

Incomprensiones en el aprendizaje de la mecánica clásica básica

Cristina Wainmaier¹ - Julia Salinas²

¹ Departamento de Ciencias y Tecnología. Universidad Nacional de Quilmes. Argentina
cwainmaier@unq.edu.ar

² Departamento de Física. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología
Universidad Nacional de Tucumán. Argentina
jsalinas@herrera.unt.edu.ar

Este trabajo es un resumen de la Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias (área Física) de la Universidad Nacional de Tucumán, dirigida por la Dra. Julia Salinas, que la MSc. Cristina Wainmaier defendió y aprobó en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la UNT en diciembre de 2003. En la investigación desarrollada se estudia la relación entre la "comprensión conceptual de la mecánica newtoniana" y la "comprensión sobre la naturaleza epistemológica de los conceptos, las leyes, las teorías y los modelos de dicha mecánica", en estudiantes de ciclos básicos de carreras del área científico-tecnológicas. Con una metodología básicamente cuantitativa se estudió la correlación global entre las variables y se controló el nivel de significación. Se realizó además un análisis cualitativo de las respuestas dadas, que permitió identificar incomprensiones conceptuales y epistemológicas concretas, así como posibles relaciones entre aspectos parciales de ambos tipos de incomprensiones.

Palabras Clave: mecánica newtoniana, relación comprensión conceptual - comprensión epistemológica.

This paper is about part of the MS Thesis in Science (Physics) Education of MSc Cristina Wainmaier, presented at Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán (December 2003) and directed by Dra. Julia Salinas, PhD. This research covers the relationship between the "conceptual comprehension of the newtonian mechanics" and the "epistemological comprehension of the nature of concepts, laws, theories and models of newtonian mechanics" for basic science students of university courses. Studies on the global correlation among the previously mentioned variables were carried out using quantitative methodologies with control of the significance level. A qualitative analysis was also carried out on students' answers, which allowed the identification of concrete conceptual and epistemological misconceptions, as well as possible relationships between partial aspects of both types of misconceptions.

Keywords: newtonian mechanics, relationship conceptual comprehension-epistemological comprehension.

Planteo del problema

Desde hace un tiempo estamos interesados en la problemática de la enseñanza y del aprendizaje de la física en los cursos básicos universitarios. Nuestra experiencia docente viene revelando las serias dificultades que tienen los estudiantes para lograr un aprendizaje comprensivo de conceptos básicos y leyes reiteradamente enseñadas (Wainmaier et al., 1998; Wainmaier y Salinas, 2000). En el mismo sentido diferentes investigaciones mues-

tran una brecha importante entre el nivel de los conocimientos cuyo aprendizaje se pretende y el nivel de conocimiento alcanzado (Viennot, 1982; Mc Dermott, 1993; Pesa, 1997).

Ante esta problemática nos preguntamos: *¿qué factores podrían ayudar a comprender y a superar el problema planteado por la inadecuada comprensión de la física que alcanzan los estudiantes universitarios?*

De los diversos factores cuya influencia cabría en principio conjeturar y controlar desde una concepción constructivista sobre el apren-

dizaje de las ciencias, la “*comprensión por parte de los estudiantes de la naturaleza epistemológica del conocimiento que se enseña*” se destacaba, tanto por una fuerte motivación personal, como por el reconocimiento de numerosos investigadores que la consideran una dimensión potencialmente relevante para el aprendizaje de las ciencias (Hodson, 1988; Matthews, 1992; Gil, 1993; Duschl, 1997).

Como el estudio de la relación entre el aprendizaje de la física y las concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza del conocimiento que se enseña abarca una problemática excesivamente amplia, decidimos acotar el problema. Nos interesamos en dar respuesta a la pregunta: “*En ciclos básicos universitarios de carreras del área científico-tecnológica, ¿hay relación entre la comprensión de los estudiantes sobre el cuerpo conceptual de la mecánica newtoniana, y la comprensión sobre la naturaleza epistemológica de los conceptos, las leyes, las teorías y los modelos de dicha mecánica?*”.

Para dar respuesta a esta pregunta tomamos aportes de la investigación educativa en ciencias, con fuertes componentes de la psicología cognitiva del aprendizaje y de la filosofía e historia de la ciencia. En este ámbito se sostiene que el saber científico resulta de la interrelación de diversos aspectos de índole conceptual, metodológica, axiológica, epistemológica y ontológica (Salinas et al., 2000). En el campo de la enseñanza de la Física esto implica que para aproximar a los estudiantes a un aprendizaje comprensivo, los aspectos conceptuales y extra-conceptuales deben ser incorporados a la instrucción de manera integrada, como en la síntesis que ellos conforman en la Física (Gil et al., 1991; Salinas, 1991).

