

## UNA EXPERIENCIA DE IMPLANTACIÓN DE LOS MEDIOS INFORMÁTICOS EN LOS LABORATORIOS DE CIENCIAS

### AN EXPERIENCE TO INTRODUCE THE COMPUTER MEANS IN THE LABORATORIES OF SCIENCES

M<sup>a</sup> Elvira González, Asesora de Ciencias de la Naturaleza en el Berritzegune de Abando-Bilbao,

M<sup>a</sup> Carmen Miyar, Técnica de Ciencias de la Naturaleza en el I.D.C. del País Vasco,

Agustín Gil Asesor de Ciencias de la Naturaleza en el Berritzegune de Vitoria-Gasteiz,

Inazio Mentxaka, Asesor de Etapa Secundaria en el ámbito científico-tecnológico en el Berritzegune de Durango

Teresa Santos, asesora de Ciencias de la Naturaleza en el Berritzegune de Donostia).

<bguneb01@saretik.net>

#### Resumen

*La Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) tiene competencias en materia educativa para gestionar la enseñanza, sobre todo en los niveles de Enseñanza Primaria y Secundaria. Por iniciativa de la Consejería de Educación del Gobierno Vasco, se planteó el curso 1997-1998 una experiencia piloto en Experimentación Asistida por Computador (ExAC), en cinco centros de Enseñanza Secundaria Post Obligatoria. Con posterioridad se ha ampliado la experiencia a otros centros, pero ya dentro de las convocatorias normales de los Planes de Formación o Innovación del profesorado.*

*En este trabajo se analizan las actuaciones llevadas a cabo en la Comunidad Autónoma del País Vasco en el campo de la ExAC, así como el resultado y valoración de las mismas. Se termina, a modo de reflexión, con una serie de orientaciones para la mejora de los trabajos prácticos y para la rentabilización de los esfuerzos en la aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) a la enseñanza de las ciencias.*

**Palabras clave:** *Experimentación Asistida por Computador, trabajos prácticos, laboratorio, enseñanza, aprendizaje.*

#### Abstract

*The management of Education, especially in the Primary and Secondary sectors, in the Autonomous Community of the Basque Country, falls within the responsibility of the local government. At the beginning of the 97-98 school year, a pilot project on 'Computer-Assisted Experimentation' was proposed by the Department of Education, Universities and Research, in five Secondary schools. Subsequently this project has been extended to other schools, but within the framework of official training and innovation programmes. In this work, a critical review is put forward of the actions carried out, in the Autonomous Community of the Basque Country, in the field of Computer-Assisted Experimentation. The results of these actions and a concomitant appraisal are also given. The article ends, offering some ideas and suggestions in order to improve the practical work and make the efforts, in the application of the Information and Communication Technologies in the teaching of the Sciences.*

**Keywords:** *Computer-Assisted Experimentation, practical works, teaching, learning, science.*

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años la utilización de los medios informáticos en diferentes actividades educativas ha aumentado de forma considerable. Por una parte está la utilización rápida de las enciclopedias generales y temáticas, los libros en CD-Rom, información sobre cualquier tema que se puede obtener en Internet, además de los programas de enseñanza asistida por ordenador (EAO), algunos de los cuales son simulaciones de experimentos difíciles de realizar en el laboratorio por diversos motivos, y otros los programas de gestión de datos y sensores que constituyen la base de la Experimentación Asistida por Computador (ExAC).

La Dirección de Renovación Pedagógica de la Comunidad Autónoma del País Vasco, con el fin de mejorar significativamente la enseñanza de las Ciencias, puso en marcha durante el curso 1997/98 el denominado Proyecto ExAC, con carácter experimental, limitado a Centros que ya tenían un hábito de innovación, pues habían puesto en funcionamiento y experimentado anticipadamente el Bachillerato-LOGSE. Se trataba de incorporar al proceso de aprendizaje del alumnado los medios informáticos precisos para facilitar, aumentar y mejorar el trabajo práctico en ciencias. Este proyecto se configuraba con una duración de dos cursos: 1997-98 y 1998-99.

