

ESTUDIO DE LAS DIFICULTADES A LAS QUE SE ENFRENTAN LOS ESTUDIANTES DE CIENCIAS E INGENIERÍAS EN LOS CURSOS INTRODUCTORIOS DE FÍSICA EN LA UNIVERSIDAD

*María del Carmen Pérez de Landazábal^(1,2); José C. Otero⁽²⁾;
Ascensión Macías⁽³⁾; Susana B. Pandiella⁽³⁾; Nora Nappa⁽³⁾;
Paulo Godoy⁽³⁾ y Grupo ACEM⁽⁴⁾*

1: Consejo de Investigaciones Científicas (España) y 2: Departamento de Física (Universidad de Alcalá) Madrid, España

3: Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Universidad Nacional de San Juan
carmenperez@uah.es; joseotero@uah.es; amacias@ffha.unsj.edu.ar; noranappa@yahoo.com.ar

4: Grupo ACEM: Coordinadores: J. Otero y M. C. P. Landazábal (Universidad de Alcalá, España) e integrado por A. Macías, N. Nappa, S. Pandiella y P. Godoy (Universidad de San Juan, Argentina); J. Benegas y M. Villegas (Universidad de San Luis, Argentina); W. Ahumada y R. Espejo (Universidad Católica del Norte, Chile); J. S. Cabrera (Universidad de Pinar del Río, Cuba); S. Seballos (Universidad de Santiago, Chile) y H. Alarcón y G. Zavala (Instituto Tecnológico de Monterrey, México).

Study of the Difficulties Shown by Students of Science and Engineering in the Introductory Courses of Physics at the University

Abstract

The present framework of the international cooperation between universities and institutions of higher education is based on the complementarity of their capacities to do activities together and on their association for mutual benefit. In line with this idea, a group of researchers from Ibero-american universities has been constituted with the aim of investigating the difficulties of the students who are attending the introductory courses in the university careers of Science and Technology. The objective of this work is to establish a more precise profile of these students because they have to adapt adequately to the requirements of the universities that take part in the project. The aim is

to set up clear criteria about the scientific competency that students should develop in secondary school level in order to avoid the difficulties that have been detected when they enter university. For higher education, the purpose is the inclusion of teaching strategies in Physics which contribute to the reversal of the present situation. To fulfil the first objective, validated tests (knowledge and skills) have been applied in the different courses in two instances: the first, when students attend the introductory physics course at the university and, the second, after they finish the course mentioned. The results obtained in universities from Argentina, Chile, Cuba, Spain and Mexico during the years 2006 to 2008 show the persistence of non-scientific models when the students finish the courses, with a slight differences between the universities and the countries. To fulfil the second objective, an active methodology was applied for the teaching of topics of kinematics and dynamics at Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) during the 2008 course. The investigations conducted up to now constitute sources of information which allow the proposal of guidelines for the improvement of scientific teaching in the pre-university and basic university levels. This paper presents some results, which have been obtained from the some of the samples from the different Ibero-american universities, related to the students' performance in the conceptual and procedural dimensions as well as in the metacognitive skills. At the same time, the results obtained at the UNSJ, which applied an active methodology, are compared with those obtained by one of the universities which applied a traditional expository methodology.

Key words: introductory Physics; conceptual knowledge; procedural knowledge; metacognitive skills.

Resumen

La base actual de la cooperación internacional entre las universidades e instituciones de educación superior se basa en la complementariedad de sus capacidades para la realización de actividades conjuntas y en la asociación para el beneficio mutuo. En línea con esta idea se ha constituido un grupo de investigadores de universidades de Iberoamérica para abordar el estudio de las dificultades que encuentran los estudiantes en los cursos introductorios de las carreras universitarias en Ciencias y Tecnología.

El objetivo del trabajo es establecer un perfil más preciso del alumno ingresante, que debe adaptarse adecuadamente a las características exigidas por las universidades iberoamericanas que participan en el proyecto. Se pretende establecer criterios claros sobre las competencias

científicas que deberían desarrollar los alumnos durante la etapa de Secundaria para que al ingresar en la universidad no encuentren las dificultades detectadas. Para el nivel superior, el objetivo es la incorporación de estrategias de enseñanza en Física que colaboren para revertir la actual situación.

Para cubrir el primer objetivo, se han aplicado pruebas validadas (de conocimientos y de destrezas) en los diferentes cursos, en dos instancias: la primera al iniciar los estudiantes su primer curso de física en la universidad y la segunda después de concluir dicho curso introductorio. Los resultados recabados durante los años 2006 al 2008 en universidades de Argentina, Chile, Cuba, España y México muestran la persistencia de modelos no científicos al finalizar los cursos, con poca diferenciación entre universidades y países. Para cubrir el segundo objetivo, en la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) se aplicó durante el curso 2008 una metodología activa de enseñanza en temas de Cinemática y Dinámica.

Las investigaciones realizadas, hasta el momento, son fuentes de información para proponer pautas para la mejora de la enseñanza científica en el nivel preuniversitario y universitario básico. En esta ponencia presentamos resultados logrados en algunas de las diferentes universidades Iberoamericanas en relación al desempeño de los alumnos que integran la muestra, tanto en la dimensión conceptual, procedimental y de habilidades metacognitivas. Así mismo se comparan los resultados obtenidos por la UNSJ cuando utiliza una metodología activa con los obtenidos por una de las universidades que trabajó con una metodología expositiva tradicional.

Palabras clave: Física introductoria; Conocimientos conceptuales; Conocimientos procedimentales; Habilidades metacognitivas.

