considere los resultados parciales de la actividad así como mecanismos que permitan guardar esta información
- El programa debe contar con documentos de ayuda fácilmente accesibles para los alumnos
- El acceso al laboratorio debe hacerse a través de Internet

Las fases del desarrollo del programa, basadas en la metodología seguida por otros investigadores (Sampedro [et al.], 2005), han sido las siguientes:

- i. Diseño de la instrucción: En esta primera fase se ha analizado el nivel educativo al que va dirigida la actividad así como el contenido curricular en que se enmarca. A partir de este análisis se han concretado los objetivos educativos para, a partir de ellos, determinar los contenidos, la metodología, el diseño de las actividades, la temporalización y el procedimiento de evaluación de las mismas. Por último se han identificado los diferentes elementos gráficos que, de acuerdo con los objetivos, servirían para facilitar el aprendizaje.
- ii. Diseño hipermedia: El paso siguiente ha consistido en la construcción de la estructura lógica del programa para organizar en torno a ella los materiales anteriormente seleccionados. Las tareas fundamentales de esta fase han sido el diseño de la navegación entre las diferentes secciones del programa y del procedimiento de entrada de datos, así como la elaboración de los distintos materiales que conforman el mismo: dibujos, textos, glosario, simulaciones, etc.
- iii. Diseño gráfico: Una vez elaborados los diferentes componentes del programa, en esta fase se ha dado forma visual definitiva al programa teniendo en cuenta aspectos estéticos y funcionales (selección de tipografías, colores, etc.) y se han ensamblado los materiales diseñados de acuerdo a un esquema general en el que la actividad ocupa el área central de la pantalla, dejando el margen superior para la barra de navegación
- iv. Programación informática: La fase de programación ha tenido como objetivo garantizar el funcionamiento del programa de acuerdo a los criterios de aleatoriedad de las simulaciones que se incorporan en cada

actividad, así como a los criterios de evaluación prefijados. En esta fase se ha generado, así mismo, una base datos que permitirá guardar las calificaciones de los alumnos

A continuación se exponen las características del programa así como la justificación de algunas de las decisiones tomadas.

## **4.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA**

### **4.2.2.1. Características técnicas**

Frente a los rígidos materiales didácticos tradicionales, los programas educativos diseñados con las TIC se sirven de las prestaciones de estas herramientas para enriquecer sus contenidos y ampliar sus posibilidades formativas. Bajo la denominación “laboratorio virtual” se pueden encontrar en la red materiales diseñados con diferentes formatos. Uno de los más básicos sería la simple combinación de textos y fotografías. Un segundo nivel de complejidad podría considerarse aquél en el que se utilizan animaciones que permiten visualizar algunos procesos. Otros utilizan videos sobre prácticas verdaderas y por último algunos presentan objetos que pueden ser manipulados.

Algunas de las características de las herramientas informáticas, destacadas por Gros (2002), y que son especialmente útiles en el diseño de materiales didácticos han sido utilizadas en el programa:

- I. EL CARÁCTER *MULTIMEDIA*: Se refiere a la posibilidad de integrar imágenes (fijas o en movimiento) sonido y texto en una misma aplicación. Con ello se favorece la integración de lenguajes que, una vez digitalizados, pueden ser modificados y combinados fácilmente entre sí. Esto permite disponer de

una mayor cantidad de información y, sobre todo, de una gran capacidad para adaptar y complementar diferentes contenidos de forma que se adecuen a diferentes estilos cognitivos o intenciones pedagógicas. En este laboratorio la imagen cumple una función esencial, ya que los objetivos didácticos sobre los que incide se basan precisamente en la observación de la morfología de los insectos. La observación detallada que permite la fotografía con diferentes grados de ampliación se ha mejorado notablemente en este programa gracias a la utilización de ejemplares de insectos modelados en 3D. La simulación permite además la visión del ejemplar desde diferentes ángulos y con diferentes grados de aproximación. La documentación que sirve de ayuda o consulta para la realización de las actividades contiene, así mismo, una gran cantidad de imágenes explicativas con detalles de las partes de la anatomía de los insectos que se van a observar en las actividades.

II. EL CARÁCTER *HIPERMEDIA*<sup>20</sup>: Consiste en la posibilidad de navegación múltiple entre los diferentes elementos de una aplicación o de la red. Esta estructura no lineal de los contenidos tiene implicaciones didácticas, ya que permite diferentes alternativas de navegación. Entre sus ventajas podríamos destacar:

- Ofrece un vehículo adecuado para presentar información incapaz de ajustarse a los rígidos esquemas tradicionales, pudiendo estructurarse o no de forma jerárquica.
- Los usuarios pueden acceder a información complementaria secuencialmente o utilizando diferentes mecanismos de navegación sin perder la referencia del documento principal.

---

<sup>20</sup> Se utiliza el término *hipermédia*, en un sentido más amplio que *hipertexto*, ya que los enlaces del documento no se establecen sólo entre textos

Dos posibles desventajas, sin embargo, deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar materiales didácticos: la posibilidad de desorientación en el *hiperdocumento* y la sobrecarga de conocimiento, que pueden terminar por desanimar al usuario.

En el "*Laboratorio Virtual de Insectos*", el alumno puede acceder en cualquier momento de la actividad a un documento de ayuda con información conceptual, reducida al mínimo imprescindible para la realización de las actividades. Este documento, a su vez, permite el acceso a un breve glosario de términos mediante la utilización de *palabras calientes* que abren una pequeña pantalla en el mismo documento con el significado del término. De esta manera, la información es inmediata y las posibilidades de desorientación por el documento son prácticamente nulas. También se contempla la posibilidad de navegación por la red a partir de enlaces seleccionados para que el alumno interesado pueda seguir profundizando en el tema o practicando con nuevas actividades.

- III. INTERACTIVIDAD: Se entiende, en sentido amplio, como la respuesta de un programa a las acciones del usuario. Puede haber distintos niveles de interactividad, desde simples posibilidades de selección o rutas "hacia delante" y "hacia atrás" a la manipulación de objetos en el espacio o la interacción con sistemas inteligentes capaces de guardar o recordar acciones previas de los usuarios. Desde el punto de vista didáctico, la interactividad como exploración asociativa y la respuesta evaluativa de los programas tienen una gran importancia. Por otro lado, es bien sabido que la interactividad aumenta las posibilidades de un programa de despertar interés y generar aprendizaje.

La interactividad en este programa está presente a diferentes niveles. El más simple lo constituye la navegación a través de botones o de *palabras calientes*. Los alumnos pueden también introducir sus respuestas a las preguntas del programa obteniendo, en algunos casos, una respuesta inmediata. Pero, además, los ejemplares 3D, que son el objeto de observación en las actividades, pueden ser manipulados por el alumno, que los puede hacer girar en el espacio o aproximarlos para ver algunos detalles. Esta manipulación es muy importante ya que consigue el efecto del trabajo real que el alumno desarrollaría bajo la lupa en un laboratorio. Por último, las respuestas de los alumnos a los problemas planteados en cada actividad son objeto de evaluación, la cual aparece en la pantalla al término de cada actividad así como al final del programa.

- IV. POSIBILIDAD DE TRABAJO COLABORATIVO: Los diversos recursos informáticos que posibilitan el trabajo colaborativo permiten trabajar conjuntamente en un proyecto común sin necesidad de tener que compartir espacio ni tiempo con otros integrantes de un mismo proyecto. Esta posibilidad se contempla también en el programa mediante la propuesta de creación de un *Insectario Virtual* a partir de fotografías de insectos que pueden ser incorporadas desde la red y con las que pueden confeccionarse fichas como la que sirve de modelo.

#### **4.2.2.2. Objetivos didácticos del programa**

La concreción de los objetivos procedimentales para un determinado nivel de enseñanza debe considerarse tanto por su dificultad como por su carácter propedéutico. Por ello es necesario establecer niveles de complejidad con el fin de tomar decisiones en cuanto a su secuenciación como lo hacemos respecto a cualquier contenido objeto de enseñanza (De Pro, 1998).

Los objetivos didácticos seleccionados para esta actividad son la adquisición de destrezas en los procedimientos científicos de observación y la clasificación de los seres vivos, que corresponderían a los niveles III y IV (Aplicación y Análisis) del dominio cognoscitivo según la clásica taxonomía de Bloom (1972) y que para Gagné (1971) corresponden a las habilidades intelectuales que permitirían la discriminación de características, la adquisición de conceptos asociados a las observaciones realizadas y la percepción de reglas o patrones morfológicos, lo que conduce a la adquisición de nuevas estrategias cognitivas.

La secuencia de actividades de este laboratorio comienza por la observación detallada para terminar con actividades de clasificación e identificación, lo que permite el paso del nivel descriptivo al interpretativo. El nivel descriptivo se basa en la observación informada, es decir, con conciencia del marco teórico que la dirige, mientras que el nivel interpretativo, de acuerdo con la psicología de la Gestalt (*“el todo es más que la suma de las partes”*), persigue la asociación mental de las estructuras observadas con un modelo organizativo dependiente de aspectos fisiológicos, ecológicos o evolutivos.

A continuación se exponen algunas reflexiones sobre el interés didáctico de los objetivos del programa, ya que, coincidiendo con Scriven (citado por Escudero, 2003), *“si los objetivos carecen de valor, no tiene ningún interés saber hasta qué punto se han conseguido”*.

#### **4.2.2.2.1. OBSERVACIÓN**

La actividad científica está guiada por la finalidad de entender cómo y por qué sucede algo. La observación, por tanto, es la base de toda actividad que busque una respuesta explicativa a una situación planteada. En Biología, la observación cercana que permita apreciar las cualidades intrínsecas de los organismos resulta

imprescindible para que el mundo observado tenga sentido para los alumnos. Por tanto, debido a que la falta de conexión de los estudiantes con la naturaleza es un problema conocido que dificulta el aprendizaje de la Biología, los profesores jugamos un papel importante en la búsqueda de situaciones que permitan establecer una conexión entre nuestros alumnos y el medio natural (Barker, 2007).

Pero la observación científica no es una actividad fortuita. Hay que tener en cuenta que la observación está cargada de teoría y que no existe un método científico unificado, por lo que, aunque a veces se obvian, las técnicas de observación científica tienen que ser aprendidas. ¿Cómo, si no, podría un observador inexperto distinguir la observación significativa de lo que es accidental? La observación reflexiva debe estar referida a un contexto conceptual que sirva de marco interpretativo. La identificación de propiedades y características o el registro cualitativo de datos, son algunas de las destrezas implicadas en la observación (De Pro, 1998)

Sin embargo, coincidiendo con Caballer y Oñorbe (1997), la posible complejidad de los procedimientos y técnicas manipulativas que deben emplearse para la exploración de ciertos aspectos de la naturaleza, pueden convertirse en el problema real del alumno e impedirá el avance en una actividad que se había programado con otros fines. Así mismo, las concepciones previas de los alumnos respecto al objeto de estudio, pueden ser un obstáculo para la observación. Miguens y Garret (1991) recogiendo las conclusiones del informe APU (Assessment Performance Unit, 1984) acerca de la enseñanza de las ciencias para alumnos de 13 años, identifica dos formas en que el punto de vista del alumno puede interferir en la observación:

- Primeramente si la situación presentada no encaja en un sistema aceptado, entonces lo que se debería observar como relevante se desconoce

- En segundo lugar si la situación se observa de acuerdo con su experiencia previa del mundo y los alumnos sienten confianza en su experiencia, frecuentemente darán información que no es observable

Por otra parte, la observación admite diferentes enfoques según el contexto de aprendizaje. Desde la Zoología o la Botánica descriptivas habitualmente se buscan regularidades y diferencias entre los organismos para poder establecer categorías de agrupamiento, y es necesario saber cuáles son las características relevantes que sirven para la identificación de los seres vivos y cuáles son prescindibles. Para la finalidad de las actividades de este laboratorio, el color en los insectos, por ejemplo, no es un carácter relevante en la identificación de los taxones que se han considerado, sin embargo, en el estudio de los insectos desde el ámbito de la ecología, el color puede revelar relaciones miméticas con el entorno y, desde la perspectiva de la evolución, el carácter aposemántico de algunas coloraciones arroja pistas acerca de los mecanismos evolutivos.

Para salvar algunas de las dificultades de la observación, resultan muy útiles las guías estructuradas de trabajo, ya que sirven para orientar la mirada del alumno, siempre que, como recomiendan Santelices, Astroza y De la Fuente (1992), se tengan en cuenta algunas precauciones:

- Al diseñar una guía de trabajo, las instrucciones, comentarios y otros textos deben ser cuidadosamente estructurados escogiendo un tema acerca del cual los alumnos tengan esquemas mentales y un vocabulario conocido
- La selección y planificación de estímulos contribuyen al desarrollo mental del alumno. No es lo mismo iniciar el trabajo con un texto que explique teóricamente un contenido que iniciarlo con actividades que causen asombro al alumno y permitan un acercamiento significativo al objeto de su estudio

- Las preguntas son un recurso eficiente para estimular el pensamiento y se pueden clasificar en preguntas de recuerdo de la información, preguntas interpretativas, preguntas evaluativas y preguntas creativas, siendo las dos últimas categorías las de mayor complejidad por lo que el profesor debe valorar su inclusión o no en las guías de laboratorio en función del nivel de sus alumnos

En opinión de estos autores, la aplicación de guías de laboratorio estructuradas incrementa significativamente el número de objetivos logrados, favorece la homogeneidad de los resultados del aprendizaje, mejora el logro de objetivos de tipo procedimental y obtiene una opinión favorable de los alumnos.

#### **4.2.2.2.2. CLASIFICACIÓN**

La identificación y clasificación de los seres vivos es una de las tareas fundamentales de la Biología como herramienta básica para abordar otro tipo de estudios. La disminución de la biodiversidad ha añadido carácter de urgencia a la tarea de identificación biológica y, por otro lado, la posibilidad de llevar a cabo análisis bioquímicos y genéticos cada vez más precisos ha provocado un renovado interés en los métodos de identificación de especies. Sin embargo, los criterios de clasificación no son únicos, sino que dependen de la finalidad del estudio. Además de la llamada clasificación natural, basada en la evolución, existen numerosos criterios artificiales como los basados en hábitos alimentarios, hábitat, tipo de reproducción, etc., cada uno de los cuales será válido para un determinado contexto. Así, cuando estudiamos un ecosistema, interesa más saber cuál es el nicho ecológico de los animales (herbívoros, carnívoros, saprófitos...) que la familia a la que pertenecen. Por otro lado, los agrupamientos jerarquizados de organismos que derivan de la clasificación natural no

son inmutables sino que, a menudo, son objeto de controversia y están sometidos a revisión continua a la luz de nuevos hallazgos.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, parece lógico que los alumnos, cuando estudian la clasificación de los seres vivos, dirijan sus esfuerzos, más que a memorizar listas de organismos agrupados en categorías más o menos universales, a aprender a clasificar según diferentes criterios. El carácter descriptivo que tiene la Biología en los primeros cursos de la ESO hace necesaria la comprensión de los criterios de clasificación natural que se utilizan para agrupar los diferentes seres vivos en categorías jerarquizadas y es, por tanto, el curso en el que los alumnos deben iniciarse en el desarrollo de destrezas intelectuales que conduzcan a dicha comprensión. La clasificación natural se refiere a las relaciones filogenéticas entre los seres vivos y se expresa en unidades taxonómicas. La taxonomía es una ciencia que agrupa ordenadamente a los organismos vivos de acuerdo a lo que se presume que son sus relaciones naturales, partiendo de sus características más generales a las más específicas. Los criterios de clasificación que se utilizan están basados en aspectos anatómicos, morfológicos, citológicos, fisiológicos o genéticos de los organismos, dando origen a diferentes grupos o taxones de características más o menos similares.

Hay varias razones para incluir las actividades de clasificación en cualquier currículum de Biología. Por un lado, desde el ámbito conceptual, la revisión de los sistemas de clasificación y las discrepancias sobre la elección de criterios de clasificación, al no haber una respuesta inequívoca para ello, pueden utilizarse para desarrollar la noción de controversia y consenso entre científicos, así como para reflexionar sobre la evolución del conocimiento científico (McCarthy y Sanders, 2007; Baumgartner y Pace, 2007). Por otro, desde el punto de vista de los procedimientos de la ciencia, la clasificación es una herramienta científica básica, aplicable a numerosos aspectos, que desarrolla procesos intelectuales como la toma de decisiones, la asunción de

criterios, la ordenación de datos o la jerarquización. Finalmente, el desarrollo de la habilidad para clasificar, como proceso cognitivo, permite hacer distinciones muy detalladas de las características de la información recibida y permite organizar grandes unidades de información en grupos significativos.

#### **4.2.2.3. Contenidos del programa**

En el diseño de programas educativos informáticos, además de aprovechar las mencionadas posibilidades técnicas que nos proporcionan las TIC, hay otras cuestiones que deben ser tenidas en cuenta. Para Onrubia (2005), de acuerdo con las ideas de Ausubel, el diseño de material didáctico virtual debe atender, al menos desde el punto de vista constructivista, a dos condiciones: por un lado a la estructura y organización del contenido (*significatividad lógica*) y por otro a la posibilidad de que el estudiante disponga de elementos cognitivos que pueda poner en relación con ese contenido (*significatividad psicológica*). La *significatividad lógica* puede garantizarse desde el diseño del material de aprendizaje, es decir, de su estructura lógica, aspecto que se tiene en cuenta en la organización de los distintos elementos del programa así como en la secuenciación de las actividades. La *significatividad psicológica*, sin embargo, sólo puede asegurarse mediante formas de ayuda que permitan la adaptación cuidadosa y continuada, durante el propio proceso de aprendizaje, de ese material a los alumnos concretos que deben aprenderlo. La actividad intelectual desarrollada por el alumno que trabaja con un programa informático no asegura, necesariamente, una construcción óptima de significados, puesto que puede carecer de los recursos cognitivos necesarios asimilar el nuevo contenido o de la capacidad para establecer relaciones significativas y relevantes. El elemento que debe garantizar esa forma óptima de construcción, en la enseñanza presencial, es el profesor, que debe seguir de manera continuada el proceso de aprendizaje que el estudiante desarrolla y ofrecerle los apoyos y soportes que requiera durante el proceso. Es lo que

Onrubia denomina “*realización conjunta de tareas*” y que permite un “*ajuste de ayuda*” del profesor ante una situación puntual.

En la estructuración, organización y profundidad de los contenidos (estructura lógica del programa) del Laboratorio Virtual de Insectos se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones sobre el trabajo experimental:

- El trabajo práctico puede tener una finalidad en sí mismo, es decir, no siempre debe estar al servicio de los contenidos conceptuales. Debe tener una metodología y objetivos propios y buscar el desarrollo de destrezas que difícilmente se puedan trabajar de otra manera.
- Los alumnos a los que va dirigida la actividad cursan su primer año en el instituto y no tienen hábito en la realización de este tipo de actividades. Por ello, parece recomendable que se inicien con una actividad sencilla. Siguiendo las recomendaciones de Cañal de León (2004), las actividades se deben realizar con materiales sencillos, deben estar centradas en tareas de reflexión y exploración del alumnado y deben hacerse en los momentos exigidos por la lógica de enseñanza y aprendizaje.
- Como el tiempo que se dedica a la realización de las actividades prácticas en los centros escolares suele ser escaso, se deben seleccionar cuidadosamente los objetivos de las mismas, intentando que sean muy significativos en relación a los contenidos del currículo (Izquierdo et al., 1999).
- Los objetivos y procedimientos incluidos en la actividad deben quedar perfectamente claros para el alumno, que debe saber en todo momento lo que tiene que hacer y con qué finalidad. No debemos olvidar que los alumnos tienen sus propios intereses y, para mantener viva su actividad, debemos contar con ello y conectar nuestros objetivos con lo que es su verdadera preocupación: aprobar los cursos y tener buenas notas (Izquierdo et al., 1999).

- Se deben diseñar instrumentos de evaluación que permitan valorar el progreso de los alumnos en las destrezas intelectuales que se pretenden desarrollar a través de las actividades prácticas.

Las actividades de este laboratorio están dirigidas al primer ciclo de enseñanza secundaria y el contenido a partir del cual se pretenden desarrollar los objetivos propuestos es la diversidad de los seres vivos. Para tratar este contenido se ha seleccionado un grupo de seres vivos, los insectos, por constituir uno de los grupos taxonómicos que mayor diversidad morfológica presenta, además de ejercer gran fascinación sobre los alumnos. Los insectos son el grupo zoológico más abundante: se han identificado alrededor de un millón de especies y constituyen el 80% de toda la fauna conocida, presentan multitud de formas y colores y han colonizado todos los hábitats, especialmente en el medio terrestre. Además de por su abundancia, los insectos son importantes porque desempeñan un papel fundamental en la naturaleza (como depredadores, parásitos, detritívoros o carroñeros y como base de la alimentación de numerosos animales) y por su implicación en actividades humanas (productores de seda, miel o cera, polinizadores de numerosas especies vegetales, destructores de cosechas, transmisores de enfermedades...). Su estudio está, por tanto, plenamente justificado y, para abordarlo, su enorme variabilidad hace necesario clasificarlos en grupos con características semejantes. La inclusión de un determinado ejemplar en un grupo zoológico concreto se hace atendiendo a numerosas características morfológicas, cuya observación detenida constituye la base de las actividades propuestas en este laboratorio. El "Laboratorio Virtual de Insectos" consta de tres actividades prácticas, un ejercicio de evaluación final y varios documentos complementarios.

### 4.2.2.4. Metodología utilizada en las actividades

El programa simula la metodología que se sigue en una situación real en el laboratorio, en la que el estudiante debe manipular un insecto para observar sus características morfológicas, utilizar instrumentos de ampliación para observar algunos detalles y seguir una guía de clasificación para identificar su ejemplar.

El programa se inicia con una pantalla que informa de la finalidad de las actividades y del nivel al que van dirigidas y dispone de un espacio para que el alumno se registre con la clave del grupo que, previamente, su profesor habrá dado de alta en la base de datos. (Fig.4.1)



Fig. 4.1: Pantalla de inicio del programa

Cuando se accede al programa el alumno entra en una sección denominada “Morfología”, que es un breve documento con información concisa respecto a las características morfológicas de los insectos con los que van a trabajar durante las actividades (Fig. 4.2).

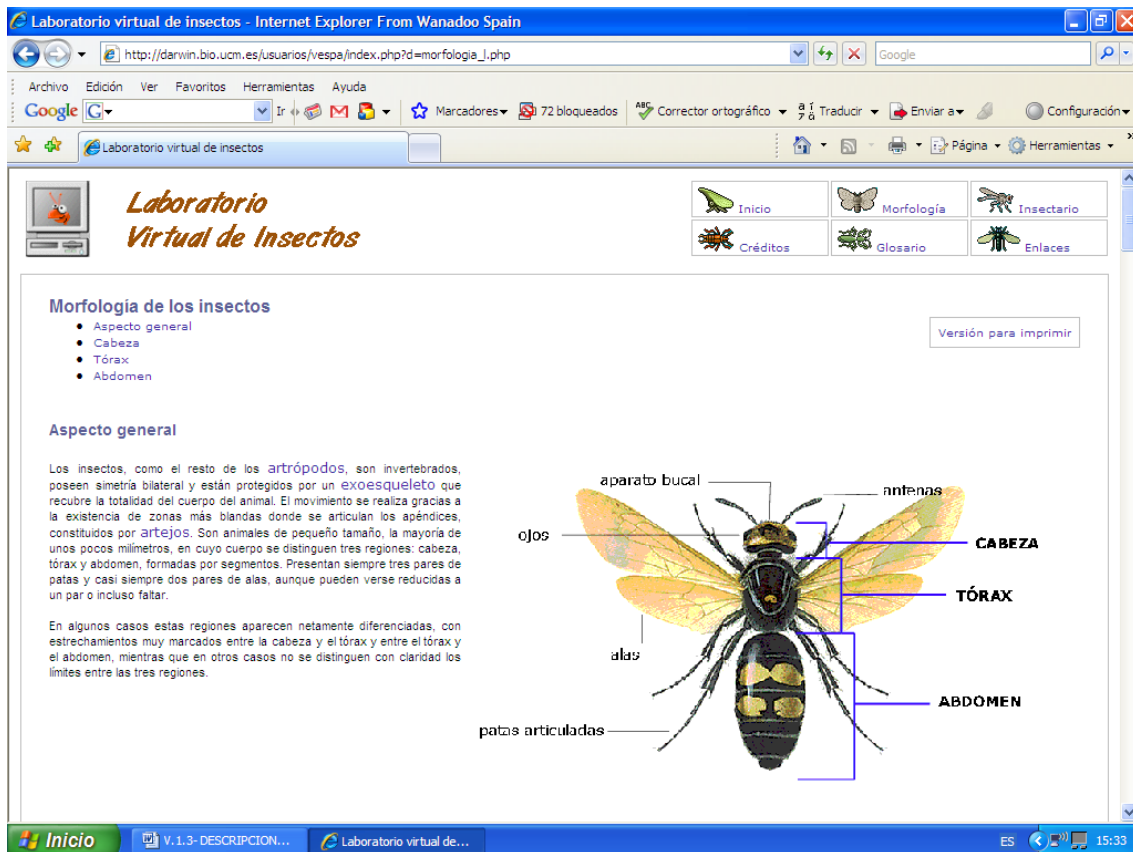


Fig. 4.2: Sección del documento “Morfología”

Los parámetros que son de aplicación a las características de estudio (grande, pequeño, largo, globoso...) quedan definidas en este documento para evitar la subjetividad de la observación. Así, el alumno debe considerar que un insecto tiene ojos grandes si ocupan la mitad o más de la cabeza y pequeños en caso contrario, o que un abdomen es alargado si es dos o más veces más largo que ancho y globoso en caso contrario. La información está disponible en dos modalidades, texto e imagen para atender a las diferencias de estilo de aprendizaje y las preferencias personales

de los alumnos. Este documento está accesible durante toda la actividad para que el alumno pueda realizar cuantas consultas precise.

Existe así mismo un “Glosario” de términos que se puede consultar igualmente durante toda la actividad y al que se puede acceder bien directamente o bien a través de términos marcados como *palabras calientes* en el documento “Morfología” (Fig.4.3).

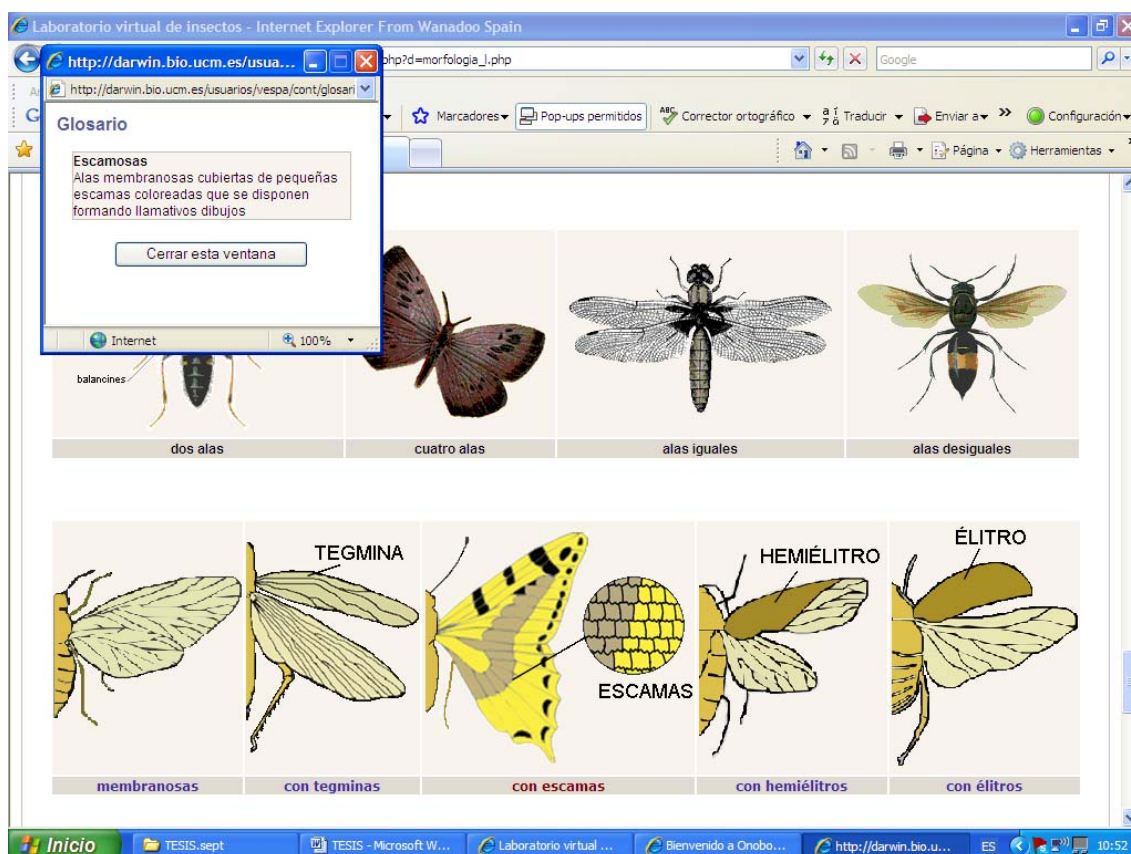


Fig. 4.3: Sección del documento “Morfología” mostrando diferentes tipos de alas. La descripción correspondiente a los dibujos puede leerse a través de palabras activas que remiten al alumno al Glosario.

Finalizada la lectura de este documento, el alumno puede iniciar las actividades. En ellas deberá estudiar la morfología de seis ejemplares correspondientes a otros tantos órdenes de insectos. En cada actividad se trabaja con dos ejemplares distintos. Al comienzo de cada actividad una pantalla inicial explica su finalidad. (Fig. 4.4).

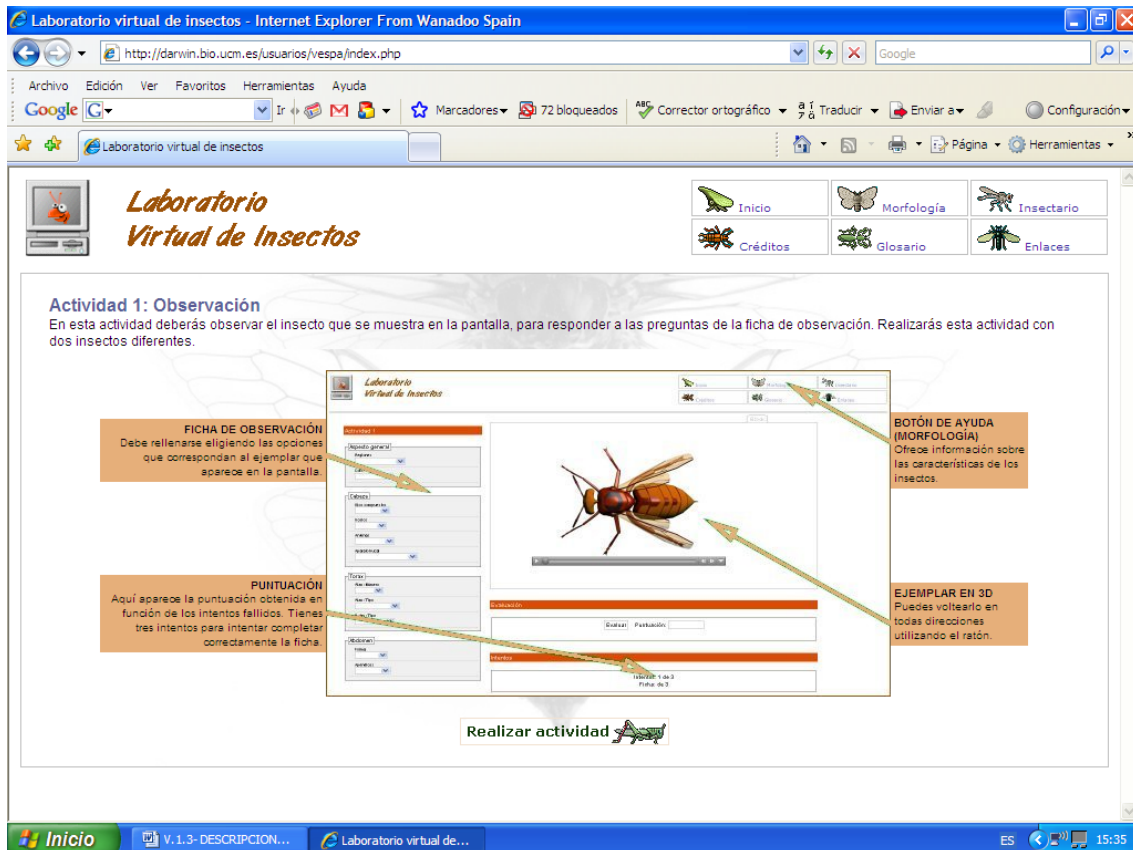


Fig. 4.4: Pantalla explicativa de la primera actividad

- **ACTIVIDAD 1- OBSERVACIÓN**

Como se ha mencionado anteriormente, la observación apoyada en la utilización de guías estructuradas facilita a los estudiantes no iniciados la identificación de características significativas. En esta actividad los alumnos tienen que completar una ficha de observación identificando once características diferentes de cada uno de los dos insectos con los que van a trabajar. En dicha ficha, los primeros datos que se piden son los que hacen referencia al aspecto general del cuerpo del animal (forma, color), para ir después registrando la presencia o no de determinadas características en cada una de sus partes o la cualidad de algunas de ellas, es decir, se dirige al alumno desde una observación general a otra particular de manera ordenada. El registro de estos datos se realiza por elección de términos en un menú desplegable que ofrece varias alternativas para cada característica. Los insectos objeto de la

observación son modelos en 3D que pueden ser manipulados en el espacio para poder observar mejor su morfología (Fig.4.5). Para la observación de ciertos detalles, el programa se sirve de un efecto zoom. Las dudas respecto a la identificación de los caracteres, pueden resolverse mediante la consulta del glosario o del documento sobre morfología que se encuentran disponibles durante toda la actividad.

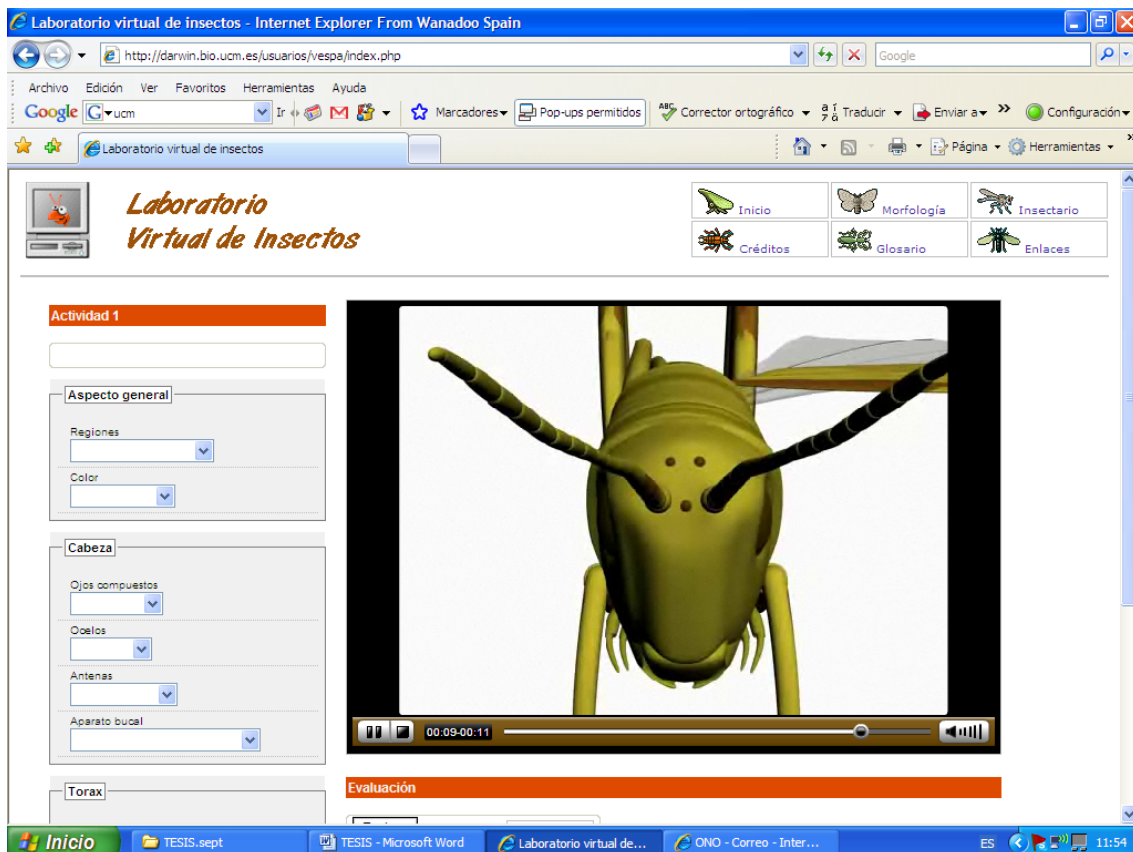


Fig. 4.5: Pantalla de la primera actividad: OBSERVACIÓN

El programa permite tres intentos para completar la ficha correspondiente a cada ejemplar. Con cada intento fallido el programa informa de la puntuación parcial obtenida e identifica algunos de los errores para facilitar la revisión de las respuestas. Al identificar correctamente todas las características incluidas en la ficha, o bien al agotar los tres intentos, el programa carga un ejemplar diferente para realizar de nuevo la misma actividad. Al finalizar, el alumno puede comprobar la puntuación obtenida.

- **ACTIVIDAD 2- CLASIFICACIÓN**

La clasificación de los seres vivos puede presentar diferentes niveles de complejidad dependiendo de los taxones implicados en el proceso de identificación. La terminología científica utilizada para designar algunas características morfológicas, así como la carga conceptual que subyace bajo ella, pueden resultar obstáculos insalvables por los alumnos para alcanzar los objetivos propuestos. En este nivel de enseñanza, la identificación a nivel de Orden con ayuda de claves dicotómicas es suficiente para lograr en los alumnos una observación sistemática y rigurosa de los caracteres taxonómicos. El número de ejemplares entre los que se debe discriminar es también importante. En general, de acuerdo con Randler y Bogner (2006), los estudiantes tienen mayores dificultades para clasificar cuanto mayor es el número de especies involucradas, ya que utilizar un número reducido de ejemplares reduce a su vez la cantidad de términos científicos nuevos que han de manejar. Por esta razón, en las actividades de este laboratorio solamente se han incluido ocho ejemplares representantes de los ocho Órdenes de insectos más comunes.

La técnica utilizada habitualmente para la determinación de los seres vivos es la aplicación de claves dicotómicas. Una clave dicotómica contiene las características distintivas de un grupo de organismos organizadas en dilemas, es decir, pares de afirmaciones contrapuestas. Para clasificar un organismo hay que leer las dos alternativas y optar por una de ellas. Esta elección conducirá a un nuevo dilema y así hasta la identificación del ejemplar. La aplicación de estas claves requiere una observación cuidadosa del ejemplar que se desea determinar y, para iniciarse en su utilización, se debe empezar por una selección breve de pares de afirmaciones, ya que cuanto mayor sea el número de pasos necesarios, más posibilidades hay de cometer un error. En esta sección los alumnos tienen que clasificar dos ejemplares siguiendo una clave dicotómica que proporciona el programa. Las

alternativas van apareciendo de manera secuenciada a medida que el alumno opta por una de ellas. Así, al no mostrar la lista completa de alternativas, se evita que los alumnos utilicen “atajos” en la identificación (Fig. 4.6). Disponen también de tres intentos para cada ejemplar y, tras identificar correctamente el ejemplar o agotar los intentos, el programa ofrece información sobre los aciertos o errores cometidos y la puntuación parcial, permitiendo el acceso a la siguiente actividad.

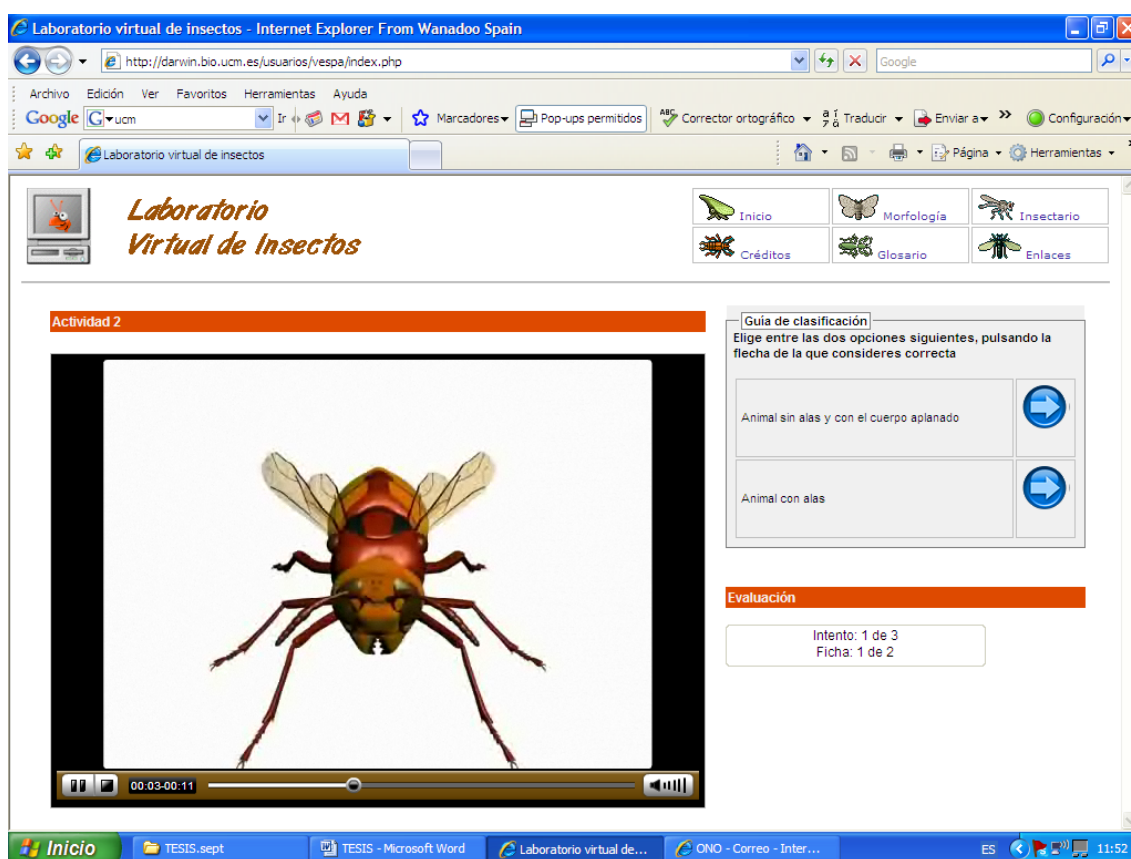


Fig. 4.6: Pantalla de la segunda actividad: CLASIFICACIÓN

- **ACTIVIDAD 3- IDENTIFICACIÓN**

La última actividad consiste en la identificación directa del Orden al que pertenece el ejemplar que aparece en la pantalla. Para ello, el programa carga un nuevo ejemplar y en la misma pantalla se muestra una sucinta descripción de cada uno de los ocho Órdenes de insectos en los que se han basado las actividades de laboratorio. A la vista de las características con las que se identifica cada Orden, el alumno debe marcar cuál es el que corresponde a su ejemplar. Disponen, como en las anteriores actividades, de tres intentos y deben identificar dos ejemplares. (Fig. 4.7).



Fig. 4.7: Pantalla de la tercera actividad: IDENTIFICACIÓN

El programa consta también de una selección de “Enlaces” recomendados donde los alumnos pueden consultar información o realizar más actividades. Por último, para aquellos profesores o alumnos que quieran profundizar en el tema, se propone una actividad enfocada al trabajo colaborativo: la creación de un “Insectario Virtual”. Esta actividad consiste en la elaboración de un archivo de fichas de insectos en las que, según el modelo que ofrece el programa, consten la identificación taxonómica del ejemplar, sus características morfológicas y los aspectos más significativos de su biología. Esta actividad puede realizarse entre grupos de alumnos del mismo o distintos centros educativos. (Fig. 4.8).



Fig. 4.8: Pantalla del Insectario Virtual

#### 4.2.2.5. Instrumentos de evaluación de las actividades

La evaluación de las actividades prácticas ha sido siempre un reto para los profesores de Biología. La falta de tiempo y el manejo de datos cualitativos dificulta la evaluación, la cual, en muchas ocasiones, se reduce a la corrección del cuaderno de prácticas y la comprobación de que las actividades se han llevado a cabo. Sin embargo conocer el grado en que los alumnos alcanzan los objetivos propuestos es fundamental para poder configurar futuras actuaciones.

Una de las principales ventajas de los laboratorios virtuales respecto a los presenciales es, seguramente, la posibilidad de evaluar las actividades prácticas con mucha mayor precisión e introduciendo cuantos parámetros se deseen valorar. Los laboratorios virtuales pueden disponer de sistemas de corrección automática que permiten conocer la calificación de cada actividad y del conjunto de todas las que conformen una aplicación, guardar informes de laboratorio con las anotaciones de los alumnos o conocer el tiempo que los estudiantes han dedicado a cada actividad, por ejemplo. Esto permite a los profesores analizar las mejoras en el proceso de enseñanza mediante un registro que recoja el aprendizaje en la acción (*learning in the making*), mientras que la evaluación tradicional suele medir el rendimiento de los alumnos sólo después de que termina la enseñanza. Este tipo de registros informáticos suponen una ayuda a los profesores para entender cómo los estudiantes construyen y favorecen su propio aprendizaje, al tiempo que sugieren modificaciones en el proceso de enseñanza dirigidas a responder a las dificultades y motivaciones específicas de los estudiantes (Linn, M. C., 2002).

En el “*Laboratorio Virtual de Insectos*” se ha incluido un sistema de evaluación con el que se pretende conocer el grado en que los alumnos han desarrollado las destrezas de observación y clasificación. Estas destrezas implican una actividad intelectual que se revalida de dos formas:

- I. **MEDIANTE LA PROPIA PRÁCTICA:** es decir, en función de la correcta realización de las actividades, lo cual depende de las decisiones que el alumno toma para cada uno de los problemas planteados. Equivaldría a la técnica de observación en el aula, que se realiza habitualmente en el laboratorio presencial y evalúa los progresos del alumno (tiempo que utiliza, número de intentos), combinada con una plantilla de evaluación, que puntúa niveles de logro concretos. Para cada actividad se ha adoptado un criterio de calificación en función de sus características propias:
- a) En la actividad “Observación” el programa puntúa, sobre diez puntos, las once respuestas de la ficha, a las que se ha asignado un valor en función de la dificultad relativa de cada una. El alumno cuenta con la posibilidad de repetir hasta tres veces la ficha para cada uno de los ejemplares que debe estudiar sin que esto le reste puntuación, ya que se ha tenido en cuenta el error experimental, inherente a toda actividad práctica. Mientras que en la observación cuantitativa son frecuentes los errores de cálculo o de medida, en la observación cualitativa este error se debe, generalmente, a una interpretación errónea del carácter observado y se debe permitir al alumno la posibilidad de buscar y corregir su error. Hay que tener presente que algunas de las características que se estudian, a pesar de estar definidas en los documentos del programa, admiten una interpretación subjetiva. También debe considerarse el valor educativo de la corrección de errores, ya que cuando los alumnos se enfrentan a un error y tienen oportunidad de comprobar sus respuestas, el análisis de las mismas les llevará a confirmar aquellas más objetivas y revisar las que pudieran ser interpretables. Esto les conducirá a reflexionar acerca de la objetividad o subjetividad de la observación y de la necesidad de delimitar criterios y homogeneizar las observaciones.

- b) En la actividad “Clasificación” el criterio es algo diferente. Cada ejercicio se puntúa de nuevo sobre diez, pero cada error de clasificación resta dos puntos. La razón es que en el transcurso de la actividad el alumno debe elegir solamente entre dos alternativas cada vez, lo que, en caso de que no fueran penalizadas las elecciones erróneas, podría conducir a respuestas irreflexivas de ensayo-error sin que ningún razonamiento sea aplicado. Como en el caso anterior se pueden realizar tres intentos por cada ejemplar, pero en esta ocasión la puntuación sí depende de las veces que se repita el ejercicio. Si no se clasifica correctamente el ejemplar finalizados los tres intentos, la calificación final es cero.
- c) En “Identificación” se sigue el mismo criterio, con la finalidad de evitar que la selección de uno u otro Orden de adscripción para el ejemplar de estudio se lleve a cabo sin la atención necesaria. Se restan, por tanto dos puntos cada vez que el alumno selecciona un Orden erróneo, aunque se le permite repetir, como en los casos anteriores, hasta tres veces la identificación de cada ejemplar.