Bajo estas consideraciones se vienen desarrollando investigaciones centradas en estudiar la relación entre aspectos conceptuales y extra-conceptuales en la enseñanza y en el aprendizaje de la física. En este ámbito se ha hipotetizado, en particular, que las dificultades en el aprendizaje de la física pueden relacionarse con una inadecuada comprensión acerca de la naturaleza del conocimiento científico. El reconocimiento de que el saber de la física tiene características distintivas, que lo

diferencian del saber que las personas elaboramos espontáneamente en la interacción con el mundo natural y social, sugiere que una adecuada comprensión del cuerpo de conocimiento de la disciplina requiere de una enseñanza que no se reduzca a los aspectos conceptuales. En particular, requeriría de una adecuada comprensión de las concepciones epistemológicas que actúan como moldes en el proceso de su elaboración y validación (Gil, 1993; Salinas et al., 1995).

La experiencia docente y el marco teórico que sustenta esta investigación han conducido a la formulación de la siguiente hipótesis de trabajo: “*Una adecuada comprensión del cuerpo conceptual de la mecánica newtoniana, por parte de estudiantes de ciclos básicos universitarios de carreras del área científico-tecnológica, está vinculada a una adecuada comprensión de la naturaleza epistemológica de los conceptos, las leyes, las teorías y los modelos de dicha mecánica*”.

Desde el campo de la investigación educativa en ciencias se han relevado visiones de los estudiantes sobre la ciencia y se han detectado incomprensiones relativas a la naturaleza de la labor y del conocimiento científico (Aikenhead, 1973; Cudmani y Salinas, 1991; Turski, 1995). Se ha señalado que las concepciones epistemológicas que tienen los estudiantes sobre la ciencia están vinculadas con las concepciones sobre cómo se aprende el conocimiento científico y con las estrategias empleadas para aprender (Linder, 1993; Campanario y Moya, 1999). Se incrementa el consenso respecto de que los estudiantes no sólo tienen concepciones ingenuas relacionadas con la materia en estudio, sino también visiones epistemológicas ingenuas (Grosslight et al., 1991). Algunos investigadores destacan que las visiones epistemológicas de los estudiantes aparecen como una variable significativa en el aprendizaje (Lederman, 1992; Duschl y Hamilton, 1998) y que debería producirse un cambio en estas visiones epistemológicas si se pretende que los estudiantes comprendan las teorías científicas específicas (Mortimer, 1995). Sin embargo, hasta el momento, ha habido relativamente poco análisis teórico-experimental sistemático de la relación entre las visiones epistemológicas de los estudiantes sobre las

ciencias y el aprendizaje de las mismas, mucho menos en el campo de la educación universitaria. Los trabajos son escasos, la mayoría para el nivel medio, con resultados no coincidentes, y los autores alertan sobre la complejidad de esta relación (Songer y Linn, 1991; Strike y Posner, 1991; Guridi y Salinas, 1999; Halloun y Hestenes, 1998).

Aspectos metodológicos

Referición operativa de las variables

Para poder controlar empíricamente la hipótesis, procedimos a identificar correspondencias de las variables “comprensión del cuerpo conceptual de la mecánica newtoniana” (CC) y “comprensión de aspectos metodológicos de dicha mecánica” (CE), con posibles modos de medirlas.

Por ejemplo, Coll y otros (1994) mencionan que el aprendizaje conceptual puede evaluarse mediante la definición del significado, el reconocimiento de la definición, la exposición temática, la identificación y categorización de ejemplos, la aplicación a la solución de problemas... Cada uno de esos procedimientos establece un correlato particular entre un término teórico y un término observacional, entre una idea y un referente real, entre un concepto y una operación.

Bunge (1985) explica que no corresponde caracterizarlos como “definiciones operativas” sino como “referencias operativas”, porque las definiciones establecen equivalencias entre signos o conceptos, y aquí lo que se está estableciendo son correspondencias entre dados conceptos y sus correlatos.

En nuestro caso, para la referición de las variables CC y CE nos fueron útiles operativizaciones como las realizadas por Bloom et al. (1975), en el sentido de que de ellas se extrajo la idea de establecer dimensiones (categorías fundamentales de capacidades que se espera que alcancen los estudiantes) y subdimensiones (definen comportamientos que permiten establecer el tipo de aprendizajes que se espera que los estudiantes alcancen con relación a las capacidades indicadas en las dimensiones) para estas nociones. La traducción a compor-

tamientos de cada una de estas subdimensiones brinda el enunciado de las hipótesis derivadas a contrastar y quedan así referidas operativamente las variables a controlar.

