

¿Puede ayudar la investigación en enseñanza de la Física a mejorar su docencia en la universidad?

(XXXTitInglesXXX)

Jenaro Guisasola¹ Alberto Gras-Mart², Joaquín Martínez-Torregrosa³, José Manuel Almudí¹ e C. Becerra Labra⁴

⁽¹⁾ *Departamento de Física Aplicada I. Universidad del País Vasco. España*

⁽²⁾ *Departamento de Física. Universidad de Alicante. España*

⁽³⁾ *Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Alicante. España*

⁽⁴⁾ *Instituto de Matemáticas y Física. Universidad de Talca. Chile*

Recebido em XXXdataXXX; Aceito em XXXdataXXX

En este trabajo discutimos algunas aportaciones de la investigación en didáctica de la Física que indican que la tarea de enseñar Física en la universidad es una labor lo suficientemente compleja como para constituir un campo propio de investigación. Veremos que relacionar la práctica docente con la investigación didáctica puede suponer un camino de mejora de la enseñanza universitaria de la Física y la posibilidad de formar licenciados e investigadores más preparados.

Palabras clave: XXXchaveXXX.

In this work we relate some results of the research in Physics Education. They point out that learning and teaching physics is a complex process that need a proper field of research to analyse it. We discuss that implementing the results of the research in Physics Education in teaching Physics at university could be a fruitful way to improve it and to prepare good graduates and researches.

Keywords: XXXKeyXXX.

1. Introducción

La enseñanza de la Física en la universidad, en todo el mundo, está actualmente en proceso de desarrollo y cambio como se puede constatar en las diversas aportaciones que se realizan en diferentes Foros y Congresos Internacionales^(1,2,3). Una de las principales razones de esta nueva dinámica es la constatación como pro-

fesores de Física, ya sea a nivel de secundaria o universitario, del desajuste existente entre lo que enseñamos a nuestros estudiantes y la visión que ellos acaban teniendo de la Física. La enseñanza de los conocimientos teóricos es un problema que preocupa cada vez más al profesorado debido a la constatación de altos porcentajes de respuestas erróneas de los estudiantes a cuestiones teóricas que exigen no sólo la mera repetición de

¹Enviar correspondência para Jenaro Guisasola. E-mail: wupguarj@sp.ehu.es.

la teoría impartida en clase sino la aplicación creativa de dichos conocimientos^(4,5). Fueron estas nuevas formas de preguntar -no las de repetición rutinaria- las que llevaron a la detección de respuestas erróneas, ya que estas "preguntas inteligentes" son las que obligan a una aplicación significativa de los conocimientos aprendidos.

Por otra parte, la preocupación por adecuar la enseñanza de las ciencias a las necesidades de una sociedad cada vez más tecnologizada es, hoy en día, general en todos los países desarrollados. La sociedad demanda una enseñanza científica que permita a la mayoría de la población disponer de los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida cotidiana, ayudar a resolver los problemas y necesidades de salud y supervivencia básicos, tomar conciencia de las complejas relaciones ciencia y sociedad, que les permitirá participar en la toma de decisiones y, en definitiva, considerar la ciencia como parte de la cultura de nuestro tiempo. Sin embargo, hasta fechas bien recientes estas demandas no han sido consideradas al nivel que les corresponde por el colectivo de físicos que se dedica en las diferentes etapas educativas a la enseñanza de la disciplina.

Durante los dos primeros tercios del siglo XX la Física ha vivido un período de excepcional desarrollo, esto ha hecho que los físicos se centraran fundamentalmente en la investigación y, en ocasiones, mostraran deficiencias para detectar las necesidades sociales y profesionales del entorno actual. El importante papel jugado por la Física en el desarrollo tecnocientífico del siglo XX ha dado lugar, en ocasiones, a actitudes elitistas que no se corresponden con la realidad de la investigación científica actual.