Para cada una de las tres actividades, la puntuación final es la media de la obtenida con cada uno de los dos ejemplares que se han estudiado. Estas puntuaciones, con la información relativa a los errores cometidos, se muestran al alumno a finalizar cada actividad, lo que le permite ser consciente de su propio progreso. (Fig. 4.8)

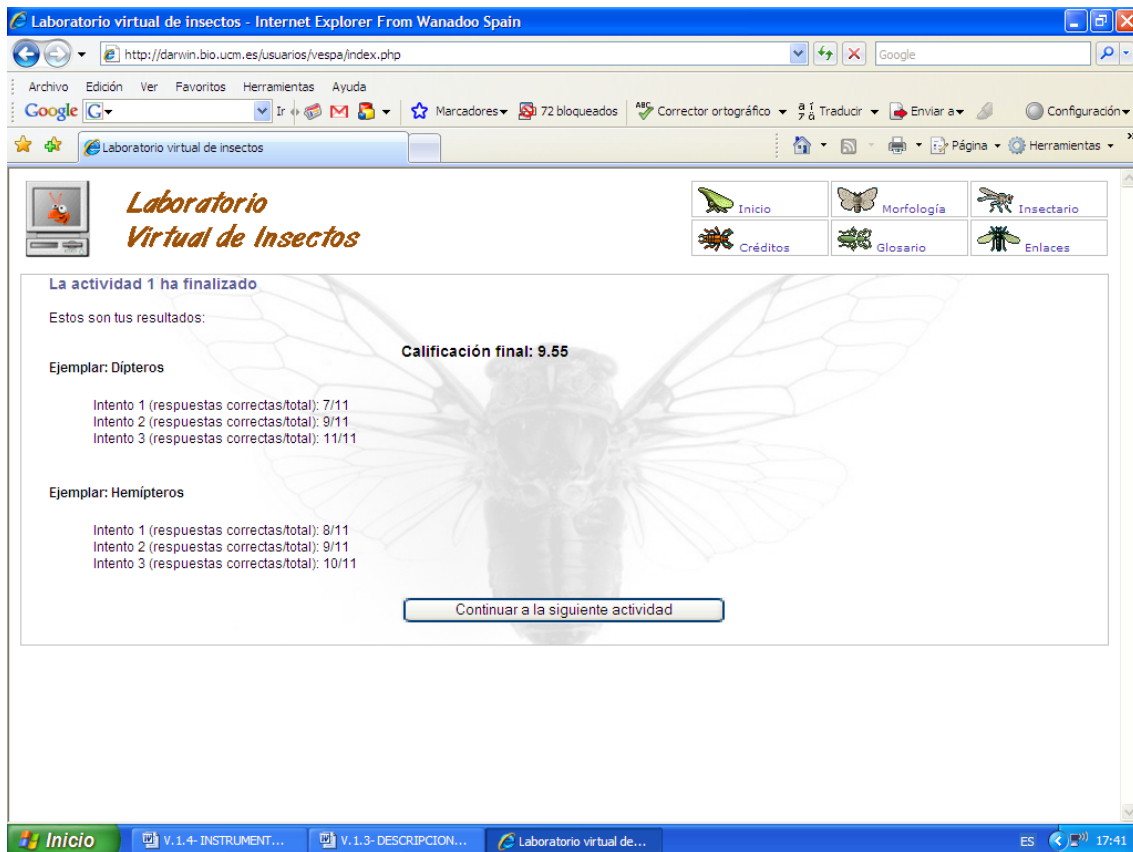


Fig. 4.8: Pantalla de evaluación de la primera actividad

- II. **MEDIANTE UN CUESTIONARIO FINAL:** Al final de las tres actividades el alumno debe responder a un cuestionario final de cinco preguntas con las que se pretende averiguar si es capaz de aplicar las destrezas que se han trabajado en el laboratorio a otros contextos, es decir, el grado de transferencia de los conocimientos adquiridos. Equivale a las pruebas escritas que frecuentemente se aplican en el laboratorio presencial para valorar el desarrollo cognitivo alcanzado a través del trabajo práctico. Las preguntas son seleccionadas aleatoriamente por el propio programa entre una batería de veinte y consisten en cuestiones tipo test en las que el alumno debe marcar la respuesta correcta entre las cuatro alternativas que se proponen. Un ejemplo de este cuestionario figura continuación:

## CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN

### 1. ¿Qué apéndices tienen los insectos divididos en artejos?

- Patas
- Antenas
- Alas
- Patas y antenas

### 2. Los insectos tienen:

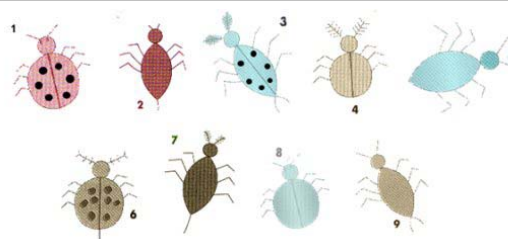
- Dos pares de patas iguales
- Tres pares de patas iguales
- Un par de patas saltadoras y dos pares marchadoras
- Tres pares de patas marchadoras o modificadas

### 3. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre las alas de los insectos NO es correcta?

- Pueden tener las 4 alas membranosas
- Pueden tener las 4 alas escamosas
- Pueden tener las 4 alas esclerotizadas
- Pueden tener las 4 alas iguales

### 4. Según el siguiente dibujo, en un orden de insectos definido como animales con cuerpo globoso, sin cercos abdominales y con antenas filiformes incluirías a los números:

- 1, 2, 5, 8 y 9
- 1 y 8
- 1, 4, 6 y 8
- 4 y 8



### 5. ¿Qué tipo de aparato bucal es este?

- Masticador
- Chupador en trompa
- Picador
- Chupador en espiritrompa



El entorno virtual e interactivo en que se desarrolla la tarea permite que los resultados del trabajo de los alumnos sean devueltos por el programa en forma de calificaciones. La nota media de las cuatro puntuaciones parciales constituye la calificación final, quedando todos los datos registrados por el programa y permitiendo al profesor, cuando accede con su clave, comprobar en qué actividades concretas han tenido mayor dificultad cada uno de sus alumnos (Fig. 4.9). Estos datos, junto a la información adicional, como el número de veces que se ha realizado la actividad o el tiempo de dedicación a la misma, podrán servir de indicador sobre la conveniencia de reforzar algunos conceptos en el aula o sobre la necesidad de atención personalizada por parte de algunos alumnos.

The screenshot shows a web browser window titled 'Laboratorio virtual de insectos - Internet Explorer From Wanadoo Spain'. The address bar shows 'http://darwin.bio.ucm.es/usuarios/vespa/index.php'. The page content includes a navigation menu with links for 'Inicio', 'Morfología', 'Insectario', 'Créditos', 'Glosario', and 'Enlaces'. The main section is titled 'Resultados finales' and displays the following information:

- Actividad 1: Observación**
  - Ejemplar: Hemipteros
    - Intento 1 (respuestas correctas/total): 7/11
    - Intento 2 (respuestas correctas/total): 9/11
    - Intento 3 (respuestas correctas/total): 9/11
  - Ejemplar: Dípteros
    - Intento 1 (respuestas correctas/total): 10/11
    - Intento 2 (respuestas correctas/total): 10/11
    - Intento 3 (respuestas correctas/total): 10/11
  - Calificación de la actividad 1: **8.64 puntos**
- Actividad 2: clasificación**
  - Ejemplar: Tisanuros
    - Intento 1: correcto
  - Ejemplar: Ortópteros
    - Intento 1: incorrecto
    - Intento 2: incorrecto
    - Intento 3: correcto
  - Calificación de la actividad 2: **8 puntos**
- Actividad 3: identificación**
  - Ejemplar: Coleópteros
    - Intento 1: correcto
  - Ejemplar: Odonatos
    - Intento 1: correcto
  - Calificación de la actividad 3: **10 puntos**
- Cuestionario de evaluación**
  - Preguntas en el cuestionario: 5
  - Preguntas contestadas correctamente: 4
  - Preguntas contestadas incorrectamente: 1
  - Preguntas sin contestar: 0
  - Calificación: 8
  - Calificación del cuestionario: **8 puntos**

The final score is displayed as **8.66 puntos** with a 'Cerrar sesion' button below it. The Windows taskbar at the bottom shows the 'Inicio' button and several open applications: 'V. 1.4- INSTRUMENT...', 'V. 1.3- DESCRIPCION...', 'Laboratorio virtual de...', and 'Adobe Photoshop'. The system clock shows 'ES' and '18:20'.

Fig. 4.9- Pantalla de resultados finales

### 4.3. EVALUACIÓN DEL PROGRAMA

Previamente a la implantación del programa se consideró necesario someterlo, siguiendo la técnica del *grupo asesor* mencionada anteriormente, a una evaluación de expertos que ofrecieran su punto de vista respecto a las características técnicas y pedagógicas del mismo. Para que el criterio de valoración resultara homogéneo, se diseñó un ficha de evaluación (Anexo III) que consta de dos apartados: uno referido a la evaluación técnica en el que se incluyeron indicadores respecto a las cualidades técnicas, utilización de recursos, navegabilidad, etc. y otro referido a la evaluación pedagógica que pretendía recoger aspectos relativos a la selección y tratamiento de los objetivos, idealización de los procedimientos, etc. Los indicadores utilizados están basados en los aspectos considerados por algunos autores (Morales [et al.], 2004) como criterios de calidad de un objeto de aprendizaje (*learning object*): aspectos psicopedagógicos, aspectos didáctico-curriculares, aspectos técnico-estéticos y aspectos funcionales. El diseño de la ficha ha estado inspirado en el documento del grupo evaluador de la Mediateca DIM-ADRE (2006), concebido para la evaluación de materiales multimedia.

La ficha está estructurada en cuatro apartados: el primero corresponde a la valoración de los aspectos técnicos y funcionales del programa y consta de 11 ítems; en el segundo se valoran los aspectos pedagógicos y consta de 8 ítems; el tercero es un apartado de observaciones, en el que se solicita de los evaluadores su opinión acerca de las ventajas que comporta este programa respecto a otros medios y sobre los problemas o inconvenientes que pudieran derivarse de su aplicación, permitiendo, también, la inclusión de observaciones relativas a aquellos aspectos que no se hubieran tenido en cuenta en el diseño de la ficha; en el último apartado se solicita la valoración global del programa. Las categorías de valoración establecidas para cada uno de los ítems así como para la valoración global son: Baja, Media, Alta y Excelente

La evaluación la han llevado a cabo tres profesores de la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid: Dr. Evaristo Nafría López, del Departamento de Didáctica y Organización Escolar, Dr. David Reyero García, del Departamento de Teoría e Historia de la Educación y Dra. Manuela Martín Sánchez, del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, así como de una profesora del Instituto de Enseñanza Secundaria Jaime Ferrán Clúa, Dra. Concepción de Juana Magaña.

Los resultados de la evaluación se resumen a continuación, indicando la valoración que ha merecido cada ítem para cada uno de los cuatro evaluadores:

### 4.3.1. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROGRAMA

- i. **INFORMACIÓN AL USUARIO:** pretende saber si el usuario, al acceder al programa tiene información suficiente acerca de los objetivos de las actividades que va a llevar a cabo así como del funcionamiento del programa.

VALORACIÓN	ALTA	MEDIA	ALTA	EXCELENTE
------------	------	-------	------	-----------

- ii. **ENTORNO VISUAL:** pretende valorar la presentación del contenido, amabilidad del entorno o si hay elementos de distracción

VALORACIÓN	ALTA	EXCELENTE	EXCELENTE	EXCELENTE
------------	------	-----------	-----------	-----------

- iii. **NAVEGACIÓN:** se refiere a la facilidad de uso del programa, eficacia de los enlaces y velocidad de la navegación

VALORACIÓN	EXCELENTE	ALTA	ALTA	ALTA
------------	-----------	------	------	------

- iv. **ELEMENTOS MULTIMEDIA:** se refiere a la cantidad y selección de elementos multimedia utilizados y calidad de la simulación

VALORACIÓN	MEDIA	ALTA	ALTA	EXCELENTE
------------	-------	------	------	-----------

- v. **INTERACTIVIDAD:** se refiere a la posibilidad de manipulación de la simulación, facilidad de entrada de los datos y a la calidad de las respuestas del programa

VALORACIÓN	MEDIA	MEDIA	ALTA	ALTA
------------	-------	-------	------	------

- vi. **CONTENIDOS:** pretende saber si los contenidos son claros, completos y están bien organizados para su comprensión por parte de los alumnos

VALORACIÓN	ALTA	ALTA	ALTA	EXCELENTE
------------	------	------	------	-----------

- vii. **SERVICIOS DE AYUDA:** pretende conocer la utilidad de los documentos de ayuda (morfología, glosario) y su facilidad de acceso durante la actividad

VALORACIÓN	ALTA	EXCELENTE	ALTA	ALTA
------------	------	-----------	------	------

- viii. **REGISTRO DE CALIFICACIONES:** se refiere al utilidad para el profesor de dicho registro y a la facilidad de acceso a esta información

VALORACIÓN	ALTA	ALTA	EXCELENTE	ALTA
------------	------	------	-----------	------

- ix. **ACCESO A OTROS RECURSOS:** se refiere a la efectividad e idoneidad de los enlaces propuestos

VALORACIÓN	ALTA	SIN EVALUAR	EXCELENTE	EXCELENTE
------------	------	-------------	-----------	-----------

- x. **ADECUACIÓN DEL DISEÑO AL NIVEL EDUCATIVO:** pretende saber si el diseño de las actividades se corresponde con el currículo del nivel educativo al que van dirigidas

VALORACIÓN	ALTA	ALTA	EXCELENTE	ALTA
------------	------	------	-----------	------

- xi. **ADECUACIÓN DEL CONTENIDO AL TIEMPO:** pretende saber si la duración de la actividad se corresponde con la duración de un periodo lectivo

VALORACIÓN	ALTA	MEDIA	EXCELENTE	ALTA
------------	------	-------	-----------	------

#### 4.3.2. **EVALUACIÓN PEDAGÓGICA DEL PROGRAMA**

- xii. **RELEVANCIA DE LOS CONTENIDOS:** se refiere al valor didáctico de los contenidos del programa

VALORACIÓN	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
------------	------	------	------	------

- xiii. **EFICACIA:** pretende conocer el grado en que el programa facilita el aprendizaje

VALORACIÓN	ALTA	MEDIA	ALTA	ALTA
------------	------	-------	------	------

- xiv. **ADECUACIÓN DE LOS CONTENIDOS AL NIVEL COGNITIVO DE LOS ALUMNOS:** pretende saber si los contenidos están en consonancia con los conocimientos previos y la madurez intelectual de alumnos de esta edad

VALORACIÓN	ALTA	ALTA	MEDIA	ALTA
------------	------	------	-------	------

- xv. **CAPACIDAD DE MOTIVACIÓN:** trata de valorar si el software está concebido de tal forma que pueda llegar a despertar la motivación por el aprendizaje y si las actividades son lo suficientemente entretenidas y retadoras como para mantener la motivación a lo largo de la ejecución

VALORACIÓN	ALTA	ALTA	EXCELENTE	EXCELENTE
------------	------	------	-----------	-----------

- xvi. **TUTORIZACIÓN:** pretende averiguar si los recursos de ayuda se consideran suficientes y si suministran información suficiente y clara para completar las actividades

VALORACIÓN	ALTA	EXCELENTE	ALTA	ALTA
------------	------	-----------	------	------

- xvii. **AUTONOMÍA:** se refiere al grado en que fomenta la toma de decisiones

VALORACIÓN	MEDIA	ALTA	MEDIA	MEDIA
------------	-------	------	-------	-------

- xviii. **ESFUERZO COGNITIVO:** pretende saber si estimula actividades de comprensión, comparación, exploración, reflexión metacognitiva

VALORACIÓN	MEDIA	EXCELENTE	ALTA	ALTA
------------	-------	-----------	------	------

- xix. **EVALUACIÓN:** se refiere al grado en que favorece la retroalimentación sobre los avances de los estudiantes en la ejecución de la tarea

VALORACIÓN	MEDIA	EXCELENTE	MEDIA	ALTA
------------	-------	-----------	-------	------

### 4.3.3. OBSERVACIONES Y VALORACIÓN GLOBAL

- VENTAJAS QUE COMPORTA RESPECTO A OTROS MEDIOS:

Entre las ventajas que han destacado frente a otros medios, los evaluadores señalan que permite una mejor visualización de las características de los ejemplares, favorece la motivación y posibilita el trabajo colaborativo, además de las ventajas propias del multimedia frente a los medios tradicionales, especialmente la posibilidad de interacción.

- PROBLEMAS O INCONVENIENTES:

Entre los inconvenientes se señala un tamaño de letra demasiado pequeño, la dificultad de manejo de la simulación, la imprecisión de algunos detalles, exceso de información y un feedback incompleto. También se considera un inconveniente para su aplicación la dependencia del acceso a las aulas de informática.

- OBSERVACIONES

Como observaciones señalan que el insectario virtual se podría elaborar por medio de un espacio wiki entre todos los profesores y alumnos dados de alta. También consideran que la actividad fomenta la observación en detalle y está visualmente muy bien diseñada. La valoración del glosario es excelente, por su accesibilidad y formato, que no distrae la atención del texto principal. La actividad en conjunto es considerada por uno de los evaluadores muy exigente.

- VALORACIÓN GLOBAL

La valoración global otorgada tras el análisis anterior ha sido **ALTA** en los cuatro casos. Asignando una puntuación de 1 a 4 a las categorías de valoración

consideradas, el valor medio obtenido de la evaluación del programa sería de 3,3, es decir, entre Alto y Excelente, como puede verse en el siguiente gráfico:

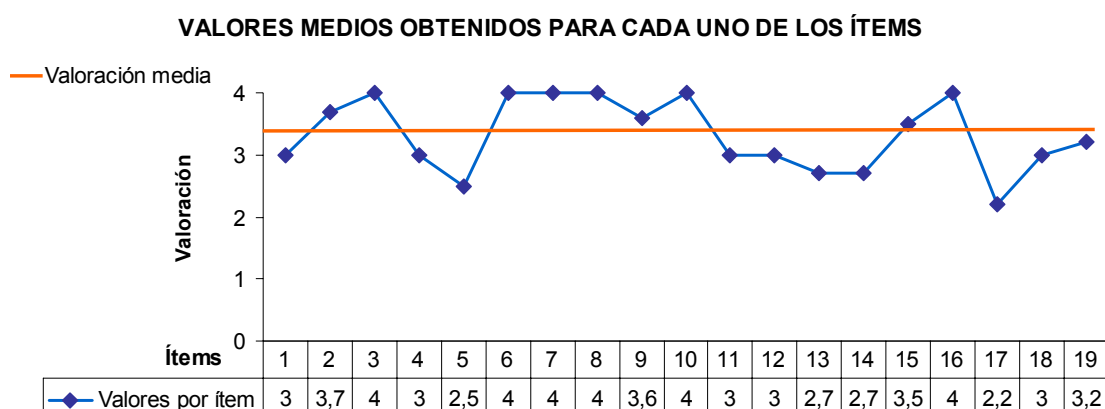


Fig. 4.10: Comparación de los valores medios obtenidos en cada uno de los ítems con el valor promedio de todos ellos

#### 4.4. CONCLUSIONES

Los laboratorios virtuales son herramientas que pueden resultar muy útiles para la enseñanza de la Biología debido a sus características técnicas. La implicación de alguna de estas características, relacionadas con la capacidad de interacción, de simulación o de registro de datos, en los procesos de educativos han sido señaladas desde la investigación didáctica:

- La capacidad de simulación permite recrear procesos y fenómenos imposibles de reproducir en un laboratorio presencial así como prácticas peligrosas o caras
- La interactividad posibilita la intervención en los procesos, la manipulación de objetos o la modificación de parámetros valorando los efectos que se producen
- La corrección de las respuestas a las acciones de los alumnos permite identificar los errores y aprender de ellos

- La posibilidad de selección y manipulación de las imágenes permite enfocar la atención en objetivos concretos
- Resuelven una dificultad tradicional del trabajo experimental en Biología que es disponer de ejemplares de seres vivos para su estudio
- La realización de las actividades no está sujeta a un tiempo y espacio determinado, facilitando el aprendizaje permanente
- Pueden incluir documentos de ayuda o glosarios que facilitan el aprendizaje y promueven la autonomía
- Es un entorno de aprendizaje motivador para los alumnos

El “*Laboratorio Virtual de Insectos*” participa de estas características técnicas, las cuales pueden contribuir, además, a paliar algunos de los problemas señalados por los profesores para la realización de trabajo experimental con sus alumnos tal y como se ha puesto de manifiesto en la evaluación del contexto:

- i. Falta de profesores de desdoble: Los laboratorios virtuales permiten evitar las situaciones de riesgo o la manipulación de material delicado, lo que hace innecesaria la presencia de profesores de desdoble. En el caso de la actividad de observación y clasificación de insectos que se propone en el “*Laboratorio Virtual de Insectos*” no existe riesgo para los alumnos, pero la vigilancia de la manipulación de los ejemplares para procurar su conservación sí sería necesaria en el laboratorio presencial. El trabajo en el entorno virtual soluciona este problema, al mismo tiempo que la disponibilidad de documentos de ayuda que pueden ser consultados durante la realización de la actividad reduce la necesidad de intervención del profesor, que, de esta manera, puede atender a un grupo más numeroso de alumnos.

- ii. Falta de tiempo: Las tareas habituales del profesor, en un laboratorio presencial, de preparación y recogida del material y de elaboración de fichas de trabajo o claves dicotómicas no son necesarias en el laboratorio virtual, por lo que el tiempo de dedicación se reduce notablemente. Por otra parte, al ser un programa accesible desde Internet, puede realizarse desde casa si la falta de tiempo para el desarrollo del currículo supone un problema para hacerlo en la clase.
- iii. Falta de recursos: La falta de disponibilidad de ejemplares reales para trabajar es, quizá, uno de los principales inconvenientes de las actividades de estudio de los seres vivos. Los modelos 3D diseñados para el *“Laboratorio Virtual de Insectos”* reproducen fielmente las características de los insectos y evitan la labor de obtención de ejemplares reales así como el problema ético que supone su captura.
- iv. Dificultad para reproducir ciertos procesos biológicos en el laboratorio: Las posibilidades de la simulación para recrear contextos reales hace que cualquier proceso biológico pueda reproducirse en un programa informático. En el caso del *“Laboratorio Virtual de Insectos”* no hay una imposibilidad técnica para realizar en un laboratorio presencial las actividades que se plantean, sino tan solo una dificultad por falta de material. Sin embargo, tanto el diseño detallado de los ejemplares en 3D como la simulación del programa que permite dar movimiento de rotación y aproximación al animal logran el efecto de la manipulación real en el laboratorio, lo que permite valorar las posibilidades de la herramienta aplicadas a cualquier otro campo de Biología.
- v. Evaluación: Aunque no se ha manifestado como un obstáculo limitante en la evaluación del contexto, la dificultad para evaluar las prácticas de laboratorio es fuente de insatisfacción para los profesores (Barberá y Valdés, 1996). La inclusión de un sistema de evaluación automático en el programa

proporciona una ventaja en este sentido, tanto para los profesores como para los alumnos.

El diseño del “*Laboratorio Virtual de Insectos*” coincide, tanto en sus principios pedagógicos como en las características técnicas en las que se apoya, con programas similares que han sido objeto de experimentación en otros países, con resultados, en general, muy positivos. Por otra parte, la alta valoración técnica y pedagógica que ha merecido por parte de los evaluadores permite considerar que constituye un modelo útil para el objetivo de nuestra investigación, toda vez que ejemplifica algunas de las virtudes de estas aplicaciones más destacadas por la investigación didáctica.



# 5

## EVALUACIÓN DEL PROCESO DE APLICACIÓN

---

### 5.1. METODOLOGÍA

En cualquier proceso de investigación evaluativa resulta clave la selección y análisis de información sobre la aplicación del programa, para valorar su eficacia e identificar los elementos que influyen en la consecución de los objetivos y metas propuestos. La evaluación del proceso de aplicación de un programa permite comprobar hasta qué punto éste se desarrolla como se planificó y recopila datos que pueden redundar en una mejora del mismo.

En algunos casos, los programas son capaces de establecer sus objetivos y metas en forma suficientemente precisa como para que su interpretación sea inequívoca, ya que suelen estar referidos a estándares. Sin embargo, a menudo se han criticado los enfoques mecanicistas de la evaluación diseñados desde posiciones alejadas de la realidad educativa, en los que, en ocasiones, se utilizan instrumentos excesivamente sofisticados que distraen de la finalidad concreta del estudio y llevan a la elaboración de informes que no reflejan una comprensión del fenómeno más allá de los números, los datos y las tablas. Muchos investigadores defienden un enfoque holístico (naturalista y orientado hacia el participante) que tenga en cuenta el elemento humano y la complejidad de los procesos educativos (McMillan y Schumacher, 2005).

Ya se ha comentado anteriormente la ausencia de estándares para la evaluación de los laboratorios virtuales, pero además, el interés de esta investigación no es

solamente valorar las virtudes o defectos de una aplicación específica, sino, tomándola como modelo, hacer aflorar aquellos otros factores que pudieran ser relevantes a la hora de considerar el interés didáctico de este tipo de programas educativos. Por esta razón, en esta fase de la evaluación parece aconsejable atender, previamente al análisis de los niveles de logro de los objetivos operativos marcados por el propio programa utilizado, a los aspectos ambientales en que se ha desarrollado y a la actitud de los participantes, alumnos y profesores. Se pretende con ello obtener una visión múltiple de la realidad que permita el contraste de datos, el conocimiento de nuevas informaciones que habían quedado ocultas en anteriores exploraciones, la reflexión colectiva y la autorreflexión, implicando a los participantes en el proceso en el análisis y en la crítica del mismo.

*Al enfrentar las interpretaciones de los hechos y fenómenos extraídos por los evaluadores con las versiones de los participantes surgen, además, cuestiones relativas a la metodología empleada, a las técnicas de recogida e interpretación de datos, a la subjetividad de los observadores, a la idoneidad de los diseños, a los fines de la evaluación, etc. Ello fuerza a los evaluadores, por un lado, al análisis, autocrítica y autocontrol continuos y, por otro, a la justificación o defensa de sus postulados teóricos, lo que provoca el contraste epistemológico y metodológico, al menos de algunos sectores de participantes sobre la evaluación en marcha y sobre los supuestos paradigmáticos, en general, en los que sustentan las investigaciones sociales (Fernández Sierra y Santos Guerra, 1992).*

Para llevar a cabo la evaluación del proceso de aplicación del laboratorio virtual y dar voz a los participantes en el mismo, se ha realizado una investigación cualitativa basada en lo que se conoce como *trabajo de campo*. En ciencias sociales, el trabajo de campo suele designar el período y el modo de la investigación dedicado a la recopilación y registro de datos y constituye uno de los métodos básicos de la investigación etnográfica. El trabajo de campo, por lo común, implica la aplicación de

un conjunto de técnicas cuya originalidad metodológica consiste en la implicación del propio investigador en el trabajo, su *auto-instrumentalización* (Velasco y Díaz de Rada, 1997).

La pretensión que anima el trabajo de campo es la aprehensión de la totalidad, identificada, a veces, con el nombre genérico de *contexto*. La descripción del entorno y las características de los participantes en el estudio deben enmarcar la investigación, ya que la comprensión de un problema concreto exige su contextualización, es decir, dimensionarlo respecto al conjunto de factores o elementos que intervienen en él y que, finalmente, se revelan como un conjunto estructurado, como un todo. Tal pretensión, pese a ser en realidad una utopía, resulta estimulante para cualquier investigador.

Hay todo un abanico de instrumentos que pueden ser utilizados al servicio del trabajo de campo: censos, mapas, cuestionarios, tablas, listas, gráficos, dibujos, fotografías, filmes, grabaciones sonoras, documentos, etc., que contribuyen a reforzar la impresión de que por medio de la heterogeneidad de accesos es posible aprehender la totalidad y objetivarla. Pero en el ámbito de la educación, el trabajo de campo ha de realizarse muy frecuentemente en el seno de organizaciones formales muy estructuradas y, a menudo, el investigador está implicado, además, en tareas institucionales (director, profesor, evaluador, etc.). En tales circunstancias, sólo con dificultad pueden lograrse interacciones con todos los sectores que componen la población objeto de estudio.

La doble condición de la autora de la investigación como observadora y como profesora del centro educativo en el que se desarrolla la experiencia plantea ventajas e inconvenientes. Las ventajas derivan del conocimiento profundo de la realidad del centro y de la facilidad de acceso a todos los sectores de la comunidad educativa. Los inconvenientes, de la necesidad de compatibilizar la actividad investigadora con la

atención de las propias tareas docentes y de la posible merma en la objetividad que pudiera producirse en la interpretación de la realidad.

Para reducir esta posibilidad de sesgo en la investigación, inherente en cualquier caso a la investigación cualitativa, se ha recurrido a una metodología basada en la utilización de diferentes técnicas, con lo que se pretende conseguir una mayor fiabilidad de los resultados. Este procedimiento de utilización de diferentes técnicas en el análisis de un problema específico permite la *triangulación* de los datos, cuyo objetivo es verificar las tendencias detectadas en un determinado grupo de observaciones mediante el empleo de diferentes estrategias de recogida de datos.

Existen distintas técnicas de triangulación (Rodríguez Ruiz, 2005; Rodríguez, Pozo y Gutiérrez, 2006): de datos, de investigadores, de métodos, de teorías, etc., que son frecuentemente utilizadas para validar los resultados de la investigación cualitativa. La modalidad de validación empleada más frecuentemente es la *triangulación de métodos*. De ahí que se haga referencia a la misma como el "arquetipo de triangulación" (Rodríguez Ruiz, 2005). Su fundamento radica en la idea de que los métodos son instrumentos para investigar un problema y facilitar su entendimiento. Los distintos métodos, cuantitativos y cualitativos, son complementarios y la habilidad para combinarlos permite aprovechar los puntos fuertes de cada una de ellos.

Dentro de esta categoría es posible distinguir entre la triangulación intramétodos (utilización de múltiples variedades del mismo método para recopilar e interpretar los datos) y la triangulación intermétodos (utilización de métodos diferentes para estudiar un mismo fenómeno). La *triangulación intermétodos* mide el grado de validez externa de los datos. Trata de comprobar, por lo tanto, que los resultados no son consecuencia de la utilización de un método particular. Cada uno de los métodos debe generar un estudio completo en sí mismo y su análisis conjunto alumbrará un entendimiento global del objeto de estudio.

En esta fase de la investigación hemos optado por la modalidad de triangulación intermétodos, tanto cualitativos como cuantitativos. Desde la perspectiva cualitativa se han utilizado las técnicas de observación en el aula y la entrevista a los profesores participantes, que suelen definirse como las técnicas básicas de aprehensión de la realidad. Ambas técnicas comparten el supuesto de hacer accesible la práctica totalidad de los hechos y, generalmente, se tienen como complementarias para poder así captar de manera diferenciada los productos y los modelos, los comportamientos y los pensamientos, las acciones y las normas, los hechos y las palabras, lo real y lo deseable.

Observación y entrevista son dos modos básicos de obtener información, o más bien de producirla. Siendo el trabajo de campo una interacción social, cada uno de estos modos muestra el aparente predominio de los dos intervinientes en la interacción: el investigador, por un lado y los sujetos de estudio, por otro. En la observación, la información es obtenida desde la sensibilidad, desde la agudeza de percepción del investigador ante la acción de los sujetos de estudio. En la entrevista, la información es obtenida desde la abundancia y precisión de conocimientos de los sujetos mismos, de los informantes.

En realidad, el trabajo de campo hace del investigador el primer informante, un *estatus* que se consolida aún más por la observación participante, que debe dar a la observación el carácter de vivencia, de experiencia. Pero tradicionalmente la calificación de «informante» se ha reservado para los sujetos de estudio en general. Su condición de informantes es invocada como categoría de legitimación para su discurso, aunque esta categoría ha sido generalmente reservada para el informante bien informado, el informante cualificado, es decir, aquel sujeto a quien su papel social o sus capacidades personales lo convierten en «autoridad» inmediata sobre un campo

de saber. Esa «autoridad» es la que se transfiere al investigador, cuyo trabajo consiste en absorberla (Velasco y Díaz de Rada, 1997).

Es clásico justificar la complementariedad de la observación con la entrevista bajo el argumento del control, de la fiabilidad, o de la significatividad de los datos. La observación, suele decirse, proporciona el contraste de la realidad a la información suministrada a través de la entrevista. La entrevista, a su vez, proporciona sentido a las acciones a veces incomprensibles que se observan, o corrige las inferencias a veces precipitadas que se obtienen por observación. Pero ambas técnicas hablan especialmente de los dos tipos básicos de producción de información en el trabajo de campo:

- La observación y la observación participante proporcionan descripciones bajo el discurso propio del investigador
- La entrevista, tejida sobre el diálogo, proporciona el discurso ajeno, el de los sujetos de estudio

Estos dos tipos de información corresponden, respectivamente, a lo que en esencia aluden las categorías *etic* y *emic*<sup>21</sup>. Desde el punto de vista *etic*, el discurso basa su racionalidad fuera de un sistema (en un sistema de aplicación universal, por ejemplo), mientras que desde la perspectiva *emic*, el discurso basa su racionalidad dentro de un sistema particular. La información obtenida desde planteamientos *etic* es más objetiva, pero se cuestiona su capacidad comprensiva. Por su parte, el planteamiento *emic* es criticado por su incapacidad para la construcción teórica por su alto grado de

---

<sup>21</sup> El término fue introducido por primera vez por el lingüista Kenneth Pike basándose en la distinción entre *phonemics* (fonología) y *phonetics* (fonética). Pike argumentó que este tipo de distinción basado en la interpretación del sujeto (fonema) frente a la realidad acústica de un sonido (fono) debía extenderse a la conducta social. Así una descripción *emic*, es una descripción en términos significativos (conscientes o inconscientes) para el agente que las realiza mientras que una descripción *etic*, es una descripción de hechos observables por cualquier observador desprovisto de cualquier intento de descubrir el significado que los agentes involucrados le dan. Ambos puntos de vista han sido profusamente utilizados y discutidos por antropólogos y etnógrafos (Bueno, G., 1990).

subjetividad. El debate *etic/emic* se interpreta como un debate fenomenología/objetividad, aunque algunos autores afirman que tales conceptos marcan una diferencia de grado, no una polaridad y que no hay diferencias entre planteamientos *etic* y *emic* en términos de posición del conocimiento o incluso que ambos enfoques están ineludiblemente articulados y que existe una complementariedad entre ellos (Gutiérrez y Delgado, 1999). Además, aunque se tiende a identificar la observación con planteamientos *etic* y la entrevista con planteamientos *emic*, lo cierto es que existe una interacción entre ambos tipos de discurso en cada una de estas técnicas, las cuales pueden aplicarse desde una perspectiva predominantemente *etic* o *emic* en función de la implicación del investigador en el contexto de estudio y, por tanto, del mayor o menor grado de objetividad alcanzado.

Además de la observación y la entrevista, para la evaluación del proceso de aplicación del programa se ha utilizado otra técnica de recogida de datos, basada en la metodología cuantitativa, consistente en la aplicación de un cuestionario cerrado. Entendiendo que uno de los objetivos de la triangulación es que los datos se complementen mutuamente permitiendo profundizar en aquellos aspectos de la investigación que no resultaran obvios *a priori*, no se puede dejar fuera de la investigación la actitud y la opinión de los alumnos. Para ello, dado que el número de participantes es demasiado elevado para aplicar la técnica de la entrevista, se ha recurrido a la aplicación de un cuestionario. El cuestionario cerrado puede entenderse como una entrevista estructurada, pero en la que las respuestas deben elegirse entre opciones predeterminadas. Esto, evidentemente, hace que su análisis sólo pueda hacerse desde el punto de vista cuantitativo, ya que cualquier intento de interpretación sería aventurado. En este sentido cabría decir que la entrevista es más fuerte en términos de su validez interna, pero es débil en validez externa, es decir lo que encuentra no es generalizable, mientras que el cuestionario es débil en validez interna

(casi nunca sabemos si mide lo que quiere medir), pero fuerte en validez externa: lo que encuentra es generalizable a la población.

La información aportada por la base de datos del programa utilizado complementa los datos recogidos por estas tres técnicas, ya que, además de las calificaciones de los alumnos, nos permite conocer las veces que éstos han repetido las actividades, el tiempo que han invertido en completarlas o la dificultad relativa de cada una de ellas. Son todos ellos datos numéricos que, así mismo, solamente admiten un tratamiento cuantitativo.

Son dos los aspectos en los que se centra la evaluación del proceso:

- I. Conocer las características del entorno en el que lleva a cabo la prueba piloto, analizando:
  - i. La documentación del centro
  - ii. La información aportada por el equipo directivo y el coordinador TIC
  
- II. Analizar los aspectos, positivos o negativos, relacionados con la aplicación del programa. Para ello se ha recurrido a:
  - i. La observación en el aula
  - ii. Las opiniones de los alumnos participantes, recogidas en un cuestionario
  - iii. Las opiniones de los profesores participantes, recogidas en entrevistas estructuradas
  - iv. La información aportada por la base datos del programa

Puesto que lo que se pretende es confrontar algunas de las informaciones obtenidas de estas fuentes, conviene tener claro qué datos queremos obtener y qué fuentes son más idóneas para proporcionarlos. Una estrategia útil para asegurar unos diseños de evaluación que puedan ser operativos y eficaces es construir una matriz de recogida

de datos (Le Compte, 1995). En la siguiente tabla se resumen las fuentes utilizadas, los datos obtenidos de cada una de ellas y las preguntas de esta fase de la investigación que se pretende responder a través de ellos (Tabla 5.1):

<b>MATRIZ DE PLANIFICACIÓN PARA EL PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA DE DATOS</b>			
<b>Preguntas de la evaluación del proceso</b>		<b>Datos necesarios para responder a las preguntas</b>	<b>Fuente de la que deben obtenerse los datos</b>
1	¿Cuáles son las características del alumnado?	Entorno social y familiar de los alumnos Nivel académico de los alumnos	Documentación del centro
2	¿Cuáles son los recursos con que cuenta el centro?	Número de ordenadores y aulas de informática Acceso de los profesores a estos recursos Software educativo Conexión a Internet Mantenimiento Programas de innovación	Documentación del centro Coordinador TIC Equipo directivo
3	¿Cuáles son las características del profesorado?	Experiencia Formación TIC Motivación Utilización de las TIC	Entrevista profesores
4	¿Ha funcionado correctamente el programa y se han cumplido las previsiones?	Comprobación del funcionamiento del programa y de los tiempos previstos	Observación en el aula Datos del programa Entrevista profesores Cuestionario alumnos
5	¿Qué cambios se han realizado sobre el proyecto original?	Modificaciones realizadas	Observación en el aula
6	¿Qué obstáculos han condicionado su aplicación?	Dificultades técnicas Dificultades organizativas Dificultades de formación Motivación de los participantes	Observación en el aula Entrevista profesores Cuestionario alumnos
7	¿Qué consideración merece el programa por parte los profesores?	Opinión de los profesores	Entrevista profesores
8	¿Qué consideración merece el programa por parte los alumnos?	Opinión de los alumnos	Cuestionario alumnos
9	¿Qué rendimiento obtienen los alumnos del programa?	Calificaciones Valoración de los alumnos	Base de datos del programa Cuestionario de los alumnos

Tabla 5.1: Matriz de planificación de recogida de datos llevar a cabo la evaluación del proceso de aplicación

## **5.2. CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO EDUCATIVO**

La aplicación del Laboratorio Virtual de Insectos se ha llevado a cabo con 109 alumnos de 1º de ESO del Instituto de Educación Secundaria Luís García-Berlanga, de Coslada, Madrid, durante los meses de febrero y marzo de 2008. A continuación se describen algunas características tanto del centro como del entorno social de los alumnos:

### **5.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL CENTRO**

El IES Luís García-Berlanga es un instituto de enseñanza secundaria creado en 1993 y que imparte enseñanzas de ESO y los bachilleratos de Humanidades, Ciencias Sociales y Científico-Tecnológico. En el curso 2007-08, en el que se lleva a cabo la experiencia, se encuentran matriculados un total de 669 alumnos, repartidos en 25 grupos que son atendidos por un claustro de 66 profesores. El departamento de Biología y Geología está constituido por siete profesores, aunque no todos imparten docencia completa en el departamento, y cuenta con dos laboratorios.

En relación a los recursos TIC, el centro cuenta con tres aulas de informática dotadas con quince ordenadores cada una. La ratio es por tanto, de 14,8 alumnos por ordenador. De estas tres aulas, una de ellas es un laboratorio de idiomas, de uso exclusivo para los alumnos de Inglés y Francés. Las otras dos están destinadas, preferentemente, a impartir asignaturas con contenidos de informática dependientes del departamento de Tecnología, tanto en la ESO como en Bachillerato, por lo que durante una gran parte del horario no están disponibles para el resto de las materias. El total de periodos lectivos semanales en que pueden ser utilizadas estas aulas es de 23 (entre las dos aulas) y su ocupación se regula por medio de un calendario semanal en el que hay que apuntarse con la suficiente antelación.

La utilización de las TIC en el centro para la actividad docente es aún muy baja para las materias que no tienen asignado un horario en el aula de informática. Además de las dificultades de acceso a los recursos informáticos, otros aspectos relacionados con el funcionamiento del centro tampoco favorecen su integración didáctica. Uno de los elementos fundamentales para la incorporación de las TIC a las actividades docentes es el papel dinamizador del coordinador TIC, pero la escasa reducción de horas lectivas que comporta el cargo apenas permite ir más allá de la atención a los problemas puntuales que se derivan del uso de estas herramientas. Por otra parte, tampoco desde la dirección se han impulsado medidas decididas para fomentar el uso de las TIC en el aula y el centro carece de planes de innovación, de formación, de detección de necesidades, de elaboración de materiales o de optimización de recursos.

## **5.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ALUMNOS**

### **5.2.2.1. Contexto social de los alumnos**

En esta fase de la evaluación es necesario tener en cuenta la extracción social del alumnado participante, ya que los resultados en un centro escolar están (en cierta medida) condicionados por la procedencia residencial de su alumnado (Gutiérrez López, 2005). El contexto social del que proviene el alumnado de este Instituto, según un estudio realizado por el propio centro durante el curso 2006-07, podría resumirse de la siguiente forma:

La familia tipo estaría representada por una unidad familiar de cuatro miembros, habita en una vivienda propia, no posee una segunda residencia e ingresa entre diez mil y veinticinco mil euros brutos anuales. Los padres poseen estudios primarios, aunque la formación de la madre es algo mayor que la del padre. No obstante, el padre tiene trabajo mientras que la madre puede trabajar o no. El padre suele ser un trabajador

cualificado en la industria o un pequeño empresario con menos de diez asalariados a su cargo. En el caso de que trabaje, la madre suele desempeñar un puesto administrativo o está empleada en el sector servicios. Existe un claro predominio de familias en las que conviven los dos progenitores con el alumno y, dado que casi la totalidad posee ingresos regulares y una vivienda propia, podemos concluir que los alumnos que pertenecen a un medio de exclusión social constituyen casos aislados. El nivel cultural es bajo o medio, así como los ingresos de la unidad familiar, pero existe una extendida preocupación por la formación de los hijos, lo que puede interpretarse también como un interés por la educación como instrumento de progreso social.

Los datos concretos de los alumnos con los que se ha llevado a cabo la experiencia se resumen a continuación:

- UNIDAD FAMILIAR

La mayoría de las familias de los alumnos participantes en el estudio están formadas por cuatro miembros (61%), (generalmente los padres y dos hijos), tres miembros (21%), cinco (13%), seis (3%) y dos (2%), siendo un 7% de las familias monoparentales.

- NIVEL DE ESTUDIOS DE LOS PADRES

Los padres poseen principalmente (más de un 60% de los padres y más de un 70% de las madres) estudios primarios o secundarios. Un porcentaje menor (entre un 14% en el caso de las madres y un 21% en el de los padres) posee estudios universitarios y raramente titulaciones de formación profesional o de grado medio (en torno al 7% en ambos casos). El nivel de estudios es similar en los padres y las madres, siendo las diferencias más significativas en bachillerato (superior en las madres) y en los estudios universitarios (superior en los padres) (Fig. 5.1).

### ESTUDIOS DE LOS PADRES

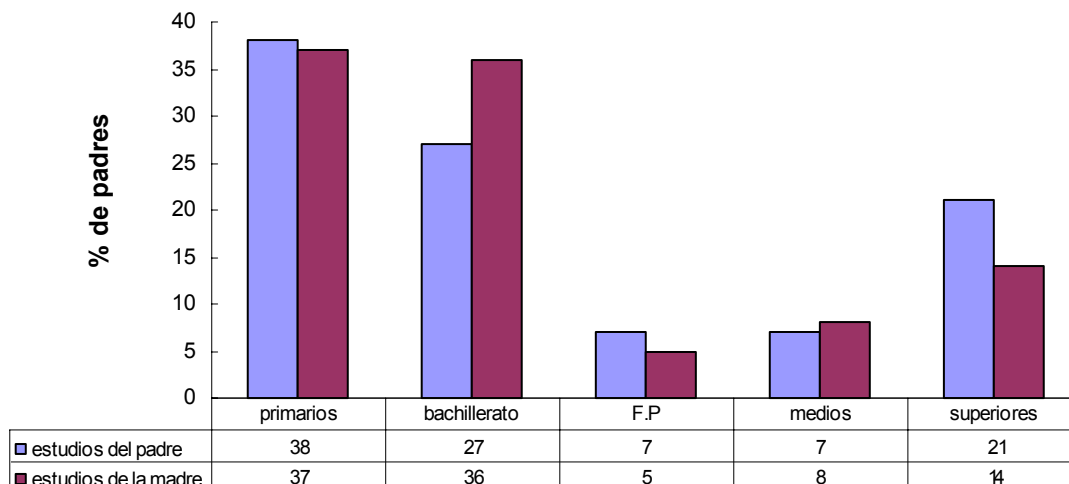


Fig. 5.1: Comparación del nivel de estudios de los padres y madres de los alumnos

- PROFESIÓN DE LOS PADRES

Mayores diferencias se observan en cuanto al tipo de trabajo que desempeñan los padres y madres. Mientras que la totalidad de los padres están empleados, un elevado porcentaje de madres de los alumnos no trabajan. El tipo de trabajo que desempeñan corresponde a grandes rasgos con el descrito para el total de los alumnos del centro y se recoge en la siguiente tabla (Tabla 5.2):

PROFESIÓN	PORCENTAJE PADRES	PORCENTAJE MADRES
Profesionales superiores (médico, abogado, profesor...)	6	4
Administrativo	20	25
Empleado o autónomo (hostelería, limpieza, industria, transporte, policía, sanidad)	38	28
Comercio	18	5
Construcción	18	—
Ama de casa	—	37

Tabla 5.2: Trabajos desempeñados por los padres de los alumnos

### 5.2.2.2. Perfil académico de los alumnos

Con la finalidad de obtener una imagen del perfil académico de los alumnos, se incluyen los resultados obtenidos por los participantes en el estudio en la primera evaluación del curso 2007-08 en la asignatura de Ciencias de la Naturaleza (Tabla 5.3).

CALIFICACIONES	INSUFICIENTE	SUFICIENTE	BIEN	NOTABLE	SOBRESALIENTE
PORCENTAJE DE ALUMNOS	15	17	10	47	20

Tabla 5.3: Resumen de las calificaciones de Ciencias Naturales obtenidas en la primera evaluación por los alumnos participantes (en porcentaje de alumnos)

La nota media obtenida por los alumnos en esta asignatura al finalizar la primera evaluación fue de **6,78**.

Respecto al resto de asignaturas que cursan, el rendimiento académico de los alumnos es variable. A la vista de las calificaciones obtenidas en la primera evaluación pueden diferenciarse tres grupos: un 32% son alumnos motivados y con interés por los estudios que aprobaron todas las asignaturas; un grupo más numeroso, el 48%, cumple con sus tareas de forma irregular en las diferentes materias, obteniendo resultados negativos en un número que varía entre una y cuatro asignaturas y un tercer grupo, que corresponde al 20% restante, obtuvo cinco o más suspensos y presenta una falta de motivación manifiesta por los estudios.

El desfase curricular de algunos alumnos hace necesario que un 15% acuda a clases de refuerzo de Lengua y un 10% a clases de refuerzo de Matemáticas. Ocho de ellos son alumnos que están repitiendo curso, aunque la mayoría no muestran avances significativos respecto al curso anterior.

Finalmente, un 16% de los alumnos son inmigrantes, en su mayoría rumanos. Aunque algunos están escolarizados en España desde hace varios años y, por lo general, no tienen problemas con el idioma, los que llevan menos tiempo desconocen el significado de algunas palabras de uso común, así como los nombres de muchos animales o plantas, lo que les dificulta el aprendizaje de la materia.

### **5.3. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE APLICACIÓN**

La evaluación del proceso se llevó a cabo durante el tiempo que duró la actividad y en los días posteriores a la misma, es decir, durante los meses de febrero y marzo de 2008. Para ello se utilizaron cuatro fuentes de información: la observación en el aula, la información aportada por el programa informático, la opinión de los alumnos recogida en un cuestionario y la opinión de los profesores recabada mediante una entrevista.

Para cada una de las técnicas empleadas establecieron una serie de categorías o núcleos de investigación que no son exactamente coincidentes entre sí debido a que cada técnica es más adecuada para recabar distintos datos, pero que, analizados conjuntamente, contribuyen a crear una composición que nos va a permitir comprender las dificultades o incidencias ocurridas durante el proceso de aplicación del programa.

#### **5.3.1. LA OBSERVACIÓN EN EL AULA**

Una de las técnicas básicas de investigación cualitativa es la observación, ya que permite obtener información sobre un fenómeno tal y como se produce. La observación se entiende como un proceso por el cual un especialista recoge por sí

mismo información relacionada con un cierto problema (Rodríguez, Gil y García, 1996). De esta manera, el observador puede recopilar datos prácticamente imposibles de obtener a través de otras técnicas.