Fundamentación

El cimiento actual de la cooperación internacional entre las universidades e instituciones de educación superior se basa en la complementariedad de sus capacidades para la realización de actividades conjuntas y en la asociación para el beneficio mutuo. En estos trabajos se elaboran estudios en común, se propician actividades de capacitación y se fomentan redes temáticas de colaboración interuniversitaria (Sebastián, 2002). Algunas de las líneas de investigación están dándose en el estudio

sobre los marcados niveles de fracaso de los estudiantes, según indicadores tales como tasas de deserción y de alargamiento de los estudios, entre otros. Por ello, estos temas, están instalados en el centro de la agenda educativa y se constituyen en eje de la preocupación de las decisiones político-educacionales (Mazzitelli y Aparicio, 2007). Los temas que se abordan son diversos, algunos de ellos están referidos a: las tasas e índices de deserción, repitencia, retención, relación docente-alumnos, tecnologías de uso educativo, entre otros. A modo de ejemplo citamos las investigaciones de Cabrera et al., 2006; Pérez de Landazábal et al., 2006; Macías et al., 2007, Álvarez Villar et al., 2007, entre otros, en los que se trata de identificar los factores relacionados con la formación de los alumnos que acceden a la universidad y que influyen en el fracaso en asignaturas de Ciencias en cursos introductorios universitarios. El perfil real de los alumnos que ingresan no es el esperado: cuentan con una preparación inicial insuficiente, muestran desinterés por la materia y presentan problemas de razonamiento, etc. (Pérez de Landazábal et al., 2007). Todo ello puede ser debido al uso en los cursos preuniversitarios de metodologías y evaluaciones inadecuadas, centradas en los contenidos y basadas principalmente en la memorización.

Frente a la situación planteada, la tarea docente, en los primeros años en las diferentes carreras de Ciencias y Tecnología en la Universidad, se presenta compleja y difícil. Algunos de los inconvenientes radican en que los estudiantes cuentan con conocimientos que provienen de la vida cotidiana y que se hallan en contradicción con las ideas de la Física. Estos esquemas o ideas alternativas son resistentes al cambio, incluso después de que los estudiantes han recibido cursos de Física (McDermott, 1984).

Los contenidos conceptuales no son los únicos que preocupan, sino también los contenidos procedimentales con que los estudiantes acceden a la universidad. Estos contenidos son los referidos al

“saber hacer” y pueden consistir en acciones sencillas como, por ejemplo, poner en funcionamiento un cronómetro o en otras más complejas como elaborar una hipótesis, identificar la variable independiente en una experiencia o proponer un buen diseño experimental controlando las variables pertinentes. La importancia que tienen las destrezas de pensamiento en el aprendizaje y la comprensión de cualquier disciplina es muy significativa, porque aprender y hacer Ciencia implica comprender lo que están haciendo y aprendiendo (Boadas, 2001).

Las deficiencias en los conocimientos conceptuales y procedimentales se ven acrecentadas con el pobre dominio de estrategias metacognitivas. Los estudiantes pueden mejorar sus aprendizajes si conocen y se dan cuenta de sus propios pensamientos cuando despliegan actividades, las que deben ser pensadas y orientadas para concretar alguna meta u objetivo (Coutinho et al., 2005). Es importante que el sujeto conozca sus propias capacidades, reconozca sus dificultades de comprensión y de razonamiento y que trate de darlas a conocer. Conocidos estos aspectos, el docente puede implementar ayudas que tiendan a que los alumnos gestionen sus propios procesos cognitivos.

En este trabajo presentamos las investigaciones realizadas hasta el momento, donde indagamos sobre los conocimientos conceptuales y procedimentales, y los procesos metacognitivos con los que los alumnos acceden al nivel superior. Estos estudios los realizamos desde diferentes universidades iberoamericanas (Argentina, Chile, Cuba, España y México). Nuestro trabajo consiste en elaborar un perfil más preciso del alumno que ingresa en la universidad, mediante la identificación de alguno de los problemas que tienen dichos alumnos. Esta identificación permitirá influir en la mejora de la enseñanza científica, al establecer criterios claros sobre las competencias científicas en que sería preciso insistir en el nivel preuniversitario porque, siendo consideradas importantes por la investigación

en didáctica de la Física, no han alcanzado al final de esta etapa el nivel de desarrollo necesario en un porcentaje importante de alumnos. En esta presentación sólo damos a conocer parte de esos estudios realizados.

Metodología

Los interrogantes a los que tratamos de responder en esta investigación son: ¿Con qué conocimientos conceptuales y procedimentales ingresan los estudiantes a las carreras de Ciencia y Tecnología en la universidad? ¿Cómo evolucionan los conocimientos conceptuales y procedimentales después de la instrucción en un primer curso de Física? Para esto, en una primera fase del trabajo seleccionamos las variables de entrada relacionadas con la formación de los alumnos que acceden a la universidad: conocimientos conceptuales, procedimentales y procesos metacognitivos. Este diagnóstico ha sido realizado sobre las condiciones iniciales antes de cursar Física en la universidad y luego analizamos el cambio producido como resultado de los estudios efectuados en la asignatura de Física del primer curso universitario.

Como resultado de la información obtenida en los dos primeros cursos de la investigación (2006 y 2007), en el curso 2008 se efectuó en la UNSJ la implementación de una metodología activa en el aula. Así, algunas actividades teóricas y de ejercitación de problemas a cargo del profesor fueron reemplazadas por actividades de la estrategia “Tutoriales para Física Introdutoria” (McDermott y Shaffer, 2001). Tutoriales es un material didáctico desarrollado a partir de estudios de dificultades características de aprendizaje y sigue esencialmente el principio de determinar el conocimiento inicial y enseñar en consecuencia. Los temas tratados según esta estrategia fueron Cinemática y Dinámica de la partícula.