Sin embargo, la actitud de los estudiantes hacia la Física está muy lejos de las expectativas que los físicos tenemos de la misma como una actividad abierta, que supone enfrentarse a problemas de interés y que es clave en el desarrollo científico-técnico contemporáneo. Se constata que numerosos estudiantes opinan que la Física es una asignatura difícil que no compensa estudiar y muestran un bajo nivel de motivación hacia su estudio. La realidad actual es que cada vez menos estudiantes eligen la optativa de Física en la Enseñanza Secundaria Postobligatoria (16-17 años) y aún muchos menos se deciden a realizar los estudios en la Facultad de Físicas. Un síntoma de este problema es que, actualmente el número de los estudiantes en los Departamento de Física disminuye y se presenta una situación incierta para el futuro de algunos departamentos. Así, nos encontramos con cifras preocupantes en casi todas las universidades tanto europeas como americanas.

2. La investigación en Enseñanza de la Física

La preocupación por los problemas anteriores, y en concreto sobre la discrepancia entre los objetivos marcados en el curriculum tradicional y el aprendizaje logrado por los estudiantes ha llevado a muchas discusiones sobre la manera en que podemos mejorar la enseñanza de la Física para tratar de disminuir la distancia entre lo que se enseña a los estudiantes y lo que ellos acaban sabiendo y realmente saben hacer.

Afortunadamente, ya no tenemos que apoyarnos, como alguna vez hicimos, en una memoria individual anecdótica o en tertulias de café. En los últimos veinticinco años, físicos de diferentes países han venido contribuyendo al crecimiento de un nuevo campo de investigación: el del aprendizaje y la enseñanza de la Física. Los resultados de esta investigación sugieren la presencia de muy diferentes factores que influyen en la enseñanza de la Física y que hace que esta tarea sea compleja^(6,7,8,9). De esta forma se rechaza una concepción simplista de la Enseñanza de la Física que la considera una tarea sencilla que consistiría en dominar los contenidos operativos y tener un poco de 'mano izquierda' para tratar con los estudiantes. Por el contrario, los resultados que ya hoy en día son admitidos por la Comunidad Internacional de Profesores de Física⁽¹⁾ indican que la tarea a desarrollar y los problemas a afrontar son lo suficientemente complejos como para constituir un campo propio de investigación. En este sentido, relacionar la práctica docente con la investigación, supone aceptar explícitamente la existencia de problemas en la enseñanza de la Física, lo que favorece la educación de una mentalidad abierta, una actitud reflexiva y una capacidad de autoanálisis y autocrítica. Así mismo, la misma dificultad que se plantea en aquellos problemas, exige un trabajo de colaboración entre docentes que hace mucha falta en el mundo educativo⁽¹⁰⁾.

En el nivel de Enseñanza Secundaria (12-17 años), desde los años 80, se han venido desarrollando diferentes propuestas fundamentadas teóricamente que se revelan contra visiones desalentadoras que aceptan como inevitable el fracaso escolar de los estudiantes. En las nuevas orientaciones para la enseñanza de la Física en Secundaria se proponen nuevos contenidos en el programa, que afecta a los conceptos, procedimientos y actitudes^(11,12). De acuerdo con las aportaciones de la investigación en Didáctica de las Ciencias, se empieza a enseñar contenidos relacionados con las características de la metodología científica, con la naturaleza de la ciencia y con las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad.

Sin embargo, es necesario señalar que en el nivel universitario la investigación educativa en Física

es sólo incipiente y no ha alcanzado el desarrollo de la Enseñanza Secundaria. Para este último nivel educativo se ha elaborado un cuerpo de conocimientos teóricos⁽¹³⁾ y parte de sus aportaciones se revelan fructíferas, y potencialmente transferibles al nivel universitario, para orientar la detección de problemas educativos y la construcción de hipótesis fundamentadas explicativas de los problemas detectados, así como posibles vías de superación.

3. La investigación en Enseñanza de la Física permite cuestionar diagnósticos simplistas

Las investigaciones en Enseñanza de la Física hacen posible avanzar hacia el cuestionamiento de visiones, muchas veces desalentadoras o derrotistas, que suelen ser aceptadas como obvias e inevitables en el nivel universitario. Como ejemplo podríamos mencionar la tesis mantenida por la mayoría del profesorado universitario cuando se plantea la cuestión del fracaso generalizado de los estudiantes en primer curso de Facultades de Ciencias y Escuelas de Ingeniería. Los profesores solemos indicar que “la falta de base”, “la falta de preparación adecuada”, etc., es uno de los problemas más graves para un correcto aprendizaje de los estudiantes⁽¹⁴⁾. Esto crearía una dificultad añadida a la enseñanza de la Física en el primer curso universitario.