Sin embargo, aunque la aplicación de la técnica de observación suele ir acompañada de la pretensión de que el investigador pueda, mediante ella, conocer todos los aspectos que acompañan o condicionan un determinado proceso educativo, la práctica enseña que tal conocimiento sólo es medianamente alcanzado con sentido de la oportunidad y con una adecuada (a veces sólo en lo posible) selección de lugares y acontecimientos. Del mismo modo, la pretensión de constituir en informantes a todos los miembros del grupo objeto de estudio ha de ser, a menudo, sustituida por otra más modesta, al tener que seleccionar a los informantes en función de su cualificación o su accesibilidad. Estas limitaciones deben ser tenidas en cuenta a la hora de analizar los datos recogidos.

La observación, como otros procedimientos de recogida de datos, constituye un proceso deliberado y sistemático que ha de estar orientado a un propósito, una pregunta o un problema. La finalidad es advertir los hechos tal y como se presentan y registrarlos según algún procedimiento diseñado con este fin. En esta fase de la investigación, la evaluación del proceso de aplicación del programa, la finalidad de la observación es recoger información acerca del funcionamiento del *“Laboratorio Virtual de Insectos”* aplicado a un contexto real, tanto en lo que se refiere a aspectos técnicos como pedagógicos.

El paso previo a toda observación es delimitar los elementos significativos que van a ser objeto de la misma (Bisquerra, 2000). En la aplicación del programa desarrollado son dos los elementos significativos que van a aportar información acerca su funcionamiento:

- El entorno: aporta información acerca del desarrollo del programa según sus dimensiones temporales y organizativas. Esto incluye la observación del funcionamiento del hardware y del software y la adecuación de la actividad al tiempo disponible.
- Los participantes: aporta información acerca de la actitud de los alumnos y profesores ante el programa (motivación, concentración, esfuerzo, necesidad de intervención...) y de los problemas de tipo didáctico que pudieran darse.

Aunque existen diversos sistemas para la recogida de información en función de la finalidad de la observación, la duración de la misma o los sujetos a los que se dirige, básicamente pueden resumirse en dos: la observación anecdótica o la observación estructurada (García Hoz y Pérez Juste, 1989). La observación anecdótica se realiza sin un guión previo y recoge cualquier situación que el observador pueda considerar relevante. Esto requiere que la observación vaya guiada por los conocimientos y experiencia del observador para seleccionar la información pertinente. En la observación estructurada, sin embargo, se identifican previamente las variables que deben ser observadas confeccionando con ellas un guión o lista de control que puede incluir o no escalas de valoración para cada uno de los ítems.

Para esta investigación se ha optado por una observación estructurada, que incluye una lista de control que permite el registro de los aspectos relativos a los elementos de observación mencionados anteriormente (entorno y participantes), pero que también admite la posibilidad de recoger notas de campo relativas a aquellos aspectos que, pudiendo ser relevantes para la investigación, no se han tenido en cuenta al confeccionar la lista de control. No se ha considerado necesaria la inclusión de escalas de valoración en este instrumento dada la brevedad de la intervención en el aula y la naturaleza de los aspectos que van a ser objeto de observación.

La observación, llevada a cabo por la autora de la investigación, es participante en tanto que concurre como profesora de una parte de los alumnos que realizan la actividad. La observación participante se entiende como una forma condensada de observación, capaz de lograr la objetividad por medio de una observación próxima y sensible, y de captar a la vez los significados que dan los sujetos de estudio a su comportamiento (Velasco y Díaz de Rada, 1997). Para facilitar esta doble cualidad de la observación participante, en todas las sesiones estuvo presente otro profesor que dirigió la actividad de los alumnos. Esto iba proporcionar ventajas importantes en relación a la investigación:

- Por un lado posibilitaría el necesario distanciamiento para la observación y la toma de datos, ya que la atención de los alumnos corría a cargo de otros profesores.
- Por otro lado, la participación directa de diferentes profesores en la aplicación del programa les proporcionaría la experiencia necesaria para, posteriormente, recabar de ellos una opinión autorizada acerca del funcionamiento real con alumnos del Laboratorio Virtual de Insectos y, por extensión, de las ventajas e inconvenientes de los laboratorios virtuales.
- Por último, permitiría superar el debate *etic/emic*, entendiendo que la observación desde el punto de vista *etic* (la observación externa o *experiencia distante*) es más objetiva, mientras que la observación *emic* (la observación desde dentro o *experiencia próxima*) proporciona una mayor capacidad de comprensión del proceso (Gutiérrez y Delgado, 1999). La posibilidad de realizar la observación sin participar directamente en la actividad permite una mayor objetividad, y por tanto una aproximación a los planteamientos *etic*, al tiempo que la pertenencia de la observadora al contexto educativo objeto de la investigación proporciona una mayor capacidad de comprensión del proceso, postulada desde el punto de vista *emic*.

.La finalidad de la observación fue registrar aspectos relacionados con la aplicación en el aula, factores ambientales, reacciones de alumnos y profesores, etc. que pudieran ser valiosos para la investigación. La repetición de la actividad en diez sesiones constituyó un registro acumulativo que iba a permitir identificar líneas de conducta estables o aspectos característicos de la experiencia.

### **5.3.1.1. Instrumento y resultados de la observación**

Como instrumento de las observaciones se utilizó una ficha (Anexo IV) en la que se incluyeron los aspectos que se consideraron, *a priori*, importantes para valorar la aplicación del programa: en primer lugar aquellos referidos al contexto en el que se iba a desarrollar la aplicación, es decir, las condiciones del aula, funcionamiento de los equipos, duración de la actividad, etc.; en segundo lugar los relativos a la actitud del alumno ante al programa: autonomía, motivación, concentración, etc.; por último, el papel desempeñado por el profesor en el desarrollo de la actividad: explicaciones, intervenciones, atención de los alumnos, etc. También se dejó un margen para el registro anecdótico que permitió recoger impresiones que no se habían contemplado en el diseño de la ficha de observación.

#### 1- CONTEXTO

La actividad se llevó a cabo con cinco grupos de 1º de ESO aprovechando la hora de desdoble semanal, ya que el aula de informática del Instituto dispone solamente de 15 ordenadores e interesaba que la actividad se desarrollara individualmente. La distribución de los ordenadores en el aula es perimetral, lo que favorece la concentración de los alumnos en su tarea, pero dificulta la interacción con el profesor.

Previamente al inicio de las actividades fue necesario reservar el aula, hacer cambios con algún profesor que tenía asignada la ocupación en alguna de las horas en que se iba a utilizar y comprobar el funcionamiento de los equipos. Las incidencias en relación al desarrollo de la aplicación fueron:

- a) FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS: En tres de las diez sesiones en que se aplicó el programa hubo desde uno hasta tres equipos fuera de servicio. Además, el ratón en algunos de ellos no funcionaba bien, lo que dificultaba la realización de una actividad basada, casi exclusivamente, en su uso.
- b) CONEXIÓN A INTERNET: Aunque el Centro tiene conexión a Internet por ADSL, lo cierto es que la conexión es bastante lenta. En dos ocasiones hubo que repetir la actividad porque no se consiguió conexión en toda la hora. En otras tres sesiones, la lentitud de la conexión impidió que algunos alumnos terminaran la actividad.
- c) FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE: El software del programa funcionó, en general, muy bien, con la salvedad de que la simulación en 3D tardaba en cargarse y se manipulaba con alguna dificultad. La navegabilidad, sin embargo, no ofreció ningún problema: la facilidad para introducir los datos y la rapidez de respuesta del programa, así como la accesibilidad de los documentos de ayuda son los aspectos más destacados.
- d) DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD: Aunque estaba prevista para una hora, los tiempos de espera para la conexión y alguna dificultad derivada del manejo de la aplicación, hicieron que, en algunos casos, los alumnos no pudieran terminar la actividad en el aula. La solución en estos casos fue continuar la actividad en casa ya que el programa registra la evaluación y, una vez conocido el funcionamiento del programa, no resultaba imprescindible tener al profesor delante.

## 2- ACTITUD DE LOS ALUMNOS:

Los alumnos, en general, acudieron al aula de informática muy motivados ante la perspectiva de trabajar una actividad de laboratorio en un entorno virtual, ya que, previamente, se les había explicado brevemente la finalidad de la actividad. Su actitud durante la experiencia se resume a continuación:

- a) MANEJO DEL PROGRAMA: La práctica totalidad de los alumnos se desenvuelven bastante bien en el manejo del ordenador, observándose que es un medio familiar para ellos. La navegación por el programa y la manipulación del laboratorio no planteó problemas, aunque algunos alumnos advirtieron dificultades con el movimiento en el espacio de la simulación, que se fueron solucionando a medida que entendieron el funcionamiento del programa.
- b) NECESIDAD DE ASISTENCIA DEL PROFESOR: Las demandas de ayuda al profesor nunca fueron excesivas y estaban relacionadas con el tiempo de carga del programa (en algunos casos tardaba más que en otros). Una vez dentro del programa, surgieron algunas dudas respecto a la interpretación de alguna estructura del ejemplar que estaban estudiando y que no identificaban con exactitud. En ningún momento hubo la sensación de que el profesor, por saturación, no fuera capaz de atender las demandas de ayuda de los alumnos, las cuales a medida que avanzaba la actividad fueron disminuyendo.
- c) CONCENTRACIÓN: Todos los alumnos leyeron detenidamente el documento de “Morfología” del laboratorio antes de iniciar las actividades, tal y como les indicó el profesor. Una vez iniciadas, las consultas a dicho documento de ayuda también fueron frecuentes. En todo momento los alumnos estuvieron enfrascados en su actividad y los

comentarios entre ellos fueron únicamente para hacerse alguna pregunta y para enseñarse mutuamente sus ejemplares.

- d) MOTIVACIÓN: Tanto por la actitud de los alumnos ante el trabajo como por sus comentarios explícitos, resultaba evidente que la actividad había resultado muy motivadora. Muchos alumnos se interesaron por la posibilidad de repetir el laboratorio en casa (aún habiéndolo terminado en la clase) y poder enseñarlo a amigos o hermanos, para lo cual se les indicó la posibilidad de entrar como “invitados”, de manera que el programa se desarrolla de la misma forma que en clase, pero la evaluación no queda registrada en la base de datos.
- e) DIFICULTADES EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS DIDÁCTICOS: Algunos alumnos plantearon al profesor dudas respecto a algunas de las cuestiones planteadas en las actividades, ante la dificultad de decidir la respuesta. En casi todos los casos, la duda estaba ocasionada por una lectura apresurada del documento inicial, ya que la mayoría de las veces cuando el profesor les remitía a dicho documento, ellos mismos encontraban la respuesta. En alguna ocasión la dificultad para optar por una respuesta surgía por una falta de manejo de vocabulario elemental (el específico figura en el glosario) ya que no sabían cómo interpretar términos como “abdomen globoso”, “color uniforme” o “regiones bien diferenciadas”. Una mayor información previa a la actividad, hubiera facilitado la comprensión de estos términos.

### 3- ACTITUD DE LOS PROFESORES

Previamente a la aplicación del programa fue necesario organizar reuniones con los profesores para darles a conocer el programa que iban a utilizar y explicarles la finalidad de la investigación. Durante la utilización del programa con los alumnos,

la observación se dirigió a comprobar cuál era la actuación de los profesores en el aula respecto a los aspectos que se señalan a continuación:

- a) DURACIÓN DE LA EXPLICACIÓN: Las explicaciones previas a la actividad ocuparon, en general, muy poco tiempo, ya que el programa dispone de herramientas de consulta donde los alumnos podían solucionar las dudas que les fueran surgiendo. La intervención del profesor se centró en explicar brevemente la finalidad de la actividad, el funcionamiento del programa y el sistema de evaluación.
- b) AMBIENTE DE TRABAJO: En todas las sesiones, los alumnos trabajaron prácticamente en silencio debido a la necesidad de concentración para realizar observaciones detalladas de sus ejemplares. La autonomía que proporciona la disponibilidad de documentos de consulta para realizar las actividades permitió que el profesor se paseara por el aula supervisando el trabajo de los alumnos, haciendo observaciones y animándolos en su tarea. No hubo ningún comportamiento inadecuado ni necesidad de intervención del profesor en el aula para reclamar la atención de los alumnos.
- c) ATENCIÓN A LOS ALUMNOS: Una vez cargado el programa, los alumnos trabajaron con bastante autonomía y solamente recabaron la ayuda del profesor para resolver algunas dudas respecto a la interpretación de algunas características de los insectos, especialmente en la primera actividad. Las demandas de ayuda fueron más frecuentes al principio de la actividad para solucionar problemas técnicos y atender algunos problemas de conexión. El profesor en todo momento pudo atender de manera personalizada el trabajo de los alumnos.

### 5.3.1.2. Ajustes del proceso

Como se ha comentado, la experimentación con el programa en el aula ha permitido comprobar la existencia de dos problemas que han dificultado que las actividades pudieran llevarse a cabo tal y como estaba planeado:

- Uno de ellos, imputable al diseño del software, radica en la falta de respuesta, observada en algunos casos, para la correcta manipulación de la simulación que, en ocasiones, no obedecía bien al ratón dificultando la observación detallada de la morfología del ejemplar. Dado que esta manipulación es importante para la correcta visualización de todas las características del animal, conviene introducir algunas mejoras en este sentido.
- El otro está relacionado con los aspectos técnicos derivados de las dificultades de conexión. Hay que tener presente que la velocidad de carga de la aplicación no es la misma en todos los ordenadores y, en consecuencia, el funcionamiento del programa tampoco. Las dificultades de conexión a Internet de algunos centros o los requerimientos informáticos de una aplicación (procesador, sistema operativo, monitor, software navegador o reproductor, etc), no siempre disponibles en los equipos de las aulas de informática, son aspectos que deben tenerse en cuenta para el diseño de programas educativos que utilicen entornos virtuales.

Pero los laboratorios virtuales, concebidos para que el alumno trabaje de forma autónoma, presentan una ventaja con respecto a los presenciales que permitió solucionar los problemas surgidos durante la aplicación del *“Laboratorio Virtual de Insectos”* en el aula: su utilización no tiene por qué quedar restringida al horario escolar. Aprovechando esta circunstancia, y con el fin de que todos los alumnos pudieran terminar las actividades o realizarlas con más calma y mejorar el resultado de

sus calificaciones, se les dio a todos la opción de repetir las desde sus casas o en el Instituto fuera del horario escolar. Así, el programa grabaría nuevamente los resultados de los alumnos que realizaran las actividades desde su casa, siempre y cuando entraran con la clave que tenían asignada.

### **5.3.2. VALORACIÓN DE LOS ALUMNOS**

La opinión de los alumnos, como participantes fundamentales y objetivo final de todo proceso educativo, debe ser tomada en cuenta en la investigación evaluativa, muy especialmente, cuando se trata de innovación o mejora de programas.

Uno de los instrumentos más utilizados para recabar información en la investigación educativa, y en particular en la investigación evaluativa, es el cuestionario, especialmente cuando queremos obtener información de un elevado número de personas de un colectivo (profesores, alumnos,..). Este instrumento de recogida de información facilita, a través de las respuestas, el conocimiento sobre la experiencia y la opinión que tienen un gran número de sujetos acerca del objeto de investigación.

Algunas de las ventajas de la utilización de este instrumento con los alumnos son:

- Permite la obtención de un gran volumen de información, porque se puede aplicar simultáneamente a un gran número de personas
- Es, por tanto, un procedimiento económico y rentable
- Para la mayoría de los alumnos los cuestionarios son algo cotidiano, ya que están habituados a ellos con diferentes fines.
- Permite uniformidad en la información
- El anonimato facilita la libertad y la sinceridad en las respuestas
- La información contenida se puede tabular fácilmente
- Las respuestas son agrupables y comparables

Sin embargo, los cuestionarios reducen el campo de información registrado, lo que constituye su principal inconveniente. Por otra parte, los datos obtenidos a través de los cuestionarios, especialmente de los cuestionarios cerrados, sólo admiten un análisis cuantitativo. Por esta razón, el cuestionario aplicado en exclusividad presenta ciertas limitaciones, que suelen resolverse sometiendo la información recogida al contraste de otras técnicas de investigación, como la observación, los datos oficiales recogidos por otros métodos o las entrevistas.

En esta investigación, la opinión de los alumnos respecto al laboratorio virtual con el que habían trabajado se recogió mediante un cuestionario constituido por una serie de preguntas encaminadas a obtener un conocimiento lo más ajustado posible acerca de cómo se ha llevado a cabo la aplicación del programa. El análisis conjunto de los datos así obtenidos y los aportados por las otras técnicas cualitativas empleadas ha permitido matizar la información y aportar una visión interpretativa del proceso de aplicación del programa utilizado.

A la hora de diseñar el cuestionario se tuvieron en cuenta las características de la población a la que iba dirigido. La ESO acoge a un alumnado heterogéneo, (derivado de la obligatoriedad de la etapa) con niveles de conocimiento, experiencia, capacidad intelectual e intereses muy diferentes, a lo que hay que añadir expectativas educativas, así mismo, muy distintas. Por otro lado, el tránsito del pensamiento concreto al formal y abstracto se encuentra en diferentes niveles de desarrollo en cada alumno a lo largo de la etapa. Estas consideraciones condujeron a tomar algunas precauciones en la redacción de las preguntas:

- Formular las preguntas de forma que su intención quedase clara, sin ambigüedades, comprobando que cada pregunta implicara una sola idea
- Limitar la extensión del cuestionario, ya que los alumnos se cansan y pierden la atención si el número de preguntas es elevado

- Reducir al mínimo lo que debían escribir los alumnos, ya que las preguntas abiertas, aunque aportan más información, tienen el riesgo de la dispersión de las respuestas o de un elevado número de preguntas incontestadas.

Con estas premisas se elaboró un cuestionario (Anexo V) en el que se establecieron varias categorías o campos temáticos sobre los cuales se quería recoger la información. Las preguntas son cerradas y de respuesta dicotómica, es decir, sólo admiten respuestas afirmativas/negativas, excepto en algún caso en que se pedía una aclaración. Esta concreción en las preguntas, aparte de que facilita las respuestas de los alumnos, en la mayoría de los casos aporta información suficiente, ya que muchas de las preguntas pretendían recoger fundamentalmente *cuestiones de hecho*, es decir estaban orientadas, como corresponde a esta fase, a saber cómo había funcionado el programa. Respecto a las preguntas de *opinión*, que también incluye el cuestionario, un mayor número de alternativas requerirían una reflexión más profunda, son más difíciles de contestar y conducen en numerosas ocasiones a la elección arbitraria de las respuestas.

### **5.3.2.1. Categorías establecidas en el cuestionario**

La finalidad del cuestionario es tener otra fuente de información acerca de cómo se ha desarrollado la experiencia desde el punto de vista de los alumnos. Para ello se ha intentado conocer, en primer lugar, su destreza en el manejo del ordenador, por si esto pudiera haber sido un obstáculo en el desarrollo de la actividad. No se han establecido, como en el caso de los profesores, niveles de formación, sino que se ha pretendido simplemente saber si los alumnos estaban familiarizados o no con el uso de la herramienta. La información concreta acerca del modo en que se ha llevado a cabo la actividad se recoge en una serie de preguntas relacionadas con las dificultades que han encontrado en el manejo del programa y del uso que han hecho

de las diferentes secciones del mismo. También se ha considerado importante conocer la valoración que hacen los alumnos del laboratorio virtual, por lo que se les ha preguntado su opinión acerca de los documentos de ayuda, de la simulación, de las actividades realizadas y del sistema de evaluación. Por último el cuestionario incluye algunas preguntas que buscan conocer el interés que hubiera podido despertar la experiencia en los alumnos y su disposición para trabajar con programas similares.

El cuestionario contiene dos tipos de preguntas:

- Descriptivas: son preguntas encaminadas a conocer cómo se ha llevado a cabo la experiencia y, por tanto, comprenden cuestiones relacionadas con el manejo del programa y las dificultades observadas
- De opinión: persiguen conocer la valoración que los alumnos hacen del programa y su interés y motivación por este tipo de actividades

Se han contemplado cuatro categorías cuyos ítems se recogen en la siguiente tabla (Tabla 5.4):

<b>CATEGORÍAS DEL CUESTIONARIO</b>	
I- Conocimiento de la herramienta	Disponibilidad de ordenador en casa Frecuencia de uso particular del ordenador Frecuencia de uso en el Instituto
II- Desarrollo de la experiencia	Dificultad en el manejo del programa Utilización de los documentos de ayuda Repetición de las actividades y exploración del programa
III- Valoración del programa utilizado	Valoración de la documentación de ayuda Valoración de la simulación Valoración de las actividades Valoración de la evaluación Valoración del aprendizaje
IV- Motivación	Interés por la actividades Disposición y actitud

Tabla 5.4: Categorías del cuestionario

### 5.3.2.2. Resumen de las respuestas de los alumnos al cuestionario

#### I- CONOCIMIENTO DE LA HERRAMIENTA

##### 1- DISPONIBILIDAD DE ORDENADOR EN CASA:

La mayor parte de los alumnos disponen de ordenador y conexión a Internet en sus casas, aunque todavía un 8% de los alumnos no tienen ordenador y un 14% no tienen conexión a Internet.

##### 2- FRECUENCIA DE USO PARTICULAR DEL ORDENADOR

El perfil de los alumnos es de usuarios habituales del ordenador en un 80% y no usuarios un 20%.

##### 3- FRECUENCIA DE USO EN EL INSTITUTO

Los alumnos utilizan el ordenador de manera más o menos sistemática en las materias de Tecnología e Inglés, con una frecuencia de una a dos veces al mes. De forma ocasional lo utilizan en las materias de Ciencias Naturales y de Ciencias Sociales. En el resto de materias no lo utilizan nunca.

#### II- DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

##### 4- DIFICULTAD EN EL MANEJO DEL PROGRAMA

Respecto a la navegabilidad, un 87% no han tenido dificultad en el manejo del programa, mientras que un 13% ha manifestado haber tenido algún problema con el visor de las imágenes en 3D.

#### 5- UTILIZACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE AYUDA

El 88% leyó con detenimiento la información completa sobre morfología de los insectos antes de comenzar la actividad y un 12% no lo hicieron, entrando directamente en las actividades.

En el transcurso de la actividad consultaron los documentos de ayuda un 76% de los alumnos y no los consultaron un 24% (según sus comentarios no lo consideraron necesario o no se acordaron de que podían hacerlo).

En cuanto al glosario, fue consultado solamente por un 38% de los alumnos, mientras que un 62% no lo hicieron. La mayoría argumentaron que los términos estaban suficientemente claros en el documento de ayuda.

#### 6- REPETICIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y EXPLORACIÓN DEL PROGRAMA

Los enlaces propuestos al final de la actividad, como ampliación de la misma, han sido visitados solamente por un 27% y un 73% no se interesaron por ello. Hay que señalar, sin embargo, que ninguno de ellos tuvo tiempo de hacerlo desde el Instituto, lo que significa que los alumnos consultaron los enlaces desde su casa y por iniciativa propia, ya que en ningún momento se les pidió que lo hicieran.

El porcentaje de alumnos que volvieron a entrar voluntariamente desde casa fue un 68%, algunos para volver a hacerlo con hermanos o amigos y otros para mejorar su calificación. De éstos, un 24% lo hicieron utilizando su clave de acceso, quedando, por tanto, registrados sus resultados. El resto accedió a laboratorio como "invitado".

### III- VALORACIÓN DEL PROGRAMA UTILIZADO

#### 7- VALORACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE AYUDA

La información del programa les ha parecido suficiente a un 94% de los alumnos y no resultó completamente eficaz para un 6%.

#### 8- VALORACIÓN DE LA SIMULACIÓN

Un 73% opina que los detalles de los insectos se ven mejor mediante la simulación que en el laboratorio, y un 26% opina que no.

#### 9- VALORACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

El nivel de dificultad del programa ha sido alto para un 56% de los alumnos, medio para un 42% y bajo para un 2%.

Las actividades que han resultado más difíciles han sido la Identificación, para un 40%, la Clasificación para un 32% y la Observación para un 26%.

Un 2% no marcó ninguna de ellas.

#### 10- VALORACIÓN DE LA EVALUACIÓN

El 87% considera que su calificación se ajusta a su rendimiento y un 13% no está satisfecho con su calificación.

Por otra parte un 58% sabía en qué se habían equivocado cuando el programa les señalaba un error, pero el 42% no era consciente de lo que motivaba el fallo hasta que finalizaba la actividad.

#### 11- VALORACIÓN DEL APRENDIZAJE

El 86% de los alumnos considera que su grado de aprendizaje, respecto al contenido del programa, al terminar las actividades ha sido “alto”, mientras que un 14% lo valora como “medio”. Ninguno considera que el aprendizaje haya sido “bajo”.

#### IV- MOTIVACIÓN E INTERÉS

##### 12- INTERÉS POR LAS ACTIVIDADES

Un 94% de los alumnos se mostraron muy satisfechos con la actividad e interesados en realizar más actividades como ésta referidas a otros temas.

Un 90% de los alumnos reconocieron que realizaron con más interés las actividades al saber que iban a ser evaluados mientras que un 10% consideraron que eso no les influía.

##### 13- DISPOSICIÓN Y ACTITUD

Un 93% de los alumnos se manifestaron dispuestos a realizar este tipo de actividades desde casa teniendo claras las instrucciones.

Un 75% se mostró así mismo dispuesto a participar en un proyecto colaborativo para la elaboración del Insectario Virtual que propone el programa.

### **5.3.3. VALORACIÓN DE LOS PROFESORES**

La entrevista es una técnica consistente en preguntas de respuesta abierta que permite obtener datos sobre los significados que tienen los hechos para los participantes en el proceso y puede utilizarse como fuente principal de información o

como una ampliación de otras estrategias de observación. Su interés es fundamental en la investigación cualitativa ya que, aspectos como los que el participante deja entrever con la comunicación no verbal o discrepancias entre lo que el participante hace y lo que dice que hace, no podrían valorarse de otra forma. Los discursos obtenidos a través de entrevistas son mucho más críticos, organizados, matizados y, sobre todo, contextualizados que los que se obtienen a través de otras técnicas.

Sin embargo, esta técnica es difícilmente transferible, ya que cada investigador realiza una entrevista diferente según su cultura, sensibilidad y conocimiento sobre el tema y según el contexto espacial, temporal o social donde se lleve a cabo. La subjetividad directa del producto informativo generado por la entrevista es su principal característica y, a la vez, su mayor limitación (Alonso, 1999). La entrevista tiene, por tanto, pleno sentido al ser utilizada allí donde nos interesan las informaciones más expresivas de individuos concretos que, por su situación social, nos permiten localizar aspectos no considerados previamente en una investigación. De esta manera, el sujeto entrevistado incorpora y ejemplifica los valores que considera propios de su *grupo de referencia social*.

En nuestra investigación, la técnica de la entrevista permite validar, completar, comparar o matizar la información recogida por otros métodos o profundizar en las razones por las que los profesores responden de una determinada manera. En tanto que la técnica de la entrevista *“se presenta útil para obtener información de carácter pragmático, es decir, de cómo los sujetos actúan y reconstruyen el sistema de representaciones sociales en sus prácticas individuales”* (Alonso, 1999), sirve a nuestro objetivo de delimitar un espacio en el que el informante exprese cómo piensa y actúa sobre el asunto que investigamos, al tiempo que abre la posibilidad de recoger y analizar el conocimiento derivado de la experiencia y el criterio experto de los profesores entrevistados.

De esta manera, la entrevista nos permite conocer en profundidad la opinión de los profesores respecto a la utilización de programas como el que se analiza, ya que los datos de las calificaciones de los alumnos obtenidas al utilizar el laboratorio virtual no dicen mucho por sí solos. Son las valoraciones de los profesores, quizá, las que más luz puedan arrojar acerca del interés de la herramienta analizada, considerando que son muchas las aportaciones que pueden hacer a partir de su conocimiento profesional y de la reflexión sobre la experiencia llevada a cabo.

No existe una regla fija sobre la forma de realizar una entrevista ni sus resultados tienen posibilidad de generalización, pero el empleo de la entrevista presupone que el objeto temático de la investigación será analizado a través de la experiencia que de él tienen los entrevistados y el entrevistador. En líneas generales la entrevista puede ser abierta, si permite al entrevistado libertad plena para hablar sobre un determinado tema y se va construyendo a medida que está teniendo lugar, o estructurada si las preguntas se han elaborado previamente buscando fines respuestas concretas. Enfoques intermedios también son posibles. En el primer caso, el investigador no puede prever hacia dónde puede conducir la conversación y extraerá la información del discurso del entrevistado (coincidiría con un planteamiento *etic*). En el segundo se persigue una información concreta y la conversación es dirigida por el investigador (coincidiría con un planteamiento *emic*).

La búsqueda de objetivos concretos y la necesidad de contrastar los datos obtenidos mediante esta técnica con los procedentes de otras fuentes utilizadas en la investigación, han hecho aconsejable la realización de una entrevista estructurada en torno a los núcleos de interés de nuestro estudio.

### 5.3.3.1. Categorías establecidas en la entrevista

Los datos cualitativos obtenidos en una entrevista deben ser reducidos a categorías con el fin de poder organizarlos conceptualmente, establecer comparaciones y presentar la información según un cierto patrón o regularidad emergente. Por esta razón, para preparar la entrevista se han tenido en cuenta las categorías o dominios establecidos en el cuestionario del capítulo 3, así como los indicadores establecidos para los distintos ítems, puesto que para poder hacer una triangulación adecuada es necesario que los datos tengan el mismo marco referencial. Esto va permitir, además, situar a los entrevistados en el marco descriptivo emanado del análisis de los datos recogidos en dicho cuestionario y buscar una interpretación de la concepción teórica de los profesores y su línea de actuación en las aulas. Es decir, la referencia al cuestionario inicial en las categorías de la entrevista va permitir explorar en los motivos que tienen los profesores para responder como lo hacen.

Pero la entrevista tiene, además otra finalidad: conocer la valoración que hacen los profesores de la utilidad didáctica de los laboratorios virtuales, no desde el punto de vista de la mera opinión, sino de la experiencia. Por esta razón, los informantes fueron los mismos profesores que aplicaron el "*Laboratorio Virtual de Insectos*" en el aula, los cuales, a la luz de su propia experiencia y utilizando esta aplicación como modelo, podían opinar, con mayor autoridad, sobre los puntos fuertes y débiles de estos programas.

Las categorías de la entrevista, por tanto, se han agrupado en cuatro dominios. Tres de ellos tienen como finalidad contextualizar el estudio y se corresponden con los recogidos en el cuestionario inicial realizado para la evaluación del contexto: datos de los profesores, posición respecto al trabajo experimental en Biología y opinión acerca de la utilización de las TIC para la realización de trabajo práctico. El cuarto dominio

está referido a la valoración de la experiencia. No se ha incluido el dominio relativo a las características del centro por ser común a todos los entrevistados y figurar ya en la descripción que abre este capítulo.

Como ya se ha comentado, la modalidad de la entrevista realizada en esta investigación, dado que persigue unas respuestas concretas, ha sido estructurada. Las preguntas que dirigían la entrevista han sido comunes a los cuatro entrevistados con el fin de que la información obtenida fuera homogénea, pero permitiendo que los aspectos derivados de la conversación informal que pudieran ser relevantes para la investigación fueran también recogidos.

La entrevista incluye, del mismo modo que en el cuestionario de los alumnos, dos tipos de preguntas:

- Descriptivas: Consistentes en preguntas cerradas referidas a datos concretos. Suministran el marco de referencia que permite comprender las respuestas de los entrevistados.
- De opinión: Sirven de guía de conversación y permiten que el entrevistado aporte la mayor información posible y puntos de vista nuevos. Esto puede llevar a reformular preguntas buscando mayor precisión, pero procurando no apartarnos del tema.

Los entrevistados han sido los cuatro profesores que experimentaron el laboratorio virtual con los alumnos de 1º de ESO. El contexto de la entrevista ha sido el propio centro de trabajo de los profesores y la conversación, distendida y amistosa. La información no fue grabada para evitar un clima artificial, sino que se recogió en forma de notas.

Los ítems referidos a cada una de las categorías de la entrevista figuran en la siguiente tabla (Tabla 5.5):

CATEGORÍAS DE LA ENTREVISTA	
Datos personales	1- Experiencia docente
	2- Nivel de formación en TIC
	3- Procedencia de la formación en TIC
Opinión respecto al trabajo experimental	4- Importancia concedida al trabajo experimental
	5- Frecuencia de utilización del laboratorio
	6- Obstáculos percibidos para la realización de prácticas de laboratorio
	7- Sistema de evaluación utilizado de las prácticas de laboratorio
Opinión respecto a las TIC	8- Opinión respecto a la aplicación de las TIC al trabajo experimental
	9- Frecuencia y finalidad de la utilización de las TIC en el aula
	10- Obstáculos percibidos para la integración de las TIC
Valoración de la experiencia	11- Valoración técnica del programa
	12- Valoración pedagógica
	13- Valoración del proceso de aplicación
	14- Motivación de los alumnos
	15- La formación como obstáculo
	16- Ventajas e inconvenientes de estos programas
	17- Conocimiento de recursos y modelos
	18- Actitud hacia los laboratorios virtuales

Tabla 5.5: Categorías e ítems de la entrevista

Para el análisis de las entrevistas se ha seguido el siguiente procedimiento:

- 1- Codificar la información recogida en función de las categorías previamente establecidas, ya que algunos datos aparecían, por referencias indirectas, reflejados en varias categorías. Comprobar si la información recogida que no estaba incluida en ninguna categoría era prescindible o, por el contrario, podía revelar la necesidad de incluir nuevas categorías o redefinir las existentes.
- 2- Redacción del resumen de cada entrevista (Anexo VI), volcando los datos y procurando que el estilo narrativo reflejara con la mayor fidelidad posible la intencionalidad del entrevistado.
- 3- Identificar las unidades de significado comunes a todas las entrevistas; las excepcionales, ya que solamente aparecían en una entrevista, y las dispersas, que no permitían identificar un sustrato compartido.
- 4- Contextualización de las unidades de significado dentro de la categoría de donde salieron
- 5- Elaboración de un resumen de todas las entrevistas que captara la esencia de lo investigado.

### **5.3.3.2. Resumen de las entrevistas**

#### **I- DATOS PERSONALES**

##### **1- EXPERIENCIA DOCENTE**

Los profesores entrevistados han sido tres profesores de enseñanza secundaria y uno de enseñanza primaria, pero que ejerce la docencia en el primer ciclo de enseñanza secundaria. Todos acumulan una experiencia docente por encima de los veinte años.

## 2- NIVEL DE FORMACIÓN EN TIC

Uno de los profesores declara tener solamente formación básica, otros dos formación media y el cuarto, avanzada. Los descriptores de los niveles de formación se corresponden con los utilizados en el cuestionario del capítulo 3.

## 3- MEDIOS DE FORMACIÓN

La formación la han adquirido, en parte, en cursos que se han llevado a cabo en el propio centro educativo o en el CPR (Centro de Profesores y Recursos), pero todos destacan la escasa efectividad de estos cursos para la integración de las TIC en la actividad docente, lo que les ha llevado a completar su formación de forma autodidacta (o apoyada en compañeros y amigos).

## II- UTILIZACIÓN DEL LABORATORIO DE BIOLOGÍA

### 4- OPINIÓN SOBRE EL TRABAJO EXPERIMENTAL

Todos consideran que el trabajo práctico en el laboratorio constituye una parte fundamental de la asignatura. Destacan el carácter motivador de estas actividades y su importancia para el desarrollo de procedimientos científicos que quedan fuera de la enseñanza meramente teórica. También valoran las consideran una ayuda para la comprensión de ciertos fenómenos. También se señala que determinadas destrezas experimentales son difíciles de adquirir fuera del contexto escolar.

#### 5- FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN DEL LABORATORIO

Todos utilizan el laboratorio de Biología semanalmente en la ESO, ya que existen desdobles en todos los cursos. Los que dan clase en 2º de Bachillerato no lo utilizan nunca en este nivel debido a la falta de tiempo para preparar la prueba de acceso a la universidad.

#### 6- OBSTÁCULOS PARA LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Uno de los problemas más destacados para la realización de las prácticas de laboratorio es la dependencia, en muchas de ellas, de material biológico y la dificultad para su obtención, así como los cuestionamientos de tipo ético que plantean algunas de las actividades con seres vivos. Otro obstáculo señalado por los entrevistados es la inversión de tiempo que requiere, para el profesor, la preparación de estas actividades, muy superior a la clase tradicional. También la extensión de los temarios limita el tiempo de dedicación a estas actividades en las que el aprendizaje conceptual es más lento. La falta de continuidad de los profesores de desdoble, considerada imprescindible por los entrevistados para el trabajo en el laboratorio por la necesidad de atención individualizada de los alumnos, se percibe como un impedimento para la programación a largo plazo y para la innovación.

#### 7- SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Los entrevistados ponen de manifiesto la dificultad para evaluar las diferentes destrezas que se trabajan durante una práctica de laboratorio (manejo de los aparatos, autonomía, comprensión de las instrucciones, registro de datos, cuidado y limpieza del material... ) debido a la necesidad de atender al trabajo de los alumnos durante el desarrollo de la misma. La

evaluación *a posteriori*, basada en la corrección de los informes de laboratorio plantea problemas para la comprobación de la autoría de los mismos y no evalúa los objetivos para los que ha sido diseñada la actividad, sino más bien la actitud de los alumnos y su hábito de trabajo. Por otra parte, la realización de exámenes de prácticas podría conducir a un descenso generalizado de las calificaciones de los alumnos.

Todos los entrevistados utilizan el cuaderno de actividades (donde se recogen los informes de laboratorio) como instrumento de evaluación, aunque reconocen no estar muy satisfechos con este sistema, ya que, según ellos, no evalúa el aprendizaje real del alumno sino más bien su hábito de trabajo.

### III- UTILIZACIÓN DE LAS TIC

#### 8- UTILIDAD DE LAS TIC PARA EL TRABAJO EXPERIMENTAL

Todos los entrevistados consideran que las TIC constituyen un recurso potente para reforzar el trabajo experimental allí donde el laboratorio presencial encuentra dificultades. Señalan como ventaja, frente al laboratorio presencial, la posibilidad de trabajar destrezas experimentales sin la dependencia de los profesores de desdoble, aunque no creen que la utilización de estas herramientas deba sustituir el trabajo en el laboratorio.

#### 9- FRECUENCIA Y FINALIDAD DE UTILIZACIÓN DE LAS TIC

Los profesores entrevistados no utilizan las TIC en el aula nunca o lo hacen sólo ocasionalmente. Cuando las utilizan, la finalidad es de apoyo a las explicaciones, para la búsqueda de información o para la resolución de algún tipo de ejercicio.

## 10- OBSTÁCULOS PARA LA INTEGRACIÓN DE LAS TIC EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL

Los principales obstáculos que perciben los profesores para la integración de las TIC en la docencia son la falta tiempo para buscar y elaborar materiales, la falta de acceso a los recursos, el deficiente mantenimiento de los mismos y la falta de software específico para trabajar destrezas experimentales adaptado a los distintos niveles educativos. La falta de formación en el manejo de las TIC sólo es aludida por un profesor, el cual da más importancia a la carencia de formación pedagógica que a la técnica.

## IV- VALORACIÓN DEL PROGRAMA UTILIZADO

### 11- VALORACIÓN TÉCNICA DEL PROGRAMA

Los aspectos más valorados del programa han sido los relativos al realismo de la simulación, ya que reproduce muy bien lo que se hace normalmente en el laboratorio, y la posibilidad de manipulación. También se valoran muy positivamente la organización de los contenidos, la sencillez del manejo del programa, el diseño de los materiales de ayuda y la posibilidad de consulta durante la actividad. En el lado negativo figura el tiempo de carga de la simulación.

### 12- VALORACIÓN DIDÁCTICA DEL PROGRAMA

Entre las virtudes del programa desde el punto de vista pedagógico destacan el hecho de que esté orientado a trabajar específicamente procedimientos y no contenidos teóricos como suele ser habitual. También valoran positivamente el sistema de evaluación, ya que entienden que facilita el trabajo al profesor y consideran que es importante, tanto para el

profesor como para el alumno, conocer el grado en que se han alcanzado los objetivos y dónde pueden encontrarse las principales dificultades. Otros aspectos destacados son, la posibilidad de repetir los intentos y corregir los errores y la posibilidad de prolongar la actividad más allá del horario lectivo para recuperar las actividades. Alguno señala, como aspecto negativo, la excesiva rigidez de la secuencia de actividades.

#### 13- VALORACIÓN DEL PROCESO DE APLICACIÓN

Los profesores coinciden en que ha sido frustrante para ellos encontrar tantos impedimentos para la realización de la actividad (fallos en la conexión y falta de mantenimiento de algunos equipos) y, según su percepción, también para los alumnos, los cuales consideran que estaban muy motivados. Se muestran satisfechos, sin embargo con el clima de trabajo que se generó en el aula desde el primer momento. También señalan que los alumnos trabajan con más autonomía que en el laboratorio, lo que ha permitido una atención más individualizada.

#### 14- MOTIVACIÓN DE LOS ALUMNOS

Todos han detectado un alto grado de interés en los alumnos en la realización de las actividades. Algunos lo relacionan con el medio utilizado, que resulta para ellos novedoso y estimulante. Otros consideran que influye el hecho de saber que están siendo evaluados.

#### 15- LA FORMACIÓN COMO OBSTÁCULO PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES

Todos consideran que para utilizar programas de este tipo un conocimiento básico de estas herramientas es suficiente. No creen que la formación

técnica del profesorado sea un problema para llevar a cabo estas actividades.

#### 16- VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES

Entre las ventajas destacan aspectos de tipo práctico: facilita el trabajo de los profesores, ahorra tiempo de preparación de prácticas y para su utilización no es imprescindible la presencia del profesor de desdoble. También encuentran ventajas de tipo pedagógico entre las que señalan el sistema de evaluación, la atención individualizada y la posibilidad de repasos, profundizaciones o recuperaciones, ya que el material está siempre disponible, lo que consideran un importante logro respecto al laboratorio presencial. Otro aspecto que ha merecido su atención es la posibilidad de realizar actividades sobre contenidos que habitualmente no se trabajan en el laboratorio por su dificultad intrínseca y algunos conceden una gran importancia al hecho de no tener que depender de organismos reales.

Entre los inconvenientes que condicionan la utilización de estos programas destacan la dependencia de recursos, tanto de equipamiento como de software. También se menciona que el ambiente de trabajo es artificial y que no hay una auténtica manipulación de los objetos.

#### 17- CONOCIMIENTO DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES POR PARTE DE LOS PROFESORES

Ninguno de los entrevistados había utilizado antes un laboratorio virtual en el aula. Su conocimiento de programas con características similares se reduce a los enlaces facilitados por el CNICE que, en la mayoría de las

ocasiones, corresponden a páginas con ejercicios dirigidos a reforzar los contenidos teóricos.

#### 18- ACTITUD HACIA LA UTILIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES

Todos afirman que utilizarían más los laboratorios virtuales si tuvieran mayor facilidad de acceso a los recursos y si dispusieran de software adecuado para el trabajo de los alumnos. Valoran la importancia de estas herramientas en la formación de los alumnos considerando que son un complemento importante para las prácticas de laboratorio.

### **5.3.4. INFORMACIÓN APORTADA POR LA BASE DATOS**

La información que aporta la base de datos del programa es muy valiosa, ya que registra el número de veces que cada alumno ha entrado en el laboratorio, incluyendo fecha y hora, el tiempo que han tardado en completar todas las actividades, el resultado de cada una de ellas y la calificación global. Según estos datos, 25 de los 109 alumnos repitieron las actividades desde su casa, bien porque no pudieron terminarlas en el Instituto o bien para mejorar su calificación. La mayoría de los alumnos confirmaron que desde sus casas la simulación funcionaba mejor que desde el Instituto.

Por otra parte, la adecuación del tiempo requerido para realización del laboratorio a la duración de un periodo lectivo no pudo valorarse con fiabilidad durante su aplicación en el aula debido a los mencionados problemas de conexión. La comprobación posterior en la base de datos del programa de los tiempos empleados por cada uno de los alumnos puso de manifiesto que muy pocos alumnos tardaron más de una hora en completar las actividades, siendo la duración media de 23 minutos.

Las calificaciones de los alumnos, también registradas por el programa, son, en general, bastante buenas, tanto en cada una de las actividades como en el test final, obteniendo una calificación media de notable. Un análisis más detallado de las mismas se llevará a cabo en la fase de evaluación de los resultados.

## **5.4. CONCLUSIONES**

La evaluación del proceso se ha llevado a cabo con el propósito de conocer cómo se desarrolla en un contexto real el laboratorio virtual que hemos diseñado. Los interrogantes planteados para sistematizar la recogida de datos han permitido identificar aspectos positivos y negativos del programa, algunas dificultades para su aplicación en el aula y el grado de aceptación de los participantes. Las respuestas a dichos interrogantes se resumen a continuación:

### *1. ¿Cuáles son las características del alumnado?*

El grupo de alumnos que ha participado en la experiencia tiene un nivel medio tanto académico como de interés y motivación por los estudios. Su extracción social es media-baja por lo que las ayudas al aprendizaje que reciben en sus casas deben resultar, en algunos casos, insuficientes. En relación a las TIC, la mayoría se encuentran familiarizados con su uso, aunque algunos no tienen ordenador en casa (8%) y otros, aún teniéndolo, por alguna razón no lo utilizan (hasta un 20%).

### *2. ¿Cuáles son los recursos con que cuenta el centro?*

El número de ordenadores del centro es claramente insuficiente respecto al número de alumnos. Por otra parte, su distribución en aulas de informática de uso preferente para algunas materias dificulta el acceso a estos recursos. El

mantenimiento de los equipos y la conexión a Internet son bastante deficientes y el centro no cuenta con proyectos de innovación relacionados con las TIC ni con ayudas institucionales de ningún tipo.

3. *¿Cuáles son las características del profesorado?*

Todos los profesores que han participado en la aplicación del programa tienen una amplia experiencia docente, se encuentran motivados para la incorporación de las TIC en las actividades de aula y cuentan con formación suficiente para manejar programas sencillos, buscar información en Internet y comunicarse mediante el correo electrónico. Sin embargo, la utilización de las TIC en el aula por parte de estos profesores es muy limitada y está orientada, fundamentalmente, al apoyo de las explicaciones. El perfil de estos profesores coincide con el perfil medio obtenido en la evaluación del contexto.

4. *¿Ha funcionado correctamente el programa y se han cumplido las previsiones?*

Los problemas técnicos de conexión y mantenimiento han dificultado la utilización de programa tal y como se había previsto, haciendo imposible, en algún caso, completar la actividad. El diseño del programa, sin embargo, es adecuado a la organización escolar, puesto que pueden completarse las actividades en un periodo lectivo. Por otra parte, el funcionamiento del programa ha sido correcto, mostrando, en algún caso, cierta lentitud en el manejo de la simulación. No se ha detectado ningún problema ni en la navegabilidad ni en el registro de datos. La mayoría de los alumnos ha manejado el programa sin dificultad y ha utilizado los documentos de ayuda, aunque solamente algunos han consultado los enlaces.

5. *¿Qué cambios se han realizado sobre el proyecto original?*

Las adaptaciones que se han realizado sobre las previsiones han consistido en agrupar alumnos por parejas cuando alguno de los equipos del aula de informática no funcionaba y permitir que algunos terminaran las actividades desde sus casas entrando de nuevo en el programa con la clave asignada por el profesor.

6. *¿Qué obstáculos han condicionado su aplicación?*

Los obstáculos detectados han estado relacionados con el mantenimiento de los equipos informáticos y la conexión a Internet. La necesidad de reservar el aula con semanas de antelación y de coordinarse con otros profesores que tienen ocupación preferente, son también limitaciones, aunque de menor rango. La formación del profesorado no ha supuesto un obstáculo para la utilización del programa y la motivación ha constituido un elemento favorecedor.

7. *¿Qué consideración merece el programa por parte los profesores?*

La opinión de los profesores respecto al laboratorio virtual es muy positiva y valoran las ventajas que aporta a la labor docente en aspectos prácticos, especialmente desde el punto de vista de la evaluación y de la posibilidad de innovación en las actividades prácticas. Así mismo valoran positivamente el impacto que desde el punto de vista pedagógico pueden tener en los alumnos estos recursos por su capacidad de motivación y por la posibilidad de recuperación de las actividades.

8. *¿Qué consideración merece el programa por parte los alumnos?*

Los alumnos, en general, se han mostrado muy motivados con la actividad y han mostrado interés por trabajar en otras actividades similares. La mayoría han valorado positivamente la documentación del programa y la calidad de la simulación y, respecto a la evaluación, han considerado que se ajusta a su rendimiento. En su opinión, las actividades presentaban un orden creciente de dificultad.

9. *¿Qué rendimiento obtienen los alumnos del programa?*

El grado de aprendizaje conseguido, en opinión de la mayoría de los alumnos, ha sido alto. Los datos registrados por el programa corroboran esta opinión, ya que las calificaciones obtenidas son bastante altas excepto para un pequeño grupo de alumnos. Un análisis más detallado de los resultados se incluye en el siguiente capítulo.