Hemos destinado otros trabajos, específicamente, a la profundización y justificación de los aportes recogidos de la “Pedagogía por Objetivos”, y a la identificación fundamentada de las dimensiones adoptadas para las variables CC (Wainmaier y Salinas, 2002a) y CE (Wainmaier y Salinas, 2002b).

La pedagogía por objetivos ha sido severamente cuestionada, y con justicia se ha dicho que resalta el valor de los *objetivos en la enseñanza* más que el valor de los *objetivos de la enseñanza*, que su misión básica es *tecnificar el proceso educativo*, que su preocupación es más *técnica* que *de fines*, que tiene como justificación metodológica el *experimentalismo de base positivista*, que se apoya en el *conductismo psicológico*, que se presenta como un modo de *asegurar la cientificidad y la neutralidad* de la educación, que en la búsqueda de precisión *pierde el sentido de la unidad y complejidad* del fenómeno educativo (Gimeno Sacristán, 1994).

Todas estas críticas, que compartimos, apuntan a la crisis, reconocida, del paradigma (conductista en lo psicológico, positivista en lo epistemológico, eficientista y tecnicista -más que tecnológico- en lo metodológico) en el que se apoya la pedagogía por objetivos. Pero ellas no debieran traducirse en un rechazo a la pretensión racional de explicitar los objetivos, que tienen un sentido orientador y deben ser considerados en interrelación con otros elementos de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

En este estudio se retomó la idea, característica de la pedagogía por objetivos, de establecer dimensiones (categorías fundamentales de capacidades que se espera que alcancen los estudiantes) y subdimensiones (comportamientos asociados a las capacidades indicadas en las dimensiones) para las nociones “CC” y “CE”. Se lo ha hecho desde una perspectiva psicológica “constructivista”, una orientación epistemológica de “realismo científico” y una visión metodológica “integradora de estrategias cualitativas y cuantitativas”.

Variable CC

En este caso distinguimos cuatro dimensiones fundamentales, para las que hemos definido doce subdimensiones (Wainmaier y Salinas, 2002a). Son el resultado de aportes de diferentes autores interesados en identificar actividades mentales o conductas asociados al aprendizaje del cuerpo de saberes de la ciencia, privilegiando aspectos que nos parecen más relevantes para caracterizar la comprensión del cuerpo conceptual de la mecánica newtoniana a nivel básico de carreras científico-tecnológicas.

Consideramos, así, que un estudiante universitario que ha adquirido una adecuada comprensión del cuerpo conceptual de la mecánica newtoniana, debe ser capaz de:

1. Diferenciar conceptos y leyes, vale decir:
 - 1.a. Explicar diferencias entre significados de conceptos afines.
 - 1.b. Reconocer el significado de leyes y conceptos.
 - 1.c. Exponer sobre un área conceptual.
 - 1.d. Generar ejemplos.
2. Integrar conceptos (en leyes) y leyes (en teorías), vale decir:
 - 2.a. Identificar conceptos y leyes válidas en una situación.
 - 2.b. Identificar conceptos y leyes válidas en un contexto “nuevo”.
3. Transferir conceptos y leyes lateral y verticalmente, vale decir:
 - 3.a. Traducir un concepto o ley de una forma simbólica a otra.
 - 3.b. Solucionar situaciones problemáticas similares a las vistas.
 - 3.c. Solucionar situaciones problemáticas “nuevas”.
4. Relacionar teorización y comportamiento fáctico, vale decir:
 - 4.a. Reconocer modelos, supuestos, límites de validez.
 - 4.b. Explicar verbalmente condiciones de validez de leyes.
 - 4.c. Reconocer condiciones de validez de leyes.