Si se plantea la cuestión del fracaso de los estudiantes en primer curso como un problema que debe ser investigado y no como la búsqueda rápida de una justificación de las dificultades de la educación científica, será necesario un diseño experimental que intente contrastar la hipótesis de partida. En este caso, la hipótesis a contrastar es que el principal factor que influye en el fracaso educativo es la deficiente preparación de los estudiantes al acceder a la Universidad. Un posible diseño para contrastar esta hipótesis es el realizado en el trabajo de investigación llevado a cabo por Calatayud, Gil y Gimeno (1992)⁽¹⁵⁾ que elaboraron un cuestionario con 20 cuestiones de opción múltiple. El cuestionario fue revisado por los profesores encargados de la docencia de Química General y trataba de sintetizar los conocimientos de Química considerados habitualmente como necesarios para ingresar en la Universidad. Se pasó el cuestionario a estudiantes de Química general de primer curso y estudiantes de segundo curso, en los primeros días de clase. De acuerdo con la tesis mantenida por el profesorado cabía esperar resultados negativos en los estudiantes de primer curso y mucho mejores en los estudiantes de 2º curso que

habían pasado con éxito un año de enseñanza universitaria.

La Fig. 1 representa el porcentaje de respuestas correctas por cuestión para cada curso⁽¹⁵⁾. El estudio muestra que las diferencias entre ambos grupos no justifican la tesis mantenida habitualmente por el profesorado acerca de la preparación de los estudiantes como el principal problema de las dificultades de aprendizaje. Otras investigaciones realizadas con diseños similares han obtenido resultados parecidos⁽¹⁶⁾. Lo que lleva a cuestionar la tesis inicial y a la necesidad de profundizar en los problemas que afectan al aprendizaje de los estudiantes.

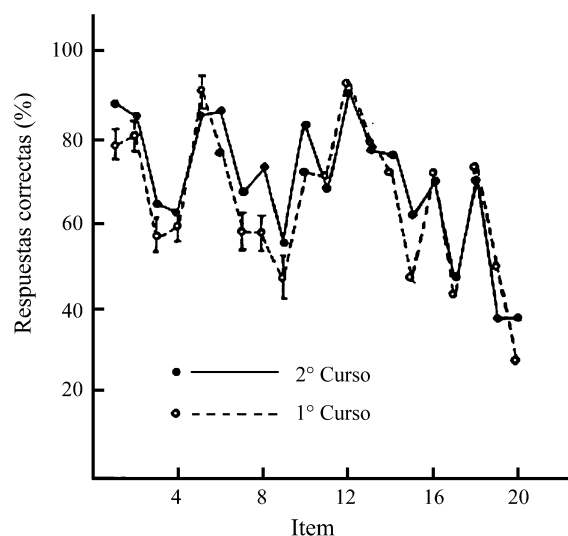


Figura 1 - Comparación de los porcentajes de respuestas correctas en cada uno de los ítems.

Con visiones como la anterior, aspectos potencialmente cuestionables de la Enseñanza Universitaria pueden ser aceptados como realidades naturales e inmodificables. Esta situación se agrava si tenemos en cuenta que numerosos estudios han mostrado la influencia de las actitudes y expectativas de los profesores sobre las actitudes y logros de los estudiantes^(17,18).

Otra de las evidencias que aporta la Didáctica de la Física, fundamentada en múltiples investigaciones, es la insuficiencia de los ‘cursos tradicionales’ en la obtención del título de graduado (3 años) para permitir a los estudiantes una comprensión de los conceptos básicos y que está relacionada con el gran fracaso escolar que se detecta. Los estudios empíricos relativos a la comprensión y aprendizaje de los estudiantes en diversas áreas de las Ciencias Experimentales realizados en las últimas dos décadas, han permitido desarrollar un cuerpo de resultados agrupado bajo el nombre genérico de ‘concepciones alternativas’^(19,4). Recientemente, estas investigaciones han ido acompañadas de trabajos relacionados con los procesos de aprendizaje y for-

mas de razonamiento de los estudiantes^(6,20). Así mismo, numerosos estudios hacen referencia a que los estudiantes comprendan la naturaleza de la disciplina científica^(21,22). Los estudiantes necesitan *practicar* diferentes características de la metodología científica como: hacer preguntas apropiadas en un análisis cualitativo de una situación problemática, hacer predicciones, diseñar la experimentación, recoger y analizar datos, identificar resultados y comunicar los resultados a los compañeros. En definitiva, todas las investigaciones mencionadas han conducido a cambiar el punto de vista sobre la enseñanza⁽²³⁾.