# 6

## EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

---

### 6.1. NIVELES ESTABLECIDOS PARA LA EVALUACIÓN

El principal objetivo de la evaluación de los resultados de un programa es averiguar hasta qué punto su aplicación ha satisfecho las necesidades del grupo al que pretendía servir. Por esta razón, en esta fase se deben recoger y analizar juicios acerca del éxito del programa procedentes de los distintos grupos de participantes relacionados con el mismo. Esta valoración del éxito de un programa puede hacerse basándose en tests de rendimiento, logros estandarizados o comparaciones con grupos control, por ejemplo. Pero más allá de los resultados cuantitativos de una prueba, la evaluación final de un programa debe analizar la información de los observadores, la opinión de los participantes o la valoración de expertos.

La presente evaluación del *“Laboratorio Virtual de Insectos”* pretende servir como referente para la aplicación de los laboratorios virtuales al área de la Biología, por lo que, además de reflexionar acerca del rendimiento académico de los alumnos, interesa hacerlo acerca de los puntos fuertes y débiles de la herramienta, así como de aquellos factores que pudieran actuar como condicionantes de su éxito. Por esta razón, para realizar la evaluación de los resultados de la aplicación de este laboratorio, se ha recurrido al análisis de los datos obtenidos en las distintas fases de la investigación.

Pero es obvio que la investigación evaluativa no es una mera recopilación de datos, sino que debe proporcionar información elaborada al servicio de la comprensión del objeto de estudio, con el fin de ofrecer interpretaciones acerca de en qué medida los logros o fracasos de los objetivos están en relación con aspectos derivados del diseño del programa o bien de la aplicación del mismo. Por ello, la información recogida a lo largo de esta investigación, entre la que se encuentran datos empíricos, hechos, valoraciones u opiniones, ha sido sometida a un proceso de triangulación. En este proceso, los datos obtenidos se analizan y se comparan bajo la perspectiva de los colectivos directamente implicados en el estudio, para, posteriormente, realizar una interpretación conjunta de este análisis que permita dar respuesta a los interrogantes planteados. La evaluación de los resultados, por tanto, se ha realizado a tres niveles que se corresponden con los propósitos concretos de la investigación y que determinan los apartados en que se ha dividido el análisis. A continuación se expone la metodología utilizada en relación a cada uno de dichos objetivos:

*1- Obtener una visión integrada de indicadores que permitan ofrecer un diagnóstico detallado de las circunstancias que condicionan la realización de trabajo experimental en Biología en la enseñanza secundaria y la actitud de los profesores hacia la incorporación de las TIC a estas actividades*

- ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES Y OBSTÁCULOS DETECTADOS EN EL CONTEXTO EDUCATIVO: Los indicadores utilizados en la evaluación del contexto educativo de la Comunidad Autónoma de Madrid se han comparado con los procedentes de otros estudios así como con aspectos relevantes de la evaluación del proceso de aplicación, con el objetivo de proporcionar un marco de referencia para la interpretación de los resultados. Se pretende así conformar una radiografía de los factores que caracterizan o condicionan la utilización de este tipo de aplicaciones en el aula y sus ventajas e inconvenientes frente a las prácticas convencionales.

*2- Destacar factores positivos, avances y logros derivados de la utilización de los laboratorios virtuales para la enseñanza de procesos científicos y aquellos otros que, sin estar consolidados, puedan suponer un punto de partida para la reflexión*

- VALORACIÓN DEL PROGRAMA EN RELACIÓN AL LOGRO DE LOS OBJETIVOS: La valoración del programa desde un punto de vista formal y material se ha llevado a cabo en función del nivel de logro del objetivo para el que ha sido diseñado. Para ello se ha utilizado como referencia el grado de aprendizaje alcanzado por los alumnos así como la capacidad de respuesta del programa a sus necesidades formativas. Los indicadores utilizados han sido las calificaciones obtenidas por los alumnos y la percepción de los mismos acerca de su propio aprendizaje.
- VALORACIÓN DEL PROGRAMA EN RELACIÓN LA OPINIÓN DE LOS PARTICIPANTES: Los datos obtenidos a partir de distintas fuentes en la fase de evaluación del proceso de aplicación se analizan bajo dos prismas:
  - . Desde la perspectiva de los alumnos se analizan su actitud, motivación y sus propias valoraciones respecto a la herramienta utilizada
  - . Desde la perspectiva de los profesores se analiza su percepción acerca de las virtudes y defectos del programa utilizado, así como su opinión acerca de las ventajas o dificultades que supone la utilización del laboratorio virtual para el trabajo experimental en Biología respecto del laboratorio presencial

*3- Poner de relieve las actuales limitaciones, aspectos deficitarios u otros factores que puedan estar impidiendo o restringiendo una implantación más amplia de los laboratorios virtuales para el aprendizaje de los procedimientos en Biología.*

- **OBSTÁCULOS ENCONTRADOS PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES:** La valoración de los factores que actúan como limitantes para la incorporación de los laboratorios virtuales a la docencia se ha hecho comparando, complementando o discutiendo los datos obtenidos en el análisis de estudios previos, en el cuestionario aplicado para la evaluación del contexto, en la observación directa de la aplicación del “Laboratorio Virtual de Insectos” y en la entrevista con los profesores.

## **6.2. ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES Y OBSTÁCULOS DETECTADOS EN EL CONTEXTO EDUCATIVO EN RELACIÓN AL TRABAJO EXPERIMENTAL**

El análisis del contexto educativo debe enmarcar toda investigación didáctica, ya que tiene una influencia evidente en la interpretación de los resultados de la misma. En relación con los propósitos de esta investigación, en este análisis es necesario fijar la atención en aquellas circunstancias que han condicionado el desarrollo del programa utilizado, analizando especialmente las dificultades percibidas a través de distintas fuentes. Se pretende así generar una base de evidencia que permita establecer patrones de generalización que sustenten las conclusiones de la investigación.

La interpretación de los resultados obtenidos en la aplicación del programa se ha basado en unidades de análisis que se han hecho corresponder con los dominios y categorías establecidos en las distintas fases de la investigación, lo que va a permitir trasladar dichos resultados al grupo social de referencia descrito en el capítulo 3. También se han establecido comparaciones con los resultados de estudios previos que han servido de referente para esta investigación. Los patrones de actuación recogidos por distintas fuentes refuerzan así la validez del análisis. Con ello no se pretende presentar pruebas en un sentido causal, sino respaldar o discutir los resultados obtenidos en diferentes fases de la investigación para construir una

descripción más general. En este análisis interpretativo se prescinde de los datos y las tablas para hacer un discurso más clarificador y menos disruptivo, aunque unos u otras puedan ser utilizados como punto de discusión o para aglutinar información dispersa.

I. ACTITUD Y OBSTÁCULOS DE LOS PROFESORES ANTE EL TRABAJO EXPERIMENTAL EN BIOLOGÍA

Todos los profesores entrevistados, coincidiendo con los datos del estudio previo de evaluación del contexto, consideran que el trabajo experimental forma parte fundamental de la Biología y opinan que es imprescindible incluir estas actividades en la didáctica de la disciplina. En la entrevista, los profesores argumentan que a través de las actividades prácticas los alumnos desarrollan destrezas que no pueden trabajarse en el aula y que son básicas en la actividad científica, y ponen ejemplos como manejo y cuidado de aparatos, toma de medidas, realización de montajes, observación de organismos naturales y verificación de propiedades, comprobación de hipótesis, clasificación, manipulación de sustancias químicas, etc., lo que se corresponde con las destrezas que con mayor frecuencia trabajan en el laboratorio los profesores que participaron en la encuesta. También consideran que la visualización y comprobación de ciertos procesos facilitan su comprensión y que las prácticas son un elemento motivador para los alumnos. La valoración positiva de los profesores entrevistados, junto con el hecho de que cuentan con profesores de desdoble en toda la enseñanza secundaria, hace que los laboratorios se utilicen con regularidad durante la ESO en el centro en que se ha llevado a cabo la experiencia. Sin embargo, esto no es así en todos los centros. La frecuencia de utilización del laboratorio encontrada en la evaluación del

contexto pone de manifiesto que un elevado porcentaje de alumnos no realiza prácticas de laboratorio (un 50% de los alumnos de bachillerato no lo utiliza nunca o lo hace ocasionalmente), lo que entra en contradicción con la disposición favorable manifestada por el profesorado y requiere un análisis de las causas de esta situación.

Según muestran los datos obtenidos en la evaluación del contexto: una de las dificultades señaladas por los profesores para la realización de las prácticas de Biología, es la dependencia de la existencia de profesores de desdoble (la plantilla docente varía mucho de unos centros a otros) y su falta de continuidad, es decir, la incertidumbre de si el trabajo desarrollado a lo largo de un curso va a tener continuidad en el siguiente. Los frecuentes cambios del currículo aumentan esta sensación de provisionalidad.

Otra de las dificultades para la realización de actividades prácticas manifestada por los profesores, es la falta de tiempo para llevar a cabo actividades de laboratorio. Dos de los profesores entrevistados y que impartían clase también en 2º de bachillerato, explicaron que en ese curso no hacían prácticas nunca por la falta de tiempo para cubrir unos temarios extensos de los cuales los alumnos tienen que responder en el examen de acceso a la universidad, en el cual estos contenidos no se consideran importantes. Los datos de la encuesta inicial, que muestran que la frecuencia de utilización del laboratorio desciende significativamente en bachillerato, probablemente respondan a la misma causa.

En las entrevistas se señalaron también otros obstáculos coincidentes con los encontrados en la encuesta, aunque la importancia relativa de los mismos no siempre es coincidente: la dificultad para realizar actividades prácticas en relación a algunos temas del currículo, obstáculo también

señalado por Cano y Cañal (2006), es considerado el tercer obstáculo en orden de importancia para los profesores encuestados, mientras que para los profesores que participaron en la entrevista parece tener más importancia la falta de material, la dificultad para adquirirlo o los cuestionamientos de tipos conservacionista o ético para su utilización.

La evaluación de las prácticas, que no aparecía en la encuesta como un obstáculo de importancia, sí constituye un problema para los profesores entrevistados, ya que dedican casi un tercio de la docencia al trabajo experimental (una hora semanal de tres que se cursan en la ESO) y consideran que la evaluación de estas actividades debería ser más objetiva y tener más peso en la calificación final. El sistema de evaluación que utilizan es la valoración de un cuaderno de prácticas en el que los alumnos archivan sus informes de laboratorio, pero opinan que esto no refleja el grado en el que los alumnos han alcanzado los objetivos, sino más bien si han trabajado o no, es decir, es una valoración más de la actitud de los alumnos ante el trabajo que de el grado en que se han adquirido los conocimientos.

Otros obstáculos señalados el tiempo que lleva la preparación, montaje y desmontaje de las prácticas; la falta de presupuesto para renovar y actualizar el material y la falta de apoyo para innovar en este tipo de actividades.

En relación al tipo de destrezas a las que el profesorado de Biología concede mayor importancia destacan las destreza básicas y manipulativas. Aproximadamente la mitad de l profesorado dedica muy poco tiempo a las destrezas relacionadas con la investigación y la comunicación.

## II. ACTITUD DE LOS PROFESORES HACIA LA UTILIZACIÓN DE LAS TIC EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL

La actitud de la mayor parte del profesorado que ha participado en la investigación es favorable a la utilización de las TIC para el trabajo experimental y consideran que puede aportar nuevos enfoques, aunque un pequeño porcentaje de profesores manifestaron no tener referencias para pronunciarse. Preguntados, de manera más indirecta, por su percepción acerca de la influencia de la utilización de estas herramientas en el aprendizaje de los alumnos, hemos encontrado que son pocos los que manifiestan poca confianza en los beneficios pedagógicos que reciben los alumnos del uso de las TIC, mientras que la mayoría confía en su potencialidad como facilitadoras del aprendizaje. En las respuestas a las entrevistas, los profesores destacaron como ventajas de las TIC respecto a otros medios las derivadas de la lectura hipertextual y del acceso a imágenes de calidad, tanto fijas como en movimiento. Estas características de los medios informáticos, además de la capacidad de simulación y de interacción, son consideradas como puntos fuertes de las TIC que pueden ser aprovechadas para proporcionar un nuevo escenario donde desarrollar actividades experimentales con los alumnos. Así mismo, estos profesores consideran que las TIC son herramientas potentes que podrían contribuir a paliar algunas de las dificultades con las que se encuentran los profesores a la hora de realizar actividades experimentales con los alumnos y mencionadas más arriba.

Sin embargo, es cierto que los profesores entrevistados apenas utilizan las TIC en el aula. Solamente alguno las utiliza ocasionalmente como apoyo a las explicaciones o para que los alumnos busquen información o realicen trabajos, coincidiendo con los datos de la encuesta, según la cual la

mayoría de los profesores hacen igualmente un uso muy escaso de las TIC con los alumnos y orientado, principalmente, a estos tres objetivos. La aplicación de las TIC al trabajo experimental es nula en los profesores entrevistados y solo un pequeño porcentaje de los profesores que participaron en la encuesta manifestaron utilizarlas con este fin.

Cabe pensar, a la luz de los datos obtenidos en este trabajo, que el profesorado es favorable a la utilización de las TIC para su aplicación al trabajo experimental, por lo que no puede considerarse una supuesta actitud de rechazo hacia estas herramientas como principal obstáculo para su aplicación en este campo y deben existir otros factores que dificultan la integración curricular de las TIC.

### **6.3. VALORACIÓN DEL PROGRAMA EN RELACIÓN AL LOGRO DE OBJETIVOS**

Las valoraciones de los laboratorios virtuales, tal y como se ha visto en los estudios referenciados en el capítulo 4, suelen estar basadas en encuestas de opinión de los alumnos, calificaciones de las actividades o comprobación de lo aprendido, utilizando, a menudo, una prueba objetiva que se aplica con posterioridad al desarrollo del programa. Pero la evaluación es un proceso que se desarrolla en un marco multidimensional. Por un lado es innegable la importancia de la *evaluación del aprendizaje*, es decir, de la competencia adquirida por los alumnos en un determinado ámbito, para lo cual suele ser suficiente el análisis de las calificaciones obtenidas por los alumnos. Pero, más allá de este hecho acreditativo, la evaluación cumple otras funciones. Así, la retroalimentación y el aprovechamiento que de ésta realizan los alumnos y los mismos profesores supone una *evaluación para el aprendizaje* ya que facilita el diálogo alrededor del contenido de estudio que permite la ayuda

contextualizada necesaria para avanzar en el conocimiento. Finalmente, la *evaluación como aprendizaje* integra el análisis y reflexión por parte de los alumnos de las propias prácticas educativas llevadas a cabo.

Para valorar el grado de consecución de los objetivos del “*Laboratorio Virtual de Insectos*” se han utilizado tanto las calificaciones obtenidas por los alumnos en la realización de las actividades como las del test global aplicado al finalizar las mismas. Estos datos se complementan con la información recogida a partir de la observación directa en el aula, del cuestionario de opinión de los alumnos y de la entrevista de los profesores con la finalidad de atender a los distintos ámbitos de la evaluación.

Como se ha explicado anteriormente, el programa cuenta con un sistema de evaluación propio que informa de los resultados obtenidos por los alumnos, el cual aporta las ventajas de la evaluación automática ya señaladas por otros autores (Barberá, 2006; Palacios, 2006). Este instrumento de evaluación recoge información acerca de la calificación global obtenida por los alumnos, así como de las puntuaciones parciales de cada una de las actividades, es decir, *la evaluación del aprendizaje*. Dicha calificación solamente queda grabada si el alumno completa el laboratorio hasta el final. A la vista de las dificultades surgidas durante la experiencia realizada en el aula como consecuencia de la debilidad de conexión a la red, se brindó a los alumnos la posibilidad de repetir las actividades para completar o repetir sus actividades. Esto, que en principio se consideró un inconveniente, ha permitido en cambio comprobar una de las ventajas que aportan los laboratorios virtuales: la flexibilidad de utilización de estas aplicaciones, tanto en el espacio como en el tiempo, permite prolongar las actividades más allá de los rígidos 50 minutos de clase, dando así oportunidad a los alumnos de reflexionar acerca de las dificultades encontradas. El profesor, por su parte, puede de esta manera conocer el progreso de los alumnos comparando los resultados.

La puntuación media obtenida tras la realización del laboratorio virtual por primera vez fue de 7,6 (sobre un total de 10 puntos), y las calificaciones por cada una de las actividades se recogen en la siguiente tabla (Tabla 6.1):

CALIFICACIONES MEDIAS (SIN REPETICIÓN)				
ACTIVIDAD 1 (OBSERVACIÓN)	ACTIVIDAD 2 (CLASIFICACIÓN)	ACTIVIDAD 3 (IDENTIFICACIÓN)	TEST FINAL	CALIFICACIÓN GLOBAL
8,4	7,2	7,5	7,1	7,6

Tabla 6.1: Puntuaciones obtenidas por los alumnos tras realizar el laboratorio virtual la primera vez

Posteriormente, a la vista de las dificultades manifestadas por algunos alumnos, especialmente en la segunda actividad, se llevó a cabo una aclaración por parte del profesor acerca de los aspectos que habían suscitado más dudas. Aquellos que no completaron sus actividades, o los que, habiendo terminado, quisieron mejorar su calificación tras la explicación recibida, volvieron a realizar las actividades, esta vez solos, bien desde su casa o bien desde el Instituto.

Del total de los 109 alumnos, solamente 26 repitieron la actividad registrando su clave con la finalidad de que quedara constancia de la calificación, (aunque un porcentaje mayor lo repitió, según manifestaron en el cuestionario, el resto hicieron bajo la modalidad de acceso “invitado”, que no guarda las calificaciones), lo que tuvo como consecuencia un incremento tanto de las puntuaciones medias parciales como de la global (Tabla 6.2):

CALIFICACIONES MEDIAS (TRAS LA REPETICIÓN)				
ACTIVIDAD 1 (OBSERVACIÓN)	ACTIVIDAD 2 (CLASIFICACIÓN)	ACTIVIDAD 3 (IDENTIFICACIÓN)	TEST FINAL	CALIFICACIÓN GLOBAL
8,6	7,8	8,3	7,6	8,2

Tabla 6.2: Puntuaciones obtenidas considerando las calificaciones de los alumnos que repitieron las actividades

La comparación de los resultados, como puede verse en el siguiente gráfico, muestra una ligera mejoría de las calificaciones medias en todas las actividades a pesar del escaso número de alumnos que realizaron el laboratorio una segunda vez (Fig. 6.1):

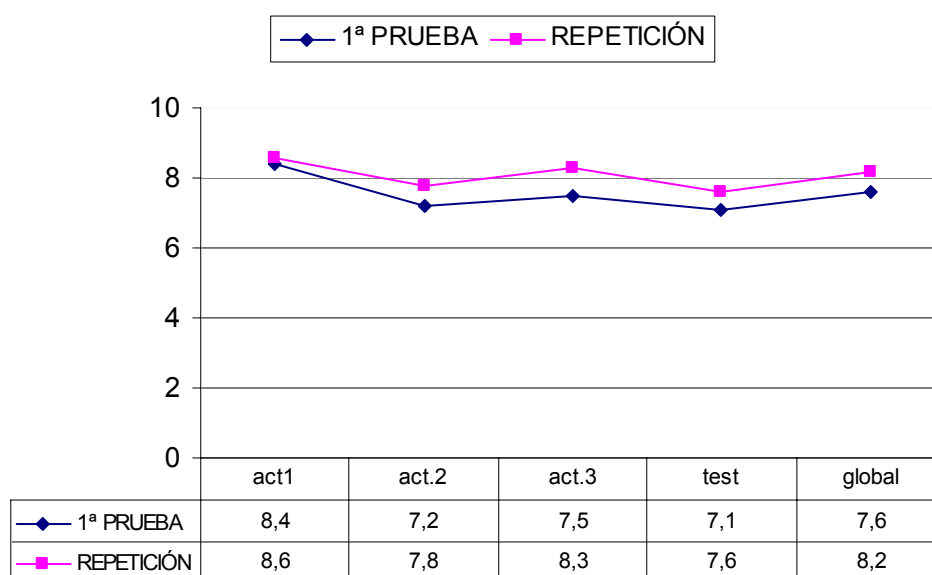


Figura 6.1: Comparación de los resultados antes y después de la repetición de las actividades. Aunque sería demasiado exhaustivo hacer un análisis de resultados por alumno, en ocasiones la evaluación de los resultados en una investigación evaluativa deben examinar los puntos ventajosos, si existen, para determinados subgrupos de destinatarios, si ello se considera de interés (Stufflebeam y Shinkfield, 1995). En este caso, un subgrupo que merece especial atención para valorar uno de los puntos de interés de estas herramientas es el de los alumnos que suspenden la actividad. En el

laboratorio tradicional, cuando un alumno no logra los objetivos de una práctica el día de su realización no tiene, por lo común, oportunidad de repetirla. Esto devalúa una de las funciones de la evaluación: poner de manifiesto los errores de los alumnos para que tanto éstos como el profesor puedan tomar medidas que conduzcan a la superación de las dificultades detectadas.

En nuestra experiencia hubo 14 alumnos que suspendieron en la realización del laboratorio por primera vez. De ellos solamente 8 aprovecharon la opción de repetirlo, y todos ellos aprobaron al realizar por segunda vez las actividades (Tabla 6.3), confirmando así una de las ventajas de estas herramientas. Los 6 restantes, que manifiestan una actitud de desinterés por los estudios, optaron por no hacerlo.

CALIFICACIÓN (1ª PRUEBA)	4,52	4,43	4,82	4,82	4,93	3,37	4,96	4,57	4,46	3,61	4,23	4,07	4,25	3,84
CALIFICACIÓN (REPETICIÓN)	7,3	–	8,18	–	–	5,68	8,16	5,82	7,16	7,41	–	8,77	–	–

Tabla 6.3: Comparación de las calificaciones obtenidas por los alumnos que suspendieron el laboratorio antes y después de repetir las actividades

La comparación de las calificaciones medias por actividad, en el caso de este subgrupo de alumnos suspensos, entre la primera vez que realizaron las actividades y después de su repetición, se reflejan en la tabla 6.4. Se han excluido de la comparación los datos de los seis alumnos que no repitieron la actividad:

CALIFICACIONES MEDIAS					
	ACTIVIDAD 1 (OBSERVACIÓN)	ACTIVIDAD 2 (CLASIFICACIÓN)	ACTIVIDAD 3 (IDENTIFICACIÓN)	TEST FINAL	CALIFICACIÓN GLOBAL
1ª PRUEBA	6,9	4,1	4,1	3,7	4,2
REPETICIÓN	8,2	6,8	7,2	7	7,3

Tabla 6.4: Comparación de las calificaciones medias del subgrupo de alumnos suspensos que repitieron las actividades

Al considerar aisladamente este grupo de alumnos, independizándolo del resto, se pone de evidencia una mejora de las calificaciones tras la repetición de la actividad mucho más marcada que la reflejada para el grupo completo, como puede verse en la figura 6.2:

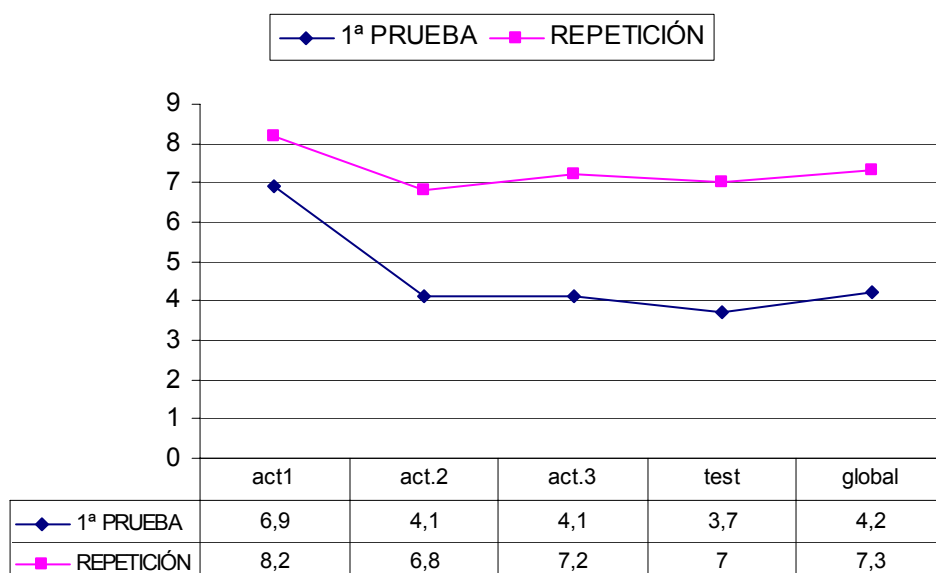


Figura 6.2: Comparación de los resultados de los alumnos suspensos antes y después de la repetición de las actividades

Estos resultados ponen de manifiesto una de las ventajas de los entornos virtuales respecto a los laboratorios presenciales: la posibilidad de repetición de las actividades en un entorno virtual permite a los alumnos que no alcanzan los objetivos con la misma rapidez que sus compañeros trabajar a otro ritmo y mejorar sus resultados.

Por otra parte, otro de los aspectos de interés en la evaluación de los resultados es comprobar si las actividades realizadas han conseguido una reflexión e interiorización del aprendizaje por parte de los alumnos y hasta qué punto éstos son capaces de trasladar lo aprendido a otros contextos. El test final que incluye el laboratorio tiene esta finalidad, ya que sus preguntas tanto sobre la precisión y exactitud de la observación como sobre la aplicación de criterios de clasificación, fuera del contexto

de la práctica, permiten advertir si se ha llevado a cabo una apropiación del conocimiento que permita la transferencia del mismo. La media de los resultados obtenidos en este test fue 7,6 en la primera prueba y 8,2 tras la repetición, lo que debe considerarse un resultado satisfactorio.

Para contextualizar estos resultados, es necesario hacer referencia al rendimiento académico de los alumnos que han participado en la experiencia, descrito en el capítulo 5. Para ello se ha tomado como criterio orientativo de comparación la nota media obtenida por los alumnos en la primera evaluación en la asignatura de Ciencias Naturales, que fue de 6,7. La comparación de los resultados puede verse en el siguiente gráfico (Fig.6.3):

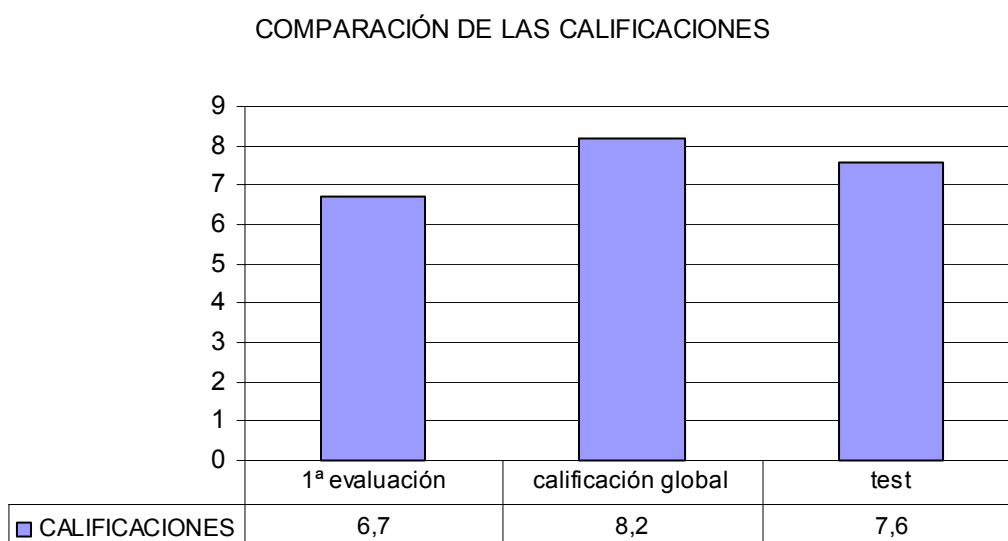


Fig. 6.3: Comparación de las calificaciones obtenidas en el laboratorio virtual con la nota media obtenida en Ciencias Naturales en la 1ª evaluación

Tanto la calificación global del laboratorio virtual como la del test final están por encima de la media de las calificaciones obtenidas por los alumnos en la primera evaluación. Aunque la calificación media de la evaluación está referida a un conjunto de contenidos más amplio y ha sido obtenida a través de un procedimiento de evaluación continua, este dato permite tener una referencia del nivel académico de los

alumnos. En todo caso, una evaluación continua realizada con instrumentos de evaluación variados suele ser más ventajosa para un alumno que la calificación puntual de una prueba objetiva, por lo que la diferencia observada en las calificaciones permite considerar la aplicación utilizada eficaz en cuanto al grado en que facilita el aprendizaje.

La evaluación *para el aprendizaje* se ha realizado a lo largo de la actividad a través de las respuestas que el programa iba proporcionando a las acciones del alumno que, de esta manera, acudía a los documentos de ayuda para consultar su error. Aunque se ha revelado eficaz en la mayoría de los casos, algunos alumnos han manifestado que no siempre tenían claro en qué se habían equivocado, por lo que sería conveniente una revisión de los mensajes de corrección para que el proceso instructivo sea más eficaz. Por otra parte, el registro de las puntuaciones parciales que obtienen los alumnos en cada actividad ha sido un aspecto valorado en las entrevistas, ya que permite la comprobación por parte del profesor, a través de la consulta en la base de datos, de los aspectos en los que los están teniendo mayor dificultad. Esto constituye un mecanismo de retroalimentación para el profesor, que puede así complementar las ayudas del programa con sus propias explicaciones facilitando el aprendizaje de los alumnos, como se ha puesto de manifiesto en el grupo de alumnos que suspendieron la actividad la primera vez.

Las reflexiones de profesores y alumnos sobre el proceso evaluador permiten destacar algunos aspectos del mismo y son la base de la *evaluación como aprendizaje*. Según la opinión de los alumnos, el nivel de dificultad de las actividades del laboratorio puede considerarse como medio-alto. La actividad 2, consistente en la clasificación de insectos a partir de claves dicotómicas, fue la que consideraron más difícil, seguida de la actividad 3 que pedía la identificación directa de los ejemplares a partir de su descripción, mientras que la actividad 1 era la que menor dificultad ofrecía. Esta valoración se corresponde con los datos registrados en el programa informático, según

los cuales la calificación media más baja correspondió a la actividad 2 y la más alta a la actividad 1, y también con la intención pedagógica del diseño del programa, ya que la actividad 1 corresponde al nivel descriptivo (de aplicación, según la taxonomía de Bloom, o de discriminación de características y adquisición de conceptos asociados, según Gagné) y las actividades 2 y 3 al interpretativo (de análisis, según la taxonomía de Bloom, o de percepción de reglas o patrones morfológicos, según Gagné). Hay que hacer notar, sin embargo, que la diferencia máxima entre las tres calificaciones no llega a un punto, lo que parece apuntar a un cierto equilibrio en el nivel de dificultad de las actividades. A la vista de las respuestas de los alumnos, puede considerarse, coincidiendo con los evaluadores del programa, que el esfuerzo cognitivo que requiere la realización de las actividades es alto.

Finalmente, la influencia de la evaluación como elemento motivador se ha visto reflejada en una mayor atención del alumno por las tareas que realizaba, tal y como pudo comprobarse durante la evaluación del proceso de aplicación del programa y como han reconocido así mismo los alumnos, aunque, coincidiendo con Barberá (2006), esta influencia como motivación externa sería deseable poder reconvertirla en un fenómeno más intrínseco.

#### **6.4. VALORACIÓN DEL PROGRAMA EN RELACIÓN A LA OPINIÓN DE LOS PARTICIPANTES**

##### **6.4.1. ANÁLISIS DE LAS VALORACIONES DE LOS ALUMNOS**

Del análisis de la observación en el aula y de la opinión expresada por los alumnos a través del cuestionario, se desprenden algunas conclusiones referentes tanto a aspectos técnicos como pedagógicos relacionados con la utilización del laboratorio virtual:

- I. VALORACIÓN DEL MANEJO DEL PROGRAMA Y LOS ASPECTOS TÉCNICOS DEL MISMO: La mayoría de los alumnos valoraron positivamente el diseño del programa en el que habían trabajado, tanto por la información y los materiales de apoyo como por la calidad de la simulación, lo que coincide con la alta valoración que hicieron los evaluadores del programa sobre estos mismos aspectos. Respecto a la navegación, que mereció así mismo una valoración alta en la evaluación del programa, no se ha observado en los alumnos ninguna dificultad durante la observación en el aula, lo que confirmaron ellos mismos cuando se les preguntó en el cuestionario de valoración. Hay que hacer notar que aunque la frecuencia de utilización del ordenador en el Instituto es muy baja, ocho alumnos no tienen ordenador en casa y el 20% se definieron como no usuarios, esto no constituyó un obstáculo para la utilización del programa. Un pequeño porcentaje de alumnos manifestó haber tenido problemas con el funcionamiento de la simulación, lo que puede estar relacionado con una valoración algo inferior por parte de los evaluadores en el ítem “interactividad”, pero una amplia mayoría consideró que los detalles de los insectos se identificaban mejor que al natural.

Por otra parte, la puesta en marcha de la experiencia contó con numerosos problemas derivados de la falta de conexión a Internet en alguna de las sesiones previstas y de la lentitud de la conexión en otros casos, lo que hizo que algunos alumnos no pudieran completar todas las actividades. Sin embargo, el tiempo previsto para la realización del programa hubiera resultado suficiente, ya que, según el registro de la base de datos, el tiempo promedio que tardaron los alumnos en completar las actividades fue de 23 minutos. Aunque la mayoría de las consultas a los profesores en el transcurso de la actividad estuvieron relacionadas con problemas técnicos,

especialmente al inicio de la actividad, estos problemas no estaban relacionados con el manejo del programa sino con las mencionadas dificultades de conexión.

II. VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS PEDAGÓGICOS DEL PROGRAMA: La valoración del entorno virtual como medio de trabajo debe considerarse alta, en tanto que favorece la concentración, la autonomía y el aprendizaje, tal y como se desprende de la observación en el aula y de las respuestas de los alumnos. La valoración media asignada al ítem “Autonomía” por la mayoría de los evaluadores del “Laboratorio Virtual de Insectos” no se corresponde con lo observado a través de esta experiencia. Los alumnos, ante las dudas respecto a aspectos didácticos, recurrían preferentemente a las ayudas del programa, mientras que las consultas al profesor fueron escasas y espaciadas, lo que permitió en todo momento al profesor atenderlas sin dificultad. De algunas de las preguntas realizadas se desprende la conveniencia de una aclaración previa a la realización de la actividad de algunas expresiones comunes que se utilizan habitualmente en las descripciones de los seres vivos, ya que en algún caso han resultado confusas para los alumnos.

III. ACTITUD Y MOTIVACIÓN DE LOS ALUMNOS: Respecto a la actitud de los alumnos, hay que destacar que la concentración a lo largo de toda la actividad fue alta, sin que hubiera distracciones ni pérdidas de tiempo. La mayoría de los alumnos siguieron el programa tal y como había sido concebido, deteniéndose en la lectura de la documentación complementaria que les servía de ayuda para resolver las actividades, aunque no consultaron todos los documentos por igual. El aprovechamiento de los recursos que ofrece el programa no ha sido completo, ya que se han

utilizado principalmente los documentos relacionados directamente con las actividades y menos los de carácter exploratorio. Estos últimos, pensados para ser utilizados como recursos en proyectos de ampliación de los contenidos, no eran necesarios para realizar las actividades, por lo que solo han sido visitados por algunos alumnos curiosos. La práctica totalidad de los alumnos se han manifestado satisfechos con la actividad y han mostrado interés por realizar otras similares en un entorno virtual.

- IV. VALORACIÓN DE LA EVALUACIÓN: La mayoría de los alumnos se manifestaron conformes con la calificación obtenida, entendiendo que se ajustaba a su rendimiento durante la actividad, aunque, como se ha comentado, no siempre tenían claro cual había sido su error. Así mismo la práctica totalidad de los alumnos reconocieron haber realizado las actividades con más interés al saber que iban a ser evaluados.

#### **6.4.2. ANÁLISIS DE LA VALORACIÓN DE LOS PROFESORES**

La valoración de los profesores es también fundamental para conocer los puntos fuertes y débiles de los laboratorios virtuales aplicados a la enseñanza de la Biología, es decir, sus aportaciones y desventajas respecto al laboratorio tradicional y los posibles obstáculos o condicionantes para su utilización. Los profesores, avalados por su experiencia y el conocimiento profundo del contexto educativo en el que desempeñan su tarea docente, pueden aportar mejor que nadie una visión realista y fundamentada de las circunstancias concretas que pueden determinar el éxito o fracaso de este tipo de programas. Para este análisis se ha llevado a cabo una interpretación discursiva de las opiniones vertidas por los profesores en las entrevistas, realizada bajo el prisma de investigaciones previas que han servido de

referente para esta investigación, con el fin de comprender la percepción de la realidad que tienen los profesores y el significado de sus actuaciones didácticas:

- I. VALORACIÓN TÉCNICA: La valoración técnica por parte de los profesores que han utilizado el laboratorio, coincidiendo con la de evaluadores y alumnos, ha sido alta en cuanto a la organización de los contenidos, la navegabilidad, la sencillez del manejo y el realismo de la simulación. También los profesores han puesto de manifiesto las dificultades en el acceso al programa debido a los problemas de conexión a Internet así como en la manipulación de la simulación.
  
- II. VALORACIÓN DIDÁCTICA: Desde el punto de vista didáctico, la valoración global del laboratorio es buena y los profesores destacan algunas características, que también se señalan en diferentes trabajos de investigación realizados en otros países y mencionados en esta investigación, y que vienen a confirmar algunas de las ventajas e inconvenientes de estos programas:
  - i. Uno de los aspectos destacados es el propio diseño de las actividades, orientadas específicamente al trabajo de los procedimientos científicos y siguiendo paso a paso el mismo modo de proceder que se utiliza en el trabajo de laboratorio. Esta recreación de las prácticas presenciales en un ambiente virtual ha supuesto para los profesores participantes una novedad que ha sido muy apreciada, ya que viene a complementar las aplicaciones de las TIC, más conocidas, de ampliación o refuerzo de los contenidos conceptuales, introduciendo un ámbito de aplicación del que, hasta ahora, no tenían referentes.

- ii. La existencia de ayudas permanentes y accesibles desde cualquier parte del programa en forma de tutoriales, donde se explican tanto el funcionamiento del programa como los conceptos básicos necesarios para realizar las actividades, se considera muy positiva, ya que libera parte del tiempo que el profesor dedica habitualmente al inicio de una práctica a las explicaciones acerca del *modus operandi* y de los fundamentos teóricos de la misma, al tiempo que proporciona a los alumnos un aprendizaje más individualizado y concreto y permite que trabajen a distinto ritmo. Estos documentos de apoyo específicos, con los que cuentan habitualmente los laboratorios virtuales, que omiten la información superflua que distraiga del objetivo de la actividad y que pueden ser utilizados por cada alumno en función de sus propias dificultades, favorece la autonomía del aprendizaje y podría redundar, coincidiendo con Jensen [et al.] (2004), en una pequeña mejora en el aprendizaje.
  
- iii. También ha sido muy valorada la simulación y la posibilidad de manipulación e interacción, ya que permiten recrear el trabajo del laboratorio con gran realismo. En esta actividad, la mayor dificultad para llevarla a cabo en un laboratorio presencial es la carencia de insectos. Los centros no pueden disponer de colecciones de insectos para que trabajen con ellos todos los alumnos de un curso (teniendo en cuenta que cada alumno manipularía más de uno), porque los ejemplares se rompen y se deterioran con el uso, quedando inservibles para el curso siguiente. La necesidad de reponer los ejemplares constituye no sólo un problema de tipo práctico (el profesor tendría que desplazarse cada curso en la época adecuada y, probablemente, en más de una ocasión para

conseguir ejemplares suficientes), sino, fundamentalmente, de tipo ético respecto a la necesidad de aniquilamiento sistemático de estos animales. Este es un problema compartido por todas las prácticas de laboratorio que requieran manipular y examinar seres vivos. Lo profesores ven en este tipo de programas la oportunidad de obviar el problema ético de la utilización de animales para la experimentación, problema que, de hecho, constituye el foco de algunas investigaciones sobre estas herramientas (Braun, 2003). La capacidad de simulación es apreciada por los profesores por su potencial para reproducir procesos biológicos con los que es imposible trabajar en un laboratorio presencial, como ya han demostrado Ribisi, Yu y Lambertson (2007) respecto al desarrollo embrionario, Amón (2002), respecto a la neurofisiología o Bell (1999) respecto a la genética. El realismo que confiere a las actividades la utilización de imágenes 3D ha sido muy valorada, coincidiendo con Mikropoulos [et al.] (2003), como apoyo para la comprensión de fenómenos complejos

- iv. Otro aspecto destacado es el sistema automático de corrección, ya que viene a resolver un problema apuntado por los profesores como obstáculo para el trabajo en el laboratorio: la dificultad para evaluar las prácticas. Por un lado permite a los alumnos conocer su progreso y, como afirman Schoner [et al.], (2005), el *feed-back* que reciben los alumnos de sus errores después de cada actividad evita que continúen repitiéndolos. Por su parte, el profesor cuenta con una valoración del logro de objetivos concretos por parte de sus alumnos que le permite establecer las medidas de refuerzo oportunas.

- v. Por otra parte, tras la aplicación del programa en el aula, los profesores han podido comprobar que, al no tener que estar pendiente de la manipulación del material del laboratorio por parte de los alumnos, pueden proporcionar una ayuda más individualizada de los alumnos que lo requieran. A nivel práctico también destacan que los laboratorios virtuales ahorran tiempo de preparación de las prácticas, facilitan el trabajo del profesor y podrían realizarse incluso sin necesidad de desdobles
  - vi. Por último, otra de las ventajas que se destacan en las entrevistas, es la posibilidad de recuperar las actividades en caso de que no se alcancen los objetivos la primera vez, algo que no es posible con las prácticas presenciales y, como se ha visto en esta experiencia, puede resultar muy beneficioso para los alumnos.
- III. DESVENTAJAS: Entre las desventajas, los profesores apuntan a la dependencia de equipos informáticos operativos y en número suficiente de materiales curriculares específicos adaptados a diferentes niveles y de una buena conexión a Internet. También opinan que, de generalizarse su uso, habría que replantearse la organización de los recursos TIC en el centro. Otra de las desventajas manifestada por una de las profesoras es el carácter excesivamente lineal de las actividades. Es cierto que algunos programas diseñados como un producto terminado, como el que se ha utilizado en esta experiencia, ofrecen poco margen a la modificación respecto al planteamiento original. Pero eso mismo ocurre con determinadas prácticas de laboratorio, puesto que es necesario adaptarse a unos materiales, espacios y tiempos concretos que condicionan en gran medida la planificación de las mismas. De hecho, no existen grandes

diferencias en cuanto al diseño de las actividades de este laboratorio respecto a las que se harían en un laboratorio presencial, siempre y cuando se persigan los mismos objetivos. Sin embargo, es cierto que otras actividades de laboratorio requieren un planteamiento más abierto, y conseguirlo sólo depende del objetivo bajo el cual se diseñe el programa.

## **6.5. OBSTÁCULOS ENCONTRADOS PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES**

La utilización efectiva de los laboratorios virtuales en el aula puede estar condicionada por los obstáculos que se mencionan repetidamente en la literatura especializada en relación a la integración de las TIC en la práctica docente, y su identificación ha constituido uno de los focos de atención de esta investigación. Con ello se ha intentado comprobar la importancia relativa de dichos obstáculos en la aplicación concreta de estas herramientas que estamos evaluando, entendiendo que no todos los obstáculos señalados por la investigación didáctica repercuten de la misma manera en todas las aplicaciones posibles de las TIC.

Las dificultades encontradas en la aplicación del *“Laboratorio Virtual de Insectos”* han evidenciado algunos de los obstáculos manifestados por los profesores en la encuesta realizada para la evaluación del contexto. Por otra parte, las entrevistas a los profesores han servido para clarificar algunos de los datos obtenidos en dicha encuesta. Resulta así mismo interesante contrastar algunos de los datos obtenidos en esta investigación con los resultados oficiales publicados en el informe de 2006 del Plan Avanza respecto a la implantación y utilización de las TIC en centros educativos de primaria y secundaria (MEC/MITC, 2006). Los principales obstáculos encontrados se analizan a continuación:

- I. FALTA DE TIEMPO: La falta de tiempo se ha revelado, en la fase de evaluación del contexto, como el principal obstáculo para la utilización de las TIC en el trabajo experimental. A la vista de los argumentos expuestos por los profesores en las entrevistas, esta falta de tiempo hay que entenderla a varios niveles. Por una parte, se señala a la extensión de los temarios como barrera para la incorporación de las TIC a la docencia, ya que la clase tradicional, más ágil, permite avanzar en los contenidos conceptuales con mayor rapidez. Esta circunstancia se agrava en la etapa de bachillerato en la que los profesores sienten que, si no son capaces de impartir íntegro el temario oficial, sus alumnos pueden fracasar en la prueba de acceso a la universidad. Por otra parte, la falta de tiempo se refiere también a la dedicación necesaria para buscar, seleccionar o diseñar materiales digitales para trabajar con los alumnos, lo que supone una carga de trabajo adicional, para la que no se ha contemplado ninguna compensación ni descargo de otras tareas. Por último, la necesaria formación en el conocimiento y manejo de equipos y programas es lenta y mantenida en el tiempo por la ineludible necesidad de actualizar muchos conocimientos que, como consecuencia de la velocidad de renovación de estas tecnologías, se revelan insuficientes transcurrido poco tiempo. En este sentido, llama la atención leer en las complacientes conclusiones del informe del Plan Avanza respecto a los obstáculos que encuentran los profesores para la implantación de las TIC en los centros que “*Los impedimentos percibidos afectan tanto a las variables que tienen que ver con el propio docente (bajo nivel de formación en TIC, en el 78,2%; falta de tiempo, en el 72,3%; desconocimiento de cómo emplear las TIC en el área, en el 51,6%), como con los recursos (carencia de personal especializado, en el 63,9%; escasez de recursos tecnológicos en el centro, en el 57,3%; dispersión de información en Internet, en el 40,0%; falta de recursos*

*disponibles en Internet, en el 31,3%). En conjunto tienen más peso los impedimentos relacionados con el propio docente (excepto en el caso de la existencia de personal especializado en el centro) que los recursos, aunque éstos también aparecen en proporciones muy significativas". Sin entrar a valorar la forma en que la administración parece eludir su responsabilidad en la formación del profesorado, de lo que hablaremos más adelante, resulta realmente desconcertante que obstáculos legítimamente aducidos por los profesores como la falta de tiempo se consideren responsabilidad del docente ¿Acaso sugiere el informe que el profesorado pierde el tiempo? Porque, de no hacerse esta lectura, una sobrecarga de trabajo de los profesores dudosamente puede imputarse a los profesores mismos.*

- II. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS: Esta es otra de las dificultades manifestadas por los profesores tanto en la evaluación del contexto como en las entrevistas. El análisis de la realidad escolar llevado a cabo en esta investigación nos muestra un panorama poco optimista, ya que la ratio en el centro en el que se ha llevado a cabo la experiencia es 14,8 (menos de 7 ordenadores por cada 100 alumnos, frente a los 27 de Dinamarca o los 11 de la media europea). Por otra parte, ya se ha comentado anteriormente que los datos relativos a la ratio de alumnos por ordenador o del porcentaje de centros conectados a Internet aportan poca información respecto a la disponibilidad real de estos recursos. La organización de los recursos en aulas de informática, reservadas preferentemente para la enseñanza disciplinar de las materias relacionadas con la informática, hace que la posibilidad de acceso de los profesores y alumnos a estos recursos se vea muy restringida. En la encuesta inicial, más de la mitad de los profesores afirman carecer de disponibilidad de recursos informáticos para más de la mitad de los cursos que atienden y en el centro en que se ha llevado a cabo

la experiencia hay solamente 23 periodos lectivos disponibles semanalmente del aula de informática para el profesorado que no tiene asignada la ocupación. Teniendo en cuenta que en cada periodo lectivo hay más de 30 grupos dando clase simultáneamente en este centro, la posibilidad de utilización de los recursos informáticos es claramente insuficiente.

- III. PROBLEMAS TÉCNICOS: En referencia a la conexión a Internet, los datos oficiales indican que alcanza prácticamente al 100% de los centros educativos de la Comunidad de Madrid. Sin embargo el acceso a Internet por parte de los alumnos está, lógicamente, tan limitado como a los propios ordenadores. Pero, además, la mera existencia de un contrato de conexión a Internet no garantiza su correcto funcionamiento, como se ha podido comprobar en esta investigación. Fallos en la conexión y lentitud son problemas a los que se enfrentan diariamente numerosos centros educativos: según el plan Avanza el 26% de los profesores considera la conexión a Internet de su centro deficiente o muy deficiente, el 31% “justa”, el 35,5% buena y el 3,7% excelente. El desánimo del profesor que ha empleado un tiempo en la preparación de una actividad basada en las TIC, que “consigue” reservar una hora el aula de informática y que cuando llega al aula no puede llevarla a cabo por falta de conexión, es bastante comprensible.