Esta primera convocatoria fue la más completa y ambiciosa, tanto en dotación, como en recursos de formación. La dotación suponía equipos para el estudio de la Física (Fisicor, Magnum, Pendulor, Waver), Química (Auto-pH, Tritab) y Biología (Metabor, Spiror, Cardior, Stridor, Volumor) con programas que permitían estudiar movimientos, campos magnéticos, magnitudes eléctricas, el sonido, acidez de sustancias, electrocardiogramas, ritmo cardiaco, espirometrías, etc. (Anexo 1). La formación del profesorado implicado se llevó a cabo en sesiones generales que sirvieron para aprender a utilizar los equipos y programas, impartidas por un técnico de ALECOP, la casa suministradora del material, que posteriormente asesoró a cada Centro en los problemas puntuales que se les iban presentando una vez hubieron utilizado los equipos en sus laboratorios.

A su vez, al profesorado y al centro, se les pedían compromisos de coordinación y de infraestructura. Debían comprometerse a que:

- a) La programación contemplara la utilización del laboratorio de ciencias durante un horario mínimo de 45 horas por grupo de alumnos y alumnas a lo largo de todo el curso;\_
- b) Se consiguiera la coordinación con el profesorado de Informática para que el alumnado utilizara su Aula al realizar sus prácticas de laboratorio y también para manipular allí los datos obtenidos en el transcurso de experiencias de campo;
- c) Una vez finalizado el período de formación inicial, el profesorado implicado, con la colaboración de la asesoría del Centro de Orientación Pedagógica correspondiente de su zona, elaborara un plan de trabajo para el curso siguiente en el que se desarrollaran los proyectos de integración de las Nuevas Tecnologías en los diseños curriculares de las diferentes materias y en el Proyecto Curricular de Centro.

La convocatoria del curso 1999-2000 se hizo dentro de la de los Proyectos de Innovación generales, que se convocan anualmente, con un apartado especial para ExAC, y tuvo mucha menos dotación y menos requisitos, puesto que al profesorado interesado solo se le pedía que presentara un proyecto en el que explicara los Trabajos Prácticos que se harían con ExAC. Finalmente, en las siguientes convocatorias de Proyectos de Innovación no se hace mención especial a la ExAC, considerándola como otra posible actividad del centro, aunque sí tiene en cuenta su especificidad en lo que a las necesidades materiales se refiere. Es decir, a lo largo del tiempo estas actividades se han ido normalizando y teniendo la misma consideración que cualquier otra en los centros de enseñanza.

## **LOS TRABAJOS PRÁCTICOS EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS Y LA ExAC.**

Uno de los objetivos fundamentales de la enseñanza de las ciencias en secundaria es desarrollar con cierta autonomía destrezas de investigación, tanto en la resolución de problemas teóricos como experimentales. Por tanto, no es de extrañar que la realización de actividades experimentales de indagación de los fenómenos naturales constituya un componente fundamental de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Incluso para gran parte del profesorado, la renovación de la enseñanza de las ciencias tiene como uno de los referentes prioritarios el trabajo experimental y la familiarización del alumnado con los métodos propios del quehacer científico (Gil et al 1991). Estas actividades experimentales utilizan algunos componentes habituales del trabajo científico cuando se enfrenta a la investigación de un problema: planteamiento del problema, observación de fenómenos, utilización de diferentes fuentes de información de manera sistemática y organizada, formulación de hipótesis, diseño y realización de experiencias con la consiguiente recogida, organización y análisis de datos que permitirán avalar o rechazar las hipótesis emitidas y comunicación de los resultados mediante la elaboración de informes.

Ahora bien, las prácticas de laboratorio habituales no tienen en la realidad la consideración prioritaria que teóricamente se les concede, y además adolecen de una visión empirista y reduccionista del método científico. En efecto, muchas de las experiencias de laboratorio que se realizan en los centros de enseñanza parten de un guión que presenta el profesorado, donde el planteamiento del problema, la explicitación de la o las hipótesis y el diseño experimental están ya dados y el alumnado se limita a realizar el montaje que se le indica, a tomar datos y a realizar un análisis guiado de ellos, para comprobar

la veracidad de las hipótesis que se le habían propuesto. Una de las razones principales que el profesorado arguye para que se haga así, es el tiempo que ocupa cada uno de los “pasos” de esa metodología y, sobre todo, la toma y el análisis de datos. Todo ello conduce a que pasada la motivación inicial, el trabajo práctico se convierta en fuente de decepción, tanto para el profesorado, como para el alumnado.