Sin embargo, el profesorado universitario seguimos mayoritariamente ajenos a estas investigaciones. Unas primeras observaciones sobre la enseñanza universitaria y el modo de actuar del profesorado hace suponer que se mantienen muchos tópicos y modos de actuar puestos en evidencia por la investigación en Enseñanza de la Física^(24,25). Por ejemplo, en una encuesta realizada con profesores de Física de Facultades de Ciencias y Escuelas de Ingeniería de los 24 encuestados sólo 2 hacen referencia a tener en cuenta las preconcepciones en sus estrategias de enseñanza⁽²⁶⁾.

Así mismo, los numerosos resultados obtenidos en diferentes investigaciones con Masteres en Física y Química (graduado y dos años de especialidad) que realizan el Curso de Aptitud Pedagógica (C.A.P.) - que tiene un año de duración y cuya superación posibilita impartir clase en la Enseñanza Secundaria en España (12-17 años)- muestran que el profesorado universitario no presta ninguna atención a las preconcepciones de los estudiantes: los recién licenciados

4. El papel de la investigación en Didáctica de la Física en la Enseñanza universitaria de la Física

Así pues, podemos concluir que el proceso incipiente de investigación e innovación en la enseñanza universitaria dependerá, en gran medida, de la actitud del profesorado universitario: ¿Está el profesorado universitario presto a admitir que la enseñanza es una parte esencial de su trabajo, que puede ser puesta en cuestión y mejorada mediante un trabajo cooperativo?, ¿aceptará el profesorado universitario abandonar la anécdota personal y las charlas de café como instrumentos de justificación de los problemas de enseñanza para pasar a tener en cuenta la bibliografía de la investigación al respecto?. Nuestra experiencia en España y en Chile y, las referencias de otros países como Argentina, Brasil, Alemania, Francia y Estados Unidos, entre otros, parecen indicar que el profesorado ha sido reticente en el pasado, pero se está mostrando cada vez más receptivo

poseen muchas de las preconcepciones más estudiadas e ignoran el papel que juegan como barreras en el conocimiento científico. Por ejemplo, en el trabajo de F. Tarín (2000)⁽²⁷⁾ se indica que en una muestra de 38 Masteres en Física y Química que realizaban el curso de C.A.P. sólo 7 (18 %) creían conveniente considerar las ideas previas de los estudiantes al introducir el concepto de energía.

Del mismo modo, los recién Masteres que realizan el C.A.P. reconocen que no se les ha enseñado a enfrentarse a problemas: la enseñanza de resolución de problemas que es una actividad clave en el aprendizaje de la Física, suele basarse en la explicación por el profesor de algunos ejemplos, de un modo lineal, seguro, sólo posible en quien aborda una situación ya conocida y no en un verdadero problema^(28,29).

Los ejemplos anteriores y otras evidencias obtenidas por la investigación en Didáctica de las Ciencias que podríamos seguir enumerando, ponen de manifiesto de forma fundamentada que los comportamientos no se transfieren automáticamente de unos campos de actividad a otros. Se puede ser un notable investigador en, pongamos, Estado Sólido, y al propio tiempo afirmar con contundencia cualquier trivialidad educativa que no resiste un mínimo análisis. Por tanto, se trata, sobre todo, de tomar conciencia de la necesidad de una actitud reflexiva, de cuestionamiento de lo obvio, para tomar conciencia de la necesidad de investigación en Enseñanza de la Física y del cambio didáctico. Lo importante es que los profesores sintamos la necesidad de abordar en profundidad los problemas que plantea el proceso de enseñanza/ aprendizaje de la Física.

a los resultados de su enseñanza en la medida que tiene que hacer frente a las demandas de los estudiantes y de la propia Sociedad.

