

Aprovechamiento de recursos TIC para mejorar el aprendizaje de los lenguajes de las Ciencias: Investigaciones didácticas en el aula

Albert Gras-Martí (agm@ua.es, <http://ticat.ua.es>), Marisa Cano-Villalba,

Yuri Milachay, Vicent Soler-Selva, Julio Santos Benito

Resumen

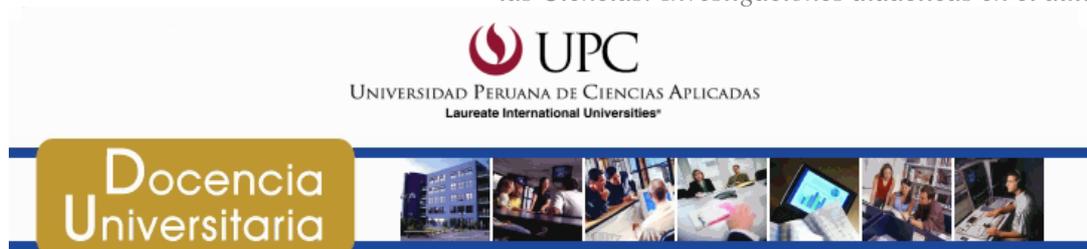
Hemos investigado las mejoras en el aprendizaje que se derivan del uso de herramientas de modelización basadas en las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación). En esta comunicación mostraremos algunos resultados de su aplicación para la obtención de datos experimentales con sensores y con vídeos, las simulaciones con miniaplicaciones o *applets*, y las hojas de cálculo. Se han realizado estudios detallados de las respuestas de los alumnos en test pre y post aplicación de la herramienta correspondiente, así como comparaciones entre los resultados de diversos cursos. Las conclusiones de nuestras investigaciones promueven el uso de estas herramientas que facilitan la comprensión de los distintos lenguajes de la ciencia: el lenguaje icónico, algebraico, tabular, formal, etc.

Palabras clave: TIC, simulaciones (*applets*), hojas de cálculo, sensores, vídeo.

Abstract

We have investigated about learning improvements derived from the use of modeling tools based on the information and communication technologies (ICT). In this paper we will show how its implementation turned out, obtaining experimental data using sensors and videos, simulations and spreadsheets. Detailed studies of the student's answers have been made, before and after the use of the respective tool, as well as comparisons between the results of several courses. The conclusions of our investigations encourage the use of this tools that facilitates the understanding of science's different languages as: iconic language, algebraic, tabular, formal, etc.

Key Words: ICT, simulations, spreadsheets, sensors, video.

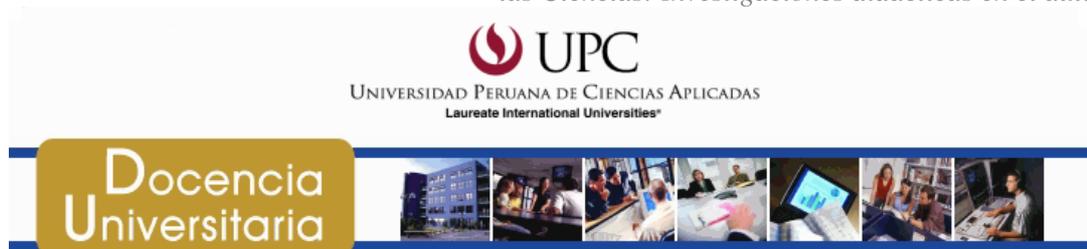


Introducción

Constantemente, se desarrollan herramientas digitales que tienen como ayuda el ordenador y que llamaremos laxamente. Desde el punto de vista de la Normativa, no hay razón Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC). Las TIC hacen referencia a servicios, aplicaciones y tecnologías que usan equipos y programas informáticos, y que, a menudo, se transmiten a través de las redes de telecomunicaciones. Las TIC permiten el almacenamiento, la recuperación, el trato, la adquisición, la producción, la comunicación, el registro, y la presentación de datos y de información.