La contribución de la Didáctica de las Ciencias a este respecto (Hodson 1994, Gil et al 1991) confirma que el tipo de trabajo práctico habitual tiene un escaso valor para aprender conceptos y promover el cambio conceptual, moderado éxito en enseñar técnicas y destrezas de laboratorio, y lo que es peor, da una visión deformada de lo que es el quehacer científico, que pretende ser su objetivo fundamental. De hecho la única forma de aprender el método de la ciencia es practicándolo, es decir, realizando pequeñas investigaciones aunque no todas sean de carácter experimental. ¿Qué se puede hacer, pues, para mejorar los resultados de los trabajos prácticos tradicionales? Desde el mismo campo de la Didáctica se sugiere (Barberá y Valdés 1996):

1. Primero, aclarar el objetivo o propósito que se pretende conseguir con los mismos, y que puede ser entre otros (Woolnough y Allsop 1985):
  - Tomar conciencia de los fenómenos naturales, motivar y reforzar la comprensión de conceptos.
  - Desarrollar técnicas y destrezas prácticas.
  - Comprobar hipótesis.
  - Resolver problemas y tareas abiertas.
2. Después, elegir las actividades que mejor se adapten al objetivo u objetivos marcados. Por ejemplo, a los cuatro tipos de objetivos anteriores corresponden otros tantos tipos de actividades, consistentes en experiencias, ejercicios, experimentos y pequeñas investigaciones.
3. Procurar en esta elección que los trabajos prácticos no se limiten sólo a la demostración y comprensión teórica (experiencias habituales de la enseñanza) ni al aprendizaje de destrezas técnicas (ejercicios), de por sí poco valiosas. Por el contrario, se ha de utilizar una gama más amplia de actividades dentro de los trabajos prácticos, incluyendo, sobre todo, experimentos e investigaciones que son los más ausentes y los de mayor valor formativo y de motivación.
4. Realizar menos práctica rutinaria y más reflexión.

En este contexto, la utilización de la experimentación asistida por computador permitiría, en teoría, modificar la situación y ayudar a mejorar significativamente la enseñanza de las Ciencias como consecuencia fundamental de las características que definen los equipamientos de ExAC: amplían la gama de experiencias realizables, incrementan la calidad de las medidas, registran y almacenan las variaciones de las magnitudes características del proceso que se pretende estudiar, muestran las representaciones gráficas y el análisis cuantitativo de los datos, facilitan los procedimientos de comunicación (impresión de gráficas, datos, etc.) en muy poco tiempo. Todo esto lleva a que todas las actividades posteriores a la medida, como elaboración de tablas de datos, cálculos matemáticos y confección de gráficas, etc. -en las que el alumnado invierte la mayor parte de la sesión de clase- se simplifiquen enormemente. Ello permite una nueva distribución temporal de las sesiones de laboratorio, ya que, al no necesitar tanto tiempo para la toma de datos y el tratamiento de los mismos, pueden potenciarse otros procesos fundamentales de la metodología científica, como la emisión de hipótesis, el

diseño de la experiencia, el análisis de los fenómenos, la elaboración de las conclusiones, etc. (Herrán y Parrilla 1999, Valdés y Valdés 1994).

Pero no hemos de olvidar que al final las aportaciones de toda tecnología aplicada a la educación dependen fundamentalmente de cómo aquellas se usen, esto es, de las características del modelo de enseñanza-aprendizaje en el que se integran (Guisasola 1996). Por tanto el uso de equipos de ExAC en una enseñanza transmisiva, únicamente puede aportar ventajas que la hagan más eficiente en la realización de trabajos prácticos, pero no implica necesariamente, una transformación radical de los mismos que contribuya a mejorar el aprendizaje de los procedimientos de la ciencia y a fomentar las tareas investigativas, actualmente muy restringidas en la enseñanza secundaria. Por otra parte, se ha de resaltar que la tecnología no sólo aporta ventajas, sino que también tiene o crea nuevos problemas. Así por ejemplo, el elevado costo de los equipos de ExAC, exige una gran inversión para que exista el suficiente número de equipos para tener trabajando, al tiempo, a todo el alumnado del curso y evitar que algunos sean meros espectadores ante el ordenador, además de que los equipos y programas informáticos deben ser lo suficiente flexibles como para permitir su adaptación a los objetivos de la enseñanza y no al revés, adaptar dichos objetivos a las prestaciones y actividades que posibilita un determinado material informático.

