

Enseñando a programar por ordenador en la resolución de problemas de Física de Bachillerato

C. Roldán-Segura^{1a}, F.J. Perales-Palacios^{2b}, B. Ruiz-Granados^{3c}, C. Moral-Santaella^{4d}, A. de la Torre^{5e}

¹Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España

³Dpto. Física Teórica y del Cosmos, Universidad de Granada, España

⁴Dpto. Didáctica y Organización Escolar, Universidad de Granada, España

⁵Dpto. Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, Universidad de Granada, España

^a croldan@ugr.es, ^b fp Perales@ugr.es, ^c bearg@ugr.es, ^d cmoral@ugr.es, ^e atv@ugr.es

[Recibido: 1 mayo 2017. Revisado: 13 julio 2017. Aceptado: 10 septiembre 2017]

Resumen: Este trabajo desarrolla una propuesta didáctica para introducir actividades de programación por ordenador en la resolución de problemas de Física. Tal propuesta persigue un doble objetivo: por una parte facilitar, a través de la programación de simulaciones de Física, la asimilación de los contenidos de esta materia y, por otra, iniciar a los alumnos en la programación y en el pensamiento computacional. En este artículo se fundamenta teóricamente la propuesta, se presenta el material desarrollado para su implementación en el aula y se describe una intervención a modo de estudio piloto realizada en varios institutos, junto con su evaluación mediante cuestionarios dirigidos a los profesores y estudiantes participantes. Los resultados obtenidos muestran una positiva percepción de la propuesta desarrollada.

Palabras clave: alfabetización digital, pensamiento computacional, resolución de problemas, Física, Octave.

Computer programming teaching in learning High School Physics

Abstract: This paper develops a didactic proposal to introduce computer programming activities in physics problem solving. Such proposal has two objectives. The first one is to facilitate the assimilation of the physics contents through programming physics simulations. The second one is to initiate students in programming and computational thinking. In this paper our proposal is theoretically founded and the material developed for the classroom is presented. A scale intervention performed in several high schools is described and evaluated by means of two opinion questionnaires fulfilled by the enrolled students and teachers. The results obtained show a positive perception of the developed proposal.

Keywords: digital literacy, computational thinking, problem solving, Physics, Octave.

Para citar este artículo: Roldán-Segura C., Perales-Palacios F.J., Ruiz-Granados B., Moral-Santaella C., de la Torre A. (2018) Enseñando a programar por ordenador en la resolución de problemas de Física de Bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15(1), 1301. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1301

Introducción

Integración de las TIC en la enseñanza. Competencias digitales

A comienzos de los años 80 del siglo XX, coincidiendo con la difusión de los primeros ordenadores personales, surge la llamada informática educativa en nuestro país. En aquella época se dieron los primeros pasos en política educativa para que los ordenadores entraran en los centros escolares, incorporando en el currículo asignaturas relacionadas con la informática, como la programación¹, formando al profesorado de Primaria y Secundaria e introduciendo los ordenadores en los centros (Martín y Sorando 1984, Valero-Cortés 2009).

¹ El lenguaje de programación que se enseñaba en esta época era el BASIC, siglas de *Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code*.

Fue entonces cuando se definió la alfabetización digital (en inglés *computer literacy*), entendida como la capacidad de utilizar las computadoras y la tecnología relacionada de forma eficiente, incorporando una serie de habilidades que cubren los niveles de uso elemental de la programación y la resolución avanzada de problemas (Congress-of-Technology-Assessment US 1984). A finales de los 90 y principios del siglo actual fue cuando se produjo la eclosión y difusión de las llamadas nuevas tecnologías. Los ordenadores y los móviles comenzaron a ser productos de consumo y se generalizó el uso de la red de Internet en una sociedad llamada de la información o del conocimiento.

Coincidiendo con el surgimiento de los primeros programas con ventanas, incorporando el uso del ratón, se abandona la enseñanza de la programación en los centros educativos de primaria y secundaria. El ratón sustituye al uso del ordenador mediante líneas de comando. Esto facilitó mucho el manejo de los ordenadores e hizo posible una universalización de su uso, pero generó un problema: la mayoría de los actuales usuarios desconocen que el hecho de pinchar con el ratón conlleva ejecutar un código. La alfabetización digital se limitó al conocimiento como usuario de las nuevas tecnologías y la enseñanza de las TIC en educación primaria y secundaria ignoró la programación.

En la última década las instituciones educativas han potenciado el uso de las TIC y se ha definido la competencia digital como una competencia preferente en la sociedad actual. En la más reciente reforma educativa se ha impulsado dicha competencia a nivel transversal para todas las asignaturas, estableciendo el *tratamiento de la información y competencia digital* como una de las ocho competencias básicas «para buscar información, obtener, procesar y comunicar información y para transformarla en conocimiento» (LOE 2007, pp. 686-688), pero obviando el uso del ordenador para la programación.

Los alumnos actuales, en su mayoría, son nativos digitales (nacieron y crecieron con la tecnología) y sus profesores son inmigrantes digitales (adoptaron la tecnología más tarde en sus vidas) (Prency 2001). Los nativos digitales poseen destreza en el manejo y utilización de la tecnología digital (móviles, tablets, videojuegos, ordenadores, etc.) pero generalmente son analfabetos en lo que respecta a la programación. Hoy día en la mayoría de los centros educativos se dispone de aulas TIC y, en general, son aulas bien equipadas. No obstante, el uso que se hace de ellas es muy limitado y no se aprovecha toda su potencialidad.

Pensamiento computacional

En el año 2006, Jeannette Wing popularizó el término *pensamiento computacional* (PC): «el PC implica resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática... El PC es una habilidad fundamental para todo el mundo, no sólo para los científicos de la computación. Junto con la lectura, la escritura y la aritmética, debemos de añadir el PC a la capacidad analítica de cada niño» (p. 33). Desde entonces, muchos autores y organismos coinciden en que se trata de una habilidad fundamental que todas las personas deberían adquirir y, por tanto, ser trabajada en los distintos niveles del sistema educativo, entendiéndose como una capacidad básica no sólo para aquellos que van a realizar estudios relacionados con la Informática o con las Ciencias, Tecnología, Ingeniería o Matemáticas (en inglés STEM), sino para todo el mundo (Phillips 2009, Harrison y Conery 2011, National-Research Council 2011, 2012, Grover y Pea 2013).

Barr y Stephenson (2011, p. 39) consideran el PC como un proceso de resolución de problemas que incluye: (1) la formulación de problemas que permita su resolución mediante ordenador; (2) la organización, representación y análisis de la información; (3) la automatización de las soluciones mediante pensamiento algorítmico (secuenciación y estructuración de pasos a seguir); (4) la identificación y análisis de posibles soluciones para

optimizar el procedimiento de resolución; y (5) la generalización de procesos de resolución para su identificación en otros problemas.