Estas innovaciones tecnológicas, que se encuentran en soporte lógico (programas) y físico (equipos), pueden servir para mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje (E/A) de las ciencias, en general, y de las matemáticas y la física, en particular. Los ejemplos de herramientas aprovechables son múltiples: hojas de cálculo, miniaplicaciones (*applets*), cámaras de vídeo, aulas digitales o campus virtuales, webQuests, instrumentación digital para la experimentación, test en línea, etc. La adquisición de conocimientos y de habilidades relacionadas con las TIC, y su aplicación en las tareas docentes representan un reto para los docentes que exige replantear e integrar los contenidos y la puesta en práctica de metodologías nuevas en el proceso de E/A.

Si se desea evitar un uso indiscriminado o con poco fundamento didáctico de las TIC en la E/A (Gómez González, 1998), es necesario documentar las pruebas y las evaluaciones que se elaboran a partir de las puestas en práctica en el aula (tanto en formato presencial tradicional como en modalidades mixtas, que integran actividades realizadas en formato virtual o no presencial). La difusión y la confrontación de experiencias didácticas tiene como uno de sus principales objetivos lograr la construcción de un “mapa comunitario” (Redish, 1999) entre los docentes, a través de la comunicación constante en línea, el intercambio de experiencias y de propuestas de

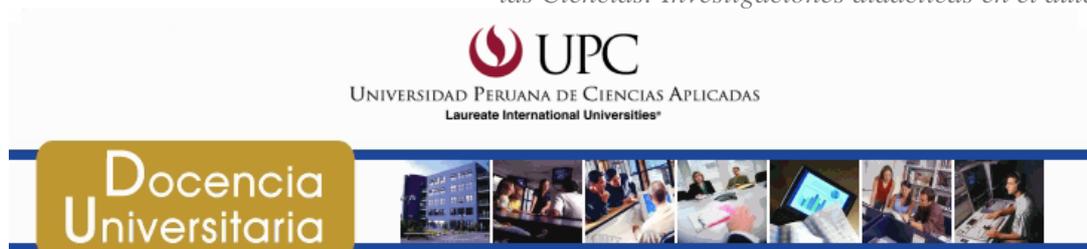


mejora, la evaluación y la crítica continua, etc. En definitiva, se busca promover, en la comunidad educativa, un procedimiento habitual de la investigación científica como es publicar y los experimentos educativos. A partir de investigaciones empíricas sistemáticas (que usan métodos cuantitativos o cualitativos), se busca lograr comportamientos reproducibles en la estructura de los resultados educativos y en la forma en la que estos evolucionan.

Nuestro equipo tiene ha adquirido cierta experiencia en la aplicación de las TIC en la E/A y cuenta con una serie de trabajos publicados. Por ejemplo, la búsqueda de información en la red que constituye una simple muestra de replicación de una herramienta digital se puede leer en Gras- Martí et *al.* (2003a). Hemos investigado también las aplicaciones didácticas de las herramientas de un Campus Virtual, o plataforma de teleformación (análoga a Moodle, Dokeos, etc.) (Gras-Martí y Cano-Villalba, 2005), las simulaciones de procesos físicoquímicos (Torres y Soler-Selva, 2004), la experimentación automatizada (Soler-Selva et *al.*, 2002), los test en línea (Gras-Martí et *al.*, 2003b), etc. También tenemos experiencia en el uso de las TIC en la formación inicial y permanente del profesorado (Mendoza Rodríguez et *al.*, 2004), y en el desarrollo de estrategias de formación en TIC y la elaboración de experiencias piloto para un Departamento de Recursos Tecnológicos (Boada Sotomayor et *al.*, 2005). Se pueden ver otros trabajos del grupo en el portal de E/A de física (<http://www.fisica-basica.net>), especialmente en el apartado de investigación didáctica: <http://ticat.ua.es/meet/recerca-didactica/recerca-didactica.htm>, así como en nuestras páginas personales: <http://ticat.ua.es/agm/recerca-CV.htm>.

Los lenguajes de la ciencia

El aprendizaje de conocimientos científicos por parte de los alumnos implica la adquisición de la capacidad para comunicar los fenómenos físicos a través del uso simultá-



neo de diversos tipos de lenguajes o descripciones (Juan et al., 2003):

- el lenguaje icónico, que usa diagramas para mostrar, de forma esquemática, cómo varía una magnitud en función de otras (tiempo, posición, etc.);
- la descripción tabular, que recoge de forma ordenada los valores de las magnitudes correspondientes;
- el lenguaje gráfico, que consiste en representar en unos ejes de coordenadas la variación de una magnitud con una variable determinada;
- la representación verbal, que es la narración del fenómeno mediante términos más o menos técnicos;
- el lenguaje algebraico, que busca encontrar ecuaciones que relacionan las magnitudes investigadas.