## **RESULTADOS Y VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA**

Algunas de las actividades prácticas realizadas en esta experiencia fueron:

- Determinación de la ley fundamental de la hidrostática con el programa Capture, la Interfase y el sensor de presión.
- Determinación de la ley de Boyle y Mariotte con el programa Capture, la Interfase y el sensor de presión absoluta.
- Determinación del calor específico de una sustancia (la glicerina) y el calor latente de vaporización del agua con el programa Capture, la Interface y el sensor de temperatura.
- Estudio del movimiento armónico simple con el programa Capture, la Interfase y una puerta fotoeléctrica.
- Estudio del movimiento de caída libre con el programa Capture, la Interfase y una puerta fotoeléctrica.
- Estudio del péndulo simple con el programa y equipo Pendule y la Interfase Capture.
- Estudio de las cualidades del sonido (intensidad, tono y timbre) con el software Waver,
- Valoraciones ácido-base con la Interface Capture y el Programa AUTOpH.

Ahora bien, las actividades prácticas realizadas por el alumnado de la CAPV implicado en la experiencia piloto de ExAC fueron muy escasas. Incluso en algún centro el profesorado implicado no

llegó ni siquiera a conocer y manejar todos los equipos suministrados, lo cual puso de manifiesto los desajustes producidos entre los objetivos marcados inicialmente y los resultados obtenidos finalmente en la experiencia.

Como asesoras y asesores de ciencias, y habiendo ayudado activamente al profesorado tanto en su formación inicial como en la realización de las actividades prácticas, nos parece interesante señalar los siguientes puntos que deberán ser tenidos en cuenta en actuaciones futuras:

En primer lugar los centros deberán disponer de los recursos necesarios. Entre estos podemos citar:

- Un aula-laboratorio con espacio y material que permita hacer experiencias de tipo tradicional y/o aplicando las tecnologías de la Información y Comunicación, con computadores para uso exclusivo del alumnado de Ciencias (conviene recordar que el Aula de Informática suele estar ocupada para otros menesteres).
- Equipos ExAC suficientes (equipos, software, interfases, sensores de toma de datos,...). Además de espacio y material con el que unos grupos puedan hacer, al tiempo, experiencias de tipo tradicional.

En segundo lugar el profesorado debería tener:

- Formación técnica y didáctica adecuada no sólo del implicado sino también del que se quisiera implicar a posteriori.
- Continuidad en el mismo centro, o al menos continuidad de la experiencia en el centro para poder consolidar una real mejora en la enseñanza-aprendizaje práctica de las ciencias.
- Un trabajo en equipo entre los seminarios de Biología y Geología y de Física y Química y los Servicios de apoyo al profesorado de la administración educativa para elaborar las actividades reales que puedan hacerse con los equipos, ajustándose a los currículos de las diferentes materias.

La Administración educativa ha de implicarse en:

- Realizar una demanda real de las prácticas mínimas que se pueden exigir con estos equipos.
- Un estudio previo de los equipos ofertados por las empresas suministradoras y la potencialidad de los mismos respecto al desarrollo de los contenidos curriculares de las diversas materias (existen equipos que no son aplicables en trabajos prácticos de diferentes materias en el nivel de la enseñanza secundaria).
- Liderar el proceso de innovación mediante un Plan Global para la introducción de las TIC en la enseñanza que implique la eficaz mejora de la Educación Científica. Ello implica continuidad y coordinación de las diferentes iniciativas formativas.

## CONSIDERACIONES FINALES

La experiencia de introducción de la ExAC en la Comunidad Autónoma del País Vasco nos ha enseñado que la sola provisión de más materiales o las solas innovaciones tecnológicas no necesariamente significan mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y conseguir una mayor calidad en la educación. La enseñanza en general, y la de las ciencias experimentales en particular, es una tarea muy compleja en donde no se pueden obviar las condiciones contextuales, y sobre todo el papel clave que en dicho proceso tiene el profesorado. Actuaciones parciales pueden no contribuir significativamente a la mejora del sistema ni a rentabilizar los recursos destinados a las mismas. Son necesarias pues medidas globales, enmarcadas en un Plan General de mejora de la enseñanza de las ciencias a corto, medio y largo plazo, con seguimiento y readecuación del mismo en función de los resultados obtenidos en su evaluación.