Por último, el mantenimiento de los equipos, habitualmente responsabilidad del coordinador de las TIC, es otro de los problemas detectados en la investigación. El coordinador de las TIC en los centros de secundaria no puede resolver por sí solo este problema, ya que, es un cargo que suele recaer en un profesor que “entiende de informática”, con una formación

generalmente insuficiente para la cantidad y variedad de problemas a los que debe enfrentarse y que cuenta con cuatro horas de reducción semanales para atender a las necesidades de todos los profesores del centro. Según el informe del plan Avanza, los profesores califican la calidad de equipamiento de su centro como deficiente o muy deficiente en un 35%, mientras que un 31% la califica de “justa”, un 27% buena y un 4% excelente (el resto NS/NC). Solo un 39% de los alumnos consideran que los ordenadores de su centro funcionan bien.

IV. FALTA DE SOFTWARE: La escasez de software educativo específicamente diseñado para realizar trabajo experimental es también una dificultad importante, ya que limita el tipo de actividades que se pueden llevar a cabo con los alumnos. Aunque no es posible determinar con exactitud cuántos programas de este tipo hay disponibles en la red, la búsqueda por palabras clave, a través de portales educativos o de webs docentes o institucionales, resulta decepcionante. La falta de disponibilidad y de conocimiento de este tipo de programas por parte del profesorado, tal y como revelan tanto la encuesta como las entrevistas realizadas en esta investigación, vienen a confirmar esta carencia. Uno de los profesores entrevistados señala que esta escasez de recursos es especialmente significativa en los cursos superiores, ya que, aunque van apareciendo cada vez más actividades diseñadas para alumnos de la ESO, son muy escasos los materiales dirigidos a alumnos de bachillerato.

Por otra parte, frecuentemente se alude a la necesidad de que los profesores diseñen sus materiales educativos, pero el diseño de programas complejos como son los laboratorios virtuales requiere una formación muy superior, no sólo al nivel medio actual del profesorado, sino al que

podríamos considerar deseable. Es cierto que muchas de las experiencias de uso de las TIC en el aula se deben a la iniciativa de personal docentes que producen contenidos digitales articulados en torno a herramientas de autor, pero se trata, en general, de iniciativas muy concretas, pocas veces orientadas al trabajo práctico de los alumnos y que, desde luego, no cubren todas las áreas del currículo. Según datos del informe del Plan Avanza, el 49,6% de los profesores de bachillerato y el 38,6% de la ESO utiliza recursos de creación propia, la mayoría orientados al refuerzo de contenidos conceptuales. Siendo este porcentaje bastante elevado, la expectativa de que los propios docentes diseñen cuantos materiales necesiten para sus clases está abocada al fracaso. No hay más que pensar en el número de asignaturas y niveles que atiende el departamento de Biología en un instituto de enseñanza secundaria para percibir la envergadura de tal proyecto y la ingenuidad de esta pretensión. En esta investigación la mitad de los profesores encuestados considera la falta de software específico un obstáculo importante. El 24,2% de los profesores españoles de ciencias, preguntados por la razón por la que no utilizan ordenadores en el aula, respondieron que por falta de software, según el informe de la European Commission (2006).

- V. FALTA DE FORMACIÓN TÉCNICA: La falta de formación del profesorado suele ser uno de los argumentos más repetidos para explicar la escasa utilización de las TIC en los centros. Sin embargo, hay ya numerosos estudios, referenciados anteriormente en este trabajo, que ponen en duda que ésa sea la causa fundamental de esta situación. Los datos obtenidos en nuestra encuesta permiten afirmar que el nivel de formación del profesorado de Biología de Comunidad de Madrid está próximo a lo que en este estudio se ha considerado nivel medio, lo que les capacitaría para manejar un

considerable número de programas y aplicaciones informáticas así como para la utilización de diferentes herramientas para la comunicación, aunque solo un 14% tendría formación suficiente para el diseño de contenidos multimedia. Por otra parte, los datos ofrecidos por el mismo informe del plan Avanza que venimos usando como referencia en este análisis, señalan que un 78% del profesorado manifiesta no tener formación suficiente para la integración de las TIC en su actividad docente. Sin embargo, datos más precisos de este mismo informe acerca de las tareas concretas que son capaces de realizar los profesores utilizando estas herramientas revelan que más de un 90% de los profesores utilizan Internet, guardan y recuperan información en diferentes soportes o utilizan un procesador de textos y un 80% utiliza el correo electrónico. Actividades más específicas obtienen menores porcentajes: un 70% consultan bases de datos, más del 50% utilizan hojas de cálculo, más del 40% elaboran presentaciones multimedia y el 25% elabora páginas web. Estos datos revelan la existencia de un importante porcentaje de profesores que tienen una capacitación en el uso de las TIC que podríamos considerar suficiente para llevar a cabo numerosas actividades en el aula. Según el informe de la European Commission (2006), solo el 15,9% de los profesores españoles de ciencias no utilizan las TIC en el aula por falta de formación.

Aunque no cabe duda de que a medida que aumenta el nivel de formación del profesorado, aumentan las posibilidades de aplicación de diferentes recursos informáticos en la docencia, tampoco parece, a la vista de los anteriores datos, que el nivel de formación en TIC deba ser un obstáculo fundamental para el manejo de programas como los laboratorios virtuales, para lo cual un nivel de usuario es suficiente, como han manifestado los profesores que participaron en la experiencia.

VI. FALTA DE FORMACIÓN PEDAGÓGICA: Los profesores encuestados en la evaluación del contexto conceden la misma importancia a la falta de formación técnica y pedagógica como obstáculo para la integración de las TIC en la docencia, pero, preguntados acerca de sus referentes acerca de software específico para realizar trabajo práctico, los profesores reconocieron tener un conocimiento muy escaso de aplicaciones del software general con esta finalidad y casi nulo respecto a actividades basadas en laboratorios virtuales o laboratorio asistido por ordenador. Los profesores entrevistados admiten que es necesaria una formación pedagógica que permita incorporar o adaptar experiencias ajenas, con resultados contrastados, a su propia práctica docente y demandan una formación disciplinar, argumentando que la formación técnica les resulta insuficiente para la utilización de las TIC en el aula. Los datos del informe del Plan Avanza muestran así mismo que un 84% del profesorado considera que necesita formación metodológica, frente a un 64% que manifiesta la necesidad de formación técnica.

Por otra parte, los profesores entrevistados consideran que los cursos de formación organizados por los Centros de Profesores y Recursos (modalidad de formación más generalizada entre los docentes) están descontextualizados y destacan la escasa repercusión que han tenido estos cursos en la percepción de su propia capacidad para afrontar el trabajo con las TIC en el aula. También ponen de manifiesto la importancia que para ellos ha tenido la formación autodidacta, coincidiendo con lo que señala el 64% del profesorado, según el informe del Plan Avanza. Esto significa que la mayor parte de los profesores no solamente invierte una parte importante de su tiempo en buscar, seleccionar o diseñar materiales para la docencia, sino que lo hace, a menudo, sin ayuda, cada uno a nivel individual,

siguiendo caminos muchas veces paralelos y tropezando en los mismos o parecidos errores.

La búsqueda de correlaciones entre los obstáculos señalados por los profesores en la entrevista y la utilización que hacen de las TIC en el aula no ha permitido establecer una relación causal con ninguno de ellos. Esto demuestra la ausencia de correspondencia unívoca entre la baja tasa de aplicación de las TIC al trabajo experimental y cada una de las variables analizadas consideradas aisladamente y pone de manifiesto la complejidad de este problema.

## 6.6. CONCLUSIONES

Las diversas fuentes utilizadas para la recogida de información permiten afirmar que los laboratorios virtuales proporcionan numerosos aspectos de interés para enseñanza de la Biología. La valoración que los expertos han llevado a cabo del *“Laboratorio Virtual de Insectos”* utilizado en esta investigación, así como las conclusiones de numerosos estudios previos sobre otras aplicaciones similares, destacan aspectos técnicos de estas herramientas que pueden facilitar nuevos planteamientos del trabajo práctico de los alumnos. Así mismo, la observación del desarrollo de la actividad ha puesto de manifiesto algunas ventajas de tipo práctico en su utilización y una notable influencia en la motivación y la concentración de los alumnos en su tarea. Finalmente, la valoración de alumnos y profesores participantes es muy positiva, apreciando, unos y otros, numerosos beneficios pedagógicos, algunos de los cuales se han visto reflejados en el grado de consecución de los objetivos didácticos.

Sin embargo, el análisis del contexto de la Comunidad de Madrid ha revelado la existencia de diversos obstáculos para la utilización de estas herramientas, según la percepción de los profesores, la mayoría de los cuales se han confirmado durante el

desarrollo de nuestra experiencia. Los datos obtenidos en relación a las dificultades encontradas dibujan una situación más compleja de lo que parece desprenderse de algunos estudios previos.

Una explicación más detallada de estos aspectos se desarrolla en el siguiente capítulo para tratar de dar respuesta a los interrogantes de la investigación.

# 7

## CONCLUSIONES

---

### 7.1. RESPUESTA A LOS INTERROGANTES BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo que ha guiado esta investigación ha sido hacer aflorar los puntos fuertes y débiles de los laboratorios virtuales aplicados a la enseñanza de la Biología, así como los obstáculos que dificultan su utilización en la enseñanza secundaria, basándonos, para ello, en una evaluación sistemática de su aplicación en el aula.

Esta evaluación, orientada a la reflexión docente, se ha centrado en recopilar información de distintas fuentes y utilizar una variedad de métodos para conseguir una visión amplia del problema, ya que los resultados obtenidos tras la confrontación de distintos métodos de investigación tienen un grado de validez mayor que si provienen de uno solo. La evaluación del programa, por tanto, no se basa en un resultado aislado, sino que descansa en la firmeza metodológica que le confiere la utilización de del modelo de evaluación utilizado y el conocimiento experto de la situación.

La metodología de la investigación, basada en el modelo CIPP (context, input, process, product), ha definido cuatro fases diferenciadas del proceso evaluativo:

- La evaluación del contexto ha permitido diagnosticar problemas concretos respecto a las dificultades de los profesores para realizar actividades prácticas con sus alumnos en el área de Biología, así como conocer el nivel de integración de las TIC en el ámbito de esta disciplina y la opinión de los

profesores respecto a la utilización de estas herramientas en el trabajo experimental.

- La evaluación del programa ha servido para examinar algunas de las aportaciones de los laboratorios virtuales al trabajo experimental desde el análisis de experiencias previas y utilizar sus conclusiones como referencia para el diseño del “*Laboratorio Virtual de Insectos*” aplicado en esta investigación. Las características técnicas y pedagógicas de dicho laboratorio han sido descritas y evaluadas en esta fase, ya que este programa ha servido como modelo para una evaluación más pormenorizada del interés didáctico de los laboratorios virtuales en las siguientes fases de la investigación.
- En la evaluación del proceso se ha puesto a prueba el laboratorio virtual desarrollado, con el fin de evaluar una aplicación concreta, en un contexto real y referida a un nivel y unos objetivos educativos determinados. En esta fase se ha recogido información de las circunstancias que han rodeado el proceso de aplicación del programa y se ha recabado la opinión de los participantes.
- La evaluación de los resultados ha consistido en un análisis de toda la información recogida a lo largo del proceso de evaluación. Dicho análisis se ha basado en los resultados obtenidos por los alumnos y la valoración de la experiencia tanto desde el punto de vista de los alumnos como de los profesores. Por otra parte, la interpretación de los resultados ha permitido identificar las dificultades encontradas por los profesores así como las observadas en el aula durante la aplicación del programa y comparar estos datos con los recogidos en la evaluación del contexto, buscando una

explicación más consistente de los mismos. También se ha considerado de interés la discusión de algunos de los hallazgos de esta investigación frente a los datos oficiales de que se dispone.

La respuesta a los interrogantes básicos de la investigación se resume a continuación:

**1- ¿Cuál es la actitud del profesorado de Biología ante el trabajo experimental?**

Los resultados obtenidos en la investigación permiten afirmar que los profesores tienen una actitud muy positiva respecto al trabajo experimental y consideran fundamental el aprendizaje de ciertas destrezas y procedimientos científicos. Entre las destrezas a las que el profesorado concede mayor importancia figuran las de tipo técnico o manipulativo (manejo de instrumentos, aparatos o reactivos) y las destrezas básicas del trabajo científico (observación, clasificación, descripción, medición, tabulación y representación de datos...). Sin embargo las destrezas relativas a la investigación (identificación de problemas, emisión de hipótesis, control de variables, análisis e interpretación de datos...) o a la comunicación (representación simbólica, análisis de diversas fuentes e identificación de ideas, elaboración de informes de laboratorio.), merecen menos atención por parte del profesorado.

La valoración que hacen los profesores de las destrezas experimentales coincide con la orientación que deben tener las actividades de laboratorio en opinión de algunos autores (Caballer y Oñorbe, 1997; Sanmartí [et al.], 2003; De Pro, 2006), para quienes el objetivo del trabajo práctico se centra en la adquisición de habilidades concretas en ámbito manipulativo o intelectual (observación, clasificación, medición, registro y representación de datos, identificación de variables, dominio de ciertas técnicas de trabajo, etc.), mientras que planteamientos más abiertos relacionados con la actividad

investigadora defendidos por Miguens y Garret (1991), González Eduardo (1992) o Gil y Valdés (1996) tienen, en la práctica, menor predicamento entre el profesorado.

## **2- ¿Cuáles son los obstáculos y limitaciones que perciben los profesores para realizar prácticas de laboratorio en la enseñanza secundaria?**

Los datos obtenidos en esta investigación ponen de manifiesto que la tasa de ocupación de los laboratorios de Biología para la realización de trabajo experimental no es muy elevada, aunque se observan diferencias significativas en relación a los niveles educativos: mientras que la mayoría de los profesores encuestados afirman que utilizan el laboratorio de forma regular con sus alumnos de la ESO, la mitad señalan que con los alumnos de bachillerato no lo utilizan nunca o casi nunca. Esta baja utilización de los laboratorios ya ha sido advertida en estudios anteriores (Nieda, 1994; Cano y Cañal, 2006), los cuales recogen, así mismo, algunas de las razones con las que los profesores intentan explicar esta situación y que, con mayor o menor énfasis en unas u otras, coincide con las encontradas en nuestro estudio:

- a) La falta de tiempo es uno de los factores más señalados por los profesores y puede servir para explicar la diferencias encontradas en la utilización del laboratorio en ESO y Bachillerato, ya que la razón apuntada con mayor frecuencia es la extensión de los temarios de bachillerato y la presión la prueba de acceso a la universidad. Se detecta, por tanto, un desencuentro entre lo que los profesores “consideran que deben hacer” para preparar a sus alumnos de cara a estudios futuros, y lo que “quisieran hacer”, en coherencia con sus planteamientos epistemológicos.

- b) La falta de profesorado estable de apoyo o de desdoble es otra de las dificultades compartidas por un alto porcentaje de profesores, ya que el trabajo en un laboratorio con materiales peligrosos, frágiles o delicados genera cierta inquietud hacia los riesgos derivados de una manipulación inadecuada. Por otra parte, la complejidad de algunas prácticas en las que se aúnan las dudas de tipo conceptual con las de procedimiento o manejo de los aparatos, requieren una mayor atención del profesorado que se ve incapaz de atender a grupos de alumnos tan numerosos como los que hay habitualmente en el aula tradicional.
- c) Algunas de las características propias del trabajo experimental en Biología, comentadas en el capítulo 1, han aflorado en esta investigación como obstáculos. La dificultad para reproducir ciertos procesos biológicos en el laboratorio constituye una barrera importante . Esto es debido a que hay una cantidad significativa de contenidos de Biología que no son susceptibles de experimentación o bien ésta requiere de un equipamiento con el que la mayoría de los centros de enseñanza secundaria no cuenta. Esta dificultad va en aumento a medida que ascendemos de nivel educativo, ya que algunos procesos que pueden ser reproducidos de manera muy elemental para su estudio por parte de alumnos de la ESO, requieren un tratamiento más profundo en bachillerato. Así, contenidos fundamentales en bachillerato, como genética, evolución, fisiología animal, metabolismo celular, inmunología, ingeniería genética, microbiología o biotecnología, plantean muchas dificultades para la actividad experimental en un laboratorio escolar, que se ve frecuentemente sustituida por actividades de lápiz y papel.

d) Otra de las dificultades propias de esta disciplina, que no se recoge en investigaciones previas, deriva de las características del material de trabajo del que se sirve. Entre los profesores encuestados este aspecto tiene menor importancia que los anteriores, pero para los profesores que participaron en las entrevistas constituye un obstáculo de primera magnitud. Efectivamente, el material que se utiliza en las prácticas de Biología solamente a veces consiste en cuerpos físicos inertes o reactivos químicos que admiten un almacenamiento prolongado. Por lo común, el objeto de estudio de estas prácticas es material biológico, el cual presenta algunas singularidades: no siempre es fácil de conseguir o requiere el desplazamiento del profesor un entorno natural, a menudo su recolección depende de las variaciones estacionales y suele ser perecedero. Esta circunstancia, además requerir una dedicación por parte del profesor muy superior a otras actividades, está fuertemente limitada por la Ley de Conservación de los Espacios Naturales y de Medio Ambiente (España, Jefatura del Estado, 1989) y diversos desarrollos autonómicos posteriores. Con carácter general, según el artículo 24.3 de dicha ley *“Queda prohibido dar muerte, dañar, molestar o inquietar intencionadamente a los animales silvestres, y especialmente los comprendidos en alguna de las categorías enunciadas en el artículo 29<sup>22</sup>, incluyendo su captura en vivo y la recolección de sus huevos o crías, así como alterar y destruir la vegetación”*. Aunque se contemplan casos de excepcionalidad, como los fines investigativos o educativos, la ley, en su reforma de 1997 (España, Jefatura del Estado, 1997), advierte claramente que se reservan para los casos en que no exista otra solución satisfactoria y

---

<sup>22</sup> Se refiere al catálogo nacional de especies amenazadas, al que deben añadirse las especies de los respectivos catálogos autonómicos. Numerosas especies de insectos figuran en estos catálogos.

establece la exigencia de una autorización administrativa motivada que debe especificar: a) las especies a que se refiera; b) los medios, los sistemas o métodos a emplear y sus límites, así como el personal cualificado, en su caso; c) las condiciones de riesgo y las circunstancias de tiempo y lugar; d) los controles que se ejercerán, en su caso; e) el objetivo o razón de la acción. A estas barreras de corte proteccionista, algunos profesores entrevistados añadieron sus propias barreras éticas.

e) Por último, a pesar de que, como se ha visto en el capítulo 1, la investigación didáctica ha puesto de manifiesto dificultades para la evaluación de las actividades de laboratorio señalando que “*no siempre se evalúan*” (Nieda, 2006), la evaluación de las prácticas apenas constituye una dificultad para un pequeño porcentaje de los encuestados. Sin embargo, las respuestas de los profesores que participaron en la experiencia coinciden con la observaciones de Barberá y Valdés (1996) respecto a la influencia de los sistemas de evaluación de las actividades prácticas en la percepción de su rendimiento, y ponen de manifiesto que la satisfacción con el procedimiento que utilizan es baja, algo que, si bien no dificulta la realización de las actividades, obliga a replanteamientos acerca de la valoración de su eficacia.

### **3- ¿Tiene el profesorado de Biología una actitud favorable hacia la utilización de las TIC aplicadas al trabajo experimental?**

La actitud de los profesores hacia las TIC es uno de los obstáculos para su integración docente citados en algunas investigaciones didácticas, algo de lo que, a menudo, se hacen eco los medios de comunicación: *El problema*

ya no es el número de ordenadores por alumno (uno por cada seis en Secundaria), sino que los centros no se acostumbran a usar Internet y las TIC en las aulas (Grau, 2008). Afirmaciones como ésta se asientan sobre la base de que una postura de rechazo de los profesores hacia estas herramientas puede suponer un factor determinante para su escasa presencia en la actividad docente. Pero esta presunción, en caso de ser cierta, debería llevarnos a indagar acerca de su origen, más que considerarla como una causa en sí misma. Los profesores no son impermeables a las innovaciones tecnológicas. Según el informe de 2006 del Plan Avanza, el 80,6% del profesorado utiliza las TIC para uso personal todos los días o varias veces a la semana y un 76,5% dice estar muy interesado en estas herramientas. Por otra parte, sin negar que puedan existir posturas individuales de resistencia al cambio, numerosos estudios (Rodríguez Mondéjar, 2000; Carballo y Fernández, 2005; Orellana [et al.] 2004) revelan que el grado de interés y motivación del profesorado es elevado, hasta el punto de considerar “un deber profesional” la incorporación de las TIC a la docencia (Canales, 2005). En el informe de sobre indicadores de acceso y uso de las TIC en las escuelas europeas (European Commission, 2006), solamente el 6% de los profesores de ciencias señalaron la falta de interés como razón para no usar los ordenadores en el aula. Parece evidente que el si el profesorado valora las TIC como una ayuda a su labor educativa y ve en su utilización claros beneficios pedagógicos para los alumnos, debería abrazar estas tecnologías con entusiasmo si, efectivamente, tuviera suficiente acceso a los recursos, como se aduce en algunos informes.

En la presente investigación, la valoración que los profesores participantes en la aplicación del laboratorio virtual hacen de las posibilidades didácticas

de las TIC para su utilización en el ámbito de las destrezas científicas es muy positiva y ven en estas herramientas ventajas tanto de tipo práctico como pedagógico. Este dato coincide con la actitud positiva del profesorado hacia la utilización las TIC para el trabajo experimental, puesta de manifiesto por el cuestionario aplicado a los profesores de la Comunidad de Madrid en la fase de evaluación del contexto, y contradice las conclusiones generales del informe de la Comisión Europea (European Commission, 2006), al menos en el ámbito de estudio de esta investigación, respecto a la falta de motivación de los profesores españoles.

Estos resultados, avalados por otros similares encontrados por estudios previos en distintas comunidades autónomas así como en el ámbito nacional (Rodríguez Mondéjar, 2000; ISEI-IVEI, 2004; Canales, 2005; MEC/MTIC, 2006; Rodríguez, Abalde y Muñoz, 2007), evidencian que la repetidamente mencionada “resistencia al cambio” del profesorado como explicación de la escasa presencia de las TIC en las actividades docentes, es poco consistente.

#### **4- ¿Utilizan los profesores las TIC para la realización de trabajo experimental con los alumnos?**

La utilización de las TIC en la práctica docente está lejos de constituir un hecho habitual, como han puesto de manifiesto estudios anteriores (Fernández y Cebreiro, 2002; Gargallo, 2003; Gargallo [et al.], 2004; Pérez, Vilán y Machado 2006; European Commission, 2006). En nuestro estudio, aproximadamente la mitad de los profesores solamente utilizan las TIC en el aula de manera ocasional y el uso que hacen de estas herramientas es fundamentalmente de apoyo a las explicaciones, para la búsqueda y ampliación de la información o para encomendar trabajos a sus alumnos. En actividades más participativas

para los alumnos como la comunicación o la experimentación apenas se utilizan. Una amplia mayoría del profesorado no utiliza nunca ninguna de las posibles herramientas basadas en las TIC para la realización de trabajo experimental.

La discrepancia entre la actitud positiva del profesorado hacia estas herramientas y el escaso uso que hace de ellas en su práctica docente, requiere explicaciones que aborden el problema desde ámbitos educativos concretos y exploren las dificultades observadas en contextos reales. Como hemos visto, los profesores conocen y aprecian las posibilidades técnicas de las TIC y su interés didáctico para la realización de trabajo experimental con los alumnos, es decir, valoran positivamente “lo que podría ser”, pero probablemente sus expectativas se diluyen ante las barreras que encuentran, es decir, ante “lo que es”.

**5- ¿Cuáles son los factores que dificultan la utilización de las TIC en el ámbito del trabajo experimental?**

Los obstáculos que ha aflorado en esta investigación para la aplicación de las TIC al trabajo experimental, y que podrían explicar el problema señalado más arriba en este ámbito, son los siguientes:

- a) Falta de tiempo: Los datos del cuestionario revelan que la falta de tiempo es el obstáculo al que los profesores conceden mayor importancia. Las respuestas de los profesores a la entrevista han servido para clarificar un poco esta cuestión. La formación en el manejo tanto del hardware como del software absorbe una gran cantidad de tiempo y todos los profesores afirman haber realizado diversos cursos con esta finalidad. Esta capacitación es, además, un proceso lento,

puesto que son muchos los aspectos que hay que dominar, y mantenido en el tiempo, ya que constantemente aparecen nuevas aplicaciones informáticas. Pero, además, la asimilación de los contenidos sólo se adquiere con la práctica, la necesidad de solucionar dificultades o el enfrentamiento a nuevos retos. Esta suele ser una parte de la formación que a veces se obvia, ya que es una labor individual y silenciosa en la que, sin embargo, el profesorado invierte una gran cantidad de horas. Por otra parte, la búsqueda, selección y adaptación de los recursos digitales o el diseño de los propios materiales curriculares es una labor en la que se emplea mucho más tiempo que en la preparación de la actividad docente tradicional.

Por otra parte, la extensión de los temarios influye en muchos profesores de bachillerato que, urgidos por la presión de la prueba de acceso a la universidad, abandonan cuantas actividades puedan retardar el avance en los contenidos conceptuales, por tratarse de un examen de gran trascendencia para el futuro de los estudiantes y en el que los conocimientos sobre el manejo de las TIC están totalmente ausentes. Muchos profesores consideran que la utilización de las TIC, lejos de suponer un apoyo a la formación, “quita tiempo” para la preparación de una prueba diseñada con criterios basados en el aprendizaje memorístico, llegando a encontrarse profesores que no admiten trabajos realizados con ordenador por miedo a la facilidad con se pueden copiar trabajos, sin ninguna aportación personal, utilizando recursos disponibles en Internet.

Hay que tener en cuenta que la falta de tiempo es también un concepto relativo: teniendo en cuenta la dificultad de acceso a los recursos y, por

lo tanto, el limitado aprovechamiento que van a tener los alumnos del trabajo previo de los profesores en este ámbito, la falta de orientación y de apoyos por parte de la administración educativa y la falta de incentivos para los profesores que dedican su tiempo a la formación y preparación de actividades mediadas por las TIC respecto de aquellos que no lo hacen, la conclusión de muchos profesores es que el tiempo que se invierte en estas tareas es desproporcionado en relación a los beneficios.

Sorprendentemente, la falta de tiempo es un aspecto que no se ha tenido en cuenta en los estudios que siguen el modelo ACM (acceso, competencia y motivación) como el de la Comisión Europea (European Commission,2006). Sin embargo es un factor puede determinar la existencia de otro grupo de profesores que, teniendo acceso a los recursos, formación y motivación, no encuentran el tiempo que necesitan para incorporarse al cambio metodológico que supone la integración de las TIC en la docencia. La falta de motivación que señala el informe de la Comisión Europea para un elevado porcentaje de profesores españoles, y que no se ha visto refrendada en estudios nacionales, puede estar enmascarando factores como éste.

- b) Falta de recursos: A pesar de que los datos oficiales relativos a las mejoras de dotación de los centros pudieran hacer pensar otra cosa, lo cierto es que la falta de recursos es percibida por los profesores, en este estudio, como uno de los factores más limitantes para el aprovechamiento didáctico de las TIC. Numerosos estudios a los que se ha hecho referencia en el capítulo 3 de esta investigación, realizados desde el ámbito europeo, nacional o autonómico, ponen el acento en los avances que se han llevado a cabo en los últimos años tanto en la

dotación de equipos informáticos en los centros educativos como en la conexión a Internet, aportando, generalmente, datos de mejora en la ratio de alumnos por ordenador. Pasando por alto el hecho de que las ratios obtenidas por diferentes estudios no son coincidentes, lo cierto es que aún es muy elevada. La ratio del centro en el que se ha llevado a cabo la aplicación del laboratorio virtual es de 14,8 alumnos por ordenador, muy por encima del 11,6 que señala el Instituto de Evaluación del MEC en 2006 y casi el doble del 7,6 que anuncia el informe del plan Avanza en el mismo año (Instituto de Evaluación, 2006; MEC/MITC, 2006). Otros datos apuntan hacia una insuficiente dotación de medios: el cuestionario inicial de evaluación del contexto en esta investigación revela que solamente el 11% del profesorado tiene acceso a los recursos informáticos para todos los grupo que atiende y el 55% de los profesores españoles de ciencias afirman que no utilizan el ordenador en el aula por falta de ordenadores, según el informe de la Comisión Europea (European Commission, 2006).

Por otra parte, los equipos concentrados en aulas de informática plantean serios problemas de acceso para la mayor parte del profesorado (y en consecuencia de sus alumnos) tal y como se ha puesto de manifiesto en esta investigación, lo que impide la utilización sistemática de los recursos informáticos y hace prácticamente imposible la integración curricular de estas herramientas en las distintas áreas.

Finalmente el deficiente mantenimiento de los equipos y la mala calidad de la conexión a Internet en algunos centros se manifiestan como obstáculos que, comprensiblemente, desaniman al profesorado que ha

dedicado tiempo y esfuerzo a la preparación de unas actividades que no puede llevar a cabo como había planeado.

c) Falta de software: Aunque no aparece como aspecto destacado en la mayoría de los estudios previos consultados, la falta de software específico se revela en esta investigación como un condicionante importante para más de la mitad de los profesores, constituyendo el tercer obstáculo en orden de importancia y el que mayor correlación ha mostrado con la baja utilización de las TIC en el aula. La mayoría de los recursos de Biología disponibles para su aplicación al aula son materiales relacionados con contenidos conceptuales o actividades encaminadas a reforzar estos contenidos, mientras que el material diseñado específicamente para trabajar destrezas científicas es muy escaso. Por otro lado, el conocimiento necesario para el desarrollo de estos programas excede la capacitación de la mayor parte del profesorado. La complejidad de su diseño, basado en la interactividad y en la recreación de entornos virtuales muy complejos, requiere el concurso de profesionales especializados. La formación del profesorado en TIC no puede alcanzar ese nivel, ni sería eficaz ni razonable que cada profesor, individualmente, dedicara tanto tiempo y esfuerzo al diseño de estos materiales. Teniendo en cuenta el alto valor didáctico que los profesores conceden al trabajo experimental, es lógico que encuentren en esta carencia un obstáculo de importancia.

d) Formación técnica: La formación en TIC es considerada por la mitad del profesorado que ha participado en la evaluación del contexto como un obstáculo importante para la integración de estas herramientas en la enseñanza. Sin embargo, llama la atención que la formación de este

mismo profesorado está próxima a lo que, en consonancia con otros estudios, hemos considerado un nivel medio en la investigación. Este nivel de formación no debería constituir un obstáculo para la incorporación al aula de una gran cantidad de actividades basadas en el uso de las TIC, ya que es suficiente para la aplicación de numerosos recursos. La percepción de los profesores en este sentido sorprende y parece revelar cierta inseguridad, probablemente más relacionada, en algunos casos, con la falta de experiencia que con la falta de formación técnica.

Al contrario que los estudios de Suárez [et al.] (2005) o Almerich (2007), no se ha encontrado correlación entre la formación técnica del profesorado y la frecuencia de utilización de las TIC para el trabajo experimental, lo que induce a cuestionar, coincidiendo con Area (2007) y Monge (2007), la formación técnica del profesorado como obstáculo clave para la integración de las TIC a la actividad docente.

- e) Formación pedagógica: La falta de formación pedagógica, es decir, la falta de modelos en los que basar las propias experiencias, constituye así mismo un obstáculo para la mitad del profesorado. Ya hemos visto que una de las dificultades para la incorporación de las TIC al trabajo experimental es la carencia de materiales específicos, pero la escasa difusión de los materiales existentes y de las experiencias llevadas a cabo con ellos es un factor coadyuvante, ya que la mayor parte del profesorado no conoce ningún ejemplo o conoce sólo algún ejemplo aislado de laboratorio virtual o laboratorio asistido por ordenador. En cuanto a los programas que requieren que sea el profesor el que diseñe la actividad, es decir, el software general susceptible de ser aplicado al

trabajo experimental, la situación no es mucho mejor. Sin embargo, recursos como hojas de cálculo, bases de datos, mapas interactivos o diversas herramientas de comunicación, sí son accesibles para el profesorado y su manejo, según el nivel de formación declarado, no constituye un obstáculo para un elevado porcentaje de profesores, lo cual indica que no se utilizan en el aula probablemente por falta de referencias específicas para la disciplina. Aunque los resultados de la encuesta son semejantes en cuanto a la percepción del profesorado respecto a la importancia de la formación técnica y pedagógica como obstáculos para la integración de las TIC al trabajo experimental, la entrevista a los profesores y la contrastación con otros datos, como la falta de conocimiento de software específico por la parte de la mayoría de los profesores, hace pensar que la falta de formación pedagógica podría ser un obstáculo más importante que la falta de formación técnica, como ya apuntan algunos estudios (ISEI-IVEI, 2004; Fuentes, Ortega y Lorenzo, 2005; Area, 2007; Monge, 2007)

**6- ¿En qué medida facilitan los laboratorios virtuales la labor docente en relación a los obstáculos percibidos para la realización del trabajo experimental?**

Tanto el análisis de la literatura especializada como los resultados de la aplicación de Laboratorio Virtual de Insectos en el aula, permiten afirmar que los laboratorios virtuales aportan muchas soluciones en relación a las principales dificultades percibidas por los profesores para la realización de las prácticas de laboratorio tradicionales:

- a) La utilización de laboratorios virtuales reduce notablemente el tiempo de dedicación para la preparación de las prácticas, especialmente en labores de preparación, limpieza y recogida de material.

- b) Permiten solucionar problemas de equipamiento, materiales e infraestructura de algunos laboratorios presenciales.
- c) El entorno virtual elimina riesgos y problemas manipulativos, lo que permite realizar trabajo experimental con grupos completos de alumnos. De esta manera, la dependencia de los profesores de apoyo se reduce y esto permitiría trabajar contenidos procedimentales en aquellas situaciones en que se carece de profesorado suficiente.
- d) Los laboratorios virtuales que utilizan un entorno de simulación pueden recrear fenómenos naturales, acelerando o retardando los procesos y permitiendo la intervención del alumno mediante la manipulación de determinadas variables. Esto permite realizar trabajo experimental acerca de contenidos que hasta ahora no se trabajaban en el laboratorio, lo que aumenta y diversifica las actividades orientadas a desarrollar determinadas destrezas.
- e) La dificultad para obtener material biológico, que limita o impide la realización de ciertas actividades prácticas, puede obviarse utilizando estos recursos. La realización de trabajo experimental utilizando organismos virtuales elimina problemas de tipo práctico y ético y abre nuevas perspectivas de trabajo en relación con la zoología, la botánica o la microbiología.
- f) La posibilidad de contar con un sistema de evaluación automático libera al profesor de esta tarea y permite utilizar estas calificaciones exportándolas a otros documentos para valorarlas según los criterios que tenga establecidos.
- g) La existencia de documentos de ayuda descarga al profesor de tareas más rutinarias, como la exposición de conceptos, lo que le permite dedicar más tiempo a la atención individual de los alumnos.

- h) Técnicamente permiten ofrecer múltiples perspectivas que respondan a diferentes representaciones del conocimiento, experimentar diversos contextos, plantear diversos objetivos de aprendizaje o adoptar enfoques investigativos abiertos, lo que facilita la atención a la diversidad, algo bastante complicado en un laboratorio presencial.
- i) Permiten al profesor planificar las actividades con una mayor flexibilidad en el tiempo, ya que no existe la necesidad de adaptar su duración a la de los periodos lectivos.

**7- ¿Cuáles son las aportaciones de los laboratorios virtuales al aprendizaje de procedimientos científicos por parte de los alumnos?**

Desde la perspectiva de los alumnos, los laboratorios virtuales aportan beneficios pedagógicos que han podido constatarse a través de la experiencia llevada a cabo con el “*Laboratorio Virtual de Insectos*”:

- a) Desarrollan la autonomía en el aprendizaje de los estudiantes, ya que deben seguir el desarrollo del programa de forma individual, administrarse las ayudas y reflexionar sobre sus errores.
- b) Los laboratorios virtuales admiten diferentes ritmos de aprendizaje, ya que la posibilidad de utilizarlos en cualquier momento y en cualquier lugar libera a los alumnos de la rigidez horaria del laboratorio presencial.
- c) Permiten centrar la atención en aspectos concretos de un fenómeno, eliminando los que no son relevantes para el objetivo didáctico, lo que facilita la comprensión de los procesos implicados.
- d) La credibilidad y complejidad de estos laboratorios, así como la posibilidad de control de determinados parámetros, proporcionan la sensación de descubrimiento y apropiación del conocimiento.

- e) Permiten la exploración del comportamiento de sistemas, organismos y medio ambiente a través de un entorno interactivo en el que tienen la oportunidad de construir y reconstruir conceptos en formas que sean significativas para ellos.
- f) Es un entorno motivador que introduce una nueva forma de aprendizaje y estimula en los estudiantes el deseo por aprender.
- g) Permite, a través de las respuestas a las acciones de los estudiantes, la necesaria retroalimentación para progresar en el aprendizaje.
- h) Posibilitan la repetición de las prácticas tantas veces como sea necesario con la finalidad de lograr los objetivos que no se alcanzaron la primera vez, consiguiendo con ello mejorar las calificaciones.

**8- ¿Proporcionan los laboratorios virtuales aportaciones específicas en el campo de la evaluación de los procedimientos?**

En un entorno virtual, la evaluación automática proporciona evidentes ventajas y también algunos inconvenientes. Una de las principales aportaciones es la retroalimentación que producen las respuestas del programa a las actuaciones de los alumnos, que va a tener efectos tanto en ellos mismos como en los profesores. La mayor ganancia de esta aportación para los alumnos se refleja en la inmediatez de la visualización de la respuesta correcta, hecho que es muy importante para ellos porque conecta de manera rápida e inequívoca la pregunta con la validez de la respuesta, lo que supone una aportación pedagógicamente muy valiosa en tanto que permite la reflexión sobre su propio aprendizaje. Pero también es importante para el profesor, ya que el conocimiento del progreso de los alumnos en la adquisición de destrezas y procedimientos científicos permite conocer la idoneidad de sus decisiones y ajustar las ayudas pedagógicas, cuya eficacia descansa, en parte, en esa

inmediatez con la que puede recibir una gran cantidad de información acerca de las actuaciones de sus alumnos.

Por otra parte, en un laboratorio presencial, el profesor normalmente no puede valorar el grado en que cada uno de sus alumnos ha desarrollado una determinada destreza, ya que debe estar atendiendo el desarrollo de práctica. Esto hace que, normalmente, los alumnos sean evaluados no tanto por su aprendizaje sino por la forma en que han trabajado o han completado su informe de laboratorio, cuya autoría, si no se entrega al finalizar la actividad, no es fácil controlar. Pero, además, las actividades en un laboratorio presencial sólo pueden realizarse el día en que se lleva a cabo la práctica, circunstancia que los profesores deben tener en cuenta en la evaluación de las mismas, ya que los alumnos no tienen ocasión de repasar, profundizar o recuperar estas actividades, lo que hace que las calificaciones obtenidas en el trabajo práctico tengan muy poco peso en la evaluación ordinaria y que, normalmente, no se tengan en cuenta en la evaluación extraordinaria.

Los laboratorios virtuales permiten introducir algunas mejoras en relación a estas dificultades, ya que ponen a disposición del profesor una valoración objetiva del rendimiento de sus alumnos, siempre que las puntuaciones de las actividades queden registradas. Por otra parte, el hecho de que los alumnos tengan la opción de repetir las actividades de forma autónoma y desde cualquier lugar abre la posibilidad de recuperar las actividades y mejorar las calificaciones. Los profesores pueden así realizar una evaluación continua del aprendizaje de las destrezas experimentales e integrar estos conocimientos en los criterios de evaluación en cualquier momento del curso.

El principal inconveniente que suele señalarse de la evaluación automática se refiere a la limitada intercomunicación que se da entre el profesor y los

alumnos. Este inconveniente puede tener especial relevancia en la formación *online*, pero en el caso de aplicaciones virtuales que son utilizadas ocasionalmente en la formación presencial, en la que existen espacios permanentes de diálogo entre profesores y alumnos, pierde importancia.

También puede suponer una dificultad la discrepancia entre los criterios de puntuación del programa y los del profesor que lo aplica. Esto impediría utilizar directamente las calificaciones, pero podría resolverse con una adecuada ponderación de las mismas.

**9- ¿Cuáles son las principales desventajas de los laboratorios virtuales frente a los presenciales?**

Una de las desventajas de los laboratorios virtuales es la inevitable rigidez del diseño de las actividades, ya que se trata de programas cerrados, lo que dificulta su adaptación a diferentes contextos. Aunque existen algunos laboratorios virtuales con un enfoque investigativo más abierto y que admite múltiples soluciones, el entorno de trabajo no puede cambiarse. En este sentido, una perspectiva interesante se abre ante la creación de un banco de recursos de materiales didácticos referidos a diferentes materias que pueden ser utilizados libremente e incluso adaptados a la conveniencia educativa de cada uno (traducirlos, acortarlos, ampliarlos, añadir ejemplos..) y devueltos al banco de datos con dicha modificación, algo en lo que está trabajando actualmente el proyecto REDAOPA<sup>23</sup> en España de manera análoga a los repositorios que ya existen en otros países.

---

<sup>23</sup> REDAOPA es una red temática sobre diseños y objetos para el aprendizaje creada en 2004 y financiada por el MEC, cuyo objetivo es la creación de un banco de recursos educativos con énfasis en la reutilización.

Otro de los inconvenientes de los laboratorios virtuales es que podrían producir una desconexión con el medio natural, aunque esto solamente ocurriría si se utilizaran como sustitutos del laboratorio presencial. Pero el interés de los laboratorios virtuales no es reemplazar las actividades con medios y materiales reales, en las que el laboratorio presencial cumple sobradamente su función, por otras virtuales, sino facilitar nuevos entornos de trabajo que complementen las actividades tradicionales, que permitan el desarrollo de destrezas allí donde los presenciales plantean limitaciones o que permitan solucionar problemas de distinta índole. No se trata, solamente, de valorar si es mejor desarrollar una actividad en un entorno presencial o virtual, sino, más bien, si es mejor desarrollarla en un entorno virtual o renunciar a llevarla a cabo. La coexistencia de ambos tipos de actividades, presenciales y virtuales, será lo verdaderamente enriquecerá el trabajo experimental.

Por último, entre las destrezas que pueden desarrollarse a través de los laboratorios virtuales, las que más problemas plantean son, sin duda, las de tipo manipulativo. El manejo de equipos, aparatos e instrumental de laboratorio, el registro directo de datos con diferentes instrumentos de medida y la manipulación de sustancias y reactivos son destrezas esenciales en el trabajo científico que requieren el contacto directo con los diversos materiales de un laboratorio y, por tanto, se han de desarrollar en los laboratorios presenciales. Pero, actualmente, a las destrezas tradicionales del quehacer científico hay que añadir las destrezas en la utilización de las aplicaciones de las TIC. El manejo de bancos de datos, de programas de tratamiento estadístico y de elaboración de gráficos, el tratamiento de imágenes o la utilización de sensores, son, entre otras, algunas de las habilidades imprescindibles hoy en día para llevar a cabo un trabajo experimental que se encuentra cada vez más

informatizado. La formación en ambos tipos de destrezas es, por tanto, necesaria y cada uno deberá tener su espacio propio de formación.

## **7.2. SÍNTESIS DE LAS CONSIDERACIONES DIDÁCTICAS RESPECTO LA UTILIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES**

Cabe concluir, tras este análisis, que, en respuesta al objetivo central de la investigación, el interés didáctico de la utilización de los laboratorios virtuales es alto, aunque los obstáculos para su utilización en la enseñanza secundaria son importantes.

Esta investigación ha puesto de manifiesto numerosas aportaciones de los laboratorios virtuales al trabajo experimental, tanto a partir de la revisión bibliográfica de experiencias que avalan el valor educativo de estos programas como desde la reflexión pedagógica, basada en la experiencia directa de la aplicación de un laboratorio virtual en contexto educativo real. Dichas aportaciones derivan de la capacidad de simulación de los entornos virtuales, de la interactividad que permite la intervención en los procesos, de la flexibilidad horaria y espacial que permiten la recuperación o repetición de las actividades y de la posibilidad de incluir sistemas de corrección automática.

Es cierto que existe, sin embargo, una aparente desconexión entre los materiales digitales concebidos como *learning objects*, entre los que podría encuadrarse el programa utilizado, y las actuales tendencias marcadas por la investigación educativa. Frente al modelo instruccional de un alumno aislado frente al ordenador (*computer based instruction*), la tendencia actual enfatiza la importancia de la colaboración, el aprendizaje cooperativo y las comunidades de aprendizaje. Pero el diseño de *learning objects* u objetos de aprendizaje aboga, en la actualidad, por la producción de

contenidos en unidades pequeñas que se puedan contextualizar y ser agregadas para formar unidades de contenido mayores (es más adaptable una imagen de una molécula que un tema completo sobre bioquímica), intercambiadas entre actores que utilicen los mismos estándares y reutilizadas en diferentes cursos o unidades didácticas.

Por otra parte, no todas las actividades deben estar orientadas al aprendizaje cooperativo. El desarrollo de determinadas destrezas requiere el trabajo individual, la comprensión, la reflexión y la práctica y hace necesario disponer de un software específicamente desarrollado con esta finalidad. Los buenos resultados obtenidos en el *“Laboratorio Virtual de Insectos”* respecto a los objetivos de observación y clasificación de los seres vivos vienen a confirmar que las posibilidades de utilización de los *learning objects* resultan muy valiosas cuando se persiguen objetivos educativos concretos y universales, también en el ámbito de los procedimientos.

A pesar de que los resultados obtenidos para un programa y un contexto determinados no permiten hacer generalizaciones, también es cierto que el resultado de esta investigación no debe interpretarse solamente en términos particulares, ya que existen muchos elementos comunes entre los distintos contextos educativos de los centros de educación secundaria así como entre las personas e instituciones implicadas. Este escenario compartido permite que la reflexión sobre la utilización de estos programas, que puede derivarse de esta investigación, sea también común. Dicha reflexión debe realizarse a varios niveles:

Desde la perspectiva de los profesores, los hallazgos de esta investigación deben propiciar una toma de conciencia en relación a la necesidad de incorporar las TIC a la realización de actividades prácticas, como ya se está haciendo respecto a los contenidos conceptuales. Los resultados aquí obtenidos permiten generar expectativas respecto a nuevos enfoques del trabajo experimental y su posible repercusión en el

proceso del aprendizaje sobre los procesos científicos, considerados de gran valor educativo por parte de los profesores, pero sujetos a factores restrictivos y, por lo común, poco valorados en las calificaciones de los alumnos. Hay que tener en cuenta que la utilización de las herramientas informáticas es, desde hace tiempo, una realidad en el campo de la investigación científica, y el aprendizaje de los procedimientos científicos en la enseñanza secundaria tiene que reflejar esta realidad. Los docentes deben, en este sentido, hacer un esfuerzo por actualizar su conocimiento sobre las posibilidades didácticas de las TIC en este campo y, con ello, el tradicional enfoque de las actividades prácticas. Para esto es necesario analizar los contextos educativos en los que estas herramientas pueden aportar mayores réditos al proceso educativo y adaptar la práctica docente a nuevos escenarios mediados por las TIC.

Pero es evidente que los profesores no pueden recorrer solos el camino de la reforma y la innovación. Es cierto que muchos profesores desarrollan sus propios materiales educativos, pero estas iniciativas, tan encomiables como poco eficaces, tienen como resultado materiales muy personalizados, cortos de presupuesto y poco estables en el tiempo, quedando, además, amplias áreas del currículo sin cubrir. El diseño de laboratorios virtuales requiere un conocimiento complejo de las herramientas informáticas y corresponde a las administraciones educativas y a los desarrolladores de software proveer a los profesores de materiales curriculares en el ámbito de los procedimientos científicos, así como establecer un conjunto de elementos de juicio que permitan determinar si los programas desarrollados tienen el impacto buscado, con el fin de lograr una completa integración de las TIC a la actividad docente.

Ya hemos visto que la utilización de laboratorios virtuales, como el que se ha utilizado en esta investigación, es compatible con la formación media del profesorado, pero existe una demanda, por parte de los profesores, de mayor formación en el ámbito disciplinar para la integración de las TIC en la práctica diaria en el aula, algo a lo que

la administración también debe dar respuesta. Para mantener una línea de innovación en el uso de las TIC estable en el tiempo es necesario que existan estructuras organizativas en los centros, más allá del entusiasmo de una persona concreta, que permitan canalizar los proyectos de innovación y el intercambio de ideas o experiencias. Es imprescindible, para lograr este objetivo, el apoyo institucional y el interés decidido por parte de los distintos agentes educativos.

Por otra parte, aunque, como a menudo se ha dicho, la mera dotación de recursos informáticos a los centros no garantiza su utilización en el aula, indudablemente la falta de dotación sí garantiza lo contrario. La distribución de los equipos, además, debe facilitar el acceso desde las distintas áreas curriculares. En el tema que nos ocupa, si consideramos que el uso de las TIC favorece la adquisición de destrezas experimentales, los laboratorios deberían contar con una dotación de equipos informáticos que permitan incorporar estas herramientas al trabajo práctico de los alumnos, ya que, en ocasiones, será necesario simultanear, en el transcurso de una actividad, el trabajo tradicional de laboratorio con determinadas aplicaciones informáticas.