Como una primera medida para valorar la eficacia didáctica de esta estrategia, se ha efectuado una comparación de los resultados con los obtenidos por la propia UNSJ en cursos anteriores y por la Universidad de Alcalá (UAH). Se trata de un diseño pre-experimental, ya que el único control realizado fue la aplicación de las mismas pruebas como pre y post-test, en ambas Universidades y en los diferentes cursos.

La valoración del aprendizaje realizado durante el curso se realiza a partir del coeficiente de Hake, que confronta los resultados de pruebas de conocimientos (antes y después) y se vale de lo que denomina ganancia normalizada promedio $\langle g \rangle$.

$$\langle g \rangle = (\langle \text{Post} \rangle - \langle \text{Pre} \rangle) / (1 - \langle \text{Pre} \rangle)$$

Este índice permite cotejar ambas pruebas con los siguientes criterios: gran ganancia ($>0,7$), ganancia media ($0,7 > g > 0,3$) y baja ganancia ($< 0,3$) (Hake, 1998).

Instrumentos de medida

Las pruebas, que han reunido ciertas características educativas, las diseñamos para poder detectar las deficiencias en los aspectos que hemos señalado.

a) Prueba de conocimientos conceptuales y de habilidades metacognitivas

El instrumento de medida consiste en una prueba, de lápiz y papel, que incluye temas básicos de Matemáticas y Física desarrollados en los currícula de las escuelas medias. La prueba contiene preguntas de opción múltiple de respuesta única. Consta de cuatro preguntas de matemáticas (trigonometría, derivadas, ecuación lineal y vectores) y ocho preguntas de

Física (concepto de aceleración, 2ª y 3ª ley de la Dinámica, conceptualización de fuerza y de energía, fuerza en un movimiento vertical, circuitos eléctricos y ley de Coulomb). Además, en la prueba se solicita a los alumnos (en seis ítems) que manifiesten el grado de seguridad en la respuesta dada.

Para la elaboración de las doce preguntas de la prueba hemos tenido en cuenta otras muy conocidas, probadas y desarrolladas en investigaciones sobre concepciones alternativas. Por ejemplo, para Mecánica utilizamos preguntas del Inventario de Concepto de Fuerza (Hestenes et al., 1992); fuerza y energía (Bliss et al., 1988) y tiro vertical (Watts y Zylbersztajn, 1981). Estas preguntas tienen opciones que son concepciones alternativas detectadas en otros estudios (Bao y Redish, 2001).

Las preguntas, donde indagamos el grado de seguridad, nos permite tener una guía para evaluar si tienen confianza en las respuestas que requieren conocimientos conceptuales y conocer si cuentan con dominio de sus propias capacidades cognitivas. La importancia de incluirlas después de dar respuesta a la pregunta conceptual es recomendada porque implica un rápido proceso metacognitivo (Monereo, 2001). En particular se solicita una puntuación de la seguridad en la respuesta, en una escala que se extiende desde 1 (muy poca seguridad en que la respuesta sea correcta) hasta 4 (mucho seguridad en que la respuesta sea correcta).

b) Prueba de conocimientos procedimentales

Para conocer las destrezas con que cuentan los estudiantes, hemos diseñado esta prueba, que también se aplicó antes y después del curso introductorio de Física y que cuenta con 11 preguntas de opción múltiple. Como en el caso anterior, en lo posible se han tomado preguntas ya utilizadas en investigaciones anteriores: así las preguntas relativas a diseños

experimentales (reconocimiento de una hipótesis de trabajo, identificación de las variables dependientes e independientes en un fenómeno físico o control de variables en un experimento) proceden del estudio de Nieda, Cañas y Martín-Díaz (2004) o del Test of the Integrated Science Process Skills (Dillashaw y Okay, 1980; Burns, Okay y Wise, 1985), las preguntas relativas a la interpretación de datos experimentales en forma de tabla o gráfico están tomadas de la taxonomía para la evaluación de las ciencias propuesta por Klopfer (1975) o de las evaluaciones del A Level Physics en Inglaterra (Harland, 1974). A ellas reañadieron cuatro preguntas relativas a estimación de mediciones, manejo de diferentes unidades y representación gráfica de una situación formulada lingüísticamente.

Muestra

La prueba de conocimientos conceptuales se ha aplicado a 1328 alumnos: 263 del curso 2006, 274 del curso 2007 y 1880 del curso 2008 (Otero y Pérez de Landazábal, 2008). Las universidades participantes son: Universidad Nacional de San Juan (UNSJ); Universidad Nacional de San Luis (UNSL); Universidad Católica del Norte, Antofagasta (UCN), (Chile); Universidad de Pinar del Río (UPR, Cuba); Universidad de Santiago de Chile (USACH); Tecnológico de Monterrey (TEC), (México) y Universidad Alcalá (UAH), (España).

La prueba de conocimientos procedimentales se ha aplicado a 1328 alumnos: 502 del curso 2006 de la UNSJ, UCN, USACH y UAH; 32 del curso 2007 (UNSJ) y 102 del curso 2008 (UPR).

La prueba se aplica al iniciar el primer curso universitario de Física y, por tanto, está condicionada al desarrollo de las actividades académicas en cada universidad. En general, la aplicación coincidía con el

primer semestre del primer curso; son excepción las universidades argentinas: en la UNSJ se ha aplicado en el segundo semestre y en parte de la muestra de la UNSL se ha aplicado en el tercer semestre, por ser necesario cursar previamente asignaturas de Matemáticas.