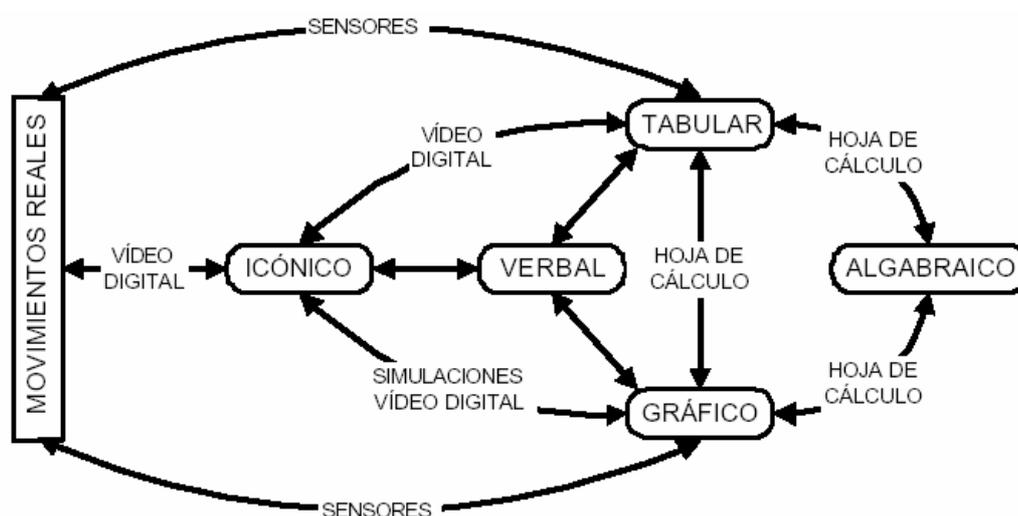
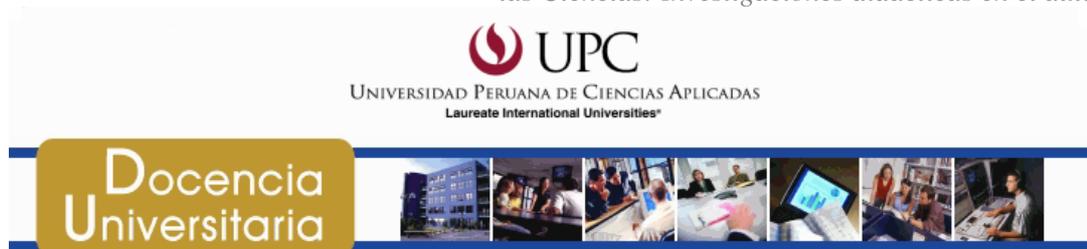


Fig. 1: Interrelación entre lenguajes de representación científica e instrumentación de recogida de datos, de modelización y de análisis de observaciones de fenómenos físicos.

Como ejemplo de nuestras líneas de trabajo de investigación didáctica sobre la integración de las TIC en la E/A de las ciencias describiremos, en esta comunicación, la aplicación (y la evaluación) de cuatro herramientas TIC (vídeo digital, hojas de cálculo, simulaciones y ex-



perimentación con sensores e instrumentación digital) en el estudio de un tema de física en un periodo de tres años, y compararemos los resultados entre sí y con los de un curso en el que no hemos usado ninguna de estas herramientas. El estudio busca explicitar interrelaciones entre los lenguajes de representación que se usan en la práctica científica, y las posibilidades de comunicación y de expresión que proporcionan las herramientas TIC utilizadas. (Fig. 1)

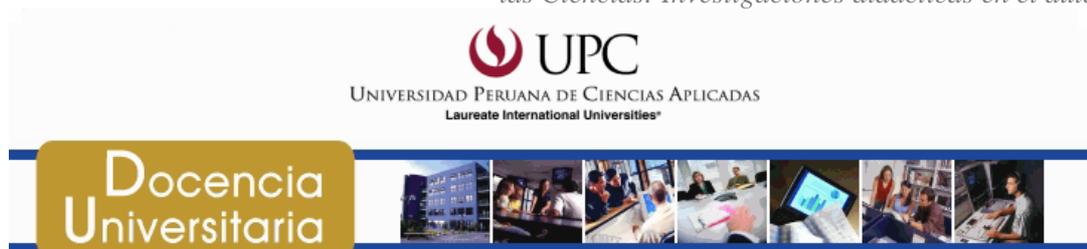
En primer lugar, describiremos el objetivo del trabajo y la población estudiada. A continuación, comentaremos el análisis realizado a partir de los resultados obtenidos.