Si queremos que la introducción de las Tecnologías de la Información y la Comunicación suponga una mejora en la enseñanza de las ciencias, creemos que a las medidas sugeridas en el apartado anterior debieran sumarse otras más generales como las siguientes:

- Ir hacia la integración de la EAO, ExAC e Internet, contemplándose Planes Globales del uso de las TIC en ciencias, dado que sus aportaciones son complementarias (Gil et al 2000).
- Formación del profesorado ligada a Proyectos de Innovación, de tal manera que los materiales de ExAC sean, por ejemplo, un distintivo de excelencia para un centro con tradición innovadora y no un salto en el vacío, como puede ser el caso de pasar de no utilizar el laboratorio tradicional a la introducción del computador en el mismo. En esta formación en centro tienen que desempeñar un papel importante los asesores de Ciencias de los Centros de Apoyo.
- Dotación económica ajustada a los Proyectos y en función de los mismos y sus resultados, con una planificación del centro a corto, medio y largo plazo dado el costo de equipos e inversiones.
- Posibilitar el desdoble (mitad de alumnas/os) de los grupos de alumnas/os, bien de forma generalizada o al menos en los casos en que se esté implicado en un Proyecto de ExAC.

En definitiva, podríamos decir que sólo si se tienen en cuenta globalmente los puntos señalados anteriormente, podríamos asegurar que se mejoraría la utilización de las TIC en las clases de ciencias. En todo caso creemos que este análisis y las subsiguientes reflexiones y propuestas nos pueden servir a todos para subsanar los errores cometidos y mejorar los resultados futuros.

## BIBLIOGRAFÍA

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

BASTIDA DE LA CALLE, M<sup>a</sup> F. et al (1990). Prácticas de laboratorio ¿una inversión rentable?, en *Investigación en la Escuela*, nº 11, pp. 77-91.

GIL, D. et al (1991). *La enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria*. ICE/HORSORI, Barcelona.

GIL, A. et al .(2000). Aportaciones de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales. *Primer Congreso Internacional de Educación Digital*. Bilbao.

GUISASOLA, J. et al (1996). Contribución y dificultades en la utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. *Comunicación al 8º Congreso internacional de Educación Matemática*.

HERRÁN, C y PARRILLA, J.L., 1994. La utilización del ordenador en la realización de experiencias de laboratorio, en *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp.393-399.

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

VALDÉS, R y VALDÉS, P., 1994. Utilización de los ordenadores en la enseñanza de las Ciencias, en *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp.412-415.

WOOLNOUGH, B.E. y ALLSOP, T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press.

## ANEXO 1

La dotación a cada centro consistía en interfase de adquisición de datos y sensores, equipos específicos para ciertas prácticas y software de simulación, todos ellos de empresa ALECOP ([www.alecop.es](http://www.alecop.es)):

- Ø **Interfase CAPTURE** (cinco) con su software correspondiente, permitiendo la toma de datos de forma autónoma en el exterior sin necesidad de conexión al computador
  
- Ø Lote de diferentes **sensores**: amperímetro, voltímetro, teslámetro, pHmetro, sonido, presión, temperatura, etc.
  
- Ø **Equipos específicos** con su software correspondiente para realizar con la interfase cierto tipo de experiencias más complejas.
  - MAGNUM (estudio cinemático de movimientos rectilíneos)
  - FISICOR (experimentación en ciencias)
  - PENDULOR (estudio del movimiento pendular)
  - METABOR (estudio de la respiración animal y vegetal)
  - SPIROR (estudio de la espirometría)
  - CARDIOR (estudio del ritmo cardíaco)
  - STRIDOR (estudio de la comunicación animal)
  - AUTO-PH (estudio de valoraciones ácido-base)
  
- Ø **Software de simulación** para la enseñanza asistida por computador:
  - WEVER (estudio espectral del sonido)
  - TITRAB (simulación de experiencias de valoración ácido-base)