Estas experiencias están empezando y cuentan como pocos años de experimentación obteniéndose desiguales resultados. Sin embargo, los resultados obtenidos suponen una mejora respecto al sistema habitual de enseñanza y evaluación en la Universidad⁽¹⁰⁾. Actualmente se están empezando diferentes líneas de investigación en Enseñanza de la Física Universitaria que podríamos resumir de la forma siguiente:

A. Investigaciones sobre la enseñanza habitual en la Universidad. En la medida en que la forma de impartir el curso es crucial para la enseñanza universitaria, la investigación didáctica debe centrarse en la eficacia de los mismos. Es plausible que el poco aprendizaje significativo de los estudiantes sea debido en gran medida a la instrucción recibida. En este sentido será necesario realizar un análisis crítico de la enseñanza impartida desde un punto de vista didáctico.

B. Investigaciones relacionadas con la comprensión de la Física por los estudiantes. ¿Cómo se puede mejorar el aprendizaje de la Física logrado por los estudi-

antes?. Esta cuestión está relacionada con el tipo de conocimientos que deben adquirir los estudiantes en el primer ciclo de universidad (capacidad para resolver problemas, capacidad para utilizar las herramientas matemáticas, comprensión significativa de los conceptos y leyes fundamentales).

C. ¿Cómo se puede evaluar la comprensión de los estudiantes?. Parece que los exámenes habituales tienen una validez limitada y otros métodos deberán ser utilizados de manera complementaria.

D. Investigaciones sobre los trabajos prácticos y la utilización de nuevas tecnologías. ¿La utilización de nuevas tecnologías contribuye realmente a un mayor aprendizaje?, ¿en qué medida las prácticas de laboratorio contribuyen a una actitud más positiva y a una mayor comprensión de los conceptos teóricos?. Esta y otras cuestiones deben ser investigadas en el nivel universitario yendo más allá de la impresión subjetiva o la anécdota.

E. Investigaciones sobre las motivaciones e intereses de los estudiantes de Física.

Los problemas relativos a la débil motivación de los estudiantes por elegir estudios de Física en la Universidad juegan un importante papel en las crisis actual de los departamentos de Física. Los métodos de investigación para analizar las actitudes e intereses de los estudiantes han sido desarrollados y validados en múltiples estudios, pero su puesta en práctica se ha realizado casi exclusivamente en niveles de Secundaria.

El papel de la investigación en didáctica de la Física puede ser el de iniciar nuevas y mejores estrategias de enseñanza en las clases de teoría y problemas, así como en las prácticas de laboratorio y, controlar sus efectos tanto en el aprendizaje y comprensión de la Física como en la motivación por su aprendizaje. La investigación en Didáctica de la Física debería impulsar y controlar la calidad de las innovaciones educativas, si los colegas de los departamentos de Física toman conciencia de la necesidad de realizar investigación didáctica en los propios departamentos y de cooperar entre investigadores en didáctica y profesores.

Referencias

- [1] REDISH y RIGDEN (editors), 1997, *The changing role of Physics departments in modern universities*. Proceedings of International Conference on Undergraduate Physics Education, American Institute of Physics, New York.
- [2] TIBERGHIE A., LEONARD JOSSEM E. y BAROJAS J., 1998. *Connecting research in Physics education with teacher education*, edited by International Commission on Physics Education (ICPE).
- [3] GIL, D. y VILCHES, A., 1999, Problemas de la educación científica en la enseñanza secundaria y la universidad: contra las evidencias, *Revista Española de Física* 13(5), 10-15.
- [4] MCDERMOT L., 1993. How we teach and how students learn- A mismatch?, *American Journal of Physics*, 59, 301-315.
- [5] PFUNDT, H. y DUIT, R., 1998. *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education* 6th edition. Kiel. Germany. (Institute for Science Education at the University of Kiel).
- [6] VIENNOT, L. 1996, *Raisonnement en physique*, De Boeck Université, París
- [7] FURIO C. y GUIASOLA J., 1998, Difficulties in learning the concept of electric field, *Science Education*, 82 (4), 511-526.
- [8] NIEDDERER, H. 1999. Recherche et développement en didactique de la physique à l'université; résultats et tendances, *Didaskalia* 14, 95-113
- [9] GUIASOLA J., SALINAS, J., ALMUDÍ J.M. y VELAZCO, S., 2003. Análisis de los procesos de aplicación de las leyes de Gauss y Ampère por estudiantes universitario de España y Argentina. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), pp. 195-206
- [10] PINTÓ, R. y SURINACH S. (editors), *Physics Teacher Education Beyond 2000*, Selected contribution, Elsevier, París
- [11] GABEL, D.L. (editor), 1994, *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, McMillan Publishing Company: New York.
- [12] GUIASOLA, J. y PÉREZ DE EULATE, L. (editores), 2001, *Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada*, Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco: Bilbao. España
- [13] FRASER B.J. y TOBIN K.G. (editors), 1998, *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers: London
- [14] JAQUE, F., 1995, "Deficiencias en los conocimientos de la física al llegar a la Universidad", *Tarbiya* 10, pp. 121-126