Esta competencia, aplicada en contextos concretos de la Ciencia como la Física o las Matemáticas, permite al alumno un aprendizaje más significativo, facilitando el pensamiento lógico, matemático, reflexivo y abstracto, y fomentando la actitud crítica, el aprendizaje autónomo y la creatividad.

Desde el año 2013 existe una intensa campaña internacional a favor de fomentar el PC a través de la programación. Muchas universidades, empresas (Google, Twitter, Microsoft) e instituciones (Ministerios de Educación de EEUU y de algunos países europeos) están promocionando proyectos para acercar a los niños de todas las edades a la programación. La razón es doble: (1) por los beneficios que aporta a la formación integral de los individuos y (2) por la demanda social de programadores que se prevé para el año 2020 a nivel mundial. En 12 países europeos la programación ya forma parte del currículo y en siete (entre ellos España) planean integrarlo (European-Schoolnet 2014). Como ejemplo, en España la organización, llamada *Programamos*², creada por un grupo de profesores para introducir el PC a través de la programación de videojuegos y aplicaciones para móviles en todas las etapas escolares, dispone de materiales y recursos para los alumnos y el profesorado.

Marco curricular de la programación

En España la actual Ley de Educación (LOMCE 2014) incorpora la materia llamada *Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)* como opcional en el bloque de asignaturas específicas del curso 4º de la ESO, y como *TIC I y II* en 1º y 2º de Bachillerato, respectivamente. En la asignatura TIC de 4º de ESO no se imparte programación. Los bloques 5 y 1 de las materias TIC I y II, respectivamente, sí se dedican a programación, donde se requiere que el alumno realice programas sencillos (1º Bachillerato) y de mediana dificultad (2º Bachillerato) que solucionen problemas de la vida real.

Desde la Administración existe interés en integrar las TIC en las aulas y vincularlas al resto de materias, y que en Bachillerato sea una materia de «consolidación de una serie de aspectos tecnológicos indispensable tanto para la incorporación a la vida profesional como para proseguir estudios superiores» (BOE 3 de enero 2015, p. 532). Sin embargo, en la LOMCE no se habla del desarrollo del PC ni se establece como competencia.

Si a los estudiantes no se les muestran las capacidades que estimulan la programación y el PC para las carreras científico-técnicas, no se sentirán atraídos hacia éstas y se decidirán por otros estudios, provocando que siga en aumento la escasez de alumnos en las carreras científico-técnicas (Rocard *et al.* 2007, Osborne y Dillon 2008, Sjøberg y Schreiner 2010), con el consiguiente perjuicio para el desarrollo económico y tecnológico.

Simulaciones en la clase de Física

En la última década han proliferado en Internet las simulaciones por ordenador sobre fenómenos físicos llamadas *Fislets* (Applets para Física). Se trata de aplicaciones que incluyen cálculos matemáticos y representaciones gráficas que emulan un fenómeno de la naturaleza a través de un modelo físico-matemático, y donde los alumnos pueden controlar algunos parámetros para realizar su propia simulación. Se destacan sus ventajas como herramientas didácticas para un aprendizaje más significativo y activo en la clase de Física en Educación Secundaria, resaltando de manera especial el que ayudan a comprender la relación entre la realidad y las teorías o modelos, y que facilitan la adquisición de los conocimientos

² <http://programamos.es/el-proyecto/>

conceptuales y procedimentales (Zorrilla *et al.* 2014, Amadeu y Leal 2013, Bouciguez y Santos 2010, Torres-Climent 2010).

Existen Fislets para casi todas las ramas de la Física: ondas, mecánica, dinámica, electricidad, etc. Algunas simulaciones poseen especial interés porque sustituyen a los experimentos que no se pueden realizar en un laboratorio, tales como los relativos a las interacciones gravitatorias (por ejemplo, movimientos planetarios o de satélites), pudiendo considerarse, por tanto, laboratorios virtuales donde los alumnos pueden simular y manipular los parámetros para reconstruir un fenómeno físico.

Las Fislets ayudan a los alumnos a comprender los fenómenos físicos y los acercan a una visión más adecuada sobre el método y el pensamiento científico. Según algunas investigaciones los alumnos mejoran en la adquisición de conceptos y procedimientos, ayudan a entender el método científico y muestran opiniones favorables sobre su utilización (Sierra 2003; Kercher *et al.* 2013; Zorrilla *et al.* 2014).

En las Fislets los autores generalmente mantienen el código oculto al usuario y lo implementan mediante aplicaciones con botones en las que aquel modifica las variables haciendo uso del ratón. La mayor parte del trabajo lo realiza el programador que dedica muchas horas a programar, pero el alumno en realidad es un mero usuario de la aplicación concreta. Existen muy pocas simulaciones en Física donde se facilite el código y la mayoría lo son en lengua inglesa o están desarrolladas para los primeros cursos de la universidad. Estas circunstancias constituyen una limitación importante, ya que los alumnos desconocen una parte muy importante de las simulaciones, como es el planteamiento del problema, el razonamiento lógico para su resolución y su implementación. Para ellos, la simulación es una ventana cerrada, desconocida e inaccesible. Las ventajas de abrir esa ventana y facilitarles el código pueden ser numerosas ya que, además de poseer las cualidades de las simulaciones sin código, a largo plazo permiten a los alumnos adquirir el PC y acercarlos al método y pensamiento científico. Conocer el código y saber programar las simulaciones les capacita también para crear sus propios códigos para la resolución de cualquier problema de Física, de Matemáticas, de Economía, de Arte, de la vida cotidiana o, incluso, les proporciona herramientas para ser creativos, abriendo amplias posibilidades para encontrar trabajo en el futuro dentro de la sociedad del siglo XXI.

En definitiva, a pesar de que hemos obviado otras fuentes de evidencia como las procedentes del ámbito psicológico (p. ej., el aprendizaje multimodal, Perales 2006), creemos que los argumentos mostrados con anterioridad avalan suficientemente la necesidad de implementar experiencias originales como la que aquí vamos a mostrar y, en su caso, extrapolarlas a otros contextos educativos.

Objetivos

A nivel global en este artículo pretendemos:

1. Fundamentar teóricamente una experiencia de innovación consistente en enseñar a los estudiantes a programar simulaciones de ordenador para la resolución de problemas de Física en Educación Secundaria.
2. Implementarla en forma de un estudio piloto como taller voluntario ofrecido a los centros educativos.
3. Evaluar tal experiencia a través de las opiniones de los profesores y estudiantes implicados.

A nivel de aula pretendemos:

1. Facilitar, a través de la programación de simulaciones de Física, la asimilación de los conocimientos de esta materia.
2. Iniciar a los alumnos en la programación (desarrollo de su propio código para resolver nuevos problemas) y en el PC.