Tampoco debe desatenderse el entorno sociológico en el que se desarrollan las actividades docentes. Los centros educativos deben dar respuesta a las necesidades de los alumnos valorando que no todos tienen un entorno familiar y social que propicie el uso de estas tecnologías y, desde luego, no todos tienen acceso a Internet desde sus casas. No podemos emitir juicios desde la perspectiva del alumno educado en un entorno estable y culturalmente favorecedor, con posibilidades económicas y motivado por los estudios. Los que nos dedicamos a esta profesión sabemos que el porcentaje de alumnos que quedaría fuera de este marco no es despreciable. La escuela es la principal (a veces la única) oportunidad que tienen algunos alumnos de compensar las desigualdades sociales. Cualquier política educativa orientada a la innovación o la reforma basada en la integración de las TIC en la docencia debe tener como objetivo

que todos los alumnos puedan beneficiarse de sus logros y tender a reducir en lo posible la llamada “brecha digital”, incorporando la utilización de las TIC con fines formativos en los distintos ámbitos disciplinares y favoreciendo su utilización en el propio centro educativo.

Finalmente, en el análisis de los obstáculos para la utilización de los laboratorios virtuales, no se han encontrado, en esta investigación, muestras de resistencia personal al cambio educativo que propician las TIC e imputada frecuentemente al profesorado. Esta resistencia parece, de hecho, más institucional que personal en lo referente a algunos aspectos:

- La persistencia de un currículo enciclopédico que no parece verse afectado por reforma educativa alguna
- El desarrollo deficitario de las infraestructuras y recursos tecnológicos en los centros educativos debido las limitadas inversiones económicas
- La vigencia de modelos y prácticas de aula, fomentados por editoriales y reválidas externas, que priman los modelos tradicionales de enseñanza basados en la transmisión de contenido conceptuales

Corresponde a las administraciones educativas la valoración de los obstáculos que encuentra el profesorado en la incorporación plena de las TIC al trabajo en el aula, ya que dicha incorporación solo será efectiva si se realiza en el seno de programas educativos bien fundamentados, con un análisis previo de las necesidades de los docentes y de los alumnos y un proyecto de formación que atienda las demandas específicas en cada caso.

### 7.3. LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

A menudo, las limitaciones que imponen las instituciones y los procesos escolares justifican la acotación temporal de las investigaciones didácticas así como la elección de una muestra para la obtención de los datos. Otras vicisitudes, como la limitación de las fuentes de financiación o los condicionantes de la vida personal y laboral de los investigadores, determinan el final de la investigación cuando se ha completado el plan de trabajo propuesto a su inicio, lo que no significa que el campo de estudio se haya agotado.

Algunas de las limitaciones de la presente investigación derivan del tamaño de la muestra y de la duración de la experiencia. En este sentido sería deseable contar en el futuro con estudios más amplios sobre diferentes aplicaciones de los laboratorios virtuales, tanto en cuanto a su mayor duración en el tiempo como en cuanto al número de participantes, lo que permitiría lograr una transferencia de los resultados más fundamentada. Otra limitación importante ha estado relacionada con las dificultades técnicas para desarrollar el software necesario para esta investigación. La disponibilidad de una mayor cantidad y variedad de laboratorios virtuales permitiría abrir y diversificar el campo de estudio a distintas destrezas relacionadas con contenidos y niveles educativos diferentes. Por último, algunas limitaciones observadas, inherentes a las técnicas de recogida de datos, pueden aconsejar el diseño de investigaciones con distintos planteamientos metodológicos que den cabida a nuevas formas de triangulación y proporcionen la oportunidad de discutir los resultados con otros profesionales no directamente implicados en la investigación, lo que redundaría en una mayor credibilidad y consistencia de las conclusiones. En todo caso, hay que tener presente que *el número de variables que intervienen en el sistema de enseñanza-aprendizaje es muy grande y la posibilidad de aplicación de las*

*investigaciones didácticas, aún de las realizadas con el máximo rigor, va a ser siempre limitada* (Martín Sánchez, 2002).

La metodología evaluativa utilizada en esta investigación, está orientada a la reflexión y la toma de decisiones. Como quiera que las decisiones en este ámbito escapan a las posibilidades individuales, las conclusiones del estudio están más bien orientadas a sentar una base fundamentada sobre la que cimentar futuras investigaciones que sirvan para impulsar el desarrollo del software específico para el aprendizaje de procedimientos en el área de Biología.

A la vista de los resultados de esta investigación, son tres los núcleos en torno a los cuales se deberían articular futuras líneas de investigación y que podrían contribuir a validar los resultados de la misma, ya que la duplicación de los hallazgos por distintas instigaciones o la existencia de una masa crítica de estudios que apunten en una misma dirección figuran entre los criterios científicos para la validación de una investigación (Stanovich y Stanovich, 2003):

I. IDENTIFICACIÓN DE LA DEMANDA EDUCATIVA DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS DEL CURRÍCULO

Las dificultades relacionadas con el diseño del laboratorio virtual utilizado en esta investigación, así como la falta de modelos de referencia y de resultados contrastados, en España, acerca de su eficacia, ponen de manifiesto la necesidad urgente de impulsar el desarrollo de este tipo de programas con el fin de poder llevar a cabo experiencias educativas tendentes a evaluar su incidencia en el desarrollo de las destrezas y procedimientos científicos.

Muchas de las dificultades inherentes a la utilización de las TIC en el aula pueden ser sorteadas con más o menos éxito por los profesores, pero la

existencia misma del software es imprescindible. Sin embargo, los conocimientos técnicos que se requieren para el diseño de estos materiales requieren la concurrencia de profesionales de diversas disciplinas y exige tener en cuenta principios tecnológicos y pedagógicos en su diseño que garanticen su aprovechamiento educativo. Esta carencia de software genera una situación de desigualdad que contribuye a ahondar la “brecha digital” entre el alumnado, ya que su formación, en este campo, va a depender de la habilidad personal de cada docente.

Los avances en este tipo de software educativo están, fundamentalmente, en manos de la administración y de las empresas, pero los proyectos dirigidos a su desarrollo deben basarse en estudios exploratorios previos que permitan recopilar información acerca de las demandas específicas y de los problemas reales que encuentran los profesores para realizar trabajo experimental. Aunque en esta investigación se han apuntado algunos de los campos de la enseñanza de la Biología en los que los laboratorios virtuales pueden resultar especialmente útiles, la información proveniente de estudios más específicos debe servir para identificar contextos en los que las TIC vengán a resolver problemas o carencias del sistema tradicional de enseñanza y para analizar nuevos enfoques didácticos, propiciados por los nuevos ambientes de aprendizaje, que redunden en una mejora de la calidad de la enseñanza.

Por otra parte es sabido que los recursos por sí solos no facilitan el desarrollo de habilidades cognitivas, sino que es necesaria una intencionalidad pedagógica, sustentada en modelos contrastados, que es responsabilidad del profesor. La investigación sobre la aplicación y seguimiento de estos programas debe aportar elementos de juicio suficientes que permitan la selección de los recursos en función de las

necesidades detectadas por los profesores, ya que hay siempre un punto de inseguridad en las decisiones del docente, especialmente en momentos de cambio educativo, que se ve agravado si carece de referentes autorizados a la hora de planificar su tarea. Para ello son necesarios más estudios que aporten una base sólida que permita a los profesores reflexionar sobre su propio estilo docente y adaptar, de entre las novedades del mercado, aquellas que mejor respondan a las necesidades de sus alumnos y a las suyas propias.

Así mismo, es necesaria la identificación de variables que permitan aportar evidencia de la efectividad instructiva de los programas desarrollados. La valoración del grado en que los laboratorios virtuales dan respuesta a las necesidades detectadas y logran alcanzar las metas propuestas permitirá a los profesores basar sus estrategias metodológicas en principios pedagógicos que hayan demostrado su efectividad. Sólo así se incorporarán a la clase métodos instruccionales validados a través de la investigación didáctica, ya que hay que tener en cuenta que la percepción del docente acerca del interés didáctico de los recursos disponibles es clave para su integración a la docencia.

Por último, empieza a ser urgente la toma de acuerdos que permitan, como exhortan las medidas propuestas por la Comisión de Educación del Consejo Europeo (Consejo de la Unión Europea, 2001), *“Actualizar la definición de las capacidades básicas de la sociedad del conocimiento”*, estableciendo unas destrezas mínimas de referencia para los alumnos de enseñanza secundaria en el manejo de las TIC que permitan desarrollar y concretar el, hasta ahora, único objetivo establecido por la LOE para la ESO en este campo: *“Búsqueda de información de carácter científico*

*utilizando las tecnologías de la información y otras fuentes*". El diseño y desarrollo de los laboratorios virtuales debería así tener en cuenta, no solamente las destrezas científicas que pretende desarrollar, sino también mediante qué herramientas informáticas es más conveniente hacerlo.

## II. ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DEL PROFESORADO EN CONTEXTOS CONCRETOS EN RELACIÓN A LOS OBSTÁCULOS DETECTADOS

A pesar de los numerosos estudios realizados para identificar los obstáculos que condicionan la integración de las TIC en la actividad docente, faltan estudios que revelen las necesidades específicas de los profesores respecto a su propia disciplina y en contextos concretos. Es evidente que tanto las necesidades de software como los requerimientos de hardware, formación u organización de los recursos para un profesor de Música no son las mismas que para uno de Matemáticas, de Lengua o de Educación Plástica. Incluso dentro de la misma disciplina, las necesidades no son las mismas para tratar los diferentes tipos de contenidos, ni tampoco entre diferentes centros de enseñanza.

En este estudio se ha tratado de aportar alguna luz en este sentido, ya que se han puesto de manifiesto los obstáculos para la utilización de unas herramientas concretas, los laboratorios virtuales, diseñadas para desarrollar contenidos específicos de la disciplina, los procedimientos científicos.

Pero aún es necesario un análisis más profundo que permita aportar verdaderas soluciones a los problemas aquí detectados. En relación a los recursos disponibles, por ejemplo, el estudio muestra un panorama general, pero no todos los centros tienen las mismas necesidades en cuanto

equipamiento, distribución, coordinación y mantenimiento de los equipos. Los proyectos docentes de cada centro, en relación a la innovación y la integración de las TIC, deberían ser la base sobre la que concretar las medidas correctoras.

Por otra parte, la formación técnica del profesorado, si bien es necesaria, no puede plantearse como una meta inalcanzable a la luz de las novedades que incesantemente aparecen en el mercado de la tecnología educativa, ya que inevitablemente conducirá al desánimo del profesorado que debe sacrificar una gran parte de su tiempo libre para “estar al día”. Sería necesaria una mayor reflexión acerca de las necesidades básicas del profesorado en su disciplina desde un planteamiento realista, teniendo en cuenta el nivel de partida y las posibilidades reales de aplicación de la formación recibida.

Pero, además de esta formación técnica, la formación del profesorado debe ir orientada al descubrimiento de modelos eficaces de utilización de las TIC que pueda reproducir sin dificultad en su contexto y le ayuden realmente en su labor docente (mejora en los aprendizajes de los estudiantes, reducción del tiempo y del esfuerzo necesario para determinadas tareas, motivación de los alumnos...). Es preciso que el profesor siga todo un proceso de comprobación e interiorización de la necesidad, la viabilidad y la eficacia que tal cambio le supondría en su práctica profesional, por una parte y, por otra, que el proceso de cambio sea un reto asequible a sus posibilidades.

Los programas de formación que no conlleven la aplicación de los conocimientos y su seguimiento en la práctica suponen una forma de abordar el desarrollo profesional que, ni satisface al profesor, ni es garantía de calidad. El punto de partida que motiva a un profesor a implicarse en un

proceso de mejora es el reto de los problemas que encuentra en su práctica docente diaria; el punto de llegada, que sostiene su esfuerzo durante el proceso de desarrollo, es la solución de éstos. Es preciso que la acción formativa se apoye en la experiencia de la práctica previa del profesor, de forma que le estimule a reconsiderarla críticamente a la luz de la información disponible y a mejorarla. El profesor tiene que ser consciente de que sus propios planteamientos teóricos subjetivos y las actitudes personales que inspiran su comportamiento docente son, normalmente, mejorables, pero tiene que ser capaz, también, de reconocer los condicionamientos de sus circunstancias laborales para contextualizar la formación recibida. La formación permanente del profesorado en el propio centro escolar es una de las vías más eficaces para lograr metas concretas en la integración de las TIC en la actividad docente. Los proyectos de innovación desarrollados por iniciativa de los propios interesados y las investigaciones “desde dentro” realizadas bajo la modalidad de investigación-acción podrían suponer un estímulo para la implicación de los docentes en la búsqueda de nuevas metodologías que conduzcan al desarrollo de diferentes destrezas de los alumnos.

Por último, la falta de tiempo, aducida reiteradamente por el profesorado como obstáculo para la integración de las TIC en su práctica docente, es un factor que no puede continuar siendo ignorado. La profesión docente en la enseñanza secundaria, ha sufrido, en las últimas décadas, cambios de diversa índole que han conducido a un incremento en la cantidad y complejidad de sus tareas, algo que no se ha visto reflejado en la planificación de la docencia en esta etapa. Estudios acerca de las demandas concretas del profesorado en este sentido y la forma de atenderlas están resultando urgentes. Por otra parte, las sucesivas

reformas educativas no han servido para revisar unos contenidos curriculares a todas luces incompatibles con metodologías participativas, colaborativas y centradas en el alumno que se propugnan desde la investigación educativa. La falta de coherencia entre lo que son dos de las exigencias al profesorado: la innovación metodológica y los buenos resultados de sus alumnos en las pruebas externas de nivel, conduce, inevitablemente, a la desatención de uno de los dos objetivos. Es imprescindible, si queremos conciliarlos, un análisis detenido acerca de lo que realmente queremos que fundamente la formación de nuestros estudiantes.

### III. EDUCACIÓN A DISTANCIA

Uno de los escenarios educativos en los que los laboratorios virtuales abren nuevas posibilidades es la educación a distancia. Es cierto que, en España, la educación secundaria a distancia, durante la etapa obligatoria, no tiene apenas incidencia y tiene muy poca en la etapa postobligatoria, reservada, en ambos casos, para aquellos alumnos que, por causas excepcionales, no pueden asistir un centro ordinario (familias itinerantes, dedicación a actividades deportivas o artísticas, enfermedades prolongadas, etc.)<sup>24</sup>. Pero, en un futuro próximo, esta situación puede cambiar. Los cambios en la estructura del bachillerato promovidos por la LOE permiten la realización de un curso “puente” entre 1º y 2º de bachillerato combinando asignaturas de los dos niveles. Algunas administraciones, ante las dificultades organizativas que plantea la flexibilización del bachillerato en tres cursos académicos, están considerando la posibilidad de que los alumnos estudien

---

<sup>24</sup> Las condiciones de incorporación a los programas de educación a distancia pueden consultarse en el Centro para la Educación y Desarrollo de la Educación a Distancia (MEC)

a distancia parte de las materias correspondientes a dicho curso “puente”. (Aunión, 2008).

Por otra parte, más allá de la enseñanza reglada, las nuevas concepciones sobre el aprendizaje permanente (*lifelong learning*) tienen como objetivo la formación continua del ciudadano en diferentes campos de conocimiento a lo largo de su vida. La escuela no puede proporcionar todo el conocimiento relevante y, además, hay que tener en cuenta que *los conocimientos no sólo son relativos, sino que tienen fecha de caducidad* (Pozo y Gómez, 1998). La necesidad de compatibilizar esta formación permanente con otras ocupaciones evidencia la importancia de ampliar los campos de conocimiento accesibles desde entornos virtuales.

Pero la formación a distancia de las disciplinas científicas se ha visto obstaculizada tradicionalmente por la necesidad de complementar los contenidos teóricos con los procedimentales. Los materiales que se utilizan en la formación reglada a distancia suelen ser manuales convencionales acompañados de guías didácticas y cuadernos de actividades, donde el componente experimental de las materias de ciencias queda excluido. La utilización de laboratorios virtuales podría redundar en una mejora en la calidad de la enseñanza en los supuestos en los que la educación a distancia sea necesaria, ya que los contenidos procedimentales, muchas veces eliminados de los currículos de Biología en la educación a distancia, podrían trabajarse y evaluarse con estas herramientas. La investigación de experiencias de este tipo nos daría una respuesta acerca de su eficacia.

En los países latinoamericanos, la educación secundaria a distancia atiende a un elevado número de alumnos debido a las dificultades de desplazamiento a los centros escolares, especialmente en las zonas

rurales. En ese contexto los laboratorios virtuales constituyen herramientas de extraordinario interés ya que posibilitarían el desarrollo de unas destrezas que la modalidad tradicional de educación a distancia no puede atender. Esta circunstancia ha hecho que algunas universidades latinoamericanas hayan empezado a desarrollar laboratorios virtuales de Biología para la enseñanza superior o a servirse de otros en inglés. El desarrollo de laboratorios virtuales en español para la enseñanza secundaria tiene, por tanto, una gran trascendencia, ya que su ámbito de aplicación se amplía enormemente al tener en cuenta a todos los países de habla hispana que podrían beneficiarse de este software. En el marco de la cooperación internacional, proyectos de ayuda al desarrollo de software específico y de formación del profesorado podrían tener un gran impacto en la disminución del abandono de la enseñanza secundaria. El impulso de estos proyectos y el seguimiento conjunto de su incidencia en la formación de los estudiantes es otra prometedora línea de investigación.

*El reto es que avancemos en estudios e investigaciones de experiencias prácticas que nos permitan indagar y evaluar las posibilidades del aprendizaje virtual para apoyar el desarrollo de un modelo educativo centrado en el alumno, y analizar hasta qué punto pueden brindar más oportunidades de un aprendizaje activo, cooperativo y reflexivo (Margalef, 2004).*



# BIBLIOGRAFÍA

---

## I- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS

- Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez Alonso, A., Manassero-Mas, M. A. y Acevedo-Romero, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* [en línea], 4(1), 42-66. Disponible en: <[http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen4/Numero\\_4\\_1/Acevedo\\_2007.pdf](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen4/Numero_4_1/Acevedo_2007.pdf)> [Consultado: 5 junio 2008]
- Adell, J. (2005). Internet en educación. *Comunicación y Pedagogía*, 200
- Aguaded Gómez, J. I. et al., (2001). *Memoria de Investigación: Infoescuela 2001. Campaña para acercar la informática e Internet al Andévalo y la Cuenca Minera de Huelva* [en línea]. Huelva: Diputación Provincial de Huelva. Área de educación. Grupo Comunicar. Colectivo andaluz para la Educación en Medios de Comunicación. Disponible en: <[http://www.uhu.es/comunicar/biblioteca/libros/infoescuela/infoescuela\\_2001.htm](http://www.uhu.es/comunicar/biblioteca/libros/infoescuela/infoescuela_2001.htm)> [Consultado: 5 junio 2008]
- Alessi, S. M. y Trollip, S. R., (1991). *Computer Based Instruction: Methods and development*. New Jersey: Prentice Hall
- Almerich, G. et al., (2007). La integración de los recursos tecnológicos por parte del profesorado en el aula y su relación con el uso personal-profesional [en línea]. En: *Actas del XIII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa* (San Sebastián, 27-29 de junio de 2007). Disponible en: <[http://www.uv.es/aidipe/XIII\\_Congreso\\_Comunicaciones.pdf](http://www.uv.es/aidipe/XIII_Congreso_Comunicaciones.pdf)> [Consultado: 5 junio 2008]
- Alonso, L. E., (1999). Sujeto y discurso: el lugar de la entrevista abierta en las prácticas de la sociología cualitativa. En: Delgado, J. M. y Gutiérrez, J., (coords.) *Métodos y técnicas cualitativas de investigación en ciencias sociales*. Madrid: Síntesis
- Alonso Oliva, J. L., Gutiérrez Fernández, D., López Santa Cruz, V. y Torrecilla Peñuela, J. (1998). Informática educativa y educación primaria [en línea]. En: Fernández Muñoz, R. (dir.) *Intercambio de monografías*. Toledo: Escuela de Magisterio. Universidad de Castilla la Mancha. Disponible en: <<http://www.uclm.es/profesorado/Ricardo/WEBNNTT/index.htm>> [Consultado: 5 junio 2008]

- Amon, T., (2002). Teaching biology in primary and secondary schools with the help of the dynamic HTML and web virtual reality (wed3D) projects [en línea]. *Interactive Educational Multimedia*, nº 4, 89-98. Disponible en: <[http://www.ub.es/multimedia/iem/down/c4/Dynamic\\_HTML\\_and\\_web3D.pdf](http://www.ub.es/multimedia/iem/down/c4/Dynamic_HTML_and_web3D.pdf)> [Consultado: 5 junio 2008]
- Anderson, O. R., (1976). *The experience in science: a new perspective for science teaching*. New York: Teachers College Press
- APU (The Assessment of Performance Unit), (1984). *Science at Age 13. Science report for teacher: 3*. London: DES
- Area Moreira, M. (2005a). *La educación en el laberinto tecnológico. De la escritura a las máquinas digitales*. Barcelona: Octaedro-EUB
- Area Moreira, M. (2005b). Tecnologías de la Información y Comunicación en el sistema escolar. Una revisión de las líneas de investigación [en línea]. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 11(1). Disponible en: <<http://www.uv.es/RELIEVE/>> [Consultado: 5 junio 2008]
- Area Moreira M. et al., (2007). La integración y uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación en los Centros Educativos de Canarias [en línea]. En: *Actas del XIII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa*. (San Sebastián, 27-29 de junio de 2007). Disponible en: <[http://www.uv.es/aidipe/XIII\\_Congreso\\_Comunicaciones.pdf](http://www.uv.es/aidipe/XIII_Congreso_Comunicaciones.pdf)> [Consultado: 5 junio 2008]
- Arnal, J., Del Rincón, D. y Latorre, A. (1992). *Investigación Educativa. Fundamentos y metodología*. Barcelona: Labor
- Aunión, J. A. (2008, 19 de mayo). Recetas para nuevos bachilleres. El País [Madrid].
- Ausubel, D. P., (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas
- Baldaia, L. (2006). "El cambio de las concepciones didácticas sobre las prácticas en la enseñanza de la biología". *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 47, 23-29
- Banet, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (1), 5-20
- Barberá, E. (2006). Aportaciones de la Tecnología a la e-Evaluación [en línea]. *RED, Revista de Educación a Distancia*, nº monográfico VI. Disponible en: <<http://www.um.es/ead/red/M6/>> [Consultado: 5 junio 2008]
- Barberá, E. y Badía, A. (2005). Hacia el aula virtual: actividades de enseñanza y aprendizaje en la red [en línea]. *Revista Iberoamericana de Educación*, 36(9), 1- 22. Disponible en: <<http://www.rioei.org/deloslectores/1064Barbera.PDF>> [Consultado: 5 junio 2008]
- Barberá, O. y Valdés, P., (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379

- Barker, S. (2007). Reconnecting with nature: learning for the media. *Journal of Biological Education*, 41(4), 147-149
- Baumgartner, L. K. y Pace, N. K. (2007). Current Taxonomy in Classroom Instruction. *The Science Teacher*, 74(7), 46-51
- Bausela Herrera, E. (2003). Metodología de la Investigación Evaluativa: Modelo CIPP". *Revista Complutense de Educación*, 14(2), 361-376
- 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 [en línea]. Disponible en: <<http://www.becta.org.uk>> [Consultado: 5 junio 2008]
- Bell, J. (1999). The Biology Labs On-Line Project: Producing Educational Simulations That Promote Active Learning [en línea]. *Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*. 1(2). Disponible en: <<http://imej.wfu.edu/articles/1999/2/01/index.asp>> [Consultado: 5 junio 2008]
- Bisquerra, R. (2000). *Métodos de investigación educativa*. Barcelona: Grupo Editorial CEAC
- Bloom, B. S. et al. (1975). *Taxonomía de los objetivos de la educación. Vol. 1, Ámbito del conocimiento*. Alcoy: Marfil
- Bo, R.M y Sáez, A., (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 [en línea]. En: *Actas del XII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa*. (La Laguna, 21-23 de septiembre de 2005). Disponible en: <<http://www.uv.es/aidipe/XIICongreso/ActasXIICongreso.pdf>> [Consultado: 5 junio 2008]
- Bosco, A., (2002). Los recursos informáticos como mediadores de acceso al conocimiento en la escuela de la sociedad de la información: una visión crítica [en línea]. En: *Actas del II Congreso Europeo sobre Tecnología de la Información en la Educación y la Ciudadanía*, (Barcelona, 26-28 de junio de 2002). Disponible en: <<http://web2.udg.es/tiec/cast/principalnegran.htm>> [Consultado: 5 junio 2008]
- Braun, H. A., (2003). Laboratorios virtuales frente a laboratorios reales en educación de ciencias de la vida: conceptos y experiencias [en línea]. En: InterNICHE (ed.) *From Guinea Pig to Computer Mouse*. Disponible en: <<http://www.interniche.org/book/spanish/artigoB1.html>> [Consultado: 10 junio 2008]
- Bruner, J. S. (1988). *Desarrollo cognitivo y educación*. Madrid: Morata
- Buendía, L., González, D., Gutiérrez, J. y Pejalgar, M. (1999). *Modelos de análisis de la investigación educativa*. Sevilla: Ediciones Alfar

- Bueno, G. (1990). *Nosotros y ellos. Ensayo de reconstrucción de la distinción emic/etic de Pike*. Oviedo: Pentalfa
- Caamaño, A. et al. (2002). La enseñanza de las ciencias en secundaria en Europa: Francia, Bélgica, Italia, Alemania y España. *Alambique*, 31, 7-32
- Caballer M. J. y Oñorbe, A., (1997). Resolución de problemas y actividades de laboratorio. En: Del Carmen, L. (Coord.) *La Enseñanza y el Aprendizaje de Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE/HORSORI
- Cabero Almenara, J. (1999). Definición y clasificación de los medios en la enseñanza. En: Cabero, J., (Ed.) *Tecnología Educativa*. Madrid: Síntesis
- Cabero Almenara, J. (2004). Cambios organizativos y administrativos para incorporación de las TIC a la formación. Medidas a adoptar [en línea]. *EduTec. Revista electrónica de Tecnología Educativa*, 18. Disponible en: <[http://www.uib.es/depart/gte/edutec-e/revelec18/cabero\\_18.htm](http://www.uib.es/depart/gte/edutec-e/revelec18/cabero_18.htm)> [Consultado: 10 junio 2008]
- Cabero Almenara, J. y Romero Tena, R. (2004). *Nuevas tecnologías en la práctica educativa*. Granada: Arial ediciones
- Cajas, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del proceso tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254
- Campanario, J. M. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192
- Campanario, J. M., (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas en el alumno". *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), pp. 369-380
- Campanario, J. M., (2002). La enseñanza de las ciencias en preguntas y respuestas [en línea]. Disponible en: <<http://www2.uah.es/jmc/webens/portada.html>> [Consultado: 10 junio 2008]
- Campanario, J. M. y Otero, J. C. (2000) Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias* 18(2), 155-159
- 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 [en línea]. *Revista DIM (Didáctica y Multimedia)*, 5. Disponible en: <<http://dewey.uab.es/pmarques/dim/>> [Consultado: 1 junio 2008]
- Cano, M. y Cañal, P. (2006). Las actividades prácticas en la práctica: ¿qué opina el profesorado? *Alambique*, 47, 9-22
- Cañal de León, P., (2004). La enseñanza de la biología: ¿cuál es la situación actual y cómo mejorarla? *Alambique*, 41, 27-41

- Carballo Santaolalla, R. y Fernández Díaz, M.J. (2005). La actitud del profesorado de primaria y secundaria de la Comunidad de Madrid ante las TIC: problemática y claves para su integración [en línea]. En: *Actas del XII Congreso de Investigación Educativa: Investigación en Innovación Educativa*. (La Laguna, 21-23 de septiembre). Disponible en: <<http://www.uv.es/aidipe/XIICongreso/ActasXIICongreso.pdf>> [Consultado: 10 junio 2008]
- Carrió, M. M. y Aris, A. (2005). Diseño de recursos multimedia de Biología para un aprendizaje autónomo basado en problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra, VII Congreso.
- Castanho, M. A. R. B., (2004). What do college life sciences students need to know about knowledge management? *Journal of Biological Education*, 38(2), 85-89
- Castro Nogueira, L. (2007). Docencia y evolución: la biología evolutiva en la enseñanza secundaria [en línea]. *eVOLUCIÓN*, 2(1), 63-66. Disponible en: <[http://www.sesbe.org/sites/sesbe.org/files/eVOLUCION\\_02\\_1.pdf](http://www.sesbe.org/sites/sesbe.org/files/eVOLUCION_02_1.pdf)> [Consultado: 10 junio 2008]
- Chevallard, Y. (2000). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique
- Consejo Europeo de Lisboa (2000). Conclusiones de la presidencia [en línea]. Disponible en: <[http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1\\_es.htm](http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_es.htm)> [Consultado: 10 junio 2008]
- Consejo de la Unión Europea, (2001). Informe sobre los futuros objetivos precisos de los sistemas de educación y formación [en línea]. Madrid: CIDE-MEC  
Disponible en:  
<[http://ec.europa.eu/education/policies/2010/doc/rep\\_fut\\_obj\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/education/policies/2010/doc/rep_fut_obj_es.pdf)>  
[Consultado: 10 junio 2008]
- Czerniak et al. (1999). Teachers' beliefs about using educational technology in the science classroom. *International Journal of Educational Technology*, 1(2).  
Disponible en:  
<<http://smi.curtin.edu.au/ijet/v1n2/czerniak/index.html>> [Consultado en: 10 junio 2008]
- Davidowitz, B., Rollnick, M. y Fakudze, C. (2005). Development and application of a rubric for analysis of novice students' laboratory flow diagrams. *International Journal of Science Education*, 27(1), 43-59
- De la Orden, A. (1985). *La investigación educativa*. Diccionario de Ciencias de la Educación. Madrid: Anaya
- De Jong, T., y Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.
- De Pro Bueno, A., (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21-41

- De Pro Bueno, A., (2006). Contenidos procedimentales: ¿algo que sólo suena a LOGSE? *Alambique*, 48, 100-108
- Del Carmen, L. (2000). Los trabajos prácticos. En: Perales Palacios, F. J. y Cañal de León, P. (Dir.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil
- Delpech, R. (2006) Bioinformatics and school biology. *Journal of Biological Education*, 40(4), 147-148
- DES (Department of Education and Science), (1985). *Science at age 15. Science Report for Teachers*. Londres: Her Majesty's Stationery Office
- Desharnais, R. A. y Limson, M. (2007). Designing and Implementing Virtual Courseware to Promote Inquiry-based Learning [en línea]. *Journal of Online Learning and Teaching*, 3(1). Disponible en: <<http://jolt.merlot.org/vol3no1/desharnais.htm>> [Consultado: 10 junio 2008]
- Dewey, J. (1967). *Democracia y educación: una introducción a la filosofía de la educación*. Buenos Aires: Losada
- Dickerson, J., y Kubasko, D. (2007). Digital microscopes: Enhancing collaboration and engagement in science classrooms with information technologies [en línea]. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 7(4). Disponible en: <<http://www.citejournal.org/vol7/iss4/science/article1.cfm>> [Consultado en: 20 mayo 2008]
- Duarte Hueros, A. (1999). Medios audiovisuales, informáticos y Nuevas Tecnologías para el apoyo docente. En: Cabero, J. (Ed.) *Tecnología educativa*. Madrid: Editorial Síntesis
- Escudero Escorza, T. (2003). Desde los test hasta la investigación evaluativa actual. Un siglo, el XX, de intenso desarrollo de la evaluación en educación [en línea]. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 9(1). Disponible en: <[http://www.uv.es/RELIEVE/v9n1/RELIEVEv9n1\\_1.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v9n1/RELIEVEv9n1_1.htm)> [Consultado: 20 mayo 2008]
- Escudero Escorza, T. (2006). Claves identificativas de la investigación evaluativa: análisis desde la práctica [en línea]. En: *CONTEXTOS EDUCATIVOS. Revista de Educación*, 8-9, 179-199. Disponible en: <<http://www.unirioja.es/servicios/sp/ej/contextos/con08.shtml>> [Consulta: 10 junio 2008]
- España, Jefatura del Estado (1989). Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre. Madrid: B.O.E. de 28 de marzo de 1989
- España, Jefatura del estado (1990). Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo. Madrid: B.O.E. de 4 de octubre de 1990
- España, Jefatura del Estado (1995). Ley Orgánica 9/1995, de 20 de noviembre, de la Participación, la Evaluación y el Gobierno de los Centros Educativos. Madrid: B.O.E. de 21 de noviembre de 1995

- España, Jefatura del Estado (1997). Ley 40/1997, de 5 de noviembre, sobre la Reforma de la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre. Madrid: B.O.E. de 6 de noviembre de 1997
- España, Jefatura del Estado (2002). Ley Orgánica 10/2002, de 23 de diciembre, de Calidad de la Educación. Madrid: B.O.E. de 24 de diciembre de 2002
- España, Jefatura del Estado (2006). Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Madrid: B.O.E. de 4 de mayo de 2006
- Esteban, M., (2002). El diseño de entornos de aprendizaje constructivista [en línea]. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 6. Disponible en: <<http://www.um.es/ead/red/6/red6.html>> [Consultado: 20 mayo 2008]
- Expósito López, J., Olmedo Moreno, E., Fernández-Cano, A., (2004). Patrones metodológicos en la investigación española sobre evaluación de programas educativos [en línea]. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 10(2). Disponible en: <[http://www.uv.es/RELIEVE/v10n2/RELIEVEv10n2\\_2.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v10n2/RELIEVEv10n2_2.htm)> [Consultado: 20 mayo 2008]
- European Commission (2006). Benchmarking Access and Use of ICT in European Schools. Final Report from Head Teacher and Classroom Teacher Surveys in 27 European Countries [en línea]. Disponible en: <[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)> [Consultado: 20 mayo 2008]
- European Commission (2007). Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe [en línea]. Disponible en: <[http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)> [Consultado: 20 mayo 2008]
- Eurydice (2006). The Science Teaching in schools in Europe. Policies and research [en línea]. Disponible en: <<http://www.eurydice.org/portal/page/portal/Eurydice/PubContents?pubid=081EN>> [Consultado: 20 mayo 2008]
- Fernández Morante, M.C. y Cebreiro López, B. (2002). La integración de los medios y las nuevas tecnologías en los centros y prácticas docentes [en línea]. *PIXEL-BIT. Revista de medios en educación*, 20. Disponible en: <<http://www.sav.us.es/pixelbit/>> [Consultado: 20 mayo 2008]
- Fernández Morante, C. (2006). Menores, TIC y sociedad del conocimiento. *Innovación Educativa*, 16, 76-86
- Fernández Sierra, J. y Santos Guerra, M. A. (1992). *Evaluación cualitativa de programas de educación para la salud: una experiencia hospitalaria*. Málaga: Aljibe
- Feuer, M. J., Towne, L. y Shavelson, R. J. (2002). Scientific Culture and Educational Research. *Educational Researcher*, 31(8), 4-14
- Flavell, J. H. (1984). *El desarrollo cognitivo*. Madrid: Visor

- Fuentes Esparrell, J.A., Ortega Carrillo, J.A. y Lorenzo Delgado, M., (2005). Tecnofobia como déficit formativo. Investigando la integración curricular de las TIC en centros públicos de ámbito rural y urbano. *Educar*, 36, 169-180
- Fundación Encuentro (2005). Definición del modelo CAIT [en línea]. Disponible en: <<http://www.fund-encuentro.org/Foro/Modelo/definicionmodelo.htm>> [Consultado: 20 mayo 2008]
- Gagné, R. (1962). The use of simulators. En: Glazer, R. (Ed.). *Training Research and Education*. Pittsburg: University of Pittsburg Press.
- Gagné, R. M. (1971). *Las condiciones del aprendizaje*. Madrid: Aguilar
- Gallego Arrufat, M.J. (1998) Investigación en el uso de la informática en el aula [en línea]. PIXEL-BIT. Revista de medios en educación, 11. Disponible en: <<http://www.sav.us.es/pixelbit/>> [Consultado: 20 mayo 2008]
- García Barneto, A. y Gil Martín, M. R. (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas [en línea]. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2). Disponible en: <<http://saum.uvigo.es/reec/>> [Consultado: 20 mayo 2008]
- García Hoz, V., Pérez Juste, R. (1989). *La investigación del profesor en el aula*. Madrid: Editorial Escuela Española
- Gargallo López, B. et al., (2003). *La integración de las nuevas tecnologías en los centros. Una aproximación multivariada* [en línea]. Madrid: CIDE-MEC. Disponible en: <<http://www.mec.es/cide/jsp/plantilla.jsp?id=pub02a#>> [Consultado: 25 mayo 2008]
- Gargallo López, B. et al. (2005) Un modelo multivariado para el seguimiento de la integración de las TIC en educación: ONTEV [en línea]. En: *Premios Nacionales de Investigación Educativa 2004*. Madrid: CIDE-MEC. Disponible en: <<http://www.mec.es/cide/espanol/publicaciones/colecciones/investigacion/col170/col170pc.pdf>> [Consultado: 25 mayo 2008]
- Geli de Ciurana, A. M. (1995). La evaluación de los trabajos prácticos. *Alambique*, 4, 25-32
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: ICE-Horsori
- Gil Pérez, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-34
- Gil Pérez, D. y Valdés Castro, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 155-163
- Gil Pérez, D. et al. (1999) ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 503-512

- Gil Pérez, D. y Vilches, A. (2006). ¿Cómo puede contribuir el informe PISA a la mejora de la enseñanza de las ciencias (y de otras áreas de conocimiento)? *Revista de Educación*, nº extraordinario
- Gilman, S. L. (2006). Do Online Labs Work? An Assessment of an Online Lab on Cell Division. *American Biology Teacher*. 68(9), 131-134
- Gómez Gómez, E. N.(2000). La investigación educativa. Del sectarismo a la diversidad teórica y metodológica [en línea]. *Educar*, 12. Disponible en: <<http://www.educacion.jalisco.gob.mx/consulta/educar/12/12inves.html>> [Consultado: 25 mayo 2008]
- González, C. S. (2004). Sistemas inteligentes en la educación. Una revisión de las líneas de investigación y aplicaciones actuales [en línea]. *Revista ELectrónica de Investigación y EValuación Educativa*. 10(1). Disponible en: <[http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1\\_1.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1_1.htm)> [Consultado: 25 mayo 2008]
- González Eduardo, M. (1992). ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos? *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 206-211
- Grabe, M. y Grabe, C. (1996) *Integrating Technology for Meaningful Learning*. Boston: Houghton Mifflin Co.
- Gras Martí, A. y Cano Villalba, M. (2003). Las TIC en la enseñanza de las ciencias experimentales. *Comunicación y Pedagogía: nuevas tecnología y recursos didácticos*, 190, 39-44
- Gredler, M. (1996). Educational games and simulations: A technology in search of a (research) paradigm. En D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (pp. 521-540). New York: Macmillan.
- Grimme, L.H. (2004). The necessity to direct trends into biology education and training at the tertiary level [en línea]. En: The Commission of Biology Education. International Union of Biological Sciences. Disponible en: <http://www.iubs.org/cbe/papers/> [Consultado: 25 mayo 2008]
- Gros, B. (1997). Diseños y programas educativos. Pautas pedagógicas para la elaboración de software. Barcelona: Ariel Educación
- Gros, B. (2000). *El ordenador invisible: hacia la apropiación del ordenador en la enseñanza*. Barcelona:EDIUOC
- Gros, B. (2002). Constructivismo y diseño de entornos virtuales de aprendizaje. *Revista de Educación*, nº 228, pp. 225-247
- Grau, A. (2008, 8 de mayo). Pizarras con tizas en la era de Internet. El País [Madrid]
- Gutiérrez, J. y Delgado, J. M., (1999). Teoría de la observación. En: Delgado, J. M. y Gutiérrez, J. (Coords.) *Métodos y técnicas cualitativas de investigación en ciencias sociales*. Madrid: Síntesis

- Gutiérrez López, J. (2005). *Estudio “socio-cartográfico” del alumnado de los dos primeros cursos de la ESO en un Instituto de Enseñanza Secundaria*. Madrid: CIDE-MEC
- Hafner, J. C. (2003). Quantitative analysis of the rubric as an assesment tool: an empirical study of student peer-group rating. *International Journal of Science Education*, 25(12), 1509-1528
- Harper, B., Squires, D. y McDougall, A. (2000). Constructivist simulations in the multimedia age. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 9(2), 115-130.
- Herron, M.D., (1971). The nature of scientific enquiry. *School Review*, 79, 171-212
- Hilera, J. R., Otón, S. y Martínez, J. (1999). Aplicación de la Realidad Virtual en la enseñanza a través de Internet [en línea]. *Cuadernos de documentación multimedia*, 8. Disponible en: <<http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/num8/index8.html>> [Consultado: 25 mayo 2008]
- Hodson, D. (1994). “Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio”. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 229-313
- Hofstein, A. y Lunetta, V. N. (1982). The role of laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217
- Huang, C. (2004). Virtual Labs: E-learning for tomorrow [en línea]. En: *PLoS Biology*, 2 (6). Diponible en: <<http://biology.plosjournals.org/perlserv/?request=index-html&issn=1545-7885>> [Consulta: 12 junio 2008]
- Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability. *Journal of Computed Assisted Learning*, 22(6), 392-404.
- Ianfrancesco, G. (2005). *La didáctica de la Biología. Aportes a su desarrollo*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio
- Instituto de Evaluación - MEC (2006). Sistema estatal de indicadores de evaluación 2006 [en línea]. Disponible en: <[http://www.institutodeevaluacion.mec.es/sistema\\_estatal\\_de\\_indicadores\\_de\\_la\\_educacion/2006/introduccion/](http://www.institutodeevaluacion.mec.es/sistema_estatal_de_indicadores_de_la_educacion/2006/introduccion/)> [Consulta: 12junio 2008]
- ISEI-IVEI, (2004). Investigación: Integración de las TIC en centros de ESO [en línea]. Disponible en: <<http://www.isei-ivei.net/cast/inves/invindex.htm>> [Consultado: 12 junio 2008]
- ISTE, (2007). National Educational Technology Standards [en línea]. Disponible en: <<http://www.iste.org/>> [Consultado: 12 junio 2008]
- Izquierdo, M. et al., (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares en ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-49

- Jensen, N., Von Voigt, G, Nejd, W. y Olbrich, S. (2004). Development of a Virtual Laboratory System for Science Education [en línea]. En: *The Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*, 6(2). Disponible en: <<http://imej.wfu.edu/>> [Consultado: 12 junio 2008]
- Joint Committee on Standards for Educational Evaluation, (1994). Program Evaluation Standards [en línea]. Disponible en: <<http://www.wmich.edu/evalctr/jc/>> [Consultado en: 12 junio 2008]
- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1997). La evaluación como instrumento para mejorar el proceso de aprendizaje de las ciencias: En: Del Carmen, L. (Coord.) *La Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE/HORSORI
- Kuhn, T. S. (1977). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica
- Lajoie, S. P., Lavigne, N. C., Guerrero, C. y Munsie, S. (2001). Constructing knowledge in the context of BioWorld. *Instructional Science*, 29, 155-186.
- Lakatos. I. (1983). La metodología de los programas de investigación científica. Madrid: Alianza
- Larcher, C. (2006). “La Main à la Pâte” y la renovación de la enseñanza científica y tecnológicamente en la escuela primaria francesa. *Investigación en la escuela*, 60, 21-36
- Latorre, A, Del Rincón, D. y Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: GR92
- Le Compte, M.D. (1995). Un matrimonio conveniente: diseño de investigación cualitativa y estándares para la evaluación de programas [en línea]. En: *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 1(1). Disponible en: <<http://www.uv.es/RELIEVE/v1/RELIEVEv1n0.htm>> [Consultado: 12 junio 2008]
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- Linn, M. C., (2002). Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Enseñanza de las Ciencias*. 20(3), 347-355
- López García, M. y Morcillo Ortega, J. G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales [en línea]. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 562-576. Disponible en: <<http://saum.uvigo.es/reec/>> [Consultado: 3 junio 2008]
- López García, M. y Morcillo Ortega, J. G. (2008). Recursos informáticos para el aprendizaje de procedimientos de Biología en la Enseñanza Secundaria [en prensa]. En: *Memorias de la Real Sociedad de Historia Natural*, 4. Madrid: Real Sociedad de Historia Natural

- Margalef García, L. (2004). Construcción de objetos didácticos: buscando un marco de referencia desde la complejidad de entornos educativos [en línea]. En: *CEUR Workshop Proceedings, vol. 117: Design, Evaluation and Description of Reusable Learning Contents, 2004*. Disponible en: <<http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS>> [Consultado: 10 junio 2008]
- Marqués Graells, P. (1999a). Materiales didácticos multimedia y concepciones sobre el aprendizaje [en línea]. En: *Enciclopedia virtual de Tecnología Educativa*. Disponible en: <<http://dewey.uab.es/pmarques/evte.htm>> [Consultado: 14 mayo 2008]
- Marqués Graells, P. (1999b). Software educativo multimedia [en línea]. En: *Enciclopedia virtual de tecnología educativa*. Disponible en: <<http://dewey.uab.es/pmarques/evte.htm>> [Consultado: 14 mayo 2008]
- Marqués Graells, P. (2000a). El impacto de la sociedad de la información en el mundo educativo [en línea]. *Enciclopedia virtual de Tecnología Educativa*. Disponible en: <<http://dewey.uab.es/pmarques/evte.htm>> [Consultado: 14 mayo 2008]
- Marqués Graells, P., (2000b). Impacto de las TIC en educación: funciones y limitaciones [en línea]. En: *Enciclopedia Virtual de Tecnología Educativa*. Disponible en: <<http://dewey.uab.es/pmarques/siyedu.htm>> [Consultado: 14 mayo 2008]
- Marqués Graells, P. (2001). Factores a considerar para una buena integración de las TIC en los centros [en línea]. En: *Enciclopedia Virtual de Tecnología Educativa*. Disponible en: <<http://dewey.uab.es/pmarques/evte.htm>> [Consultado: 14 mayo 2008]
- Marqués Graells, P. (2005). Catálogo de modelos para el uso didáctico de las TIC: propuestas de uso [en línea]. Disponible en: <<http://dewey.uab.es/pmarques/dim/aulatic/catalogomodelos.htm>> [Consultado: 6 junio 2008]
- Marqués Graells, P. (2006). La pizarra digital en el aula de clase. Posiblemente el mejor instrumento que tenemos hoy en día para apoyar la renovación pedagógica en las aulas [en línea]. Barcelona: Grupo Edebé. Disponible en: <[http://www.edebedigital.net/biblioteca/pizarra-digital\\_CAST.pdf](http://www.edebedigital.net/biblioteca/pizarra-digital_CAST.pdf)>. [Consultado: 6 junio 2008]
- Martín, M. y Martín, M. T. (2002). Trabajo experimental en la enseñanza de las ciencias experimentales en niveles no universitarios. *Revista Complutense de Educación*, 13(1), 385-396
- Martín Izard J. F., (2001). Enseñanza de Procesos de pensamiento: metodología, metacognición y transferencias [en línea]. En: *Revista ELectrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 7(2). Disponible en: <<http://www.uv.es/RELIEVE/>> [Consultado: 20 mayo 2008]
- Martín Sánchez, M. (2002). Investigación en enseñanza de las ciencias. Por qué y cómo. *Alambique*, 34, 30-36

- Martínez Losada, C. y García Barros, S., (2003). Las actividades de primaria y ESO incluidas en los libros escolares ¿Qué objetivo persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 243-264
- Mateos García, J. y Piñero Barciela, M. P. (2002). *Laboratorio de Biología asistido por ordenador*. Madrid: Consejería de Educación. Dirección General de Ordenación Académica
- McCarthy, S. y Sanders, M. (2007). Broad classification and the provisional nature of science. *Journal of Biological Education*, 41(3), 123-130.
- McLean, M. (1995). Contenidos, enseñanza y aprendizaje en Enseñanza Secundaria de los países de la Unión Europea [en línea]. En: *Revista Iberoamericana de Educación*, 9. Disponible en: <<http://www.campus-oei.org/oeivirt/rie09.htm>> [Consultado: 25 mayo 2008]
- McMillan J. y Schumacher, S., (2005). *Investigación educativa: una introducción conceptual*. Madrid: Pearson
- MEC (2006). REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Madrid: BOE de 5 enero de 2007
- MEC (2007). ORDEN ECI/2220/2007 de 12 de julio por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación secundaria obligatoria. Madrid: BOE 21 de julio de 2007
- MEC/MITC (2006). Las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación. Informe sobre la implantación y el uso de las TIC en los centros docentes de educación primaria y secundaria (curso 2005-2006) [en línea] Disponible en: <<http://www.oei.es/tic/TICCD.pdf>> [Consultado: 12 junio 2008]
- Mediateca DIM-ADRE (2006). Ficha de evaluación de materiales multimedia on-line [en línea]. En: Autor. Disponible en: <<http://www.pangea.org/dim/mediateca/emediat.htm>> [Consultado: 3 junio 2008]
- Miguens, M. y Garrett, R.M., (1991). Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 229-236
- Mikropoulos, T.A., Katsikis, A., Nikolou, E. y Tsakalis, P. (2003). Virtual environments in Biology teaching. *Journal of Biological Education*, 37(4), 176-181
- Ministère de l'Éducation Nationale (2000). Brevet informatique et Internet (B2i) école-collège [en línea]. En: *Bulletin Officiel du ministère de l'Éducation Nationale et du ministère de la Recherche*. Disponible en: <<http://www.education.gouv.fr/bo/2000/42/encart.htm>> [Consultado: 26 mayo 2008]