Variable CE

En este caso, el campo para sondear era po-

tencialmente muy amplio. Por ejemplo Strike y Posner (1991) y Leach et al. (1997) han explorado aspectos tales como el rol asignado por los estudiantes a la evidencia empírica en el control y generación de conocimiento, aspectos vinculados con el progreso de la ciencia y visiones acerca de la comunidad científica. Guridi (1999) analiza el tipo de realismo que sostienen los estudiantes, las visiones acerca de la metodología de la ciencia y acerca de características del conocimiento científico (transferibilidad, perfectibilidad y carácter colectivo del conocimiento científico). Vázquez y Manassero (1999) exploran creencias respecto de: la naturaleza de los modelos y de los esquemas de clasificación de las ciencias, el carácter provisional del conocimiento científico, la naturaleza del método científico, las influencias sociales sobre los científicos y las causas de las discrepancias entre científicos con relación a valores y motivaciones. Halloun y Hestenes (1998) analizan las visiones respecto de: la estructura del conocimiento científico (trasciende los hechos), la metodología (carácter sistemático y general, rol de la matemática) y la veracidad (carácter aproximado, tentativo y refutable).

Nosotros hemos centrado la atención en algunos de estos aspectos, incorporando otros que consideramos especialmente significativos a partir de la experiencia docente y del marco teórico adoptado. Esto ha conducido a la identificación de cuatro dimensiones y ocho subdimensiones en la variable CE (Wainmaier y Salinas, 2002b), resultantes de aportes de autores como los recién mencionados, y de la identificación de aspectos que nos parecen relevantes para caracterizar la comprensión de la naturaleza epistemológica de conceptos, leyes, teorías y modelos de la mecánica newtoniana a nivel básico de carreras científico-tecnológicas.

Consideramos, así, que un estudiante universitario que ha adquirido una adecuada comprensión de la naturaleza epistemológica de los conceptos, las leyes, las teorías y los modelos de la mecánica newtoniana, debe ser capaz de:

1. Respecto de la naturaleza epistemológica de los conceptos científicos:

- 1.a. Identificar características relevantes de los conceptos.
- 1.b. Reconocer la interrelación entre conceptos y leyes.
2. Respecto de la naturaleza epistemológica de las leyes científicas:
 - 2.a. Reconocer la función de las leyes.
 - 2.b. Identificar características relevantes de las leyes.
3. Respecto de la naturaleza epistemológica de las teorías científicas:
 - 3.a. Reconocer la relación entre leyes y teorías.
 - 3.b. Identificar características relevantes de las teorías.
4. Respecto de la naturaleza epistemológica de los modelos científicos:
 - 4.a. Reconocer a los modelos como los referentes inmediatos de las leyes y teorías.
 - 4.b. Reconocer la incidencia de los modelos sobre las condiciones de validez de leyes y teorías.

Instrumentos de sondeo

Para evaluar las variables CC y CE decidimos elaborar cuestionarios para comprensión conceptual y encuestas para comprensión epistemológica. Diseñamos dos versiones de cada uno de estos instrumentos a fin de limitar las posibles contaminaciones entre las respuestas. Intentamos que las cuestiones planteadas en ambas versiones de un mismo instrumento apuntaran a objetivos análogos y presentaran grado de dificultad similares.

Para diseñar los instrumentos de medición se analizaron enunciados empleados en otros trabajos de investigación, con poblaciones estudiantiles similares, sobre aspectos conceptuales de la mecánica newtoniana y aspectos asociados a la naturaleza epistemológica de conceptos, leyes, teorías y modelos de dicha teoría. De este modo algunos de los enunciados empleados reconocen antecedentes en otras investigaciones, otros en nuestra propia práctica y otros fueron elaborados específicamente para esta indagación.

Definimos algunos criterios sobre el tipo de situaciones a incluir en los cuestionarios y en las encuestas:

- En los cuestionarios (CC) procuramos

presentar a los estudiantes situaciones que fueran: potencialmente interesantes, adecuadas al nivel de conocimientos pretendido, de fácil interpretación, físicamente sencillas, de resolución matemática simple, conceptualmente relevantes, predominantemente cualitativas. Pretendimos alentar respuestas que requirieran la utilización de actos reflexivos y no de hábitos irreflexivos, buscamos evaluar el empleo de concepciones alternativas.

- En las encuestas (CE) procuramos presentar situaciones que fueran potencialmente interesantes, de fácil interpretación y, dado que los estudiantes no están en general familiarizados con reflexiones de tipo epistemológicas, se prefirió utilizar términos no muy técnicos, empleando un lenguaje más familiar.
- En todos los ítems pedimos una justificación de la respuesta, a fin de que los estudiantes se vieran comprometidos a emitir juicios sobre las elecciones realizadas o las respuestas dadas. Con esto intentamos controlar la fundamentación de respuestas y obtener pistas sobre el tipo de explicación elaborada. Cada vez que era posible se requirió la mención de ejemplos. Se elaboró más de una pregunta en torno a cada aspecto a controlar, a fin de realizar un análisis cruzado de las respuestas.