Descripción de la innovación

La propuesta didáctica se ha diseñado de modo que sea verdaderamente aplicable y efectiva, utilizando recursos informáticos (hardware y software) que están al alcance del profesorado y del alumnado, y disponibles en cualquier centro educativo. El material didáctico se ha adaptado además al nivel especificado en el currículo de las asignaturas de Física y Química de ESO y Bachillerato.

La propuesta consiste en la resolución de los problemas de Física (que se abordan habitualmente en clase con lápiz y papel) mediante simulaciones por ordenador con código abierto. Las simulaciones son algoritmos escritos con algún lenguaje de programación que posee una estructura organizada por pasos (lógicos y secuenciados) que conducen a la solución de un problema. Permiten obtener, además de la solución al problema, material adicional como tablas, gráficas y cálculos intermedios que proporcionan información completa del fenómeno físico y ayudan a lograr una visión más global y una comprensión más profunda. Cambiando las variables se pueden simular diferentes situaciones para un mismo problema, adquiriendo así una visión mucho más general del proceso y entendiendo la influencia de las distintas variables involucradas sobre los resultados. La corrección de errores, el análisis de los resultados y la posterior interpretación y conclusión son pasos fundamentales de razonamiento que permiten llegar a una mejor comprensión de los conceptos involucrados en el problema (Perales 2000, p. 41) y adquirir un razonamiento crítico.

Estos beneficios de un aprendizaje más significativo se obtienen a corto plazo, pero también prevemos beneficios a largo plazo. Si el alumno llega a aprender a programar (y no sólo usa un programa para manipularlo *jugando*, sino que es capaz de crear sus propios programas), adquirirá unas habilidades (pensamiento lógico, abstracto, crítico, etc.) y estrategias (ensayo/error, búsqueda hacia atrás, simplificación, inferencia, depuración de código, etc.) para la resolución de los problemas que consolidarán su PC. Con esta nueva habilidad los alumnos pueden llegar a ser expertos en resolución de los problemas de Física y también en otros problemas que se le planteen en la vida cotidiana.

Contexto

En la LOMCE esta actividad de programación puede implementarse en el aula en la asignatura de Física y Química de 2º, 3º y 4º de ESO. A la programación se podría dedicar una hora cada dos semanas, debido a que la carga lectiva de esta asignatura es de dos horas a la semana en 2º y 3º de ESO, y de tres horas a la semana en 4º de ESO. En el Bachillerato de la modalidad de Ciencias y Tecnología, la asignatura de Física y Química ocupa cuatro horas semanales, por lo que la mejor opción sería dedicar una hora semanal a la programación de los problemas vistos en clase.

En esta experiencia hemos desarrollado la propuesta didáctica para la parte de Física de la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato dado que puede servir como puente de conexión entre la formación preuniversitaria y la universitaria. Los alumnos que la cursan tienen claro que desean hacer una carrera universitaria tecnológica o científica, donde les van a exigir que aprendan algún lenguaje de programación por ordenador (a veces varios) desde el primer año de la carrera.

En la propuesta didáctica se desarrolla el temario de física correspondiente al estudio de la cinemática, dinámica y energía de 1º de Bachillerato, que corresponden a los bloques 2, 3 y 4 de la LOE (Real Decreto 1467/2007 de 2 de noviembre 2007, pp. 45445-45448) y los bloques 6, 7 y 8 de la LOMCE (Real Decreto 1105/2014 26 diciembre 2014, pp. 270-276)³.

El desarrollo del PC y de las habilidades de programador requiere aprender algún lenguaje de programación. Dominarlo con todos sus detalles y posibilidades es un reto que excede la presente propuesta didáctica (más aún si esta se implementa como parte de una asignatura). Por ello es necesario seleccionar los contenidos a impartir, teniendo en cuenta que todos los lenguajes poseen en común características con las que conviene se familiarice el alumno desde el principio: los mecanismos para representar la información mediante variables, la existencia de instrucciones de control de flujo, las operaciones algebraicas y lógicas básicas, la posibilidad de estructurar un programa en subprogramas y las herramientas para la entrada y salida de datos. La sintaxis para trabajar con los elementos va a cambiar en función del lenguaje de programación, pero todos los elementos van a estar presentes en cualquiera de ellos. El PC está mucho más relacionado con la gramática y la semántica del código que con la sintaxis específica en un lenguaje concreto, y el desarrollo de los contenidos debe considerar el lenguaje de programación como un instrumento para materializar el algoritmo. Los contenidos y criterios de evaluación para la adquisición de conocimientos de programación y la adquisición del PC se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Contenidos y criterios de evaluación para el desarrollo del PC a través de la programación.

Contenidos	Criterios de evaluación
El ordenador: usado como calculadora (enlaza con los conocimientos previos) y para programación. Diagramas de flujo de los problemas: usando elementos gráficos. La codificación: del diagrama de flujo a las líneas de comando o instrucciones. Tipos de datos, símbolos y nombres de las operaciones, definición y llamada a funciones. Operaciones con vectores y matrices. Variables y diversas formas de entrada y salida. Resolución de los problemas por la descomposición en partes. Control de flujo: instrucciones de secuencia, selección y repetición en los programas. Representaciones gráficas de las variables en 2D y 3D.	Conocer la sintaxis y semántica de las construcciones básicas de un lenguaje de programación. Analizar e interpretar la estructura de los programas informáticos. Realizar programas sencillos definiendo el flujograma y escribiendo el código correspondiente. Realizar programas de aplicación sencillos en un lenguaje determinado que solucionen problemas cotidianos. Elaborar documentos con recursos gráficos y escritos que expliquen un programa.

Metodología didáctica

Parte del temario se trabaja con una metodología tradicional en la que el profesor expone los conceptos de programación necesarios para que se pueda avanzar con buen ritmo en el aprendizaje. Una vez que los alumnos han adquirido las habilidades de programación suficientes para programar ellos solos en una versión simple, el papel del profesor pasará a ser de organizador, estimulador, generador de conflictos conceptuales y facilitador de la información nueva, a fin de que el alumno sea constructor de sus propios conocimientos. Las actividades de aprendizaje deben adecuarse al nivel de partida del alumno y es muy importante la interacción con sus iguales. A este respecto, se pueden proponer actividades de programación que requieran la colaboración de varios participantes.

³ En este trabajo la legislación de referencia utilizada para el desarrollo de la propuesta didáctica ha sido la LOMCE. Sin embargo, para el taller se ha seguido la LOE, por ser la legislación aplicada en los cursos en los que se ha realizado.

Planificación y organización de contenidos

La propuesta se ha planificado para una intervención de una hora a la semana de las cuatro que tiene la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato. La temporización, actividades y contenidos para aplicar la propuesta didáctica se indican en la tabla 2. En las primeras siete sesiones se establecen los conocimientos básicos de programación y a partir de la octava semana se programan los problemas estudiados en la parte teórica. En cada sesión el profesor realiza una exposición y los alumnos abordan de forma práctica las tareas propuestas.