- [15] CALATAYUD, M.L., GIL, D. y GIMENO, J.V., 1992, Cuestionando el pensamiento espontáneo del profesorado universitario: ¿las deficiencias de la enseñanza como origen de las dificultades de los estudiantes?, *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 14, 71-81.
- [16] GUIASOLA, J., ALMUDÍ, J.M., CEBERIO, M. Y ZUBIMENDI, J.L., 1998, Estado inicial de los estudiantes en Física General en la E.U.I.T.I, *Documento de trabajo*, Servicio de publicaciones de la EUITI.: San Sebastián. España
- [17] RIVAS, M., 1986, Factores de eficacia escolar: una línea de investigación didáctica, *Bordón* 264, 693-708
- [18] MYERS, R.E. Y FOUTS, J.T., 1992, A cluster análisis of High School science classroom environments and attitudes towards science, *Journal of Research in Science Teaching* 29 (9), 929-937
- [19] WANDERSEE, J.H., MINTZES, J.J. & NOVAK, J.D., 1994. *Research on alternative conceptions in Science*. En D.L. Gabel (eds) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Mcmillan Pub. Co.
- [20] SALINAS, J. CUDMANI, L.D. y PESA, M., 1996. Modos espontáneos de razonar: un análisis de su incidencia sobre el aprendizaje del conocimiento físico a nivel universitario básico. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 209-220.
- [21] GIL D., 1993, Contribución de la historia y filosofía de la ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza /aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, vol 11, nº 2, 197-212
- [22] DUSCHL, R.A., 1990, *Restructuring science education*, In Teacher College Press, Columbia University, New York. Traducción en castellano : *Renovar la Enseñanza de las Ciencias*, Narcea, 1997
- [23] TOBIN, K., TIPPINS, D.J. y GALLARD, A.J. 1994. Research on instructional strategies for teaching science. En Gabel D.L. (eds), 1994 *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Mc Millan Pub. Co
- [24] MCDERMOTT L.C., 1990, A perspective on teacher preparation in physics-otehr sciences: the need for special science courses for teachers, *American Journal of Physics*, 58(8), 734-742
- [25] VIENNOT L, 1997, Former en didactique, former sur le contenu? *Didaskalia*, 10, 75-96
- [26] ALMUDÍ, J.M., 2002, *Introducción del campo magnético en primer ciclo de Universidad: dificultades de aprendizaje y propuesta de enseñanza alternativa de orientación constructivista*, Tesis doctoral, Departamento de Física Aplicada I, Universidad del País Vasco
- [27] Tarín, F., (2000) , *El principio de conservación de la energía y sus implicaciones didácticas*, Tesis doctoral, Departamento de didáctica de las Ciencias Experimentales, Universitat de Valencia
- [28] GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J.; 1984. Problem solving in physics: a critical analysis, *In Research on Physics Education*, Paris,: CNRS editors
- [29] GIL D., FURIÓ C., VALDÉS P., SALINAS J., MARTÍNEZ-TORREGROSA J., GUIASOLA J., GONZÁLEZ J., DUMAS-CARRÉ A., GOFARD M. Y PESSOA DE CARVALHO A., 1999, ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?, *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320