Las actividades elaboradas relativas a la variable CC versan sobre temas centrales de la mecánica newtoniana: conceptos y leyes básicas y relevantes del punto material, sistema de partículas y cuerpo rígido.

Las actividades asociadas a la variable CE tratan sobre aspectos relevantes -a la luz del marco teórico adoptado y de nuestra propia experiencia docente- relativos a la naturaleza epistemológica de los conceptos, las leyes, las teorías y los modelos de la mecánica newtoniana.

En el Anexo 1 y en el Anexo 2 se ejemplifican algunas de las actividades que integraron finalmente los cuestionarios y las encuestas. Cada versión del cuestionario, y cada versión de la encuesta, estuvo conformada por veinte actividades.

Para la validación de los instrumentos se sometieron los mismos al juicio crítico de otros docentes investigadores, ajenos a la investigación y que conocían las finalidades de la misma. Sus aportes permitieron ajustar la pertinencia y claridad de los enunciados, desechar algunos e incorporar otros. Las primeras versiones se pusieron a prueba en una primera experiencia piloto con estudiantes de perfil similar a la muestra definitiva y sin interacción con la misma. Esto posibilitó identificar dificultades en la interpretación de los enunciados, precisar el número de cuestiones a incorporar. Las modificaciones establecidas fueron sometidas nuevamente al análisis de los jueces externos y en otra experiencia piloto (número de estudiantes incorporados a las experiencias piloto: 70).

Se han tenido en cuenta también para tratar de lograr una confiabilidad elevada que las encuestas y cuestionarios tengan más de una cuestión que apuntaran a un mismo aspecto epistemológico o conceptual, respectivamente.

Descripción de la muestra seleccionada y aplicación de los instrumentos

El estudio se realizó con estudiantes de ciclos básicos universitarios pertenecientes a la Diplomatura en Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes y a la carrera de Ingeniería de la Universidad Nacional de Buenos Aires. La integración de los grupos estuvo condicionada a la aceptación de los estudiantes a contestar el cuestionario y la encuesta. Debimos enfrentar otro condicionamiento, derivado de la necesidad de que cada estudiante completara la resolución tanto del cuestionario como de la encuesta y del tiempo prolongado que necesitaban los estudiantes para hacerlo. Varios estudiantes no completaron la totalidad de los instrumentos por no disponer del tiempo para asistir a los encuentros. Esto impidió integrarlos a la muestra. Finalmente se logró administrar los cuestionarios y las encuestas completas a un total de 77 estudiantes e integrar cuatro grupos, a cargo de cuatro docentes diferentes: GRUPO 1: 18 estudiantes de la carrera de Ingeniería de la UBA; GRUPO 2: 14 estudiantes de la carrera de Ingeniería de la UBA; GRUPO 3: 20 estu-

diantes de la Diplomatura en Ciencia y Tecnología de la UNQ; GRUPO 4: 25 estudiantes de la Diplomatura en Ciencia y Tecnología de la UNQ.

Los estudiantes pertenecientes a la UBA habían cursado la asignatura “Conocimiento Científico” perteneciente al Ciclo Básico Común (CBC), curso obligatorio de esa Universidad en el que se tratan aspectos generales que caracterizan al conocimiento científico. Por no formar parte del diseño de esta Tesis, no se cuenta con información sistemática sobre aspectos tales como estilo del docente, tipo de interacciones (del docente con los estudiantes y de los estudiantes entre sí), modo en que fueron tratados los contenidos. Sin embargo, el reiterado acercamiento a los grupos y el contacto con los docentes a cargo permitió identificar algunas características de los diferentes grupos. Así la instrucción recibida por los Grupos 1 y 3 correspondió, en líneas generales, a las características habituales de los cursos básicos universitarios: clases teóricas, sesiones prácticas de resolución de problemas y experiencias de laboratorio. El grupo 3 no había realizado prácticas de laboratorio. En el Grupo 2 se desarrollaron seminarios, los estudiantes abordaron ellos mismos el tratamiento de algunos temas a partir de consultar bibliografía. Se enfatizó la actividad experimental y en la primer clase se hizo referencia a algunas cuestiones generales relacionadas con la naturaleza del conocimiento científico. En el Grupo 4 las clases eran teórico-prácticas, se enfatizaron los tratamientos cualitativos conceptuales y, paralelamente al tratamiento de los contenidos conceptuales, se trataron aspectos relacionados con la naturaleza del conocimiento científico. Se realizaron pocas prácticas de laboratorio.