Tabla 2. Actividades, temporalización y contenidos de la propuesta didáctica de programación de los problemas de física.

Día	Actividad	Contenidos
1	Presentación Vídeo motivador Discusión y puesta en común	Breve introducción programación Proyección del vídeo Debate
2	Ordenador como calculadora Prácticas	Software de programación Operaciones, comandos
3	Ordenador como calculadora programable Prácticas	Datos (entrada), incógnitas (salida) Variables y funciones
4	Diagramas de flujo Prácticas	Ejemplos, símbolos Documentar código, comentarios
5	Codificar o Programar Prácticas	Pasar de diagrama de flujo a código Ecuación 2º grado
6	Programa con gráficas Prácticas	Función <i>plot</i> Gráficas 2D y 3D
7	Simulaciones con movimiento Prácticas	Leer un código escrito Sintaxis, interpretación
8...N	Planteamiento del problema Prácticas Discusión en grupo	Programación de los problemas vistos en clase Puesta en común

Material

Para el desarrollo de la propuesta didáctica se necesita para cada alumno, como material hardware, un ordenador y un software que permita la programación. Es preferible utilizar un lenguaje de programación de alto nivel (con un código más sencillo y comprensible) disponible para diversos sistemas operativos. Nuestra elección ha sido el programa Octave (versión libre, muy similar a MatLabTM). Este lenguaje está orientado al cálculo numérico y puede procesar gran cantidad de datos de forma fácil y rápida. Sus principales características son: (1) que permite realizar operaciones matemáticas relativamente complejas con instrucciones simples; (2) que permite acceder desde la consola a los valores de las variables sin necesidad de compilar en modo *debugging*; y (3) que dispone de herramientas gráficas potentes y de fácil utilización para representar las variables de los programas.

La parte más importante del material didáctico la constituyen los problemas de clase y sus simulaciones mediante programas informáticos. La selección de los problemas se ha realizado de modo que se cumplan los objetivos especificados en el currículo, incluyendo problemas de cinemática, dinámica y energía, tales como problemas de tiro parabólico, plano inclinado, choques elásticos e inelásticos, retrocesos, caídas, etc. En función del ritmo docente y del criterio del profesor se pueden implementar más problemas siguiendo el modelo propuesto o se puede abordar únicamente una selección de los mismos.

Un programa sencillo de un problema de Física conlleva únicamente unas pocas líneas de código para la definición de variables, el planteamiento de las ecuaciones y la salida de la solución escrita por pantalla. Si se quiere elaborar tablas o gráficas se precisa más código. Para hacer simulaciones con movimiento del fenómeno físico conviene dividir el problema en distintas partes y que un programa principal llame a subprogramas o funciones que realicen cálculos determinados. Por tanto, para un mismo problema se pueden diseñar diferentes versiones de programas con mayor o menor dificultad en programación. Esto permite estructurar los programas en grados de dificultad, en función de los conocimientos de programación del alumnado⁴.

Intervención

La evaluación de esta propuesta didáctica requeriría una intervención longitudinal de al menos un curso completo. Como paso previo, se ha realizado una intervención a modo de estudio piloto en forma de taller, lo que permite una evaluación prospectiva extensible posteriormente a un mayor número de alumnos y profesores. El taller fue conducido por la primera autora de este trabajo y consistió en una sesión de dos horas de duración, en donde inicialmente se hizo una presentación, que incluía un vídeo motivador, después se enseñó a los alumnos los comandos básicos de programación y se les proporcionaron programas con diferentes grados de dificultad para realizar simulaciones de un problema de física de tiro parabólico. Al finalizar el taller se mostró a los alumnos un juego que usa los conceptos físicos del problema estudiado. Tal intervención se llevó a cabo de modo voluntario y fuera del horario escolar, con asistencia de los profesores titulares de las asignaturas.

En la figura 1 se presenta la ficha del problema trabajado, mostrando las distintas alternativas de programación que permite. Los recursos hardware utilizados fueron ordenadores del aula TIC u ordenadores portátiles de los alumnos. Como recurso software se usó el programa Octave.

El taller se realizó para los alumnos de 1º de Bachillerato de la Modalidad Científico-Tecnológica que cursaban la asignatura de Física y Química. En el momento de su realización ya habían completado la parte de la asignatura correspondiente a Física.

Muestra

En la tabla 3 se detallan las características de la muestra participante en el taller. Todos los centros pertenecían a la provincia de Granada.

Tabla 3. Muestra participante. Se indica el tipo de centro (público o concertado), el número de alumnos y profesores que participaron en el taller, y la duración del mismo .

Tipo de centro	N alumnos	N profesores	Duración (horas)
Público	9	3	3
Público	9	0	2
Concertado	11	3	3
Público	7	2	2
Público	4	0	2,5
TOTAL	40	8	

⁴ El material desarrollado en la propuesta de innovación, así como algunas simulaciones de los problemas de física en Octave para ser implementadas en la clase de Física y Química de 1º de Bachillerato pueden ser solicitados a los autores.

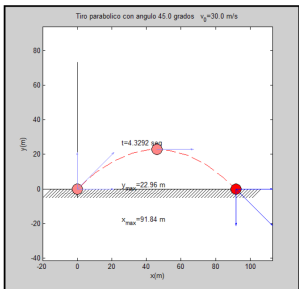
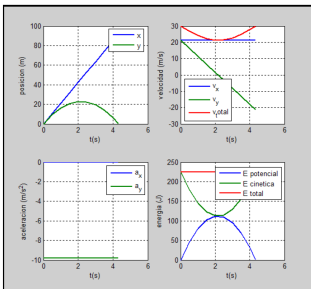
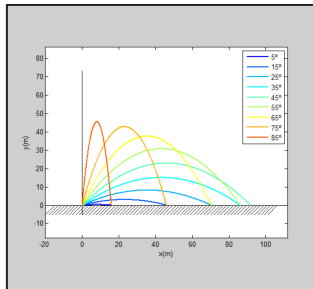
PROBLEMA: TIRO PARABÓLICO		
Un futbolista golpea un balón (sin efecto) con una velocidad inicial $v_0 = 30\text{m/s}^2$ y un ángulo de 45° respecto de la horizontal. Considerando despreciable el rozamiento con el aire, calcular la altura máxima, la distancia máxima que alcanza y el tiempo de vuelo.		
Objetivos de Aprendizaje		
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las magnitudes escalares y vectoriales y sus unidades. • Determinar las posiciones y movimiento con respecto al plano X, Y. • Describir las características del movimiento parabólico del proyectil (balón). • Afianzar los conceptos movimiento uniforme y uniformemente acelerado. • Comprender cuáles son las variables que afectan al movimiento del proyectil (balón). 		
SOLUCIÓN Papel y lápiz		
<ul style="list-style-type: none"> • Planteamiento de las ecuaciones del movimiento MRU en el eje X y MRUA en el eje Y. • Despejar las variables y sustituir los datos del problema. 		
Datos	Resultados	
v_0 velocidad inicial	t_{vuelo} tiempo de vuelo total	
α ángulo disparo	x_{max} alcance horizontal	
	y_{max} altura máxima	
SOLUCIÓN 1: Ordenador como calculadora programable		
Variables de entrada	Variables de salida	
v_0 velocidad inicial	t_{vuelo} tiempo de vuelo total	
α ángulo disparo	x_{max} alcance horizontal	
	y_{max} altura máxima	
SOLUCIÓN 2 y 3: Simulación con código abierto y gráficas		
Variables de entrada	Variables de salida	
v_0 velocidad inicial	t_{vuelo} tiempo de vuelo total	
α ángulo disparo	x_{max} alcance horizontal	
	y_{max} altura máxima	
	v_{fin} velocidad final	
	E_c Energía cinética	
	E_p Energía potencial	
	E_t Energía total	
Gráficas:		
		