Población e instrumentos analíticos

El proyecto pretende evaluar el efecto que tienen los elementos TIC relacionados con diversos lenguajes de la ciencia sobre el aprendizaje de los estudiantes. La experiencia educativa se ha desarrollado con alumnos que llevan la asignatura “Física de los procesos biológicos” que cursan el primer año de la carrera de Ciencias Biológicas de la Universidad de Alicante. Se ha trabajado con una muestra de aproximadamente treinta (30) estudiantes, que reciben la enseñanza en catalán.]

Durante las clases, seguimos un programa-guía de actividades, mediante el cual los alumnos trabajan divididos en pequeños grupos (Furió, 2001). Para profundizar en el estudio de los temas, hemos utilizado las herramientas TIC que muestra la Tabla 1, una herramienta por cada uno de los tres cursos. El curso más antiguo (01-02), en el que no se introdujeron herramientas TIC, sirve de referencia. Se pueden ver más detalles sobre la metodología usada en la referencia de la columna de la derecha.

Curso	Herramienta TIC	Metodología empleada
01-02	---	---



02-03	E ^x AC (Experimentación asistida por calculadora gráfica)	Soler-Selva y Gras-Martí (2003)
03-04	Vídeo, digitalización y hojas de cálculo	Juan <i>et al.</i> (2003)
04-05	Miniaplicaciones (<i>applets</i>)	Torres y Soler-Selva (2004)

Tabla 1: Recursos TIC usados para complementar el trabajo grupal activo

Los instrumentos diseñados para la evaluación de la experiencia didáctica son de tres tipos:

- Cuestionarios (pre y post tema)
- Análisis taxonómicos de los cuadernos de trabajo
- Cuestionarios abiertos

En lo que respecta al primer tipo de instrumentos, hemos aprovechado una herramienta ampliamente conocida y utilizada en la investigación didáctica, en particular en la enseñanza de la física: el *Force Concept Inventory* (Hake, 2000) y hemos desarrollado cuestiones análogas para el tema particular que estudiamos. El segundo instrumento de análisis se basa en una taxonomía de seis niveles de conocimientos y de habilidades basada en el informe PISA (2003) (Tabla 2). El tercer instrumento de análisis permite indagar sobre las actitudes y la motivación de los estudiantes hacia la asignatura. Por limitaciones de espacio, únicamente describiremos, brevemente, la taxonomía que hemos mencionado.



Nivel	El alumno es capaz de...
6	...modelizar situaciones problemáticas complejas. Puede formular y comunicar de manera precisa sus acciones y reflexiones.
5	...trabajar con modelos para situaciones complejas. Puede formular y comunicar sus interpretaciones y razonamientos.
4	...trabajar con modelos explícitos para situaciones concretas complejas. Puede construir y comunicar explicaciones y argumentaciones.
3	...usar una representación pero no es capaz de trabajar con modelos explícitos. Puede ejecutar procedimientos que se hayan descrito claramente. Puede desarrollar informes breves.
2	...interpretar y reconocer situaciones en contextos que no requieren más que la inferencia directa. Puede usar algoritmos básicos y fórmulas.
1	...responder cuestiones que involucran contextos familiares donde se presenta toda la información relevante y se define claramente las cuestiones.

Tabla 2: Taxonomía de conocimientos y habilidades en el análisis de situaciones problemáticas

Como vemos, la taxonomía distingue entre un modelo y una representación (comparar el nivel 3 con el superior). Es evidente que el análisis completo de un modelo científico engloba representaciones múltiples interrelacionadas. No hace falta decir que hemos tenido que adaptar la aplicación de estos niveles a estudiantes que tienen conocimientos de matemáticas y de física muy rudimentarios (Santos Benito y Gras-Martí, 2003).