Por otra parte, los antecedentes de materias de Física cursadas por los estudiantes, en el nivel medio, son muy variados de un país a otro y hasta en el mismo país. Otro dato, es que las universidades participantes de esta investigación realizan cursos y pruebas para acceder a ellas. En los mismos incluyen contenidos de Física y Matemáticas, a excepción de la UNSJ donde los contenidos son de Matemática y comprensión de textos.

En este trabajo se presentan, en primer lugar, algunos datos correspondientes al diagnóstico inicial para todas las universidades y, a continuación, se profundiza en los resultados parciales de la UNSJ, Argentina y UAH, España.

Resultados

Resultados de la prueba de conocimientos conceptuales y de habilidades metacognitivas

Los temas de las preguntas relacionados con Mecánica los informamos en el Cuadro 1:

Pregunta	Tema
5	Concepto de aceleración
6	Segunda ley de la Dinámica
7	Principio de acción y reacción
8	Fuerza y energía mecánica
9	Fuerza gravitatoria

Cuadro 1: Temas de las preguntas de la prueba de conocimientos conceptuales.

a) Diagnóstico inicial

En el Gráfico 1 se presentan los resultados del diagnóstico inicial en todas las universidades participantes para tres de los conceptos evaluados: 2ª y 3ª ley de la Dinámica, y conceptualización de fuerza y energía (las dos primeras preguntas están tomadas del FCI y la última de Watts y Zylbersztajn, 1981), y se presentan a continuación.

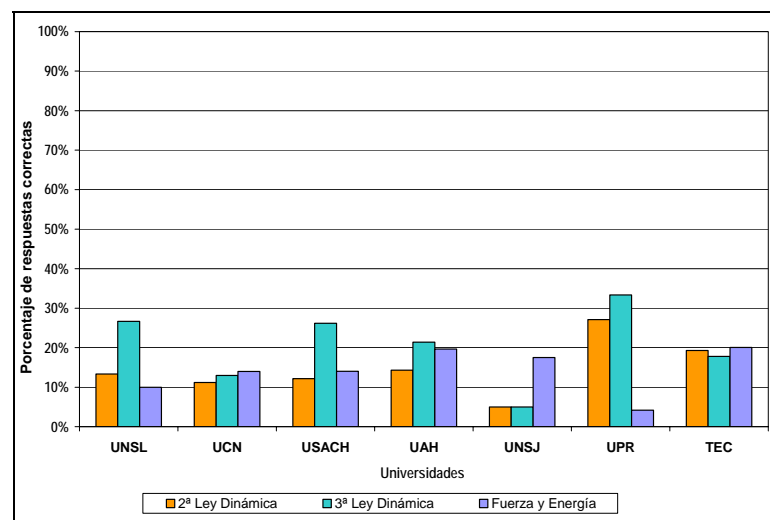


Gráfico 1: Conceptos de mecánica. Diagnóstico inicial

Puede observarse que los resultados son bajos y muy similares en todas las universidades encuestadas, a pesar de las diferencias existentes entre los sistemas educativos de la Educación Secundaria en los países participantes. El porcentaje de respuestas correctas en la 2ª ley de la dinámica, con un valor global del 15%, no supera en ningún caso el 27% y los resultados no son mucho mejores en el caso del principio de acción y reacción, con una media del 20% y un valor máximo del 33%. La discriminación de fuerza y energía –que exige responder correctamente dos cuestiones, una relativa a la fuerza y otra a la energía– alcanza un valor global del 14% y un valor máximo del 20%.

A continuación y a modo de ejemplo, presentamos los resultados comparativos pre/ post-test para algunas preguntas en dos de las universidades evaluadas en los años 2006, 2007 y 2008.

b) Segunda ley de Dinámica

En el caso del concepto vinculado con la Segunda ley de Dinámica la pregunta es:

6. Una mujer va empujando, de manera horizontal, con fuerza constante una caja grande que está colocada sobre el piso. Como resultado, la **caja se mueve sobre el piso horizontal a velocidad constante** " v_0 ". La fuerza horizontal constante aplicada por la mujer:

- a) tiene la misma magnitud (módulo) que el peso de la caja.
- b) es mayor que el peso de la caja.
- c) tiene la misma magnitud (módulo) que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- d) es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- e) es mayor que el peso de la caja y también que la fuerza total que se opone a su movimiento.

Los resultados obtenidos los comunicamos en el Gráfico 2. En el mismo aparece el índice de Hake que nos muestra que después de un curso universitario de Física, siguen los valores bajos de respuestas correctas. Continúan apareciendo modelos equivocados que se detectan en las respuestas que son más frecuentes (la d y la e). En estas opciones los estudiantes muestran la concepción prenewtoniana de que es necesaria una fuerza para mantener un movimiento uniforme y siguen sumando componentes verticales y horizontales.

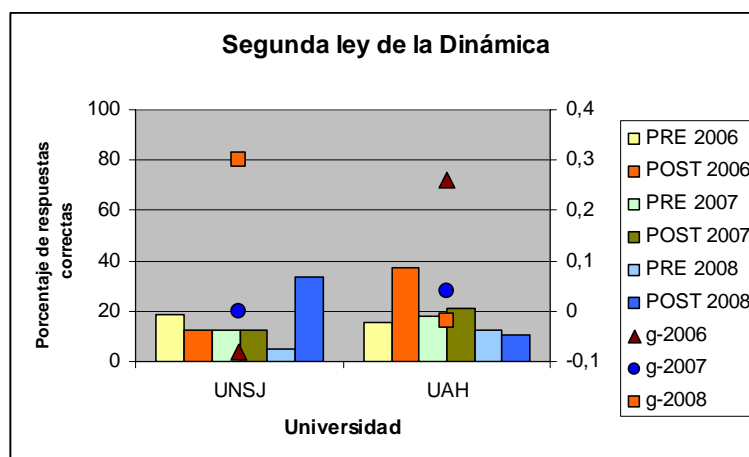


Gráfico 2: Segunda ley de Dinámica. Comparación de datos iniciales y finales.