<p>figura 1: Trayectoria y velocidades en tres instantes de tiempo: $t = 0$, $t_{vuelo}/2$ y t_{vuelo}.</p> <p>figura 2: Representación de la posición $x(t)$, $y(t)$; las velocidades v_x, v_y; las aceleraciones; a_x, a_y y la energía; E_c, E_p, E_{total}</p> <p>figura 3: Trayectorias para distintos valores de los ángulos de salida.</p>		
Conocimientos previos requeridos		
<ul style="list-style-type: none"> • Conceptos de cinemática: MRU, MRUA • Conceptos de energía: E_c, E_p 		

Figura 1. Ficha de un problema típico de tiro parabólico.

Evaluación de la propuesta didáctica

Aunque el taller fue evaluado también desde el punto de vista del aprendizaje conceptual (tabla 4), aquí vamos a presentar sólo la evaluación obtenida a través de la opinión de los profesores

y estudiantes participantes. Se han diseñado cuestionarios de opinión cerrados donde las respuestas disponen de varias opciones graduadas en puntuación: del 1 al 5 (tipo-Likert), desde menor a mayor grado de acuerdo con el enunciado de la pregunta (Anexo).

Tabla 4. Implementación de la evaluación de la propuesta didáctica de programación: aplicación de cuestionarios y test de conocimientos antes y después del taller.

EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDACTICA		
Actividad	Descripción	Participantes
<i>Cuestionarios previos</i>		
Cuestionario de opinión alumnos	Opinión sobre programación	Alumnos
Test de conceptos del tiro parabólico	Conocimientos de física	Alumnos
Taller de programación		
<i>Cuestionarios posteriores</i>		
Cuestionario opinión alumnos	Opinión sobre programación	Alumnos
Test de conceptos del tiro parabólico	Conocimientos de física	Alumnos
Cuestionario de opinión profesores	Opinión sobre programación	Profesores

En la construcción de los cuestionarios y la recogida de datos se han seguido las siguientes consideraciones preliminares (Pallas y Villa 2000, Casas *et al.* 2006, Johnson y Christensen 2014): se ha tenido en cuenta la información a recoger y las características del grupo encuestado, se han numerado los ítems o preguntas y se han especificado las instrucciones para rellenarlo en el propio cuestionario. Cada cuestionario es anónimo y dispone de un número de identificación para su posterior análisis. Se realizó un ensayo previo para verificar si recogían de forma adecuada la información objeto de estudio antes de usarlos en la investigación (Johnson y Christensen 2014). Esto permitió establecer el grado de dificultad de las preguntas, si la interpretación era correcta y si la duración del cuestionario era adecuada.

El cuestionario de opinión de los alumnos aplicado con posterioridad al taller recoge algunas preguntas adicionales que no aparecen en el cuestionario previo y que tienen como objetivo extraer información sobre la opinión con respecto al taller realizado y consiguientemente no son objeto de comparación pre-post intervención. Tras realizar el taller también se ha proporcionado un cuestionario de opinión a los profesores que han participado en el mismo, que tampoco es objeto de comparación pre-post intervención.

Cuestionario de opinión de los alumnos

El cuestionario de opinión de los alumnos antes del taller se centra en: (a) su uso de los ordenadores; (b) su experiencia en programación; (c) su percepción de la programación; (d) si programar se percibe importante y (e) útil en sus vidas. El cuestionario que se pasa después del taller incluye cinco preguntas adicionales que les interroga sobre su experiencia en el taller realizado: (1) si les gustaría repetir la experiencia; (2) si la dificultad es adecuada; (3) su valoración sobre el taller; (4) si piensan seguir programando en el futuro; y (5) si ha mejorado su interés por la Física después del taller.

Cuestionario de opinión de los profesores

El cuestionario para los profesores les solicita la opinión con respecto a las ventajas de la programación en los cuatro aspectos siguientes: (1) aportación de la programación a la formación integral del alumno; (2) utilidad de la programación como recurso didáctico; (3) respuesta de la programación a las demandas sociales de conocimiento; y (4) utilidad de la programación como simulación y como recurso digital.

Resultados

Cuestionario de opinión de los alumnos

La representación gráfica de los resultados estadísticos se muestra en la figura 2 donde se han representado los valores medios sobre los 40 alumnos que conforman la muestra, así como el intervalo de confianza del 95% de la media para cada grupo de ítems del cuestionario de opinión previo y posterior al taller (gráfica de la izquierda), y para las cinco preguntas adicionales posteriores al taller (gráfica de la derecha).