Resultados y discusión

La Tabla 3 muestra un análisis de los ejercicios propuestos a los alumnos sobre un tema concreto el movimiento armónico. Los ejercicios fueron desarrollados por los alumnos

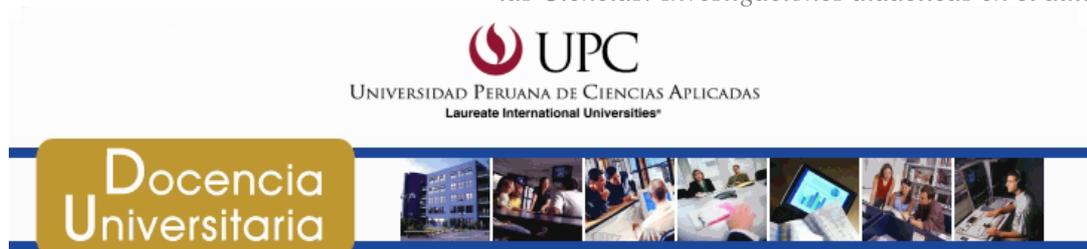


antes (pre) y después (post) de haber trabajado la herramienta TIC correspondiente. En el primer caso (primera línea), cuando no se usó ninguna herramienta TIC conjuntamente con las discusiones teóricas, no tenía sentido hacer post test. Por otro lado, las fluctuaciones anuales (de herramienta en herramienta) en las calificaciones medias, $\langle x \rangle$ y, en la desviación típica, σ , obtenidas en los pre y post test son fluctuaciones esperables por el hecho de que se trata de promociones diferentes de estudiantes. De los resultados de la tabla, se constata que la aplicación de un instrumento TIC mejora siempre los resultados por lo que se refiere a $\langle x \rangle$, al tiempo que, generalmente, la dispersión aumenta apreciablemente. De la misma forma, el efecto se deja notar en el porcentaje de alumnos que aprueba la asignatura (3ª columna). Esta columna refleja el resultado de la aplicación repetida, en diversos temas, de la misma herramienta TIC.

Herramienta	Pre test		Post test		%	Nivel taxonómico	
	$\langle x \rangle$	σ	$\langle x \rangle$	σ		aprobados	$\langle x \rangle$
---	4.1	2.0	---	---	30	2.4	1.2
E ^x AC	3.9	1.5	5.6	2.1	43	3.1	1.4
Vídeo/ modelización	4.4	2.2	6.1	2.5	48	3.3	1.5
Simulaciones	4.3	2.3	5.8	2.5	52	3.6	1.7

Tabla 3: Columnas pre y post test: media de las calificaciones de los alumnos, $\langle x \rangle$, y desviación estándar s , en varios test hechos sobre el tema objeto de aplicación de la herramienta TIC correspondiente. Las calificaciones van de 0 a 10 puntos. Columna 4ª: % de aprobados en cada curso. Columna 5ª: $\langle x \rangle$, y s de los niveles taxonómicos descritos en la tabla 2. Los niveles van del 1 a 6

La última columna de la Tabla 3 muestra los valores $\langle x \rangle$ y σ de los niveles de clasificación de habilidades de los alumnos con los modelos y las representaciones (según la escala de 1 a 6 de la Tabla 2): a cada alumno se le asigna un nivel en función de unas cuestiones breves y del análisis del cuaderno de trabajo. La media difícilmente supera