La ganancia pre/post-test medida por el índice de Hake, que proporciona una idea del aprendizaje medio obtenido por el grupo durante el curso introductorio de Física, es prácticamente nulo en cuatro de los seis cursos analizados. Los valores mayores se dan en la UNSJ 2008 (0,30) y la UAH 2006 (0,26), aunque suponen ganancias muy bajas (el porcentaje de

respuestas correctas a esta pregunta en el post-test no alcanza el 40% en ninguno de los dos casos. Hay una marcada ganancia en el 2008 en la UNSJ donde se han aplicado nuevas metodologías.

c) Tercera ley de la Dinámica

La Tercera ley de la Dinámica está contenida en la pregunta 7, cuyo enunciado es:

7. Un camión grande se avería en la carretera y un pequeño automóvil lo empuja de regreso a la ciudad tal como se muestra en la figura adjunta.



Mientras el automóvil que empuja al camión acelera para alcanzar la velocidad de marcha:

- la magnitud (módulo) de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- la magnitud (módulo) de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- la magnitud (módulo) de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
- ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

En el Gráfico 3 presentamos el análisis comparativo del porcentaje de estudiantes que responde correctamente ambas cuestiones en las dos universidades seleccionadas para esta presentación (UNSJ y UAH):

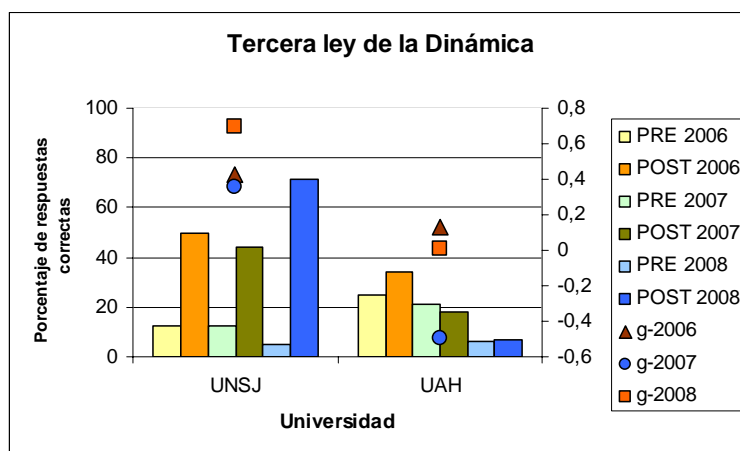


Gráfico 3: Tercera ley de Dinámica. Comparación de datos iniciales y finales.

Los resultados de la Tercera ley de la Dinámica son mejores que los obtenidos en la Segunda ley de la Dinámica, especialmente en la UNSJ en la que alcanzan ganancias de alrededor de 0,40 en los años 2006 y 2007 y de 0,70 en el curso 2008. En cambio las ganancias en la UAH son nulas en 2006 y 2007 e, incluso, aparece una ganancia negativa en el 2007: el porcentaje de respuestas correctas al final del curso universitario fue inferior al obtenido en el diagnóstico inicial.

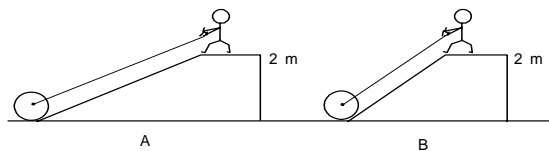
Los resultados obtenidos en el último año para la UNSJ, curso en que se implementó la estrategia de tutoriales para el estudio de la dinámica, corrobora las ventajas de las estrategias de enseñanza basadas en un aprendizaje activo. Es preciso destacar que estos estudiantes iniciaron el estudio del tema con una reflexión, a partir de una serie de ejercicios prácticos, sobre sus concepciones previas relativas al tema. A continuación, contrastaron esas ideas mediante experiencias sencillas, discutiéndolas con sus compañeros y con el profesor, lo que les obligó a una reestructuración de

las mismas. Ese proceso de elaboración no fue efectuado por sus compañeros de los cursos anteriores, ni por los alumnos de la UAH.

d) Conceptualización de fuerza y energía

Otro ejemplo de Mecánica es la pregunta 8 que presentamos a continuación:

8. El dibujo muestra a un hombre que sube con velocidad constante un cilindro pesado desde el suelo hasta una altura de 2 metros, pudiendo utilizar dos rampas. El rozamiento (fricción) rampa-cilindro se considera despreciable. Haga una marca en el recuadro de la respuesta con la que esté de acuerdo:



8.1. ¿En qué caso ejerce el hombre más fuerza?

En A

En B

Igual en los dos casos

8.2. ¿En qué caso se requiere más energía para subir el cilindro hasta la altura de 2 metros?

En A

En B

Igual en los dos casos

En el Gráfico 4 presentamos el porcentaje de estudiantes que responde correctamente ambas cuestiones para las dos universidades y observamos que las ganancias son bajas, salvo para UAH 2006 con un índice de Hake de 0,48 y la UNSJ 2006 con un 0,4 (ganancia media, pero en el límite inferior).