- Monge Benito, S. (2005). Oportunidades de los *Learning Objects* en la Enseñanza Secundaria [en línea]. En: *II Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos Reutilizables (SPEDECE)* (Barcelona, 20-22 de octubre de 2005). Disponible en: <<http://www.uoc.edu/symposia/spdece05/index.html>> [Consultado en: 19 mayo 2008]
- Monge Benito, S. (2007). La escuela vasca ante el cambio tecnológico (1999-2004) [en línea]. Tesis doctoral, Universidad del País Vasco (UPV-EHU). Disponible en: <<http://www.sergiomonge.com/doc/tesis-doctoral-sergio-monge.pdf>> [Consultado: 16 junio 2008]
- Monge-Nájera, J., Rivas Rossi, M. y Méndez, V. H. (2002). La evolución de los laboratorios virtuales durante una experiencia de cuatro años con estudiantes a distancia [en línea]. En: *Red Global de Educación a Distancia*. <<http://www.uned.ac.cr/globalNet/global/default.html>> [Consultado en: 1 junio 2008]
- Mora Vargas, A. I. (2004). La investigación evaluativa: concepto, períodos y modelos [en línea]. En: *Actualidades Investigativas en Educación*, 4(2). Disponible en: <<http://revista.inie.ucr.ac.cr/articulos/2-2004/archivos/periodos.pdf>> [Consultado: 25 mayo 2008]
- Morales, E. et al. (2004). Valoración de la calidad de unidades de aprendizaje [en línea]. En: *CEUR Workshop Proceedings, vol. 117: Design, Evaluation and Description of Reusable Learning Contents 2004*. Disponible en: <<http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/>> [Consultado: 23 mayo 2008]
- Morcillo, J. G., García, E., López, M. y Mejías, N. (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
- Moya, José (2007). Evaluación externa del proyecto Golden5 [en línea]. En: *Proyecto Golden5*. Disponible en: <[www.golden5.org](http://www.golden5.org)> [Consultado: 1 junio 2008]
- Nieda, J. (1994). Algunas minucias sobre los trabajos prácticos en la Enseñanza Secundaria. *Alambique*, 2, 15-20
- Nieda, J. (2006). Los trabajos prácticos diez años más tarde. *Alambique*, 48, 25-31
- Novak, J. D. y Gowin, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender*, Barcelona: Martínez Roca
- NSTA (National Science Teachers Association) (1999). The Use of Computers in Science Education [en línea]. Disponible en: <http://www.nsta.org/> [Consultado: 30 mayo 2008]
- NSTA (National Science Teachers Association) (2007). The Integral Role of Laboratory Investigations in Science Instruction [en línea]. Disponible en: <<http://www.nsta.org/about/positions/laboratory.aspx>> [Consultado: 7 mayo 2008]

- OCDE (2007). PISA 2006. Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE. Informe español [en línea]. En: Instituto de Evaluación. MEC. Disponible en: <<http://www.mec.es/mecd/gabipren/documentos/files/informe-espanol-pisa-2006.pdf>> [Consultado: 22 mayo 2008]
- OCDE (2004). Marcos teóricos de PISA 2003: la medida de los conocimientos y destrezas en matemáticas, lectura, ciencias y resolución de problemas. Madrid: INECSE
- OECD (2005a): The Definition and Selection of Competencies. Executive Summary [en línea]. Disponible en: <<http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf>> [Consultado: 4 junio 2008]
- OECD (2005b). Education at a glance [en línea]. Disponible en: <[http://www.oecd.org/document/34/0,3343,en\\_2649\\_39263238\\_35289570\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/document/34/0,3343,en_2649_39263238_35289570_1_1_1_1,00.html)> [Consultado: 4 junio 2008]
- OECD, (2006). Evolution of Students Interest on Science and Technology Studies. Policy Report [en línea]. Disponible en: <<http://www.oecd.org/dataoecd/16/30/36645825.pdf>> [Consultado: 4 junio 2008]
- OLIVARES, E., (1995). Tipos de contenidos e instrumentos de evaluación. *Alambique*, 4, 16-23
- Onrubia, J. (2005). Aprender y enseñar en entornos virtuales: actividad conjunta, ayuda pedagógica y construcción del conocimiento [en línea]. En: *RED. Revista de Educación a Distancia*, nº monográfico II. Disponible en: <<http://www.um.es/ead/red/M2/>> [Consultado: 25 mayo 2008]
- Orellana, N., Almerich, G., Belloch, C. y Díaz, I. (2004). La actitud del profesorado ante las TIC: un aspecto clave para la integración. En: *Actas del V Encuentro Internacional Anual sobre Educación, Capacitación Profesional y Tecnologías de la Educación, Virtual Educa*. (Barcelona, 15-18 junio 2004). Disponible en: <[http://www.uv.es/~bellochc/doc%20UTE/VE2004\\_5\\_6.pdf](http://www.uv.es/~bellochc/doc%20UTE/VE2004_5_6.pdf)> [Consultado: 28 mayo 2008]
- Palacios Navarro, S. (2006). "Efectos de la evaluación formativa virtual en el rendimiento académico". *Innovación Educativa*, 16, 47-57
- Papert, S. (2003). *La máquina de los niños: replantearse la educación en la era de los ordenadores*. Barcelona: Paidós
- Paredes Labra, J., (2003). Análisis etnográfico de los usos de recursos y materiales didácticos en educación primaria: estudio de los casos de dos centros [en línea]. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Disponible en: <<http://www.ucm.es/BUCM/tesis/19972000/S/5/S5016101.pdf>> [Consultado: 13 mayo 2008]
- Pascual Matesanz, R. M. (2007). La intervención pedagógica en entornos rurales: evaluación de programas de formación. *Revista interuniversitaria de Pedagogía Social*, 14, 105-116

- Perales Palacios, F.J., (1994). Los trabajos prácticos y la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 122-125
- Pérez Carbonell, A., Jornet, J. M., Suárez Rodríguez, J., González Duch, J., (1999). Algunas notas sobre la tendencia en evaluación de programas en nuestro país (1990-1998). En *Nuevas realidades educativas Nuevas necesidades metodológicas* (AIDIPE, ed.). Málaga: Centro de Ediciones de la Diputación Provincial de Málaga. (CEDMA)
- Pérez Moreno, J.G. (2003). Plataformas digitales y sus fracturas pedagógicas. *Revista Complutense de Educación*, 14(2) 563-588
- Pérez Tamayo, R. (1998). *¿Existe el método científico? Historia y realidad*. México: Fondo de Cultura Económica
- Piaget, J. (1986). *La epistemología genética*. Madrid: Debate
- Piaget, J. e Inhelder, B., (1973). Génesis de las estructuras lógicas elementales: clasificaciones y seriaciones. Buenos Aires: Guadalupe
- Pérez, M., Vilán, L. y Machado, J. P. (2006). Integración de las TIC en el sistema educativo de Galicia: respuesta de los docentes. *RELATEC. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 5(2), 177-189
- Pintó, R. (2003). El trabajo experimental con nuevas tecnologías. *Aula de innovación educativa*, 113, 33-38
- Pintó, R. y Gutiérrez, R., (2001). Tendencias detectadas ante la implantación de innovaciones en los cursos de ciencias. Algunos resultados del proyecto europeo de investigación STTIS. *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra
- Pontes Pedrajas, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos [en línea]. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 2(1), 2-18. Disponible en: <[http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero\\_2\\_1/Vol\\_2\\_Num\\_1.htm](http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_1/Vol_2_Num_1.htm)> [Consultado: 12 mayo 2008]
- Popper, K. R. (1985). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos
- Porlán Ariza, R. y Martín del Pozo, R. (2006). Alambique 1996-2006. ¿Cómo progresa el profesorado al investigar problemas prácticos relacionados con la enseñanza de la ciencia? *Alambique*, 48, 92-99
- Pozo Muncio, J. I. y Gómez Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata S.L.
- Praia, J. y Marques, L., (1997). El trabajo de laboratorio en la enseñanza de la Geología: reflexión crítica y fundamentos epistemológico-didácticos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(2), 95-106
- Psillos, D. y Niedderer, H. (2002). *Teaching and learning in the science laboratory: a book bases on the European project "Labwork in science education"*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers

- Qualifications and Curriculum Authority (2008). National Curriculum for England [en línea]. Disponible en: <<http://www.qca.org.uk/>> [Consultado: 12 mayo 2008]
- Quiñones Cárdenas, J., (2006). Elementos críticos para una reflexión sobre nuevas tecnologías en el ámbito escolar [en línea]. En: *III Congreso online – Observatorio para la Cibersociedad*. Disponible en: <<http://www.cibersociedad.net/congres2006/gts/comunicacio.php?id=790&llengua=es>> [Consultado: 28 mayo 2008]
- Randler, C. y Bogner, F. (2006). Cognitive achievements in identification skills. *Journal of Biological Education*, 40(4), 161-165
- Real García, J. J. (2006). Evaluación del modelo CAIT [en línea]. En: *Revista DIM*, 5. Disponible en: <<http://dewey.uab.es/pmarques/dim/revista5.htm>> [Consultado: 3 junio 2008]
- Reiss, M.J. et al. (2002). An international study of young peoples' drawings about what is inside themselves. *International Journal of Biological Education*, 36(2), 58-64
- Reiss, M.J. y Tunnicliffe, S. D., (2001). What sorts of worlds do we live in nowadays? Teaching biology in a post-modern age. *Journal of Biological Education*, 35(3), 125-129
- Ribisi, S., Yu, K. y Lambertson, L. (2007). A Picture is Worth a Thousand Questions. *American Biology Teacher*, 69(3), 42-47
- Rodríguez, J. y Miguel, V. (2005). Uso del Modelo CIPP para Evaluar la Implementación y los Resultados de un Programa de Capacitación en Línea [en línea]. En: *Revista Comportamiento*, 7(1), 71-92. Disponible en: <[http://www.comportamiento.dsm.usb.ve/revista/vol\\_7\\_1/art\\_%205.pdf](http://www.comportamiento.dsm.usb.ve/revista/vol_7_1/art_%205.pdf)> [Consultado: 20 junio 2008]
- Rodríguez Gómez, G., Gil Flores, J. y García Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Ediciones Aljibe
- Rodríguez Machado, R. E., Abalde Paz, E. y Muñoz Cantero, J. M., (2007). Las actitudes y expectativas del profesorado hacia el uso de las TIC e Internet [en línea]. En: *Actas del XIII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa* (San Sebastián, 27-29 de junio de 2007). Disponible en: <[http://www.uv.es/aidipe/XIII\\_Congreso\\_Comunicaciones.pdf](http://www.uv.es/aidipe/XIII_Congreso_Comunicaciones.pdf)> [Consultado: 13 mayo 2008]
- Rodríguez Mondéjar, F., (2000). Las actitudes del profesorado hacia la informática. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 15
- Rodríguez Ruiz, O. (2005). La Triangulación como Estrategia de Investigación en Ciencias Sociales [en línea]. En: *Revista Madri+d*, 31. Disponible en: <<http://www.madrimasd.org/revista/revista31/tribuna/tribuna2.asp>> [Consultado: 20 junio 2008]

- Rodríguez Sabiote, C., Pozo Llorente, T. y Gutiérrez Pérez, J. (2006). La triangulación analítica como recurso para la validación de estudios de encuesta recurrentes e investigaciones de réplica en Educación Superior [en línea]. En: *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa* 12 (2). Disponible en: <[http://www.uv.es/RELIEVE/v12n2/RELIEVEv12n2\\_6.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v12n2/RELIEVEv12n2_6.htm)>. [Consultado: 20 junio 2008]
- Romero Tena, R. (2004). La utilización educativa de la informática. En: Cabero, J. y Romero, R. (Coords.) *Nuevas Tecnologías en la Práctica Educativa* Granada: Arial
- Rozenhauz, J. y Steinberg, S. (2002). *Llegaron para quedarse: propuestas de inserción de las nuevas tecnologías en las aulas*. Buenos Aires: Miño y Dávila
- Ruiz-Primo, M. A. et al., (2004). Evaluating students' science notebooks as an assessment tool. *International Journal of Science Education*, 26(12), 1477-1506
- Sahin, S. (2006). Computers Simulations in Science Education: Implications for Distance Education [en línea]. En: *Turkish Online Journal of Distance Education*, 7 (4). Disponible en: <[http://tojde.anadolu.edu.tr/tojde24/articles/article\\_12.htm](http://tojde.anadolu.edu.tr/tojde24/articles/article_12.htm)> [Consultado: 18 junio 2008]
- Salinas Ibáñez, J. (1999). Criterios generales para la utilización e integración curricular de los medios . En Cabero, J. (Ed.) *Tecnología educativa*. Madrid: Editorial Síntesis
- Sampedro Nuño, A. et al., (2005). Procesos implicados en el desarrollo de materiales didácticos reutilizables para el fomento de la cultura científica y tecnológica [en línea]. En: *RED, Revista de Educación a Distancia*, número monográfico III. Disponible en: <<http://www.um.es/ead/red/M3/sampedro44.pdf>> [Consultado: 18 junio 2008]
- Sanabria Mesa, A. L., (2005). Las TICs en el sistema escolar de Canarias: los programas institucionales de innovación educativa para la integración curricular de las tecnologías de la información y la comunicación [en línea]. En: *Actas del XII Congreso de Investigación Educativa: Investigación en Innovación Educativa* (La Laguna, 21-23 de septiembre de 2005). Disponible en: <<http://www.uv.es/aidipe/XIICongreso/ActasXIICongreso.pdf>> [Consultado: 15 junio 2008]
- Sancho Gil, J. (2006). De tecnologías de la información y la comunicación a recursos educativos. En: Sancho Gil, J. (Coord.) *Tecnologías para transformar la educación*. Madrid: Akal
- Sanmartí, N. (2002) *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Editorial Síntesis
- Sanmartí, N. et al., (2003) Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de investigación educativa*, 113, 8-13
- Santelices, L., Astroza, V. y De la Fuente, R. (1992). El trabajo de laboratorio con guías estructuradas y su relación con el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 10 (3), 340-341

- Scanlon, E. (1997). Learning Science On-line. *Studies in Science Education*, 30, 57-92
- Scheckler, R. K. (2003). Virtual labs: a substitute for traditional labs? [en línea]. En: *International Journal of Developmental Biology*, 47 (2/3), 231-236. Disponible en: <<http://www.ijdb.ehu.es/web/>> [Consulta: 25 junio 2008]
- Schoner, V., Buzza, D., Harrigan, K. y Strampel, K. (2005). Learning Objects in Use: "Lite" Assesment for Field Studies [en línea]. En: *Journal of Online Learning and Teaching*. 1(1). Disponible en: <<http://jolt.merlot.org/vol1no1/schoner.htm>> [Consulta: 15 junio 2008]
- Sevillano García, M. L., Pascual Sevillano, M. A. y Bartolomé Crespo (2007). *Investigar para innovar en la enseñanza*. Madrid: Pearson Educación, S. A.
- Shim, K (2003). Application of virtual reality technology in biological education. *Journal of Biological Education*, 37(2), 71-74
- Sierra Fernández, J. L. (2005) *Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la Física en Bachillerato*. Madrid: CIDE-MEC
- Sjoberg, S. (2002). La Educación Científica y Tecnológica en Europa: Desafíos Actuales y Posibles Soluciones [en línea]. En: *CONTACTO. Boletín internacional de la UNESCO de educación científica, tecnológica y ambiental*. Vol. XXVII, nº 3-4. Disponible en: <[http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/publicaciones/contacto\\_3\\_4\\_2002.pdf](http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/publicaciones/contacto_3_4_2002.pdf)> [Consulta: 12 junio 2008]
- Skinner, B. F. (1979). *Tecnología de la enseñanza*. Barcelona: Labor
- Soldevila i Benet, A. (2007). Memoria Activa [en línea]. *Revista Iberoamericana de Educación*, 44 (1). Disponible en: <[http://www.rieoei.org/boletin44\\_1.htm](http://www.rieoei.org/boletin44_1.htm)> [Consulta: 12 junio 2008]
- Stanovich, P. J. y Stanovich, K. E. (2003). Using Research and Reason in Education [en línea]. En: *National Institute for Literacy*. Disponible en: <<http://www.nifl.gov/partnershipforreading/publications/html/stanovich/>> [Consulta: 12 junio 2008]
- Stuckey-Mickel, T. A. y Stuckey-Danner, B. D. (2007). Virtual Labs in the Online Biology Course: Students Perceptions of Effectiveness and Usability [en línea]. En: *Journal of Online Learning and Teaching*, 3(2). Disponible en: <<http://jolt.merlot.org/vol3no2/stuckey.htm>> [Consulta: 12 junio 2008]
- Stufflebeam, D. L. y Shinkfield, A. J. (1995). *Evaluación sistemática. Guía teórica y práctica*. Barcelona: MEC/ Paidós
- Suárez, J. et al. (2005). Simposia: Los profesores ante el proceso de integración las TIC en la educación. Algunas dimensiones clave [en línea]. En: *Actas del XII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa*. (La Laguna, 21-23 de septiembre de 2005). Disponible en: <<http://www.uv.es/aidipe/XIICongreso/ActasXIICongreso.pdf>> [Consulta: 12 junio 2008]

- Tamir , P. y Lunetta, V. N., (1978). An analisis of laboratory activities in the BSCS. Yellow version. *American Biology Teacher*, 40, 426-428
- Thomas, R., & Hooper, E. (1991). Simulations: An opportunity we are missing. *Journal of Research on Computing in Education*, 23, 497-513
- Tiana, A. (1994). La evaluación de los sistemas educativos [en línea]. En: *Revista Iberoamericana de Educación*, 10. Disponible en: <<http://www.rieoei.org/oeivirt/rie10a02.htm>> [Consulta: 12 junio 2008]
- Tsui, C. y Treagust, D., (2003). Learning genetics from computer dragons. *Journal of Biological Education*, 37 (2), 96-98
- Tyler, R. W. (Ed.) (1969). *Educational Evaluation: New roles, new means*. Chicago: University of Chicago Press
- UNESCO, (2000). Informe de la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales [en línea]. En: Vary, J. P. (Comp.). Disponible en: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001191/119102S.pdf>> [Consultado: 12 junio 2008]
- Urbina Ramírez, S. (1999). Informática y teorías del aprendizaje [en línea]. En: *PÍXEL-BIT. Revista de medios y Educación*, 12. Disponible en: <<http://www.sav.us.es/pixelbit/>> [Consultado: 12 junio 2008]
- Van Eijck, M., Goedhart, M. y Ellermeijer, T., (2005). Logging the heart with Microcomputer-Based Labs. *Journal of Biological Education*, 39(4), 171-173
- Velasco, H, y Díaz de Rada, A. (1997). *La lógica de la investigación etnográfica: un modelo de trabajo para etnógrafos de la escuela*. Madrid: Trotta
- Ventura, J. (2005). El prácticum en los estudios pedagógicos y la inserción laboral. Nuevos enfoques ante el reto europeo [en línea]. En: *Butlletí LaRecerca*, 3. Disponible en: <<http://ice.ub.es/recerca/pdf/ventura.pdf>> [Consultado: 12 junio 2008]
- Vidal, M.P. (2006). Investigación de las TIC en la educación [en línea]. En: *RELATEC, Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 5 (2), 539-552. Disponible en: <<http://campusvirtual.unex.es/cala/editio/index.php?journal=relatec>> [Consultado: 12 junio 2008]
- Villasante, T. R. (1999). De los movimientos sociales a las metodología participativas. En: Delgado, J. M. y Gutiérrez, J. (Coords.) *Métodos y técnicas cualitativas de investigación en ciencias sociales*. Madrid: Síntesis
- Vygotsky, L. (1962). *Pensamiento y lenguaje*. México: Grijalbo
- Wiley, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy [en línea]. En: Wiley, D. A. (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects*. Disponible en: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>> [Consultado: 12 junio 2008]
- Woolnough, B. E. y Allsop, T., (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press

Zamora Rodríguez, E. T. (2000). Informática e educación. Análise sobre os medios informáticos no contexto educativo non-universitario. *Innovación educativa*, 10, 355-364



## II. RECURSOS ELECTRÓNICOS CITADOS

PÁGINA	URL
ADIE. Asociación para el desarrollo de la Informática Educativa.	< <a href="http://www.adie.es/">http://www.adie.es/</a> >
Ágora Virtual	< <a href="http://agoravirtual.es/">http://agoravirtual.es/</a> >
American Museum of National History	< <a href="http://www.amnh.org/">http://www.amnh.org/</a> >
Anthos	< <a href="http://www.anthos.es/v21/index.php?page=nombres">http://www.anthos.es/v21/index.php?page=nombres</a> >
Atapuerca	< <a href="http://www.atapuerca.com/">http://www.atapuerca.com/</a> >
Atlas de la diversidad	< <a href="http://www.atlasdeladiversidad.net/jsp/index.jsp?id=33803">http://www.atlasdeladiversidad.net/jsp/index.jsp?id=33803</a> >
Atlas de microorganismos	< <a href="http://personal.telefonica.terra.es/web/ayma/atlas.htm">http://personal.telefonica.terra.es/web/ayma/atlas.htm</a> >
Atlas Electrónico de Parasitología	< <a href="http://www.ufrgs.br/para-site/taxono.htm">http://www.ufrgs.br/para-site/taxono.htm</a> >
Atlas Interactivo de Histología	< <a href="http://www.uniovi.es/morfologia/Atlas/es/index.htm">http://www.uniovi.es/morfologia/Atlas/es/index.htm</a> >
Atlas y Libro Rojo de los mamíferos terrestres de España	< <a href="http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/inventarios/inb/atlas_mamiferos/index.htm">http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/inventarios/inb/atlas_mamiferos/index.htm</a> >
Aulas Unidas	< <a href="http://www.educared.net/asp/aulasunidas/">http://www.educared.net/asp/aulasunidas/</a> >
Banco de datos de Biodiversidad de Cataluña	< <a href="http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html">http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html</a> >
BIODIDAC	< <a href="http://biodidac.bio.uottawa.ca/">http://biodidac.bio.uottawa.ca/</a> >
Bioimages	< <a href="http://www.bioimages.org.uk/Index.HTM">http://www.bioimages.org.uk/Index.HTM</a> >
Biointeractive	< <a href="http://www.hhmi.org/biointeractive/vlabs/index.html">http://www.hhmi.org/biointeractive/vlabs/index.html</a> >
Bio-Lab Center	< <a href="http://www.brooklyn.cuny.edu/bc/ahp/BioWeb/BioWeb.Lab3.main.html">http://www.brooklyn.cuny.edu/bc/ahp/BioWeb/BioWeb.Lab3.main.html</a> >
BioLogica. A Systems Approach for Learning Science	< <a href="http://biologica.concord.org/">http://biologica.concord.org/</a> >
Biology in Motion	< <a href="http://biologyinmotion.com/evol/">http://biologyinmotion.com/evol/</a> >
CAVE Automatic Virtual Environments	< <a href="http://www.jwave.vt.edu/~achavali/cell/autoCADtoHTML.html">http://www.jwave.vt.edu/~achavali/cell/autoCADtoHTML.html</a> >
Centro para la Educación y Desarrollo de la Educación a Distancia (MEC)	< <a href="http://cidead.cnice.mec.es/">http://cidead.cnice.mec.es/</a> >

PÁGINA	URL
Chime	< <a href="http://www.umass.edu/microbio/chime/getchesp.htm">http://www.umass.edu/microbio/chime/getchesp.htm</a> >
Connecting Concepts: Interactive Lessons in Biology	< <a href="http://ats.doit.wisc.edu/biology/lessons.htm">http://ats.doit.wisc.edu/biology/lessons.htm</a> >
Cow's eye dissection	< <a href="http://www.exploratorium.edu/learning_studio/cow_eye/index.html">http://www.exploratorium.edu/learning_studio/cow_eye/index.html</a> >
Creteil	< <a href="http://www.ac-creteil.fr/biotechnologies/">http://www.ac-creteil.fr/biotechnologies/</a> >
Cultivando el espacio	< <a href="http://iss.cet.edu/spanish/lifescience/default.xml">http://iss.cet.edu/spanish/lifescience/default.xml</a> >
DIM (Didáctica y Multimedia)	< <a href="http://dewey.uab.es/pmarques/dim/">http://dewey.uab.es/pmarques/dim/</a> >
DNA Learning Center	< <a href="http://www.dnalc.org/home.html">http://www.dnalc.org/home.html</a> >
Drosophila	< <a href="http://nemo.sciencecourseware.org/vcise/drosophila/">http://nemo.sciencecourseware.org/vcise/drosophila/</a> >
Edutec	< <a href="http://www.edutec.es/">http://www.edutec.es/</a> >
Embryo Images	< <a href="http://www.med.unc.edu/embryo_images/">http://www.med.unc.edu/embryo_images/</a> >
EPals	< <a href="http://www.epals.com/">http://www.epals.com/</a> >
ESPIRAL. Asociación de educación y tecnología	< <a href="http://ciberespiral.org/">http://ciberespiral.org/</a> >
Eurydice	< <a href="http://www.eurydice.org/portal/page/portal/Eurydice">http://www.eurydice.org/portal/page/portal/Eurydice</a> >
Exploratorium. The Museum of Science and Human Perception	< <a href="http://www.exploratorium.edu/">http://www.exploratorium.edu/</a> >
Fauna Ibérica	< <a href="http://www.fauna-iberica.mncn.csic.es/recursos/zoocat.php">http://www.fauna-iberica.mncn.csic.es/recursos/zoocat.php</a> >
Flora Ibérica	< <a href="http://www.rjb.csic.es/floraiberica/index.php">http://www.rjb.csic.es/floraiberica/index.php</a> >
GID. Grupo de Investigación Didáctica de la Universidad de Sevilla	< <a href="http://gid.us.es/">http://gid.us.es/</a> >
GITE (Grupo de Investigación en Tecnología Educativa)	< <a href="http://www.um.es/gite/">http://www.um.es/gite/</a> >
Grupo @gora:	< <a href="http://www.uhu.es/agora/">http://www.uhu.es/agora/</a> >
Grupo de Tecnología Educativa. Universitat de les Illes Balears	< <a href="http://gte.uib.es/">http://gte.uib.es/</a> >
Herbari Virtual del Mediterrani Occidental. Universitat de les Illes Balears	< <a href="http://herbarivirtual.uib.es/cat-med/index.html">http://herbarivirtual.uib.es/cat-med/index.html</a> >

PÁGINA	URL
Herbario virtual. Universidad de Navarra	< <a href="http://www.unav.es/botanica/visus/">http://www.unav.es/botanica/visus/</a> >
Herbarium. Universidad de Extremadura	< <a href="http://www.unex.es/botanica/herbarium/">http://www.unex.es/botanica/herbarium/</a> >
Insectarium Virtual	< <a href="http://www.insectariumvirtual.com/galeria/index.php">http://www.insectariumvirtual.com/galeria/index.php</a> >
Inventario Nacional de Biodiversidad	< <a href="http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/inventarios/inb/inventario_vertebrados/index.htm">http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/inventarios/inb/inventario_vertebrados/index.htm</a> >
IUBS (International Union of Biological Sciences)	< <a href="http://www.iubs.org/">http://www.iubs.org/</a> >
Jardín Botánico de Córdoba	< <a href="http://www.jardinbotanicodecordoba.com/jard_plan_explora_visita_virtual.php">http://www.jardinbotanicodecordoba.com/jard_plan_explora_visita_virtual.php</a> >
La Isla de las Ciencias	< <a href="http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material082/index.html">http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material082/index.html</a> >
La Main à la Pâte	< <a href="http://www.inrp.fr/lamap/">http://www.inrp.fr/lamap/</a> >
Lab-bench main	< <a href="http://www.phschool.com/science/biology_place/labbench/index.html">http://www.phschool.com/science/biology_place/labbench/index.html</a> >
Laboratori de Biología	< <a href="http://www.edu365.cat/aulanet/comsoc/index_1.htm">http://www.edu365.cat/aulanet/comsoc/index_1.htm</a> >
Laboratorio celular	< <a href="http://www.juntadeandalucia.es/averroes/html/adjuntos/2007/09/26/0013/index.html">http://www.juntadeandalucia.es/averroes/html/adjuntos/2007/09/26/0013/index.html</a> >
Laboratorio Virtual de Insectos	< <a href="http://darwin.bio.ucm.es/usuarios/vespa/">http://darwin.bio.ucm.es/usuarios/vespa/</a> >
Laboratorio Virtual Ibercaja	< <a href="http://www.ibercajalav.net/recursos.php?codopcion=1181&amp;codopcion2=2495">http://www.ibercajalav.net/recursos.php?codopcion=1181&amp;codopcion2=2495</a> >
Las Médulas	< <a href="http://www.fundacionlasmedulas.org/visita/main.htm">http://www.fundacionlasmedulas.org/visita/main.htm</a> >
Malakos	< <a href="http://www.eumed.net/malakos/index.html">http://www.eumed.net/malakos/index.html</a> >
MERLOT (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching)	< <a href="http://www.merlot.org/merlot/index.htm">http://www.merlot.org/merlot/index.htm</a> >
Microscopy Imaging Station	< <a href="http://www.exploratorium.edu/imaging_station/index.php">http://www.exploratorium.edu/imaging_station/index.php</a> >
Microscopy pre-lab activities	< <a href="http://www.udel.edu/biology/ketcham/microscope/">http://www.udel.edu/biology/ketcham/microscope/</a> >
Molecular Expressions	< <a href="http://micro.magnet.fsu.edu/micro/gallery.html">http://micro.magnet.fsu.edu/micro/gallery.html</a> >
Morfología e identificación de insectos	< <a href="http://www.uc.cl/sw_educ/agronomia/insectos/index.html">http://www.uc.cl/sw_educ/agronomia/insectos/index.html</a> >
Museo de Ciencias Naturales	< <a href="http://www.mncn.csic.es/home800.php">http://www.mncn.csic.es/home800.php</a> >

PÁGINA	URL
National History Museum	< <a href="http://www.nhm.ac.uk/">http://www.nhm.ac.uk/</a> >
Net Frog	< <a href="http://frog.edschool.virginia.edu/">http://frog.edschool.virginia.edu/</a> >
Netlab. Teleobservatorio de docencia virtual	< <a href="http://netlab.urv.net">http://netlab.urv.net</a> >
North Harris College	< <a href="http://science.nhmccd.edu/biol/animatio.htm">http://science.nhmccd.edu/biol/animatio.htm</a> >
NSTA	< <a href="http://www.nsta.org/">http://www.nsta.org/</a> >
OCTETO	< <a href="http://cent.uji.es/octeto/">http://cent.uji.es/octeto/</a> >
Online Learning Center	< <a href="http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0073031208/student_view0/virtual_labs.html">http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0073031208/student_view0/virtual_labs.html</a> >
ONTEV. Observatorio de Nuevas Tecnologías de la Escuela Valenciana	< <a href="http://ute.uv.es/ontev/">http://ute.uv.es/ontev/</a> >
Parque Natural de Cabárceno	< <a href="http://www.arsvirtual.com/visitas/visitas/cabarceno/esp/index2.htm">http://www.arsvirtual.com/visitas/visitas/cabarceno/esp/index2.htm</a> >
Physiology Educational Research Consortium	< <a href="http://www.physiologyeducation.org/">http://www.physiologyeducation.org/</a> >
Protein Explorer	< <a href="http://www2.uah.es/biomodel/pe/inicio.htm">http://www2.uah.es/biomodel/pe/inicio.htm</a> >
Proyecto Biológico	< <a href="http://biomodel.uah.es/epb/inicio.htm">http://biomodel.uah.es/epb/inicio.htm</a> >
RasMol	< <a href="http://www.ugr.es/~gebqmed/esrasmol.html">http://www.ugr.es/~gebqmed/esrasmol.html</a> >
Real Jardín Botánico de Madrid	< <a href="http://www.rjb.csic.es/visitav.php">http://www.rjb.csic.es/visitav.php</a> >
Red de Parques Nacionales	< <a href="http://reddeparquesnacionales.mma.es/parques/index.htm">http://reddeparquesnacionales.mma.es/parques/index.htm</a> >
REDAOPA (Red temática sobre diseños y objetos para el aprendizaje)	< <a href="http://www.cc.uah.es/ie/projects/redaopa/">http://www.cc.uah.es/ie/projects/redaopa/</a> >
RUTE. Red Universitaria de Tecnología Educativa	< <a href="http://www.rute.edu.es/">http://www.rute.edu.es/</a> >
Science Stock Photography	< <a href="http://www.denniskunkel.com/">http://www.denniskunkel.com/</a> >
Sea Urchin Embriology	< <a href="http://www.stanford.edu/group/Urchin/">http://www.stanford.edu/group/Urchin/</a> >
Simulador genético	< <a href="http://personales.ya.com/raulprofe/index2.htm">http://personales.ya.com/raulprofe/index2.htm</a> >

---

PÁGINA	URL
Simulador de ecología	< <a href="http://personales.ya.com/raulprofe/index2.htm">http://personales.ya.com/raulprofe/index2.htm</a> >
Sociedad Micológica de Madrid	< <a href="http://www.socmicolmadrid.org/">http://www.socmicolmadrid.org/</a> >
The Virtual Biology Labs	< <a href="http://bio.rutgers.edu/">http://bio.rutgers.edu/</a> >
The Virtual Microscope	< <a href="http://virtual.itg.uiuc.edu/index.shtml">http://virtual.itg.uiuc.edu/index.shtml</a> >
The Whole Frog Project	< <a href="http://froggy.lbl.gov/#frog_anatomy">http://froggy.lbl.gov/#frog_anatomy</a> >
UTE. Unidad de Tecnología Educativa	< <a href="http://ute.uv.es/ute/">http://ute.uv.es/ute/</a> >
Virtual Fetal Pig Dissection	< <a href="http://tec.uno.edu/George/Class/2002Fall/EDC14993603/webSites/BMaloney/pigdissection.htm">http://tec.uno.edu/George/Class/2002Fall/EDC14993603/webSites/BMaloney/pigdissection.htm</a> >
Virtual Microscopy	< <a href="http://micro.magnet.fsu.edu/primer/virtual/virtual.html">http://micro.magnet.fsu.edu/primer/virtual/virtual.html</a> >
Visible body	< <a href="http://www.visiblebody.com/start">http://www.visiblebody.com/start</a> >



# ANEXOS



# ANEXO 1

## CUESTIONARIO DE PROFESORES



## CUESTIONARIO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LAS TIC PARA EL DESARROLLO DE DESTREZAS EXPERIMENTALES EN BIOLOGÍA EN LOS CENTROS DE ENSEÑANZA SECUNDARIA DE LA CAM

El siguiente cuestionario trata de recoger información para una investigación en la facultad de Educación de la UCM en el marco de una tesis doctoral sobre el tema “Los laboratorios virtuales en la enseñanza de la Biología”.

Tus respuestas sobre las circunstancias en que se desarrolla tu trabajo, así como tu opinión respecto a los temas que se preguntan ofrecerán una valiosa información para dicha investigación.

Para contestar el cuestionario solamente tienes que marcar con una cruz la/s casilla/s correspondiente/s. Rogamos que respondas con sinceridad las preguntas.

Gracias por tu colaboración.

### I- RECURSOS DEL CENTRO

Indica la disponibilidad de los siguientes recursos para tus clases de Biología

	NADA No hay disponibilidad	POCA Hay disponibilidad para menos del 50% de los cursos	BASTANTE Hay disponibilidad más del 50% de los cursos, pero no para todos	MUCHA Hay disponibilidad para todos los cursos
1- LABORATORIOS				
2- ORDENADORES				
3- CONEXIÓN INTERNET				
4- SOFTWARE ESPECÍFICO				

### II- DATOS PERSONALES

5-NIVELES QUE IMPARTES:								
6-EXPERIENCIA DOCENTE (años):	1-10		10-20		20-30		+ 30	
7-FORMACIÓN: Indica cuál crees que es tu nivel de competencia en el manejo de las TIC de acuerdo con la siguiente escala								
SIN CONOCIMIENTOS  No usuario	NIVEL BÁSICO  Utilización de procesador de textos, consulta de páginas web, correo electrónico (enviar y recibir e-mail)	NIVEL MEDIO  Utilización de aplicaciones informáticas de carácter general y específico (Power Point, hojas de cálculo, tutoriales, ..); Internet para la comunicación (administrar el correo electrónico, foros, chats, listas de distribución..), captura de información y aplicaciones desde Internet			NIVEL AVANZADO  Utilización de herramientas para el diseño de contenidos multimedia (diseño de páginas web, tratamiento de imágenes, programación de actividades interactivas..); experiencia en teleformación			

### III- ACTITUD DE LOS PROFESORES ANTE EL TRABAJO EXPERIMENTAL

8- ¿Crees que las **destrezas y procedimientos** que se trabajan en el laboratorio son fundamentales para el aprendizaje de la Biología en la enseñanza secundaria?

NO

SI

9- Señala la **frecuencia** con que utilizas el **laboratorio** para cada nivel que impartes:

	1º ESO	2º ESO	3º ESO	4º ESO	1º BACH.	2º BACH.
a) Semanalmente						
b) Quincenalmente						
c) Una vez al mes						
d) Ocasionalmente						
e) Nunca						
f) Otros (indicar)						

10- Indica la **frecuencia** con que trabajas los siguientes tipos de **destrezas experimentales** en relación al total de las actividades de laboratorio que realizas (1: nunca; 2: en menos del 25% de las actividades; 3: entre 25-50%; 4: entre 50-75%; 5: más del 75%)

	1	2	3	4	5
a) Destrezas técnicas o manipulativas (manejo de instrumentos, aparatos o reactivos, realización de montajes..)					
b) Destrezas básicas (observación, clasificación, descripción, medición, tabulación y representación de datos...)					
c) Destrezas de investigación (identificación de problemas, emisión de hipótesis, control de variables, análisis e interpretación de datos..)					
d) Destrezas de comunicación (representación simbólica, análisis de diversas fuentes e identificación de ideas, elaboración de informes de laboratorio..)					

11- Valora de 1 a 5 la importancia que tienen **para ti** los siguientes **obstáculos** a la hora de diseñar tus **prácticas de laboratorio** (1:no constituye un obstáculo; 2: poco importante; 3: importante en algunos casos; 4: bastante importante; 5: muy importante)

	1	2	3	4	5
a) Falta de desdoblés					
b) Dependencia de material perecedero y/o difícil de encontrar en un entorno urbano					
c) Imposibilidad para reproducir ciertos procesos biológicos en el laboratorio					
d) Falta de tiempo y dificultad para la organización del currículum					
e) Dificultad para evaluar las prácticas					
f) Otros (indicar)					

#### IV- UTILIZACIÓN DE LAS TIC PARA EL TRABAJO EXPERIMENTAL

12- ¿Crees que la utilización de las **TIC** puede contribuir al aprendizaje de **destrezas y procedimientos** en la enseñanza de la Biología?

No	
----	--

No tengo referencias	
----------------------	--

Si, podría aportar nuevos enfoques	
------------------------------------	--

13- Indica la **frecuencia** con que utilizas las **TIC** con los alumnos:

	1º ESO	2º ESO	3º ESO	4º ESO	1º BACH.	2º BACH.
a) Semanalmente						
b) Quincenalmente						
c) Una vez al mes						
d) Ocasionalmente						
e) Nunca						

14- Indica la **finalidad** con que realizas **actividades basadas en las TIC** con tus alumnos y señala su **frecuencia** en relación al total de actividades con TIC que llevas a cabo con ellos (1: nunca; 2: en menos del 25% de las actividades con TIC; entre el 25-50%; entre 50-75%; 5: más del 75%)

	1	2	3	4	5
a) Como herramienta para apoyo de las explicaciones (presentaciones, apuntes, páginas web, pizarra digital..)					
b) Para la búsqueda de información o para la realización de ejercicios de ampliación/refuerzo de la teoría (consulta en páginas web, bases de datos, enciclopedias y software específico, tutoriales, cuestionarios de autoevaluación..)					
c) Para la elaboración de trabajos (trabajos de documentación; webquest; elaboración de presentaciones; informes de actividades extraescolares..)					
d) Como medio de comunicación o aprendizaje colaborativo (foros, listas de distribución, chats, wikis, blogs, proyectos de aula..)					
f) Para la realización de prácticas de laboratorio y desarrollo de destrezas propias del trabajo experimental (laboratorio asistido por ordenador; laboratorio virtual; bases de datos..)					
g) Otras (indicar)					

15- Si has contestado afirmativamente al ítem 12- f (de 2 a 5), señala la frecuencia con que trabajas los siguientes tipos de **destrezas propias del trabajo experimental** con tus alumnos **utilizando las TIC** en relación al total de actividades que realizas con este fin (1: nunca; 2: poco frecuente; 3: a veces; 4: bastante frecuente; 5: muy frecuente)

	1	2	3	4	5
a) Destrezas técnicas o manipulativas (manejo de instrumentos o aparatos, realización de montajes, manejo de programas informáticos como hojas de cálculo, bases de datos, etc.)					
b) Destrezas básicas (observación, clasificación, descripción, medición, tabulación y representación de datos...)					
c) Destrezas de investigación (identificación de problemas, emisión de hipótesis, control de variables, análisis e interpretación de datos..)					
d) Destrezas de comunicación (representación simbólica, análisis de diversas fuentes e identificación de ideas, elaboración de informes de laboratorio..)					

16- Valora la importancia que tienen **para ti** los siguientes **obstáculos** para la **incorporación de las TIC** a la realización del **trabajo experimental** con alumnos (1: no constituye un obstáculo; 2: poco importante; 3: importante en algunos casos; 4: bastante importante; 5: muy importante)

	1	2	3	4	5
a) Escasez de recursos					
b) Falta de software (programas) específico en español					
c) Falta de formación técnica en el manejo de las TIC					
d) Falta de modelos o ejemplos de integración curricular en esta disciplina (formación pedagógica)					
f) Falta de tiempo y dificultad para la organización del currículum					
g) No están claros los beneficios pedagógicos					
h) Otros (indicar)					

17- Indica tu grado de **conocimiento** respecto a los recursos disponibles para llevar a cabo **trabajo experimental de Biología** basados en la utilización de alguno de los siguientes tipos de software (1: no tengo conocimiento; 2: escaso, conozco algún ejemplo aislado; 3: conozco suficientes ejemplos para trabajar destrezas experimentales en algunos temas; 4: conozco bastantes ejemplos para tratar al menos la mitad de los temas de la disciplina; 5: conozco recursos suficientes para trabajar destrezas experimentales en cualquier tema)

	1	2	3	4	5
a) Software general (bases de datos, hojas de cálculo, Power Point, etc.)					
b) Laboratorio virtual (basado en la simulación de actividades de laboratorio))					
c) Laboratorio asistido por ordenador (mediante sensores conectados a un ordenador)					
d) Otro software específico diseñado para trabajar destrezas de tipo experimental (indicar)					

## **ANEXO II**

### **TEST DE VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO DE PROFESORES**



## TEST PARA VALIDACIÓN DEL CONTENIDO DEL CUESTIONARIO

Con el cuestionario adjunto se pretende conocer el grado de utilización de las TIC para la realización de trabajos prácticos por parte de los alumnos en las clases de Biología en los centros de enseñanza secundaria de la CAM.

Los objetivos concretos que se persiguen son

- Conocer la opinión del profesorado respecto a la importancia de las actividades de aprendizaje de destrezas y procedimientos en Biología y el papel de las TIC en estos procesos
- Conocer el tipo de destrezas y procedimientos que trabajan preferentemente los profesores a través de las actividades de laboratorio y en qué medida utilizan las TIC con esta finalidad
- Identificar los principales obstáculos para la realización de trabajo experimental con los alumnos y para la integración de las TIC en este proceso
- Conocer el grado de satisfacción del profesorado con los sistemas de evaluación que utiliza para las actividades experimentales

Tu opinión como profesor de Biología de enseñanza secundaria respecto al contenido del cuestionario es importante para garantizar su validez. Por ello, te agradecemos que, una vez hayas completado el cuestionario, respondas las siguientes preguntas:

- 1- ¿Detectas algún problema en la redacción de los ítems que pueda inducir a confusión o error de interpretación? En caso afirmativo indica cuáles

BLOQUE	ÍTEM	CAMBIO SUGERIDO

- 2- Basándote en los objetivos del cuestionario ¿consideras que son relevantes los ítems de cada uno de los dominios?

BLOQUE	ÍTEM	ELIMINACIÓN O CAMBIO SUGERIDO

3- Según tu experiencia ¿consideras que las alternativas de cada ítem son representativas de la variedad de situaciones que pueden darse en cada caso?

BLOQUE	ÍTEM	CAMBIO SUGERIDO

4- Algunas alternativas deben ser valoradas según una escala ¿crees que la escala de valoración que se propone es suficiente para discriminar diferentes situaciones pedagógicas? En caso de no ser así indica tus sugerencias

BLOQUE	ÍTEM	CAMBIO SUGERIDO

5- ¿Incluirías algún ítem que pudiera contribuir a clarificar las respuestas en relación a los objetivos marcados?

BLOQUE	ÍTEM	CAMBIO SUGERIDO

## **ANEXO III**

### **FICHAS DE EVALUACIÓN DEL "LABORATORIO VIRTUAL DE INSECTOS"**



## EVALUACIÓN DEL “LABORATORIO VIRTUAL DE INSECTOS”

*Programa interactivo para la observación y clasificación de insectos*

El “**Laboratorio virtual de insectos**” es un programa interactivo diseñado para trabajar los procedimientos de las Ciencias Naturales en el primer ciclo de la enseñanza secundaria. Con este programa se pretende recrear las actividades de observación y clasificación que tradicionalmente se hacen en el laboratorio manipulando ejemplares reales y con ayuda de una lupa. La falta de ejemplares disponibles en la mayoría de los centros de enseñanza secundaria y las consideraciones éticas que aconsejan limitar su captura, así como la convicción de las posibilidades didácticas de las TIC en el campo experimental de las Ciencias Naturales, son los motivos que han impulsado este proyecto.

La aplicación experimental de este laboratorio se está llevando a cabo en un centro de Enseñanza Secundaria en el marco de una investigación para una tesis doctoral. La opinión de expertos sobre las características técnicas y pedagógicas del programa ofrecería una valiosa información para dicha investigación, razón por la que solicitamos tu evaluación.

Puesto que uno de los objetivos de la investigación es valorar la utilidad que puede tener para el profesorado la evaluación automática de los objetivos procedimentales, te rogamos que te registres en la pantalla de inicio para poder acceder a los datos sobre las calificaciones que aparecen al final de programa.

Para contestar el cuestionario solamente tienes que marcar una cruz en las casillas de valoración de cada ítem.

Muchas gracias por tu colaboración.

**EVALUACIÓN REALIZADA POR: Dra. Manuela Martín Sánchez**

<b>ASPECTOS TÉCNICOS Y FUNCIONALES DEL PROGRAMA</b> <i>(marcar con una X)</i>				
	BAJA	MEDIA	ALTA	EXCELENTE
<b>Información al usuario</b> (sobre uso y objetivos)				<b>X</b>
<b>Entorno visual</b> (presentación del contenido)				<b>X</b>
<b>Navegación</b> (facilidad de uso, eficacia, velocidad)			<b>X</b>	
<b>Elementos multimedia</b> (cantidad, calidad)				<b>X</b>
<b>Interactividad</b> (posibilidad de manipulación, facilidad de entrada de datos, respuestas)			<b>X</b>	
<b>Contenidos</b> (claridad, organización)				<b>X</b>
<b>Servicios de ayuda</b> (disponibilidad, acceso)			<b>X</b>	
<b>Registro de calificaciones</b> (acceso a la información, utilidad)			<b>X</b>	
<b>Acceso a otros recursos</b> (enlaces, interactivo virtual)				<b>X</b>
<b>Adecuación del diseño al nivel educativo</b> (1 <sup>er</sup> ciclo ESO)			<b>X</b>	
<b>Adecuación del contenido al tiempo</b> (una hora lectiva)			<b>X</b>	

<b>ASPECTOS PEDAGÓGICOS DEL PROGRAMA</b> (marcar con una X)				
	BAJA	MEDIA	ALTA	EXCELENTE
<b>Relevancia de los contenidos</b>			<b>X</b>	
<b>Eficacia</b> (grado en que facilita el aprendizaje)			<b>X</b>	
<b>Adecuación de los contenidos</b> (al nivel cognitivo del usuario)			<b>X</b>	
<b>Capacidad de motivación</b>				<b>X</b>
<b>Tutorización</b> (utilidad de los recursos de ayuda)			<b>X</b>	
<b>Autonomía</b> (grado en que fomenta la toma de decisiones)		<b>X</b>		
<b>Esfuerzo cognitivo</b> (comprensión, comparación, exploración, reflexión metacognitiva)			<b>X</b>	
<b>Evaluación</b> (grado en que favorece la retroalimentación)			<b>X</b>	

<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Ventajas que comporta respecto a otros medios:</b>	La facilidad con la que se puede acceder a todas las características de cada uno de los insectos
<b>Problemas o inconvenientes:</b>	Pueden perderse con el exceso de información
<b>Observaciones:</b>	Desconozco el programa completo de ESO y hasta que punto le puede restar tiempo a una visión global porque posiblemente este tratamiento de un tema vaya en detrimento de otros

<b>VALORACIÓN GLOBAL</b>			
<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>EXCELENTE</b>
		X	

## EVALUACIÓN DEL “LABORATORIO VIRTUAL DE INSECTOS”

*Programa interactivo para la observación y clasificación de insectos*

El “**Laboratorio virtual de insectos**” es un programa interactivo diseñado para trabajar los procedimientos de las Ciencias Naturales en el primer ciclo de la enseñanza secundaria. Con este programa se pretende recrear las actividades de observación y clasificación que tradicionalmente se hacen en el laboratorio manipulando ejemplares reales y con ayuda de una lupa. La falta de ejemplares disponibles en la mayoría de los centros de enseñanza secundaria y las consideraciones éticas que aconsejan limitar su captura, así como la convicción de las posibilidades didácticas de las TIC en el campo experimental de las Ciencias Naturales, son los motivos que han impulsado este proyecto.