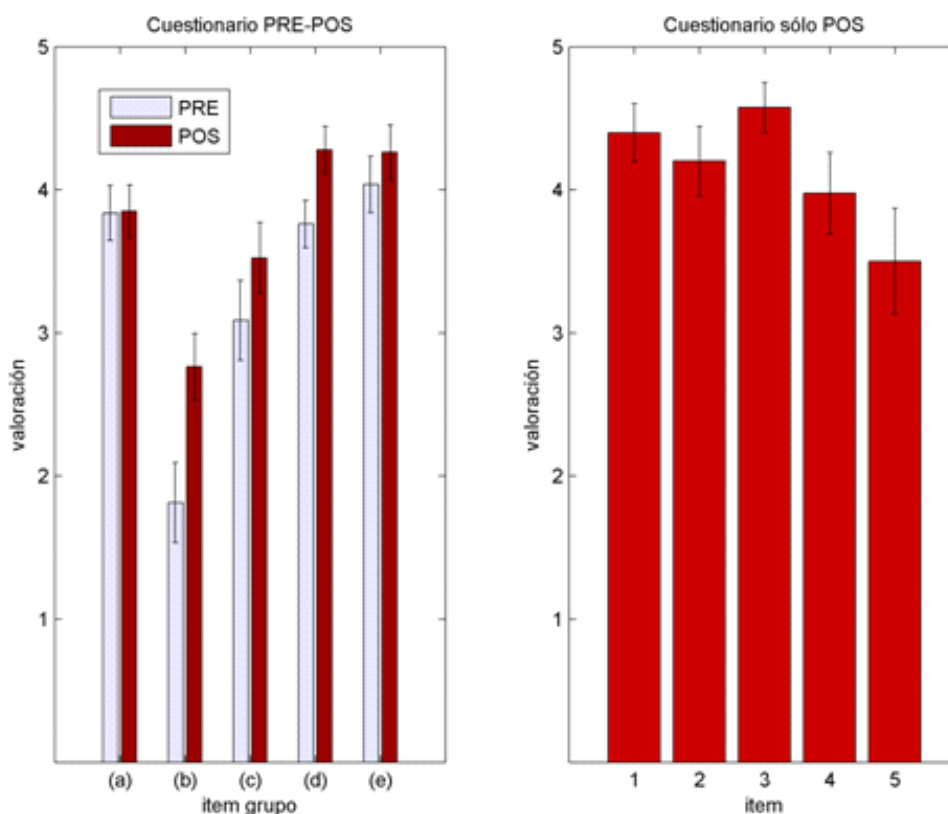


Figura 2. Representación gráfica de los resultados estadísticos obtenidos en las encuestas pasadas a los estudiantes. Figura izquierda: valor medio e intervalo de confianza del 95% para cada una de las preguntas antes y después de realizar el taller de programación. Figura derecha: valor medio e intervalo de confianza del 95% de las preguntas complementarias posteriores al taller.

Observamos que, en general, los alumnos consideran escasos sus conocimientos sobre programación y prácticamente inexistente su experiencia como programadores, que hacen mucho uso del ordenador pero igualmente son escasos sus conocimientos de informática.

Tras la realización del taller, los alumnos han mejorado su opinión sobre programación y se muestran más capacitados y motivados para programar. Creen que la programación está a su alcance, que les ayudará en su aprendizaje de la Física, en la vida cotidiana y en la universidad. A los alumnos les gustaría repetir la experiencia de programación, consideran el grado de dificultad bastante adecuado y valoran muy positivamente esta experiencia de programación.

Cuestionario de opinión de los profesores

Los resultados se muestran en la figura 3. Se presentan los valores medios de las puntuaciones de cada uno de los cuatro grupos de preguntas junto con sus desviaciones estándar. Se puede observar que son puntuaciones muy altas, mayores de 4 en todas las preguntas, con una

puntuación media de 4.64 sobre 5 (con desviación estándar 0.59), lo que nos indica que los profesores encuestados valoran positivamente el aprendizaje de la Física mediante la programación de los problemas realizados en clase y consideran que la propuesta didáctica tiene ventajas en los distintos aspectos evaluados.

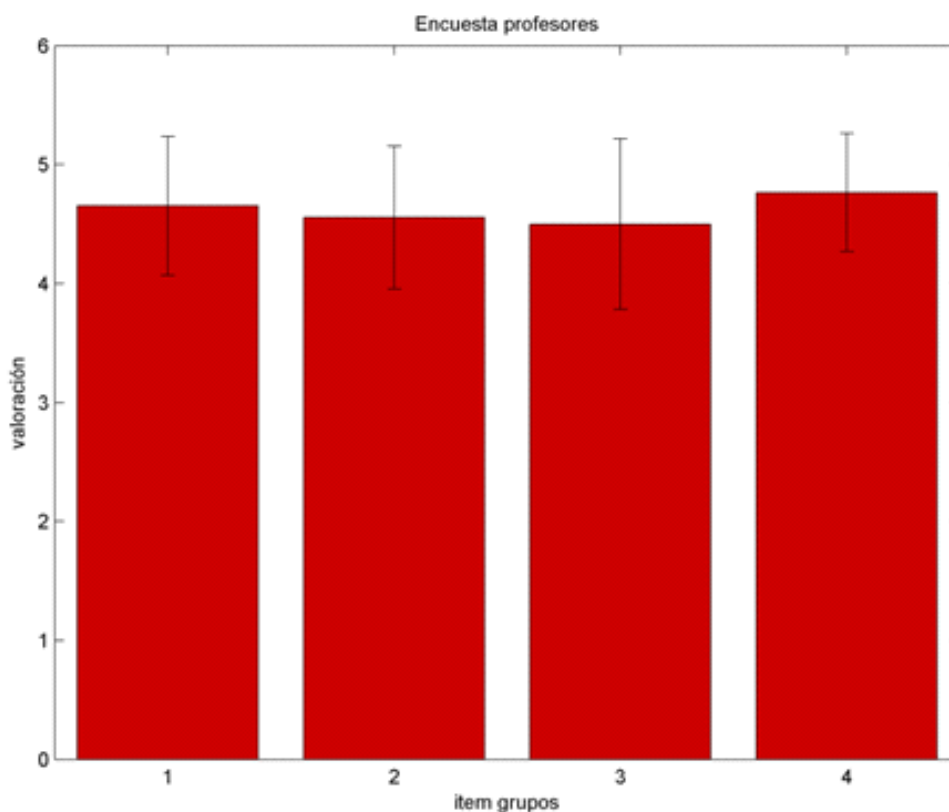


Figura 3. Representación gráfica de los resultados de la encuesta realizada a los profesores que asistieron al taller de programación. Se representa la media e intervalo de confianza del 95% para cada pregunta, considerando las respuestas de los ocho profesores encuestados.

Consideraciones finales

Limitaciones de la propuesta didáctica

Una de las dificultades para llevar a cabo la propuesta didáctica es la motivación y formación del profesorado. Como hemos podido comprobar, actualmente hay una generación de profesores (formados entre los años 80 y 90) que están sensibilizados con la utilidad de la programación porque han tenido experiencia programando alguna vez, en los comienzos de la era informática. Estos profesores sólo necesitan actualizarse con lenguajes de programación apropiados. Existe otra generación de profesores más jóvenes que pueden tener una carencia en su formación en programación. No es de esperar que las generaciones futuras (los que se forman ahora) encuentren dificultades, pues el aprendizaje de la programación es cada vez más habitual en las carreras universitarias. Desde nuestro punto de vista, la formación del profesorado no debería suponer una gran limitación, siempre que aquel esté motivado y crea en las ventajas de la programación. La propuesta didáctica en ningún caso sustituye al trabajo en el laboratorio, si bien es verdad que en algunas ocasiones, cuando los experimentos son imposibles de realizar (a nivel planetario o del espacio, por ejemplo), las simulaciones abren grandes posibilidades. Además, la programación ayuda en la materialización de algunos pasos

en las estrategias deseables para la resolución de problemas (Perales, 2000): planteamiento, hipótesis, variables que intervienen, aproximaciones, limitaciones, resolución, análisis de resultados, conclusiones, descomposición en subproblemas, gradación de la complejidad, etc.