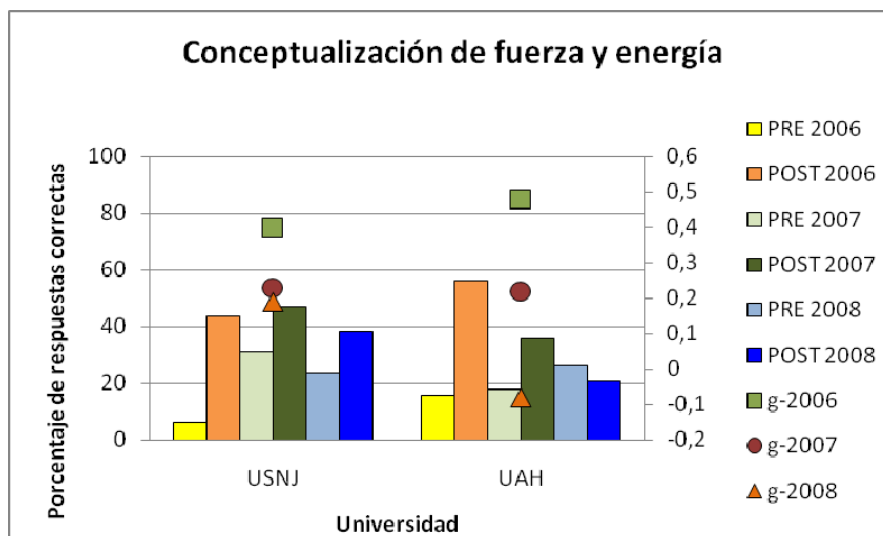


Gráfico 4: Conceptualización de Fuerza y Energía. Comparación de datos iniciales y finales.

Después de cursar en la universidad, aunque mejoran los porcentajes de respuestas correctas en la mayoría de los cursos, se mantienen ciertos conceptos erróneos. Pareciera que el enfoque tradicional del estudio de la energía y su conservación no es eficaz para proporcionar una idea global de este concepto lo cual coincide con los estudios de Pérez de Landazábal y Moreno (1998).

Resultados similares encontramos en el resto de la prueba (Otero y Pérez de Landazábal, 2008), lo que nos permite señalar que la enseñanza en el curso universitario no resulta efectiva para el aprendizaje conceptual, aunque aparecen algunas diferencias entre universidades sobre cuyo origen es preciso seguir investigando.

e) Habilidades metacognitivas

En lo que respecta a las habilidades metacognitivas, se han seleccionado todos los alumnos de ambas universidades (UNSJ y UAH) que en el curso 2006-2007 respondieron correctamente las preguntas analizadas y declaran tener *bastante* o *mucha* seguridad en su respuesta. Los resultados se presentan en el Gráfico 5. El análisis del gráfico muestra que, después de cursar Física introductoria, los estudiantes tienen mayor seguridad en la pregunta 5 (concepto de aceleración) que en la 8.2 (concepto de energía). Es evidente que el tema de energía es más complejo y, a pesar de dar respuestas correctas, tienen dudas de haberlo hecho bien. Estas dudas son el reflejo de que el sujeto no reconoce sus propias capacidades cognitivas para expresar su seguridad en haber respondido en forma correcta.

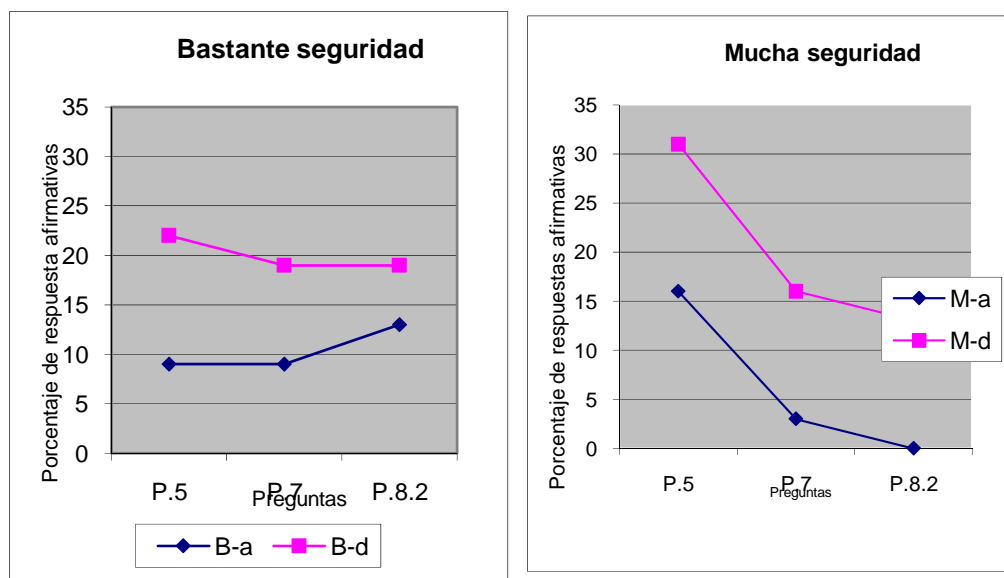


Gráfico 5: Grado de seguridad en los estudiantes que han respondido correctamente las preguntas 5, 7 y 8.2 antes y después del curso introductorio de Física.