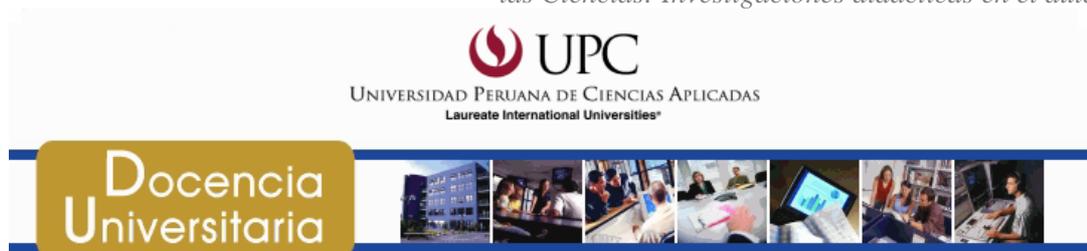


la tasa de 3 puntos, la mitad de la escala de capacidades posibles. Es clara, también, la mejora general progresiva que se observa al pasar de una E/A, sin el recurso acceso a las TIC (donde, como cabe esperar, la desviación estándar es baja y, alrededor de un nivel medio, también es bajo), a una E/A basada en la experimentación, en el vídeo o en las simulaciones. Las encuestas realizadas a los estudiantes reflejan nítidamente que tienen una buena disposición hacia una E/A que usa recursos TIC, aunque la parte instrumental (E^xAC) no les resulta sencilla a los estudiantes que no están habituados a la experimentación en física (es decir, a realizar “prácticas de laboratorio”). El uso del vídeo les resulta más atractivo, dado que los estudiantes de Biología están más habituados al uso de la imagen gráfica en sus materias; sin embargo, la posterior modelización de los datos añade la dificultad de las matemáticas. Finalmente, la simulación de procesos con miniaplicaciones (*applets*), por su carácter más visual e interactivo, es la actividad mejor valorada que se traduce en una mejora relativa en los valores taxonómicos. Igual que ocurre con las calificaciones de los test, se observa una gran dispersión en las respuestas de los estudiantes en el trabajo con modelos, siempre dentro de unos valores más bajos de lo deseable.

Resulta evidente que, aunque el objetivo es enseñar a los estudiantes a modelizar, se debe enfatizar en la transposición entre las representaciones que usamos y los modelos. Dejamos para una comunicación posterior el análisis más detallado del uso de las herramientas TIC en cada curso y de los resultados transversales entre cursos.

Conclusiones

En conjunto, entonces, hemos conseguido mejoras en un proceso de E/A que integra herramientas TIC. Somos conscientes de que la tecnología es un simple vehículo para llevar a término actuaciones que contribuyen con el proceso de E/A y que, por sí misma, no proporciona mejoras en el aprendizaje si no va unida a una programación docente adecua-



ada.

Investigaciones como la presente son de interés para empezar a construir el camino hacia el sistema de créditos europeos (el llamado sistema ECTS), donde la adquisición de habilidades transversales y capacidades de alto nivel cognitivo cobra un gran protagonismo.

Agradecimientos

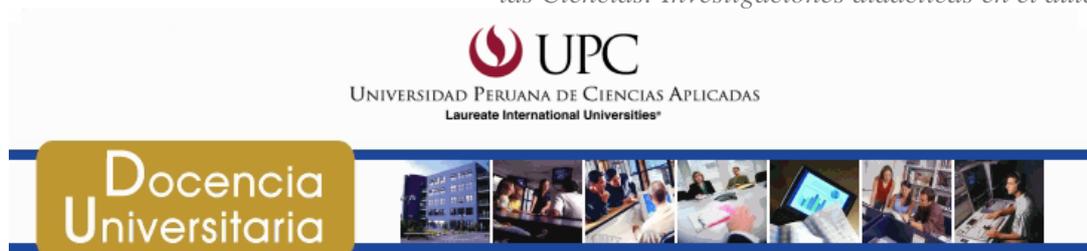
Al ICE, y al Secretariado y Vicerectorado de Convergencia Europea y Calidad de la Universidad de Alicante (UA) por la ayuda (Redes Docentes y *Portal para la E/A de la Física*, dentro del programa de aplicación de las TIC para la mejora de la enseñanza). Al Proyecto Habana de la UA por la ayuda que ha permitido varias colaboraciones. Al PPUA de la UA (Unidad de recursos informáticos y apoyo a la docencia) por la concesión de dos ayudas a dos de nosotros (Julio Santos y Albert Gras) en la convocatoria de ayudas a proyectos de Innovación Educativa 2005B/04.

Agradecemos también a Adrián (adgvelazquez@yahoo.com) por la traducción de la información en catalán a español de una versión preliminar de este artículo.

Bibliografía

Boada Sotomayor, O., Álvarez Malo, T., Milachay Vicente, Y., Cano Villalba, M. y Gras-Martí, A. (2005) “Estrategias de formación en TIC del profesorado de un centro: experiencias piloto para un Departamento de Recursos Tecnológicos” [en línea]. *Quaderns Digitals* 39.
<http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaNumeroRevistaIU.visualiza&numeroRevista_id=636> [Consulta: 19 de agosto 2005].