La evaluación de la propuesta didáctica se ha realizado sobre su implementación en forma de taller (que es un modelo a escala) y no sobre una propuesta didáctica global, debido a las limitaciones temporales existentes en los centros. La intervención realizada es breve pero los resultados son esperanzadores y presuponen que, llevada a cabo de forma continua durante un curso completo, sería viable y efectiva. Algo en lo que estamos trabajando actualmente.

Cuestionarios de opinión

Casi la totalidad de los estudiantes consideran que utilizan mucho el ordenador pero que tienen escasos o nulos conocimientos sobre programación. Su uso se limita a algún software, a jugar o a utilizar algunas aplicaciones de Internet. Esto confirma que los alumnos generalmente son nativos digitales pero analfabetos en programación, y son conscientes de esto. Después del taller, la mayoría se sienten capaces de usar el ordenador para programar, creen que el nivel es adecuado a su edad y que les puede ser útil saber programar. Su actitud hacia la programación es muy positiva, se sienten satisfechos con la experiencia y les gustaría repetirla, a pesar del esfuerzo que les ha supuesto como actividad extraescolar. De hecho, 18 de los 40 alumnos solicitaron más información para practicar en casa. Conocer el mundo y las posibilidades de la programación puede estimular vocaciones hacia las ramas de las ciencias y tecnologías (las menos elegidas y las que ofrecen mejores posibilidades profesionales).

La propuesta didáctica ha tenido asimismo una buena aceptación entre el profesorado, independientemente de su procedencia de una formación inicial en Física o Química. La mayoría pertenecen a la generación que en los 80 se inició en la programación en su etapa de estudiantes de educación secundaria. Todos los profesores que participaron en el taller mostraron gran interés y estaban convencidos de su utilidad, como reflejan los resultados del cuestionario de opinión. En dos centros, en concreto, mostraron su deseo de ponerlo en práctica el curso siguiente, tanto en la asignatura de Física como en las de Informática o Matemáticas. Al finalizar el taller se facilitó al profesorado todo el material utilizado (charlas, programas, manuales, software de Octave, etc.) para que pudieran emplearlo en sus clases de Física.

Perspectiva futura

La propuesta didáctica presentada se puede adaptar a distintos niveles y asignaturas, bien incluyéndola en el horario oficial (con intervenciones de una hora semanal o quincenal) o incorporándola a las asignaturas de Informática y orientando la programación a la resolución de problemas de otras asignaturas. Sería conveniente su implementación desde los primeros niveles de la ESO, pues dada su capacidad motivadora, la propuesta puede ayudar a generar vocaciones hacia carreras científicas y tecnológicas, y contribuir a la igualdad de género en estas carreras (mayoritariamente masculinas). Si se implementa en cursos más bajos, la utilización de juegos como recurso motivador puede ser muy útil pues los alumnos serían capaces de aprender Física, desarrollar la creatividad y divertirse al mismo tiempo (los juegos realizados en el taller han provocado más de una carcajada).

La tendencia educativa actual con respecto al PC y la programación (a pesar del retraso en la legislación española en este contexto) hace que la propuesta desarrollada tenga un gran potencial de cara al futuro. Encaja perfectamente en esta tendencia y proporciona además un modelo (que ha sido probado con resultados positivos) que puede ser utilizado para desarrollar nuevos materiales docentes y extender la propuesta a otras asignaturas y niveles.

Referencias

- Amadeu R., Leal, J.P. (2013) Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la Física. *Enseñanza de las Ciencias* 31 (3), 177-188. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285788/373791>
- Barr V., Stephenson C. (2011) Bringing computational thinking to k-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads* 2, 48-54. Recuperado de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1929905>
- Bouciguez M. J., Santos, G. (2010) Applets en la enseñanza de la física: un análisis de las características tecnológicas y disciplinares. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (1), 56-74. Recuperado de <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/25/23>
- Casas-Jiménez J., García-Sánchez J., González-Aguilar F. (2006) Guía técnica para la construcción de cuestionarios. *Odiseo. Revista Electrónica de Pedagogía* (6). Recuperado de http://www.odiseo.com.mx/2006/01/casas_garcia_gonzalez-guia.htm
- Congress-of-Technology-Assessment US (1984) *Computerized manufacturing automation: Employment, education and the workplace*. Washington, US Congress of Technology Assessment, OTA CIT-23, p. 234. Recuperado de <https://www.princeton.edu/~ota/disk3/1984/8408/8408.PDF>
- European-Schoolnet (2014) Computing our future. Computer programming and coding priorities, school curricula and initiatives across Europe. Recuperado de <http://www.europeanschoolnet.org>
- Grover S., Pea R. (2013) Computational Thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Research* 42 (1), 38-43. Recuperado de <http://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/CT-K12-Review-State-Of-Field.pdf>
- Harrison D.B.J., Conery L. (2011) Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20-23. Recuperado de <https://eric.ed.gov/?id=EJ918910>
- Johnson R.B., Christensen L. (2014) *Educational Research. Quantitative, Qualitative and Mixed Approaches*. USA: SAGE Publications.
- Kercher L., Reategui E., Beatriz T., Marques, I. (2013) Un simulador de fenómenos físicos para mundus virtuales. *RELATEC, Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa* 12 (1), 51-62. Recuperado de <http://relatec.unex.es/article/view/893>
- LOE (2007) *Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre de 2006, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la ESO*. BOE (5), Viernes 5 de enero.
- LOMCE (2014) *Real Decreto 1105/2014, 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. BOE (3), Sábado 3 de enero.
- Martín F., Sorando J.M. (1984) Enseñar informática en bachillerato. La polémica del lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias* 2 (1), 25-28.
- National-Research Council (2011) *Committee for the workshops on computational thinking: Report of a workshop of pedagogical aspects of computational thinking*. Washington, DC: National Academies Press.
- Osborne J., Dillon J. (2008) *Science Education in Europe: Critical Reflections. A report to the Nuffield Foundation*.