Resultados de la prueba de conocimientos procedimentales

En lo referente a los resultados de las pruebas de conocimientos procedimentales, en general, podemos decir que los alumnos tienen dificultades, entre otros, en el uso de las unidades, la diferenciación entre las variables independiente y dependiente, el establecimiento de relaciones de proporcionalidad, la identificación de variables en un gráfico y la representación gráfica de una información proporcionada en forma verbal. A modo de ejemplo presentamos la pregunta D4 referida a la *identificación de variables dependiente e independiente*:

Pregunta D4 - Identificación de variables

María se pregunta si la tierra y los océanos se calientan igualmente por efecto del sol. Para investigarlo llena un cubo con tierra y otro cubo del mismo tamaño con agua. Sitúa cada cubo de modo que ambos reciban la misma cantidad de luz solar. Mide la temperatura en cada uno de ellos desde las 8.00 a.m. hasta las 6.00 p.m. ¿Cuál es la variable dependiente?

- a) Clase de agua echada en el cubo
- b) Temperatura del agua y de la tierra
- c) Tipo de material echado en los cubos
- d) Cantidad de tiempo que cada cubo está al sol

En el Gráfico 6 mostramos los porcentajes de respuestas correctas obtenidos por cada universidad y curso, así como el porcentaje para el total de la muestra en cada curso.

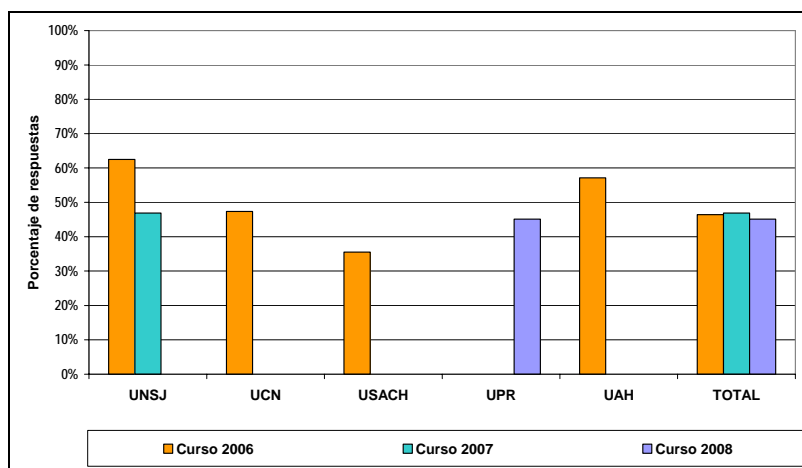


Gráfico 6: Respuestas para las preguntas D4 de la prueba de conocimientos procedimentales

Puede observarse que más de la mitad de la muestra es incapaz de identificar la variable dependiente en un experimento sencillo. Esta dificultad se puede atribuir a la poca experimentación que se tiene en la escuela secundaria y, cuando se hace, en lugar de promover auténticos diseños experimentales, se usan experiencias tipo receta de cocina. No desconocemos que en algunos de los países participantes, en el nivel secundario no cuentan, muchas veces, con laboratorios de experimentación para las Ciencias Naturales.

Conclusiones

Como síntesis de los resultados recabados, en ambas pruebas se detecta que en la enseñanza secundaria no se consiguen desarrollar competencias importantes y necesarias para desenvolverse en la universidad. Además, después de cursar en la universidad una Física introductoria, persisten muchas de las ideas alternativas y de las deficiencias

procedimentales iniciales. Los índices de Hake, que expresan las ganancias intrínsecas entre los resultados de la prueba inicial y la prueba final, son bajos. Los ejemplos presentados en este trabajo pueden generalizarse para el resto de universidades dado que, en general, no hay diferencias significativas. Los estudiantes cometen los mismos fallos, se reiteran confusiones conceptuales como, por ejemplo, de los conceptos de velocidad y aceleración o de fuerza y energía. En lo procedimental destacan las dificultades en identificar cuál es la representación gráfica de una información proporcionada en forma verbal o reconocer la ecuación matemática (una simple proporción directa $y = k.x$) que corresponde a una tabla de datos: capacidad que cualquier profesor universitario da por supuesto en sus explicaciones.

La experiencia efectuada en el curso 2008 en la UNSJ, dentro de sus limitaciones, refuerza los resultados mostrados por la investigación didáctica (McDermott, 2001; McDermott y Redish, 1999) de que la implementación de estrategias activas en el proceso de enseñanza y de aprendizaje, como es el caso de los Tutoriales, permite que los estudiantes alcancen mejores resultados. Con esto se coincide con los informes de la OECD (2008) que aconseja dejar el modelo tradicional de enseñanza apostando por otro más homogéneo internacionalmente, centrado en el fomento de las competencias científicas y tecnológicas.

Otra de las dimensiones indagadas en este estudio ha sido analizar la valoración conceptual de los estudiantes con los conocimientos metacognitivos que tienen. Esto nos ha proporcionado una visión útil para la investigación, porque aunque a veces los sujetos son capaces de interpretar en forma fidedigna y dar respuestas válidas, no alcanzan el control de sus conceptualizaciones de la Física, es decir que no son conscientes de sus propios procesos metacognitivos. Los estudiantes deberían ser consciente de sus aprendizajes para que vayan configurando un nuevo tipo de conocimiento, el *conocimiento-saber metacognitivo* (Hugo y Sanmartí, 2003).