Se consideró pertinente que los cuestionarios y encuestas fueran resueltos por los estudiantes en forma individual y por escrito, ya que se pretendía trabajar con una muestra numerosa y con una importante cantidad de hipótesis derivadas a contrastar. Los estudiantes dispusieron, para responder, de todo el tiempo que necesitaban y no podían consultar bibliografía. Los instrumentos fueron administrados luego de que los alumnos hubieran completa-

do el tratamiento de los contenidos correspondientes a la mecánica newtoniana y hubieran aprobado (o al menos regularizado) la asignatura en que se imparten estos contenidos. Debido a que cada estudiante tenía que responder un número importante de ítems se consideró conveniente partir cada uno de los instrumentos en tres partes y organizar tres encuentros para dar respuesta a cada parte del cuestionario y otros tres encuentros, en fechas diferentes, para cada parte de la encuesta. A fin de evitar contaminaciones en las respuestas provenientes del conocimiento anticipado, por parte de los estudiantes, de ítems referidos a dimensiones que aún no le habían sido administradas, los estudiantes participantes en cada uno de los encuentros enfrentaban enunciados referidos a las mismas dimensiones.

Tratamiento de la información

Los puntajes para ambas variables fueron asignados de modo tal que las dimensiones de cada variable, y las subdimensiones de cada dimensión, quedasen equilibradas entre sí por ser igualmente relevantes. En otras palabras: cada una de las cuatro dimensiones de cada variable tenía los mismos puntajes mínimo y máximo, y el puntaje de cada dimensión se distribuía en partes iguales entre las subdimensiones correspondientes.

Cuando los ítems de los cuestionarios y las encuestas presentaban opciones se aceptó como respuesta la opción contenida en la justificación, en desmedro de la seleccionada. También se buscó que los puntajes de cada dimensión en las dos versiones de cada instrumento guarden relación entre ellos.

La asignación de puntajes para la variable CC se realizó teniendo en cuenta los aspectos a los que se apuntaba (diferenciar, integrar, transferir y relacionar). Se asignó una valoración numérica a cada pregunta, consignándose: puntaje positivo a las respuestas correctas; puntaje nulo cuando el estudiante no contesta o cuando la justificación es ambigua, poco clara; puntaje negativo a las respuestas incorrectas.

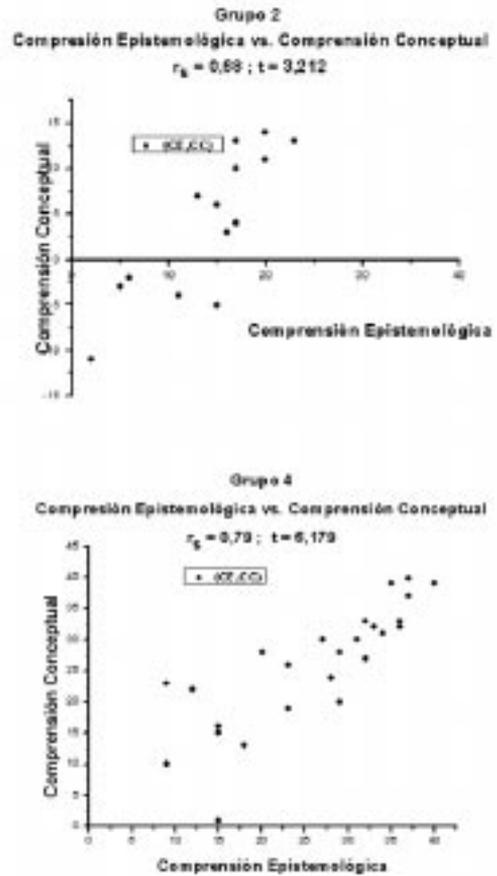
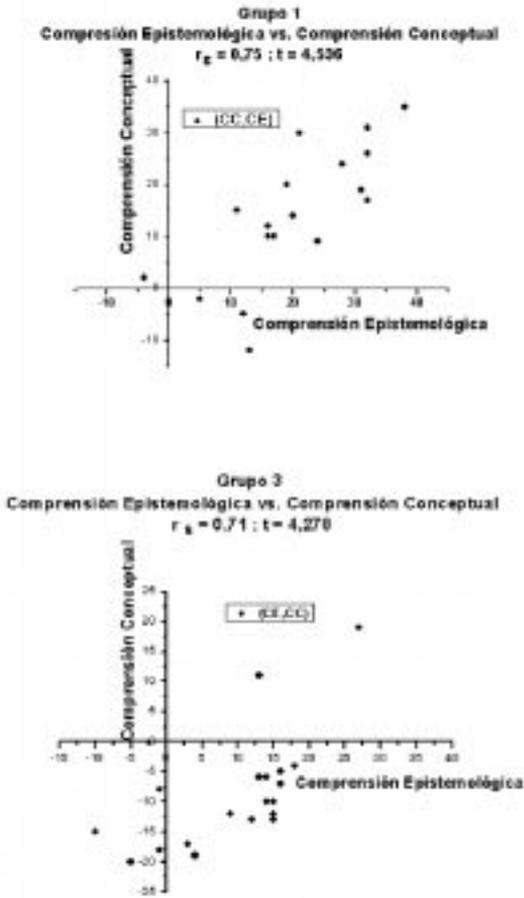
La asignación de puntajes en la variable CE se realizó teniendo en cuenta los aspectos a los que se apuntaba (conceptos, leyes, teorías y modelos). A cada aspecto se le asignó primero una valoración cualitativa ya que muchas veces en las respuestas aparecían menciones a más de un aspecto, lo que requería un análisis cruzado de las respuestas. Se consignó: “Bien” a respuestas que dan cuenta de visiones epistemológicas coherentes con el marco teórico adoptado y con cierto grado de fundamentación; “Regular” a respuestas incompletas, poco claras; “Mal” a respuestas con visiones epistemológicas incorrectas a la luz del marco teórico adoptado; “Confuso” cuando la justificación dada en la respuesta no permite conocer la opinión. Estas valoraciones cualitativas se tradujeron a valoraciones cuantitativas asignando a respuestas calificadas con “Bien” y “Regular”: puntaje positivo; “Mal”: puntaje negativo; “No contesta” y “Confuso”: puntaje nulo, para así determinar finalmente el puntaje correspondiente a cada dimensión.