- Pallas J.M. A., Villa J.J. (2000) *Métodos de investigación clínica y epidemiológica*. Barcelona: Elsevier.
- Perales, F.J. (2000) *Resolución de problemas en Ciencias Experimentales*. Madrid: Síntesis.
- Perales, F.J. (2006) Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1), 13-30.
- Phillips P. (2009) *Computational Thinking: A problem solving tool for every classroom*. CSTA, Microsoft. Recuperado de <http://education.sdsc.edu/resources/CompThinking.pdf>
- Prency M. (2001) *Digital Natives, Digital Immigrants. On the Horizon*.
- Rocard M., Csermely P., Jorde D., Lenzen D., Walberg-Henriksson H., Hemmo V. (2007) *Science Education NOW: A renewed pedagogy for the future of Europe*. European Commission.
- Sierra-Fernandez, J. L. (2003) *Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la física en Bachillerato*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- Sjberg S., Schreiner C. (2010) *The ROSE project. An overview and key findings. Eurydice: Comparative study on Science and Mathematics Education*.
- Torres-Climent A.L. (2010) Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la enseñanza de la física y química de secundaria y bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7 (3), 693-707. Recuperado de <http://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2683/2332>
- Valero-Cortés M. (2009) Capítulo 9. *La informática en España. Ciencia y Tecnología, España Siglo XXI*. Fundación Sistema y el IdE Instituto de España. Madrid: Editorial Biblioteca Nueva.
- Wing J.M. (2006) Computational thinking. *Communications of the ACM CACM* 49(3), 33-35. Recuperado de <https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf>
- Zorrilla E.G., Manteca A.M., Arrabal C.I.M. (2014) Una experiencia con Modellus para el estudio de cinemática en el nivel secundario. *Pxel-Bit. Revista de Medios y Educación* (44), 7-17. Recuperado de <http://acdc.sav.us.es/pixelbit/images/stories/p44/completo.pdf>

Anexo

Cuestionario 1a. Pretest alumnos

	Preguntas:	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
1	Valora tus conocimientos de informática	1	2	3	4	5
2	Valora tus conocimientos de programación	1	2	3	4	5
3	¿Has utilizado alguna vez un ordenador?	1	2	3	4	5
4	¿Has programado alguna vez?	1	2	3	4	5
5	¿Crees que programar es fácil?	1	2	3	4	5
6	¿Consideras importante aprender a programar?	1	2	3	4	5
7	¿Crees que puedes llegar a ser un buen programador?	1	2	3	4	5
8	¿Te gusta la idea de usar el ordenador para estudiar física?	1	2	3	4	5
9	¿Crees que aprender a programar te ayudará a entender física?	1	2	3	4	5
10	¿Crees que saber programar te ayudará a sacar mejores notas en física?	1	2	3	4	5
11	¿Crees que saber programar te ayudará a sacar mejores notas en matemáticas?	1	2	3	4	5
12	¿Crees que saber programar te servirá en la Universidad?	1	2	3	4	5
13	¿Crees que saber programar te ayudará en tu vida cotidiana?	1	2	3	4	5
14	¿Crees que saber programar te ayudará a encontrar trabajo en el futuro?	1	2	3	4	5
15	¿Se lo recomendarías a un amigo?	1	2	3	4	5

Cuestionario 1b. Postest alumnos

	Preguntas:	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
1	Valora tus conocimientos de informática	1	2	3	4	5
2	Valora tus conocimientos de programación	1	2	3	4	5
3	¿Has utilizado alguna vez un ordenador?	1	2	3	4	5
4	¿Has programado alguna vez?	1	2	3	4	5
5	¿Crees que programar es fácil?	1	2	3	4	5
6	¿Consideras importante aprender a programar?	1	2	3	4	5
7	¿Crees que puedes llegar a ser un buen programador?	1	2	3	4	5
8	¿Te gusta la idea de usar el ordenador para estudiar física?	1	2	3	4	5
9	¿Crees que aprender a programar te ayudará a entender física?	1	2	3	4	5
10	¿Crees que saber programar te ayudará a sacar mejores notas en física?	1	2	3	4	5
11	¿Crees que saber programar te ayudará a sacar mejores notas en matemáticas?	1	2	3	4	5
12	¿Crees que saber programar te servirá en la Universidad?	1	2	3	4	5
13	¿Crees que saber programar te ayudará en tu vida cotidiana?	1	2	3	4	5
14	¿Crees que saber programar te ayudará a encontrar trabajo en el futuro?	1	2	3	4	5
15	¿Recomendarías programar a un amigo?	1	2	3	4	5
16	¿Te gustaría repetir esta experiencia con otras asignaturas?	1	2	3	4	5
17	¿El grado de dificultad de las simulaciones es adecuado para tu edad?	1	2	3	4	5
18	¿Valoras positiva esta experiencia de programación?	1	2	3	4	5
19	¿Piensas seguir programando en el futuro?	1	2	3	4	5
20	¿Tu interés por la física ha mejorado después de programar?	1	2	3	4	5

Cuestionario 2. Profesores

	Preguntas:	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
1	aumenta la capacidad de razonamiento crítico del alumno	1	2	3	4	5
2	mejora la capacidad del aprendizaje de conceptos	1	2	3	4	5
3	mejora la capacidad de desarrollar el razonamiento científico	1	2	3	4	5
4	aumenta la autonomía del alumno	1	2	3	4	5
5	mejora la capacidad de construcción de modelos	1	2	3	4	5
6	mejora la capacidad de resolución de problemas del alumno	1	2	3	4	5
7	mejora la capacidad de adquirir una imagen de la ciencia	1	2	3	4	5
8	mejora la capacidad de desarrollar actitudes y valores, como constancia, perseverancia, compañerismo,...	1	2	3	4	5
9	ayuda al alumno a construir su propio conocimiento	1	2	3	4	5
Respecto a la utilidad como recurso didáctico:						
<i>El uso de simulaciones con código abierto por ordenador en la clase de física...</i>						
10	es motivador, ya que los alumnos abordan trabajos creativos que les proporciona más protagonismo.	1	2	3	4	5
11	contribuye a aplicar el modelo de aprendizaje por descubrimiento	1	2	3	4	5
12	contribuye a aplicar el modelo de aprendizaje cooperativo	1	2	3	4	5
13	Contribuye a aplicar el modelo de resolución de problemas	1	2	3	4	5
14	proporciona un aprendizaje más significativo de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que el método tradicional	1	2	3	4	5
15	permite atender los diferentes niveles del aula	1	2	3	4	5
16	facilita un mayor rendimiento en matemáticas, ciencia y tecnología	1	2	3	4	5
Responde a las demandas sociales del conocimiento:						
<i>Las simulaciones con código abierto por ordenador en la clase de física...</i>						
17	desarrolla en el alumno la capacidad de liderazgo	1	2	3	4	5
18	prepara al alumno para su formación universitaria	1	2	3	4	5
19	prepara al alumno para el mundo laboral	1	2	3	4	5
20	es algo más que un recurso multimedia para recibir información	1	2	3	4	5
Por ser una simulación:						
<i>Las simulaciones con código abierto por ordenador en la clase de física...</i>						
21	permite la acción más allá del aula, con libertad de horario	1	2	3	4	5
22	desarrolla la imaginación creadora del alumno	1	2	3	4	5
23	permite repetir fácilmente cualquier experiencia	1	2	3	4	5
24	permite analizar leyes físicas en tiempo real	1	2	3	4	5
25	hace participar a alumno más allá del rol de recibir información	1	2	3	4	5
26	facilita el modelo la reflexión sobre el contenido conceptual	1	2	3	4	5
27	aumenta la relación personal entre alumno y profesor	1	2	3	4	5
28	permite poner al ordenador al servicio de la didáctica	1	2	3	4	5