Teniendo como referencia los resultados obtenidos, estamos dando paso a la otra etapa del trabajo de este proyecto que es incidir en la reforma metodológica de los cursos introductorios en la Universidad. Para ello ya estamos incorporando nuevas metodologías como son: tutoriales, trabajo en pequeños grupos, estrategias activas de aprendizaje, entre otras. Lo hacemos sin perder de vista las deficiencias encontradas. El paso posterior es concretar otra de las etapas que consiste en poder influir en la mejora de la enseñanza científica en el nivel preuniversitario, generando propuestas desde nuestras investigaciones.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez Villar, W.; Lacués, E.; Pagano, M.; Czer, A.; Isolabella, W. Y Uliá Leymoní, G. (2007). La matemática al ingreso en la universidad. Un estudio comparativo de cuatro Facultades en el Uruguay. *Revista Iberoamericana de Educación* n.º 42/4.
- Bao, L. & Redish, E. F. (2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. En *Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl.* 69 -7, pp: 45-53.
- Bliss, J., Morrison, I. and Ogborn, J. (1988). A longitudinal study of dynamics concepts. *International Journal of Science Education* 10 (1), 99-110.
- Boadas, E. (2001). La enseñanza estratégica de las ciencias naturales en Monereo, C (Coord.). *Ser estratégico y autónomo aprendiendo*. Ed. GRAÓ. Barcelona. España.
- Burns, J.C., Okay, J.R. & Wise, K.C. (1985). Development o an Integrated Process Skill Test: TIPS II. *Journal of Research Science Teaching* 22 (2), pp. 169-177.
- Cabrera, L.; Bethencourt, J. T.; Álvarez Pérez, P. y González Alfonso, M. (2006). El problema del abandono de los estudios universitarios. *RELIEVE*, v. 12, n. 2. http://www.uv.es/RELIEVE/v12n2/RELIEVEv12n2_1.htm Consultado en (marzo, 2007).
- Coutinho, S.; Wiemer-Hastings, K.; Skowronski, J. J. y Britt M. A. (2005). Metacognition, need for cognition and use of explanations during ongoing learning and problem solving. *Learning And Individual Differences* 15 Pp 321–337.
- Dillashaw, F.G. & Okay, J.R. (1980). Test of the Integrated Science Process Skills. *Science Education* 64 (5), pp. 601-608.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-students-survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66, 67-74.
- Harland, D.B. (1974). *Comprehension and Data Assessment Tests in A-Level Physics*. London: Edward Arnold, pp. 91-96.
- Hestenes D., Wells M. and Swackhamer G. (1992). Force Concept Inventory. En *The Physics Teacher* 30 (3), p.141-158.
- Hugo, D. V. y Sanmartí, N. (2003). Intentando consensuar con futuras profesoras de ciencias los objetos y criterios de su evaluación. *Enseñanza de las Ciencias* 21 (1) pp 445-462.

- Klopfer, L.E. (1975). La evaluación del aprendizaje en Ciencia. En Bloom, Hasting y Madaus (eds.) *Evaluación del aprendizaje*, pp. 93-220. Buenos Aires: Troquel.
- Macías, A; Pandiella, S.; Nappa, N.; Godoy, P.; Pérez de Landazábal, M. del C. y GRUPO MDC (2007). Fortalezas y debilidades en conocimientos y destrezas de los estudiantes universitarios en los cursos introductorios de Física. *II Jornadas Nacionales y I Latinoamericanas de Pedagogía Universitaria. Enseñar y aprender en la Universidad* (Organizado por la Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires). Publicado en las memorias (CD).
- Mazzitelli, C. y Aparicio, M. (2007). Del conocimiento cotidiano al Conocimiento científico. Estrategias para la identificación de procesos cognitivos y de estructuras conceptuales que interfieren en el aprendizaje. Editorial de la Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes – UNSJ.
- McDermott, L. C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, 37, 24-32.
- McDermott, L.C. (2001). Oersted Medal Lecture 2001: Physics education research: The key to student learning, *American Journal of Physics* 69 (11) 1127-1137.
- McDermott, L.C. y Redish, F. (1999), Resource Letter: PER-1: Physics Education Research, *American Journal of Physics* 67 (9) 755-767
- McDermott, L.C. y Shaffer, P.S. (2001). *Tutoriales en Física Introdutoria*. Buenos Aires: Prentice Hall.
- Monereo, C. (2001). *Ser estratégico y autónomo aprendiendo*. España: Editorial Graó.
- Nieda, J., Cañas, A. y Martín-Díaz, M.J. (2004). *Actividades para evaluar Ciencias en Secundaria*. Madrid: A. Machado Libros.
- OECD (2008). <http://www.oecd.org/dataoecd/39/19/40556222.pdf> (consultado 02/05/2009)
- Otero, J. C. y Pérez de Landazábal, M. del C: (2007). Informe del proyecto.
- Pérez de Landazabal, M. del C. Moreno Rebollo, J, M. (1998). *Evaluación de dificultades en el aprendizaje de Física y Química en el Segundo Ciclo de la Eso*. Madrid: CIDE.
- Pérez de Landazábal, M.C.; Otero, J. C.; Benegas, J.; Villegas, M.; Macías, A; Nappa, N.; Pandiella, S.; Seballo, S.; Ahumada, W.; Espejo, R.; Hidalgo, M.A.; Ruiz, H.; Slisko, J.; Alarcón, H.; Zavala, G. (2006). Identifying relevant prior knowledge and skills in Introductory University Physics courses. Poster presentado en la GIREP Conference

M. d. C. Pérez de Landazábal; J. C. Otero; A. Macías; S. B. Pandiella; N. Nappa; P. Godoy y Grupo ACEM: Estudio de las Dificultades a las que se enfrentan los Estudiantes de Ciencias e Ingenierías en los Cursos Introdutorios de Física en la Universidad

2006, Amsterdam, 20-25 de Agosto. Resumen publicado en las Actas del Congreso, págs. 125-126.

Sebastián, J. (2002). Oportunidades e iniciativas para la cooperación iberoamericana en educación superior. *Revista Iberoamericana de Educación*. N° 28, pp. 197-229

Watts D. and Zylbersztajn, A. (1981). A survey of some children 'S ideas about force. *Physics Education* 16, 360-365.