Herramientas estadísticas

El diseño para el control de la hipótesis consistió en un estudio estadístico de correlación. Como indicador para la correlación se eligió el coeficiente de correlación por rangos de Spearman (r_s). Además se realizaron pruebas estadísticas para analizar la significación de la asociación observada. En este estudio el examen de significación del coeficiente de correlación consiste en un examen estadístico de hipótesis, para el que se trabajó con la prueba t de Student. Para la hipótesis de nulidad consideramos un nivel de significación de 0,01.

Presentación de los resultados

En lo que sigue se presentan los diagramas de dispersión, el valor de r_s y el análisis de significación de r_s para los diferentes grupos.



El comportamiento de los datos que muestran los diagramas de dispersión da cuenta, en todos los casos, de una tendencia general del comportamiento de los puntos a la alineación, lo que sugiere una correlación elevada.

Se determinaron los siguientes valores para r_s :

Grupo 1: $r_s = 0,75$

Grupo 2: $r_s = 0,68$

Grupo 3: $r_s = 0,71$

Grupo 4: $r_s = 0,79$.

El análisis de significación del coeficiente de correlación dio en todos los casos mayor que el valor crítico por tabla, con un nivel de significación de 0,01. Los valores hallados resultaron por lo tanto estadísticamente significativos a nivel de 0,01.

Conclusiones

El análisis de significación de los coeficientes de correlación obtenidos ha arrojado resultados que indican que la correlación global entre las variables CC y CE es estadísticamente significativa, lo que apoya nuestra hipótesis de trabajo: *“Una adecuada comprensión del cuerpo conceptual de la mecánica newtoniana, por parte de estudiantes de ciclos básicos universitarios de carreras del área científico-tecnológica, está vinculada a una adecuada comprensión de la naturaleza epistemológica de los conceptos, las leyes, las teorías y los modelos de dicha mecánica”*.

Por otro lado un análisis cualitativo de las

respuestas muestra que algunas incomprensiones específicas relativas al cuerpo conceptual de la mecánica newtoniana podrían estar relacionadas, entre otras cosas, con incomprensiones y limitaciones concretas de índole epistemológica que pasamos a sintetizar.

Cabe señalar que para presentar esta síntesis, en este trabajo hemos adoptado el siguiente formato: para cada una de las dimensiones de la variable CE, se presentan en primer lugar las incomprensiones epistemológicas correspondientes, y en segundo lugar las dimensiones de la variable CC en las que se presume la presencia de incomprensiones conceptuales asociadas a la dimensión epistemológica bajo consideración. Así, por ejemplo, en relación con la primera dimensión de la variable CE (naturaleza epistemológica de los conceptos), las incomprensiones epistemológicas relevadas en la investigación se presentan organizadas y caracterizadas en tres apartados, y son vinculadas con cuatro tipos de incomprensiones conceptuales obtenidas, para los conceptos, en la medición de la primera dimensión de la variable CC (diferenciar conceptos y leyes).