Gómez González, E. (1998) “Nuevas tecnologías y enseñanza de la física”. *Revista*



Española de Física, 12 (2): 44.

Furió, C. (2001) “La enseñanza-aprendizaje de las ciencias como investigación: un modelo emergente”. En: Guisasaola, J. (eds.) Revista " *Investigaciones en didáctica* ", pp 15-42. Universidad del País Vasco.

Gras-Martí, A., Cano-Villalba, M. y Cano Valero, C. (2003a) “Cursos de TIC per al professorat de ciències: comparació de modalitats presencial, semipresencial i no presencial (p, sp, np)” [en línea]. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol 3 N° (1 , pág. 1-25.

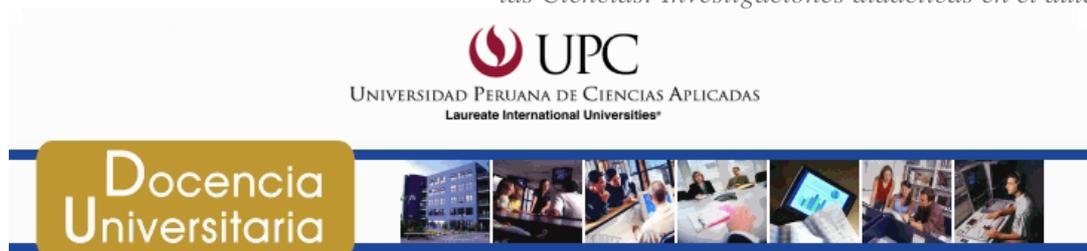
<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero1/Art3.pdf> [Consulta: 5 de abril 2005]. .

Gras-Martí, A. y Cano-Villalba, M. (2005) “Debats i tutories com a eines d’aprenentatge per a alumnes de ciències: anàlisi de la integració curricular de recursos del Campus Virtual”. [en línea] Enseñanza de las Ciencias, acceptat. <<http://ticat.ua.es/agm/recerca-divulgacio/debats-tutories.pdf>> [Consulta: 1 de julio 2005].

Gras-Martí, A., Santos, J.V., Pardo, M., Millares, J.A., Celdran, A., y Cano-Villalba, M. (2003b). “Revision of prerequisites: ICT tools” [en línea]. AEQ-Academic Exchange Quarterly, 7 (3). <<http://rapidintellect.com/AEQweb/redpast.htm>> [Consulta: 2 de febrero 2005].

Hake, R.R. (2000) “The Need For Improved Physics Education of Teachers: FCI Pretest Scores for Graduates of High-School Physics Courses”. Physics Education Research Conference 2000: Teacher Education, Univ. of Guelph, August 2-3, 2000.”[[PERC2000-HSTeach-5.pdf, 8/10/00, 929K](http://perc2000-hsteach-5.pdf)].

Hake, R.R. (2000) “The Need For Improved Physics Education of Teachers: FCI Pre-



test Scores for Graduates of High-School Physics Courses”. *Physics Educ. Res. Conf.* [en línea] <<http://www.physics.indiana.edu/~hake/>> [Consulta: 22 de marzo 2005].

Juan, A., Juliá, M., Jover, E., Prats, G., Pons, I., y Martínez, B. (2003) “El vídeo digital como recurso didáctico para el estudio de la cinemática del movimiento” [en línea] *Curie digital*, 53-65. <<http://ticat.ua.es/curie/curiedigital/2003/2003.htm>> [Consulta: 3 de junio 2005].