La aplicación experimental de este laboratorio se está llevando a cabo en un centro de Enseñanza Secundaria en el marco de una investigación para una tesis doctoral. La opinión de expertos sobre las características técnicas y pedagógicas del programa ofrecería una valiosa información para dicha investigación, razón por la que solicitamos tu evaluación.

Puesto que uno de los objetivos de la investigación es valorar la utilidad que puede tener para el profesorado la evaluación automática de los objetivos procedimentales, te rogamos que te registres en la pantalla de inicio para poder acceder a los datos sobre las calificaciones que aparecen al final de programa.

Para contestar el cuestionario solamente tienes que marcar una cruz en las casillas de valoración de cada ítem.

Muchas gracias por tu colaboración.

**EVALUACIÓN REALIZADA POR: Dr. Evaristo Nafría López**

<b>ASPECTOS TÉCNICOS Y FUNCIONALES DEL PROGRAMA</b> <i>(marcar con una X)</i>				
	BAJA	MEDIA	ALTA	EXCELENTE
<b>Información al usuario</b> (sobre uso y objetivos)			X	
<b>Entorno visual</b> (presentación del contenido)			X	
<b>Navegación</b> (facilidad de uso, eficacia, velocidad)				X
<b>Elementos multimedia</b> (cantidad, calidad)		X		
<b>Interactividad</b> (posibilidad de manipulación, facilidad de entrada de datos, respuestas)		X		
<b>Contenidos</b> (claridad, organización)			X	
<b>Servicios de ayuda</b> (disponibilidad, acceso)			X	
<b>Registro de calificaciones</b> (acceso a la información, utilidad)			X	
<b>Acceso a otros recursos</b> (enlaces, interactivo virtual)			X	
<b>Adecuación del diseño al nivel educativo</b> (1 <sup>er</sup> ciclo ESO)			X	
<b>Adecuación del contenido al tiempo</b> (una hora lectiva)			X	

<b>ASPECTOS PEDAGÓGICOS DEL PROGRAMA</b> (marcar con una X)				
	BAJA	MEDIA	ALTA	EXCELENTE
<b>Relevancia de los contenidos</b>			<b>X</b>	
<b>Eficacia</b> (grado en que facilita el aprendizaje)			<b>X</b>	
<b>Adecuación de los contenidos</b> (al nivel cognitivo del usuario)			<b>X</b>	
<b>Capacidad de motivación</b>			<b>X</b>	
<b>Tutorización</b> (utilidad de los recursos de ayuda)			<b>X</b>	
<b>Autonomía</b> (grado en que fomenta la toma de decisiones)		<b>X</b>		
<b>Esfuerzo cognitivo</b> (comprensión, comparación, exploración, reflexión metacognitiva)		<b>X</b>		
<b>Evaluación</b> (grado en que favorece la retroalimentación)		<b>X</b>		

<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Ventajas que comporta respecto a otros medios:</b>	MAYOR MOTIVACIÓN POSIBILIDAD DE TRABAJO COLABORATIVO
<b>Problemas o inconvenientes:</b>	NO LOS VEO DE MOMENTO
<b>Observaciones:</b>	EL INSECTARIO VIRTUAL SE PODÍA IR HACIENDO EN UN ESPACIO WIKI ENTRE TODOS LOS PROFESORES Y ALUMNOS DADOS DE ALTA

<b>VALORACIÓN GLOBAL</b>			
<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>EXCELENTE</b>
		X	

## EVALUACIÓN DEL “LABORATORIO VIRTUAL DE INSECTOS”

*Programa interactivo para la observación y clasificación de insectos*

El “**Laboratorio virtual de insectos**” es un programa interactivo diseñado para trabajar los procedimientos de las Ciencias Naturales en el primer ciclo de la enseñanza secundaria. Con este programa se pretende recrear las actividades de observación y clasificación que tradicionalmente se hacen en el laboratorio manipulando ejemplares reales y con ayuda de una lupa. La falta de ejemplares disponibles en la mayoría de los centros de enseñanza secundaria y las consideraciones éticas que aconsejan limitar su captura, así como la convicción de las posibilidades didácticas de las TIC en el campo experimental de las Ciencias Naturales, son los motivos que han impulsado este proyecto.

La aplicación experimental de este laboratorio se está llevando a cabo en un centro de Enseñanza Secundaria en el marco de una investigación para una tesis doctoral. La opinión de expertos sobre las características técnicas y pedagógicas del programa ofrecería una valiosa información para dicha investigación, razón por la que solicitamos tu evaluación.

Puesto que uno de los objetivos de la investigación es valorar la utilidad que puede tener para el profesorado la evaluación automática de los objetivos procedimentales, te rogamos que te registres en la pantalla de inicio para poder acceder a los datos sobre las calificaciones que aparecen al final de programa.

Para contestar el cuestionario solamente tienes que marcar una cruz en las casillas de valoración de cada ítem.

Muchas gracias por tu colaboración.

**EVALUACIÓN REALIZADA POR: Dr. David Reyero García**

<b>ASPECTOS TÉCNICOS Y FUNCIONALES DEL PROGRAMA</b> <i>(marcar con una X)</i>				
	BAJA	MEDIA	ALTA	EXCELENTE
<b>Información al usuario</b> (sobre uso y objetivos)		<b>X</b>		
<b>Entorno visual</b> (presentación del contenido)				<b>X</b>
<b>Navegación</b> (facilidad de uso, eficacia, velocidad)			<b>X</b>	
<b>Elementos multimedia</b> (cantidad, calidad)			<b>X</b>	
<b>Interactividad</b> (posibilidad de manipulación, facilidad de entrada de datos, respuestas)		<b>X</b>		
<b>Contenidos</b> (claridad, organización)			<b>X</b>	
<b>Servicios de ayuda</b> (disponibilidad, acceso)				<b>X</b>
<b>Registro de calificaciones</b> (acceso a la información, utilidad)			<b>X</b>	
<b>Acceso a otros recursos</b> (enlaces, interactivo virtual)				
<b>Adecuación del diseño al nivel educativo</b> (1 <sup>er</sup> ciclo ESO)			<b>X</b>	
<b>Adecuación del contenido al tiempo</b> (una hora lectiva)		<b>X</b>		

<b>ASPECTOS PEDAGÓGICOS DEL PROGRAMA</b> (marcar con una X)				
	BAJA	MEDIA	ALTA	EXCELENTE
<b>Relevancia de los contenidos</b>			<b>X</b>	
<b>Eficacia</b> (grado en que facilita el aprendizaje)		<b>X</b>		
<b>Adecuación de los contenidos</b> (al nivel cognitivo del usuario)			<b>X</b>	
<b>Capacidad de motivación</b>			<b>X</b>	
<b>Tutorización</b> (utilidad de los recursos de ayuda)				<b>X</b>
<b>Autonomía</b> (grado en que fomenta la toma de decisiones)			<b>X</b>	
<b>Esfuerzo cognitivo</b> (comprensión, comparación, exploración)				<b>X</b>
<b>Evaluación</b> (grado en que favorece la retroalimentación)				<b>X</b>

<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Ventajas que comporta respecto a otros medios:</b>	Los propios del multimedia frente a los libros tradicionales
<b>Problemas o inconvenientes:</b>	La letra es demasiado pequeña. El video no responde bien al ratón. Los detalles en algunos no son lo suficientemente precisos para ser observados, falta matiz en los dibujos. En la evaluación el feedback es incompleto no aparecen devueltos como correctos todos los ítems que se tienen correctos, sólo unos pocos
<b>Observaciones:</b>	La actividad es muy exigente. Fomenta la observación en detalle. Está visualmente muy bien diseñada y el glosario es excelente, resulta muy accesible y la ventana externa tiene el tamaño adecuado. No distrae de la atención al texto principal

<b>VALORACIÓN GLOBAL</b>			
<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>EXCELENTE</b>
		<b>X</b>	

## EVALUACIÓN DEL “LABORATORIO VIRTUAL DE INSECTOS”

*Programa interactivo para la observación y clasificación de insectos*

El “**Laboratorio virtual de insectos**” es un programa interactivo diseñado para trabajar los procedimientos de las Ciencias Naturales en el primer ciclo de la enseñanza secundaria. Con este programa se pretende recrear las actividades de observación y clasificación que tradicionalmente se hacen en el laboratorio manipulando ejemplares reales y con ayuda de una lupa. La falta de ejemplares disponibles en la mayoría de los centros de enseñanza secundaria y las consideraciones éticas que aconsejan limitar su captura, así como la convicción de las posibilidades didácticas de las TIC en el campo experimental de las Ciencias Naturales, son los motivos que han impulsado este proyecto.

La aplicación experimental de este laboratorio se está llevando a cabo en un centro de Enseñanza Secundaria en el marco de una investigación para una tesis doctoral. La opinión de expertos sobre las características técnicas y pedagógicas del programa ofrecería una valiosa información para dicha investigación, razón por la que solicitamos tu evaluación.

Puesto que uno de los objetivos de la investigación es valorar la utilidad que puede tener para el profesorado la evaluación automática de los objetivos procedimentales, te rogamos que te registres en la pantalla de inicio para poder acceder a los datos sobre las calificaciones que aparecen al final de programa.

Para contestar el cuestionario solamente tienes que marcar una cruz en las casillas de valoración de cada ítem.

Muchas gracias por tu colaboración.

**EVALUACIÓN REALIZADA POR: Dra. Concepción de Juana Magaña**

<b>ASPECTOS TÉCNICOS Y FUNCIONALES DEL PROGRAMA</b> <i>(marcar con una X)</i>				
	BAJA	MEDIA	ALTA	EXCELENTE
<b>Información al usuario</b> (sobre uso y objetivos)			<b>X</b>	
<b>Entorno visual</b> (presentación del contenido)				<b>X</b>
<b>Navegación</b> (facilidad de uso, eficacia, velocidad)			<b>X</b>	
<b>Elementos multimedia</b> (cantidad, calidad)			<b>X</b>	
<b>Interactividad</b> (posibilidad de manipulación, facilidad de entrada de datos, respuestas)			<b>X</b>	
<b>Contenidos</b> (claridad, organización)			<b>X</b>	
<b>Servicios de ayuda</b> (disponibilidad, acceso)			<b>X</b>	
<b>Registro de calificaciones</b> (acceso a la información, utilidad)				<b>X</b>
<b>Acceso a otros recursos</b> (enlaces, insectario virtual)				<b>X</b>
<b>Adecuación del diseño al nivel educativo</b> (1 <sup>er</sup> ciclo ESO)				<b>X</b>
<b>Adecuación del contenido al tiempo</b> (una hora lectiva)				<b>X</b>

<b>ASPECTOS PEDAGÓGICOS DEL PROGRAMA</b> <i>(marcar con una X)</i>				
	BAJA	MEDIA	ALTA	EXCELENTE
<b>Relevancia de los contenidos</b>			<b>X</b>	
<b>Eficacia</b> (grado en que facilita el aprendizaje)			<b>X</b>	
<b>Adecuación de los contenidos</b> (al nivel cognitivo del usuario)		<b>X</b>		
<b>Capacidad de motivación</b>				<b>X</b>
<b>Tutorización</b> (utilidad de los recursos de ayuda)			<b>X</b>	
<b>Autonomía</b> (grado en que fomenta la toma de decisiones)		<b>X</b>		
<b>Esfuerzo cognitivo</b> (comprensión, comparación, exploración)			<b>X</b>	
<b>Evaluación</b> (grado en que favorece la retroalimentación)		<b>X</b>		

<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Ventajas que comporta respecto a otros medios:</b>	La principal ventaja frente a otros medios, como pueden ser vídeos (DVD) documentales, es la interactividad y participación de los alumnos.
<b>Problemas o inconvenientes:</b>	No siempre es fácil acceder al aula de informática.
<b>Observaciones:</b>	Sería útil ampliar el número de laboratorios virtuales.

<b>VALORACIÓN GLOBAL</b>			
<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>EXCELENTE</b>
		<b>X</b>	

## **ANEXO IV**

# **INSTRUMENTO DE OBSERVACIÓN EN EL AULA**



## INSTRUMENTO DE OBSERVACIÓN EN EL AULA

CONTEXTO	ANOTACIONES
Funcionamiento los equipos	
Conexión a Internet	
Funcionamiento del software	
Duración de la actividad	
<b>ALUMNOS</b>	
Manejo del programa	
Necesidad de asistencia por el profesor	
Concentración	
Motivación	
Dificultades en relación a los objetivos didácticos	
<b>PROFESORES</b>	
Duración de las explicaciones	
Ambiente de trabajo	
Atención a los alumnos	
<b>OBSERVACIONES</b>	



## **ANEXO V**

### **CUESTIONARIO DE LOS ALUMNOS**



## CUESTIONARIO DE OPINIÓN DE LOS ALUMNOS

Como sabes, estamos comprobando la utilidad didáctica de los laboratorios virtuales y nos resultaría de mucha ayuda conocer tu opinión sobre el “Laboratorio Virtual de Insectos” que has utilizado. Te agradeceríamos, por tanto, que respondieras a las siguientes preguntas marcando una cruz junto a la respuesta que elijas:

### I- CONOCIMIENTO DE LA HERRAMIENTA

1- ¿Tienes ordenador en casa?

<b>SÍ</b>		<b>NO</b>	
-----------	--	-----------	--

2- ¿Utilizas habitualmente el ordenador en casa?

<b>SÍ</b>		<b>NO</b>	
-----------	--	-----------	--

3- ¿Utilizas el ordenador en el Instituto? En caso afirmativo señala en qué asignaturas y con qué frecuencia

<b>SÍ</b>		<b>NO</b>	
-----------	--	-----------	--

.....

.....

.....

.....

### II- DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

4- ¿Has tenido alguna dificultad en el manejo del programa? En caso afirmativo indica cuál

<b>SÍ</b>		<b>NO</b>	
-----------	--	-----------	--

.....

.....

.....

.....

5- ¿Has leído la introducción completa sobre morfología de los insectos antes de empezar las actividades?

<b>SÍ</b>		<b>NO</b>	
-----------	--	-----------	--

7- ¿La has consultado alguna vez cuando estabas trabajando?

<b>SÍ</b>		<b>NO</b>	
-----------	--	-----------	--

8- ¿Has utilizado el glosario?

<b>SÍ</b>		<b>NO</b>	
-----------	--	-----------	--

9- ¿Has entrado en alguno de los enlaces propuestos?

<b>SÍ</b>		<b>NO</b>	
-----------	--	-----------	--

10- ¿Has vuelto a entrar en el laboratorio virtual desde casa?

<b>SÍ</b>		<b>NO</b>	
-----------	--	-----------	--

### III- VALORACIÓN DEL PROGRAMA UTILIZADO

11- La información de la sección de morfología ¿te ha resultado suficiente?

<b>SÍ</b>		<b>NO</b>	
-----------	--	-----------	--

12- Los detalles de los insectos ¿crees que se ven mejor que en el laboratorio?

<b>SÍ</b>		<b>NO</b>	
-----------	--	-----------	--

13- ¿Cómo consideras el nivel de dificultad de programa?

<b>BAJO</b>		<b>MEDIO</b>		<b>ALTO</b>	
-------------	--	--------------	--	-------------	--

14- Señala cuál de las tres actividades te ha resultado más difícil

OBSERVACIÓN		CLASIFICACIÓN		IDENTIFICACIÓN	
-------------	--	---------------	--	----------------	--

15- Cuando el programa te señalaba un error ¿tienes claro en qué te habías equivocado?

SÍ		NO	
----	--	----	--

16- La calificación que has obtenido ¿consideras que se ajusta a tu rendimiento en la actividad?

SÍ		NO	
----	--	----	--

17- ¿Cómo calificarías el grado de aprendizaje al finalizar la actividad?

BAJO		MEDIO		ALTO	
------	--	-------	--	------	--

#### IV- MOTIVACIÓN

18- ¿Te gustaría realizar más actividades como ésta referidas a otros temas?

SÍ		NO	
----	--	----	--

19- ¿Realizas con más interés la actividad al saber que ibas a ser evaluado?

SÍ		NO	
----	--	----	--

20- Sabes que el programa guarda las puntuaciones que obtienes, por lo que el profesor puede consultar tu calificación en cualquier momento ¿Utilizarías el programa desde casa si se te evaluara?

SÍ		NO	
----	--	----	--

21- ¿Te gustaría participar en la realización de un "Insectario Virtual"?

SÍ		NO	



## **ANEXO VI**

### **ENTREVISTAS DE LOS PROFESORES**



## ENTREVISTA 1

### I- DATOS PERSONALES

**P1: ¿Cuántos años de experiencia docente tienes en la actualidad?**

R: Llevo 30 años dando clase, 23 en primaria y el resto en secundaria

**P2: ¿Qué nivel de formación en TIC consideras que tienes?**

R: Básica. Utilizo muy poco el ordenador y no tengo ninguna seguridad

**P3: ¿Dónde has adquirido la formación? ¿Consideras útil la formación recibida?**

R: Hice un curso de formación en el Instituto promovido por un sindicato y también en el CPR. He conseguido algo más de seguridad cuando enciendo el ordenador, pero no me han servido para integrar las TIC en la clase diaria.

### II- UTILIZACIÓN DEL LABORATORIO DE BIOLOGÍA

**P4: ¿Consideras fundamental el trabajo experimental en la enseñanza de la Biología?**

Sí. Las actividades prácticas permiten desarrollar otras capacidades diferentes a las que se trabajan en el aula. La manipulación de aparatos o la observación de organismos naturales, por ejemplo, no puede llevarse a cabo de otra forma y son parte fundamental de la materia. Son, además, un elemento de motivación fundamental para los alumnos.

**P5: ¿Con qué frecuencia utilizas el laboratorio con tus alumnos?**

R: Yo doy clase a 1º de ESO y en toda la enseñanza secundaria disponemos de profesores de desdoble para todos los cursos, así que hago prácticas de laboratorio cada semana.

**P6: ¿Cuáles son para ti los mayores problemas a la hora de realizar prácticas de laboratorio?**

R: Uno de los problemas que yo veo es la falta de material. En los niveles que yo imparto los temas están dirigidos al estudio del medio natural y eso no siempre resulta fácil. Tener en el laboratorio colecciones de algas, plantas, hongos y diferentes grupos de animales para su estudio no es nada fácil. Por otra parte, es un material que con cada práctica se destruye o se deteriora, por lo que hay que reponerlo continuamente y esto exige a menudo salir al campo a buscar los ejemplares que necesitas y esto es muy sacrificado. También hay que tener en cuenta que no siempre encuentras disponible lo que necesitas, porque los seres vivos tienen sus ciclos y si quieres estudiar la flor en diciembre, no dispones de ejemplares. Por otra parte existe una limitación tanto desde el punto de vista legal como ético para la utilización de organismos vivos en la experimentación, lo que dificulta aún más las cosas.

**P7: ¿Cómo evalúas las prácticas? ¿Consideras satisfactorio el sistema que utilizas?**

R: Las evalúo a través del cuaderno de actividades donde los alumnos guardan los guiones de la actividad que hemos hecho en el laboratorio. Eso me permite controlar cómo trabajan, pero no tengo la seguridad de que hayan aprendido lo que se pretendía con las prácticas.

### III- UTILIZACIÓN DE LAS TIC EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL

**P8: ¿Crees que la TIC pueden suponer un refuerzo en ámbito del trabajo experimental?**

R: Si. Puede abrir una nueva vía para trabajar destrezas con los alumnos. Algunas prácticas peligrosas o difíciles de montar en el laboratorio podrían hacerse a través de un ordenador. Además, con programas bien diseñados y recursos informáticos suficientes no serían necesarios los desdobles, por ejemplo, que es algo que en muchos centros condiciona la realización de prácticas de laboratorio.

**P9: ¿Con qué frecuencia y con qué finalidad utilizas las TIC con tus alumnos?  
¿Con qué finalidad?**

R: Solamente las utilizo en el desdoble de laboratorio cuando se propone desde el departamento una actividad concreta. Esto es aproximadamente una vez al trimestre. Por propia iniciativa no las utilizo nunca. La finalidad es práctica, son actividades encaminadas a que los alumnos resuelvan algún tipo de ejercicio.

**P10: ¿Cuáles son para ti los principales obstáculos para la integración de las TIC en el aula, según tu propia experiencia?**

R: La falta de acceso a los ordenadores, ya que hay muy poca disponibilidad, y también la falta de software adecuado. En mi caso la falta de formación en la aplicación concreta a mi área. La formación de tipo general no me ha servido de mucho, pero cuando utilizas un programa y ves el partido que le puedes sacar en tus clases te animas a probar con otros.

#### IV- VALORACIÓN DEL PROGRAMA UTILIZADO

**P11: ¿Qué aspectos técnicos del programa te han parecido mejores y cuáles peores?**

R: Las actividades se integran correctamente en el currículo del curso y la simulación es muy realista. Aunque no son insectos auténticos, la sensación de realismo es muy alta. La falta de ejemplares reales siempre nos había limitado a trabajar con dibujos, fotografías o maquetas. El laboratorio virtual es un gran avance respecto a esas representaciones, porque además del detalle con que se han diseñado los ejemplares, permite su manipulación, lo cual es un auténtico logro. El único aspecto negativo es que la simulación a veces ha tardado en funcionar correctamente.

**P12: ¿Qué aspectos de tipo pedagógico destacarías?**

R: Principalmente el sistema de evaluación, que te permite conocer el rendimiento de los alumnos en cada actividad y esa es una información de la que en el laboratorio presencial no dispones. Para los alumnos también es importante porque les indica su progreso.

**P13: Según la experiencia realizada ¿consideras que el programa utilizado ha resultado motivador para los alumnos?**

R: Los he visto muy motivados. Me consta que algunos, que no tienen ordenador en casa, se han desplazado por la tarde al instituto o a casa de algún amigo para hacerlo de nuevo. El hecho de que quede registrada su calificación también ha influido. Para algunos era como un reto.

**P14: ¿Cuáles han sido los principales obstáculos para la aplicación del programa?**

R: Principalmente la falta de conexión que ha hecho necesario repetir la actividad porque el primer día no hubo conexión en toda la hora. También había algún equipo que no funcionaba y algunos alumnos tuvieron que compartir el ordenador

**P15: ¿Consideras que tu nivel de formación en TIC es un obstáculo para utilizar programas como éste?**

R: No. Mi nivel es bastante bajo y no he tenido ningún problema.

**P16: A la vista de las posibilidades que se abren con la utilización de los laboratorios virtuales ¿Qué ventajas e inconvenientes dirías que tienen respecto a los presenciales?**

R: Los laboratorios virtuales facilitan sin duda el trabajo del profesor porque se ahorra mucho tiempo en la adquisición y preparación del material de prácticas así como en los montajes y desmontajes de las mismas en el laboratorio. En un aula con suficiente dotación y bien distribuida, no serían necesarios los desdobles, lo que permitiría realizar prácticas a profesores que actualmente no lo están haciendo. Desde el punto de vista pedagógico, la integración de un sistema de evaluación es una gran ayuda. También permite una atención más individualizada que el laboratorio presencial, en el que tienes que estar pendiente de demasiadas cosas. Permite profundizar y repasar o recuperar a los alumnos que no les ha salido bien la primera vez, algo que no tiene fácil solución en el laboratorio presencial donde las prácticas que no salen bien no se repiten ni se recuperan. Evita peligros y permite hacer algunas cosas que en el presencial no se puede, como las disecciones.

El inconveniente es disponer de los recursos necesarios

**P17: Además del laboratorio que has utilizado ¿conoces otros laboratorios virtuales diseñados para trabajar temas de Biología?**

R: Alguna actividad práctica del CNICE, pero no sé si pueden considerarse propiamente laboratorios virtuales.

**P18: ¿Utilizarías este tipo de programas si estuvieran disponibles y su diseño se adaptara a tu programación?**

R: Sí, sin duda. Los encuentro muy útiles para realizar actividades con los alumnos.

## ENTREVISTA 2

### I- DATOS PERSONALES

**P1: ¿Cuántos años de experiencia docente tienes en la actualidad y qué niveles impartes?**

R: Veinte años. Doy clase en la ESO y Bachillerato

**P2: ¿Qué nivel de formación en TIC consideras que tienes?**

R: Yo diría que es avanzada

**P3: ¿Dónde has adquirido la formación? ¿Consideras útil la formación recibida?**

R: He hecho algún curso, pero mi formación es casi por completo autodidacta, a base de muchas horas de dedicación y de desesperarme con diferentes programas

### II- UTILIZACIÓN DEL LABORATORIO DE BIOLOGÍA

**P4: ¿Consideras fundamental el trabajo experimental en la enseñanza de la Biología?**

Sí. Las actividades prácticas son imprescindibles para adquirir ciertas destrezas. También ayudan a comprender algunos procesos que, hasta que no los ven en la realidad, los alumnos se hacen una idea muy equivocada de cómo se producen.

**P5: ¿Con qué frecuencia utilizas el laboratorio con tus alumnos?**

R: Con los alumnos de la ESO semanalmente. Pero doy también clase en 2º de bachillerato y en este curso es imposible hacer prácticas de laboratorio, porque todo el tiempo disponible es insuficiente para terminar el temario. A los alumnos, lógicamente, lo que más les interesa en este curso es prepararse bien para el examen de acceso a la universidad.

**P6: ¿Cuáles son para ti los mayores problemas a la hora de realizar prácticas de laboratorio?**

R: Para mí el problema fundamental es la cantidad de tiempo que se necesita para desarrollar un programa de prácticas. Cada práctica requiere un diseño, la elaboración de un guión de trabajo, la adquisición o preparación del material con el que se va a trabajar, preparar los aparatos los equipos de trabajo, que normalmente están guardados, y, cuando se ha terminado, limpiar y recoger todo el material de nuevo. Todo esto semanalmente multiplicado por los distintos grupos con los que haces las prácticas, es mucho trabajo. Cualquier clase de “teoría” requiere una mínima parte de ese esfuerzo. Además de esto tenemos que luchar con problemas diferentes según la práctica de que se trate: a veces no disponemos de material biológico y la única forma de conseguirlo es dedicar mucho más tiempo aún. Tanto las instalaciones como el material de laboratorio están quedando obsoletos y sin posibilidad de renovación, ya que el presupuesto del departamento apenas da para reponer lo que se gasta cada año. Esto limita las posibilidades de innovación o el tipo de actividades que se pueden llevar a cabo.

**P7: ¿Cómo evalúas las prácticas? ¿Consideras satisfactorio el sistema que utilizas?**

R: A través de la actitud en clase y el cuaderno de trabajo donde recogen los guiones de prácticas. No lo encuentro satisfactorio porque es bastante subjetivo. En realidad no evalúas los objetivos para los que ha sido diseñada la práctica, sino más bien la actitud del alumno (si ha seguido bien el guión, si están hechas todas las actividades, si está ordenado y limpio...)

### III- UTILIZACIÓN DE LAS TIC EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL

**P8: ¿Crees que la TIC pueden suponer un refuerzo en ámbito del trabajo experimental?**

R: Sí, sin duda. Son herramientas con muchas posibilidades y pueden ser un apoyo en el trabajo experimental, pero no hay suficiente software disponible.

**P9: ¿Con qué frecuencia y con qué finalidad utilizas las TIC con tus alumnos?  
¿Con qué finalidad?**

R: Aproximadamente dos veces al trimestre. En ocasiones llevo a los alumnos al aula de informática para que entren en alguna página que yo les recomiendo y hago que consulten una información concreta. Alguna vez, las utilizo en la clase como apoyo a la explicación utilizando presentaciones.

**P10: ¿Cuáles son para ti los principales obstáculos para la integración de las TIC en el aula, según tu propia experiencia?**

R: La falta de recursos y la dificultad de acceso a los mismos. El mantenimiento de los equipos informáticos, ya que los alumnos los estropean bastante. Por otra parte hay una carencia bastante grande de recursos diseñados para utilizar con los alumnos en

la clase, especialmente para los cursos superiores. Hay ya bastantes cosas para trabajar en primaria e incluso en los primeros cursos de secundaria, pero los materiales destinados a ser utilizados por alumnos de bachillerato requieren otro tratamiento. El material que en algunos portales aparece recomendado para bachillerato es un material con contenidos teóricos, no elaborados para ser utilizados en un aula.

#### IV- VALORACIÓN DEL PROGRAMA UTILIZADO

**P11: ¿Qué aspectos técnicos del programa te han parecido mejores y cuáles peores?**

R: Me ha gustado cómo está diseñado el programa y como están organizados los contenidos. No hay más información que la necesaria para la actividad, y eso me parece bien porque no es una clase de teoría. La información está bien estructurada y es clara y los alumnos acceden a ella con facilidad durante toda la actividad. La facilidad para consultar el glosario a través de las palabras activas. El único aspecto técnico que ha presentado alguna pega ha sido la simulación, que a veces no funcionaba bien.

**P12: ¿Qué aspectos de tipo pedagógico destacarías? ¿Cuál te parece peor?**

R: En el aspecto pedagógico destacaría que se trabajan específicamente los objetivos (observación, clasificación) con actividades muy precisas y sin nada que distraiga al alumno de este objetivo principal. El apoyo teórico está siempre accesible, pero recurren a él sólo cuando necesitan consultar algo. El profesor está así más liberado para atender individualmente a los alumnos que lo necesiten.

No me ha gustado mucho el carácter lineal de las actividades y el hecho de que no se pueda volver hacia atrás. Lo he encontrado un poco rígido.

**P13: Según la experiencia realizada ¿consideras que el programa ha resultado motivador para los alumnos?**

R: Si, ha despertado su curiosidad. Es un entorno todavía relativamente novedoso y la novedad les atrae. La interacción y la posibilidad de manipulación creo que son claves para el éxito de estos programas.

**P14: ¿Cuáles han sido los principales obstáculos en la aplicación del programa?**

R: La lentitud de la conexión a Internet, que ha impedido que algunos alumnos pudieran terminar la actividad

**P15: ¿Consideras que tu nivel en TIC es un obstáculo para utilizar programas como éste?**

R: Para mí en absoluto. El programa se maneja apretando el ratón, así que no creo que suponga ninguna dificultad para nadie aunque su formación sea muy básica.

**P16: A la vista de las posibilidades que se abren con la utilización de los laboratorios virtuales ¿Qué ventajas e inconvenientes dirías que tienen respecto a los presenciales?**

R: Veo muchas ventajas. Por un lado permite trabajar con material al que normalmente no tienes acceso o cuya manipulación podría resultar peligrosa. También permite reproducir fenómenos naturales que no pueden verse en una práctica de laboratorio tradicional, por ejemplo la evolución. A nivel práctico, al profesor le facilita mucho las cosas y ahorra mucho tiempo.

**P17: Además del laboratorio que has utilizado ¿conoces otros laboratorios virtuales diseñados para trabajar temas de Biología?**

R: Conozco muy poco. Básicamente los recursos accesibles desde el portal CNICE, pero no son laboratorios virtuales. Además, muchos de estos recursos deberían ser revisados, ya que los currículos han cambiado.

**P18: ¿Utilizarías estos recursos en el aula si estuvieran disponibles y su diseño se adaptara a tu programación?**

R: Teniendo acceso a los equipos, sí los utilizaría. Suponen un complemento muy interesante a las actividades que realizamos habitualmente.

## ENTREVISTA 3

### I- DATOS PERSONALES

**P1: ¿Cuántos años de experiencia docente tienes en la actualidad y qué niveles impartes?**

R: Más de veinte años. Este curso solo doy clase en la ESO

**P2: ¿Qué nivel de formación en TIC consideras que tienes?**

R: Entre básica y media

**P3: ¿Dónde has adquirido la formación? ¿Consideras útil la formación recibida?**

R: He participado en algún curso de formación en el centro y en cursos organizados por el CPR. No me ha servido de mucho ya que casi siempre se imparten conocimientos muy generales que uno luego no sabe como aplicar al aula. El conocimiento del manejo de un programa no sirve de mucho si no ves aplicaciones específicas a tu área. Por otra parte, algunos de los programas con los que ha trabajado han quedado obsoletos y estar al día requiere una enorme inversión de tiempo.

## II- UTILIZACIÓN DEL LABORATORIO DE BIOLOGÍA

### **P4: ¿Consideras fundamental el trabajo experimental en la enseñanza de la Biología?**

Por supuesto. Diría que tienen más importancia que las clases teóricas. Son muchos los conceptos de Biología que no se pueden comprender en un aula si no hay una visualización del fenómeno. Además los conceptos están siempre disponibles en los libros de texto, pero hay ciertas destrezas que, si no se aprenden en un centro educativo, es imposible encontrar después los medios para aprenderlas por tu cuenta.

### **P5: ¿Con qué frecuencia utilizas el laboratorio con tus alumnos?**

R: Semanalmente, excepto en 3º de ESO que como solamente tienen dos horas de clase semanales, las prácticas se realizan una vez al mes.

### **P6: ¿Cuáles son para ti los mayores problemas a la hora de realizar prácticas de laboratorio?**

R: Uno de los problemas más importantes en las clases de Biología es la cantidad de material distinto que tenemos que utilizar en las prácticas y que no puede adquirirse en un comercio. Creo que las salidas al campo para hacer acopio de material para prácticas es algo compartido por muchos profesores, pero no cabe duda que esto constituye una dedicación extra a la que no estamos obligados y que, desde luego, no tiene ninguna compensación. Pero la realidad es que si no lo haces así, el abanico de prácticas que puedes realizar con los alumnos se reduce bastante, porque la mayoría de los centros carecen de colecciones de seres vivos para el trabajo de los alumnos. Otra dificultad radica en la falta de tiempo, por una parte porque el tiempo que se dedica a la preparación de estas clases es muy superior al de las clases tradicionales, y por otra porque los temarios son excesivamente extensos y no cabe duda de que

este tipo de actividades conlleva un aprendizaje más lento. Por último, la dependencia de los desdoblados condiciona fuertemente la realización de prácticas, ya que la dinámica de estas clases exige una atención individualizada. Las dudas de los alumnos normalmente debes atenderlas en su mesa de trabajo y, mientras, no sabes qué están haciendo los demás. No se puede trabajar con un grupo de treinta alumnos adolescentes en el laboratorio.

**P7: ¿Cómo evalúas las prácticas? ¿Consideras satisfactorio el sistema que utilizas?**

R: Las evalúo a través del cuaderno de clase, pero no me satisface en absoluto este sistema. Los alumnos rara vez tienen tiempo de completar su informe de prácticas en el laboratorio, por lo que, cuando te lo entregan no sabes si lo han copiado o es trabajo personal suyo. Quizá deberíamos hacer un examen de prácticas, pero mi temor es que, probablemente, el número de suspensos aumentaría. Por otra parte no es fácil adjudicar puntuaciones a cada cosa que se hace en el laboratorio. ¿Qué nota pones al que no maneja con cuidado el material, no sabe trabajar de forma autónoma y está pendiente de lo que hace el de al lado o al que no deja el material limpio y recogido, a pesar de tener un informe correcto? Por otra parte ¿cómo es posible controlar todas estas cosas en el transcurso de una práctica? Es un problema de difícil solución, porque indudablemente los alumnos se toman más en serio aquello que va a estar sujeto a evaluación.

### III- UTILIZACIÓN DE LAS TIC EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL

**P8: ¿Crees que las TIC pueden suponer un refuerzo en ámbito del trabajo experimental?**

R: Sí, sin duda. En algunas actividades concretas las TIC presentan algunas ventajas respecto a las tradicionales actividades de laboratorio. De todas formas, aunque los

recursos lo permitieran, no creo que deban sustituirse unas por otras. Hay destrezas que se adquieren en el laboratorio presencial para las que el manejo directo de materiales y aparatos es insustituible, pero es cierto que hay otras que pueden adquirirse perfectamente en un ambiente virtual.

**P9: ¿Con qué frecuencia y con qué finalidad utilizas las TIC con tus alumnos?**

R: Solo las utilizo ocasionalmente. Cuando lo hago es para consultar materiales o para tratar de que los alumnos visualicen alguna simulación que les ayude a comprender fenómenos difícilmente observables, como la tectónica de placas, por ejemplo. Pero lleva mucho tiempo preparar estas actividades, porque, para que sean efectivas, hay que seleccionar muy bien el material y tener claro lo que se va a hacer. No me gusta improvisar ni llegar al aula y decirles “entrad en tal página y consultad lo que dice ahí sobre la tectónica de placas”.

**P10: ¿Cuáles son para ti los principales obstáculos para la integración de las TIC en el aula, según tu propia experiencia?**

R: El principal, lógicamente, la falta de recursos. Las condiciones de este centro no facilitan la utilización de las TIC salvo de manera excepcional y teniendo previstas actividades alternativas por si no hay conexión a Internet. Pero igual de importante es la cantidad de tiempo que es necesario emplear en buscar y adaptar materiales para tu asignatura. A pesar de lo que se dice en los medios de comunicación, la verdad es que no hay ningún apoyo de la administración en este sentido. Las necesidades de recursos, formación, etc., deben analizarse desde los propios centros. La formación pedagógica debería ser disciplinar y deberíamos contar con materiales suficientes, modelos, experiencias previas y apoyo de especialistas de la materia.

#### IV- VALORACIÓN DEL PROGRAMA UTILIZADO

**P11: ¿Qué aspectos técnicos del programa te han parecido mejores y cuáles peores?**

R: El programa me parece sencillo de manejar y creo es adecuado para el nivel de los alumnos de la ESO. La información es concisa y la actividad es clara. La posibilidad de consulta de la información de la actividad es una buena ayuda para el alumno y también para el profesor.

**P12: ¿Qué aspectos de tipo pedagógico destacarías? ¿Cuál te parece peor?**

R: Me ha gustado el planteamiento de la actividad, porque es muy similar al modo en que se realiza esta actividad en el laboratorio. Yo suelo realizar una práctica parecida utilizando ejemplares de mi colección particular, pero, claro, no puedo dejar que los alumnos los toquen porque los destrozarían, así que los ven a través del cristal y se pierden algunas características. El programa que hemos utilizado permite ver al ejemplar en el espacio desde todos los ángulos, lo cual es una gran ventaja.

En cuanto al profesor, encuentro que las posibilidades de atención a los alumnos son mayores que en el laboratorio, ya que no hay que estar pendiente de tantas cosas y ellos trabajan con más autonomía.

**P13: Según la experiencia realizada ¿consideras que el programa ha resultado motivador para los alumnos?**

R: Los alumnos han estado muy atentos durante la realización de la experiencia y mi impresión es que han trabajado con mucho interés.

**P14: ¿Cuáles han sido los principales obstáculos para la aplicación del programa?**

R: Las condiciones del aula de informática: disponer de pocos equipos y que no todos funcionen bien y la conexión a Internet, que falla mucho. No entiendo que el *router* no esté en el aula de informática y haya que ir a otro departamento a reiniciarlo.

**P15: ¿Consideras que tu nivel en TIC es un obstáculo para utilizar programas como éste?**

R: Creo que programas como este los puede manejar cualquiera que utilice el ordenador de manera más o menos habitual aunque sea para uso particular. No tiene ninguna dificultad porque el programa te va dirigiendo y solamente tienes que contestar utilizando el ratón.

**P16: A la vista de las posibilidades que se abren con la utilización de los laboratorios virtuales ¿Qué ventajas e inconvenientes dirías que tienen respecto a los presenciales?**

R: La principal ventaja es posibilidad realizar prácticas que no se llevan a cabo en el laboratorio por falta de material o porque son muy difíciles de realizar en un laboratorio de Instituto. También me parece muy interesante que estos programas incorporen un sistema de evaluación que permita conocer el grado de aprendizaje de los alumnos.

El inconveniente es que el ambiente de trabajo es artificial y los alumnos no realizan una manipulación auténtica de los objetos.

**P17- Además del laboratorio que has utilizado ¿conoces otros laboratorios virtuales diseñados para trabajar temas de Biología?**

R: No conozco muchos. Lo que más utilizo son las páginas del CNICE, pero está todo muy disperso y lleva mucho tiempo conocer a fondo cada uno para valorar su aprovechamiento en la clase.

**P18: ¿Utilizarías este tipo de programas si estuvieran disponibles y su diseño se adaptara a tu programación?**

R: Si tuviéramos más recursos y materiales adaptados a los distintos niveles, lo utilizaría con más frecuencia.



## ENTREVISTA 4

### I- DATOS PERSONALES

**P1: ¿Cuántos años de experiencia docente tienes en la actualidad y qué niveles impartes?**

R: Veinticinco. Este año doy clase en la ESO y en 2º de bachillerato

**P2: ¿Qué nivel de formación en TIC consideras que tienes?**

R: Media

**P3: ¿Dónde has adquirido la formación? ¿Consideras útil la formación recibida?**

R: He realizado varios cursos de formación organizados por el CPR, pero una gran parte de mi formación proviene de las muchas horas que he dedicado por mi cuenta a este tema y a la ayuda de compañeros y amigos cuando me ha surgido algún problema.

### II- UTILIZACIÓN DEL LABORATORIO DE BIOLOGÍA

**P4: ¿Consideras fundamental el trabajo experimental en la enseñanza de la Biología?**

El trabajo experimental es fundamental en la formación de las disciplinas científicas. Si dispusiéramos de las condiciones necesarias, yo dedicaría mucho más tiempo a las actividades prácticas. El manejo de material específico y la posibilidad de reproducir determinados procesos en el laboratorio son fundamentales para la comprensión de

determinados algunos conceptos. Cuando el alumno tiene que resolver problemas en el laboratorio se enfrenta a una actividad intelectual a la que no está acostumbrado y este tipo de actividades fomenta la autonomía. El hecho de que podamos trabajar en grupos reducidos permite, además, una atención más individualizada. Y, desde luego, las prácticas de laboratorio tienen un fuerte componente motivador, hasta el punto de que alumnos que en clase suelen tener una actitud pasiva, en el laboratorio trabajan con verdadero interés.

Desgraciadamente, las restricciones de todo tipo a las que están sometidas las prácticas de laboratorio hace se conviertan, a menudo, en actividades muy guiadas.

**P5: ¿Con qué frecuencia utilizas el laboratorio con tus alumnos?**

R: Con los alumnos de la ESO las prácticas son semanales, pero en 2º de bachillerato no hago prácticas, ya que la extensión del temario no lo permite. Es una pena porque en este curso los alumnos tienen ya un conocimiento y una madurez suficientes para realizar actividades de cierto nivel, pero la perspectiva de la selectiva nos frena a todos.

**P6: ¿Cuáles son para ti los mayores problemas a la hora de realizar prácticas de laboratorio?**

R: La falta de continuidad en los desdobles y el tiempo de dedicación que supone su preparación. Hay que tener en cuenta que el diseño de las prácticas y su programación a largo plazo supone un esfuerzo coordinado de todo el departamento que no recibe el apoyo institucional que merece. Desgraciadamente, las restricciones a las que se ven sometidas las prácticas de laboratorio hacen que, habitualmente, realicemos actividades muy tradicionales y fáciles de preparar, pero también bastante guiadas. La innovación en ese campo requiere una dedicación que no sabemos si vamos a rentabilizar.

**P7: ¿Cómo evalúas las prácticas? ¿Consideras satisfactorio el sistema que utilizas?**

R: La evaluación de las prácticas la hago a partir de los informes que elaboran los alumnos, pero eso no mide lo que realmente aprenden en el laboratorio, lo que deja siempre un punto de frustración ante unas actividades que considero importantes pero que no tienen una gran incidencia en la calificación. Los alumnos, por su parte, no se toman el mismo interés en la correcta realización de las actividades si saben que van a tener poco peso en su calificación final.

### III- UTILIZACIÓN DE LAS TIC EN EL TRABAJO EXPERIMENTAL

**P8: ¿Crees que las TIC pueden suponer un refuerzo en ámbito del trabajo experimental?**

R: Estoy segura. Es cuestión de diseñar programas específicos para ello. Parece que toda la aplicación de las TIC en la enseñanza es para “buscar información”, pero en el trabajo experimental creo que tendrían muchas aplicaciones. Por mi parte, creo que un beneficio importante vendría de la posibilidad de simular las actividades en las que es necesario trabajar con animales. Soy absolutamente contraria a fomentar la recolección de seres vivos y para mí, las prácticas de zoología, plantean un problema ético. No creo que deban sustituir el trabajo presencial, pero pueden constituir un sustituto excelente en determinadas situaciones. Por otra parte, para los alumnos es un entorno muy atractivo.

**P9: ¿Con qué frecuencia y con qué finalidad utilizas las TIC con tus alumnos?**

R: Muy poco. Este curso solo las he utilizado alguna vez con alumnos de la ESO para realizar actividades propuestas en algunas páginas del CNICE.

**P10: ¿Cuáles son para ti los principales obstáculos para la integración de las TIC en el aula, según tu propia experiencia?**

R: La falta de medios sin duda. Creo que la formación a nivel de usuario que tenemos la mayoría de los profesores nos capacita para realizar muchas actividades con los alumnos, pero no disponemos de recursos suficientes. Deberíamos tener más ordenadores y un mantenimiento eficaz. También hay que tener en cuenta la cantidad de tiempo que lleva la preparación de estas actividades. Durante el horario de trabajo en el centro, todos los periodos lectivos tienen asignada una tarea, docente o complementaria, que impiden que ese trabajo pueda hacerse aquí. Además, en el departamento solo disponemos de un ordenador para siete personas. Este es un trabajo que nos vemos obligados a realizar desde nuestras casas, sumándolo al que ya teníamos (preparación de clases, corrección de trabajos y exámenes, etc.) y hay mucha gente que no está dispuesta a hacerlo.

#### IV- VALORACIÓN DEL PROGRAMA UTILIZADO

**P11: ¿Qué aspectos técnicos del programa te han parecido mejores y cuáles peores?**

R: Visualmente me ha gustado mucho. El contenido está muy estructurado y reproduce muy bien lo que se hace normalmente en el laboratorio. La simulación a veces no obedece muy bien, pero los detalles de los insectos yo diría que se ven mejor que al natural.

**P12: ¿Qué aspectos de tipo pedagógico destacarías? ¿Cuál te parece peor?**

R: La posibilidad que ofrece al alumno de realizar varios intentos para realizar la actividad. También me parece importante la información que aporta el programa acerca de los resultados, porque eso hace que el alumno se vaya fijando en sus

errores y los corrija. La posibilidad de prolongar la actividad más allá de la hora de clase para profundizar, ampliar o recuperar las actividades me parece un logro respecto a las limitaciones habituales del trabajo en el laboratorio.

**P13: Según la experiencia realizada ¿consideras que el programa ha resultado motivador para los alumnos?**

R: Creo que estaban muy motivados, pero algunos se han sentido un poco frustrados al no poder completar las actividades por los problemas que hemos tenido. Estoy segura de que estarían encantados de realizar más actividades de este tipo.

**P14: ¿Cuáles han sido los principales obstáculos para la aplicación del programa?**

R: La mala conexión que tenemos a Internet. Después de reservar el aula de informática y desplazar a los alumnos, resulta bastante frustrante que los problemas de conexión no te permitan realizar la actividad correctamente. Hay que tener en cuenta, además, que la organización del aula dificulta la realización de una actividad alternativa, porque los alumnos están de espaldas al profesor.

**P15: ¿Consideras que tu nivel en TIC es un obstáculo para utilizar programas como éste?**

R: El manejo me ha parecido muy sencillo y no creo que nadie con un conocimiento elemental del funcionamiento de cualquier programa pueda tener problemas.

**P16- A la vista de las posibilidades que se abren con la utilización de los laboratorios virtuales ¿Qué ventajas e inconvenientes dirías que tienen respecto a los presenciales?**

R: La ventaja principal la veo en la posibilidad de recuperación y repetición de las prácticas. Esto me parece un gran logro respecto a uno de los problemas que arrastra, tradicionalmente, el trabajo experimental. Los alumnos pueden repasar, comprobar sus fallos y mejorar su calificación, lo que es, sin duda, un incentivo para ellos. Además, no dependen del profesor para hacerlo. Otra ventaja, asociada a ésta es el sistema de evaluación, que posibilita conocer el aprendizaje real del alumno y ayudarlo en el aspecto concreto que lo necesite.

Para mí también constituye un ventaja importante es poder liberarme de la dependencia de trabajar con organismos reales. Actividades como ésta aplicadas a otros ámbitos del estudio de la zoología serían muy necesarias.

**P17- Además del laboratorio que has utilizado ¿conoces otros laboratorios virtuales diseñados para trabajar temas de Biología?**

R: Algo parecido a esto es un programa sobre la atmósfera, Climatic, que he utilizado con los alumnos de la ESO, pero laboratorios virtuales como tales no conozco más. La mayoría de los programas que he utilizado están más orientados al refuerzo de conocimientos.

**P18: ¿Utilizarías este tipo de programas si estuvieran disponibles y su diseño se adaptara a tu programación?**

R: Sí porque resulta muy fácil de manejar y lo encuentro muy útil.