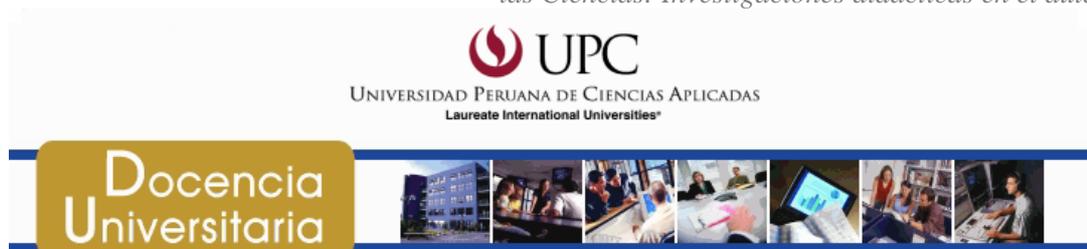
Mendoza Rodríguez, J., Milachay Vicente, Y., Martínez Sebastià, B., Cano-Villalba, M., y Gras-Martí, a. (2004) “Uso de las TIC en la formación inicial y permanente del profesorado, didáctica de las ciencias experimentales y sociales” [en línea] volumen 18, 121-150. <http://ticat.ua.es/agm/recerca-divulgacio/usotic_formacionprof_dces.pdf> [Consulta: 22 de agosto 2005].

Pisa (2003) “Measuring Student knowledge and skills: the Pisa Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy” [en línea]. París: OECD <<http://www.pisa.oecd.org>> [Consultado: 3 de enero 2005].

Redish, E.F. (1999) Building a community consensus map of physics education. . [en línea] *Aps meeting* <<http://www2.physics.umd.edu/~redish/talks/apscent/sld004.htm>> [Consulta: 5 de setiembre 2005].

Santos Benito, J.V. y Gras-Martí, A. (2003) “Conocimientos de física de alumnos universitarios: influencia de las reformas educativas” [en línea] *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias* 2 (2). <<http://www.saum.uvigo.es/reec/>> [Consulta: 8 de junio 2005].

Soler-Selva, V.F., y Gras-Martí, A. (2003) “Experimentació amb tecnologia e^xac des d’una orientació de l’ensenyament com a investigació” [en línea] *Ensenyament de las*



ciencias 21, 173-181. <http://ticat.ua.es/agm/recerca-divulgacio/experim_tecnol-exac_enscc.pdf> [Consulta: 23 de julio 2005].

Soler-Selva, V.F. Valdés, P., Becerra, C., Cano- Villalba, M. Y Gras- Martí, A. (2002) La experimentación asistida con calculadora (e^xac): una vía para la educación científico-tecnológica, *revista iberoamericana de educación*. [en línea] <<http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/553soler.pdf>> [Consulta: 9 de abril 2005].

Torres, A. y Soler-Selva, V.F. (2004) “Avaluació de l’aprenentatge amb physlets. Entre la necessitat i la dificultat”. [en línea] Curie digital, 1-12. <<http://ticat.ua.es/curie/curiedigital/2004/viii/avaluacio-aprenentatge-physlets-angeltorres-vicentsoler.pdf>> [Consulta: 8 de junio 2004].

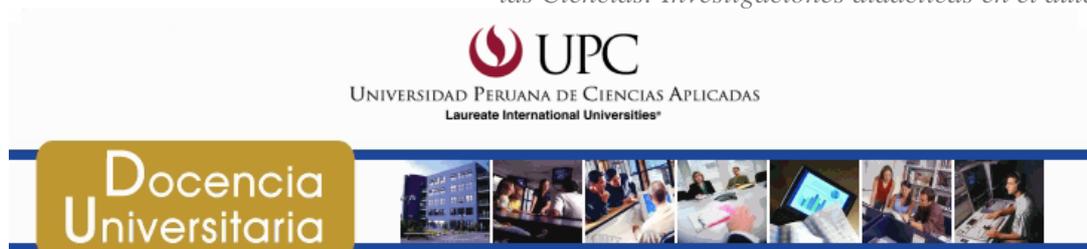
Referencia de los autores:

Albert Gras-Martí^{a)}, **Marisa Cano-Villalba**^(a), **Yuri Milachay**^(b), **Vicent Soler-Selva**^(c), **Julio Santos Benito**^(a)

^{a)} Dept. Física Aplicada, Universitat d’Alacant, E-03080 Alicante, España

^(b) Dept. Física, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú

^(c) IES Sixto Marco, E-03203 Elx, España



Los autores son miembros del equipo “tic@’t”, <http://ticat.ua.es>, que desarrolla e imparte cursos de formación continuada en las TIC y de aplicación de las TIC en la enseñanza y en el aprendizaje, tanto a profesores de todos los niveles educativos como a alumnos y familiares de estos. La razón social de la asociación universitaria tic@’t y la entidad certificadora de los cursos impartidos por la misma es la Universidad de Alicante (España).