Cada una de las incomprensiones epistemológicas y conceptuales que son mencionadas en la presentación que sigue, podría ser comentada, justificada, ejemplificada. Sin embargo, hacerlo representaría un incremento importante en la longitud de este trabajo, cuyo objetivo no está centrado en este punto, sino en la presentación global de la investigación realizada. En artículos posteriores desarrollaremos con mayor amplitud y profundidad lo que en este apartado se presenta como breve síntesis.

a) En relación con la naturaleza epistemológica de los conceptos científicos fácticos:

- Se advierten visiones simplistas o vagas de las diferencias entre los significados de los conceptos en el ámbito científico y cotidiano, que dan cuenta de una limitación en la comprensión de la dependencia crucial del significado de los conceptos del contexto en que se aplican los mismos.

- No se comprende que los conceptos son creaciones que trascienden los hechos. Se sostiene que “los conceptos están en la naturaleza”

” y que “los conceptos son creaciones que proceden de la experiencia”.

- Con relación a los mecanismos idóneos para asignar y precisar el significado de un concepto, no se reconoce la importancia fundamental de la teoría a la que éste pertenece para comprender su significado y usarlo con propiedad. Prevalece más bien la idea de que dar ejemplos de aplicación de los conceptos en casos concretos es el modo en que se comprende el significado de los mismos.

Estas visiones epistemológicas inadecuadas podrían estar asociadas a problemáticas conceptuales relativas a la dimensión “diferenciar conceptos” donde hemos identificado limitaciones para establecer diferencias entre conceptos afines (en general predominan diferencias formales sin avanzar en el establecimiento de diferencias cualitativas), o una indiferenciación de los mismos, así como limitaciones para diferenciar el significado de los conceptos en el ámbito científico y en el cotidiano, o para desvincular a los mismos de algún referente sensible inmediato.

b) En relación con la naturaleza epistemológica de las leyes científicas fácticas se advierten:

- Dificultades para diferenciar en casos concretos leyes de definiciones y para comprender el rol de las mismas (por ejemplo, se afirma que ambas sirven para explicar).

- Reducción de definiciones y leyes a meras relaciones matemáticas útiles para calcular.

- Limitaciones para comprender que las leyes son creaciones que trascienden a los hechos. Para muchos estudiantes la observación de la realidad es la base segura del conocimiento científico.

- Limitaciones en el establecimiento de diferencias entre las explicaciones científicas y las explicaciones ordinarias.

- Limitaciones para reconocer que las leyes tienen límites de validez.

Estas incomprensiones podrían estar relacionadas con las limitaciones que se manifiestan al integrar conceptos y leyes, y/o al transferir las mismas a situaciones problemáticas. Así, por ejemplo, se advierten incomprensiones o limitaciones en el establecimiento de relaciones de causalidad adecuadas entre magni-

tudes que aparecen en ambos miembros de una expresión matemática; los estudiantes recurren con frecuencia a definiciones y/o a argumentaciones de sentido común para explicar; utilizan definiciones para identificar o reconocer condiciones de validez de leyes y emplean argumentos inapropiados (muchas veces vinculados a razonamientos monoconceptuales) al hacer uso de condiciones formales para justificar si se cumplen ciertas relaciones.

c) *En relación con la naturaleza epistemológica de las teorías científicas fácticas* se advierten:

- Limitaciones en torno al carácter sistémico del conocimiento científico.
- Limitaciones en torno al carácter unificador de las teorías.

Debido a la falta de comprensión del carácter sistémico del conocimiento científico, los estudiantes podrían tener limitaciones para integrar conceptos (en leyes) y leyes (en teorías). Debido a las limitaciones sobre el carácter unificador de las teorías, los estudiantes podrían tener dificultades para reconocer la validez de la mecánica newtoniana, por ejemplo, para interpretar el comportamiento de sistemas físicos no terrestres.

d) *En relación con la naturaleza epistemológica de los modelos científicos fácticos* se advierten:

- Serias dificultades para comprender que los modelos son los referentes directos de leyes y de teorías. Se sostiene que leyes y teorías describen la realidad tal cual es. Se evidencia una visión utilitaria del modelado: las idealizaciones serían útiles “para simplificar los cálculos”. No se reconoce que las simplificaciones permiten respuestas aproximadas de los hechos.
- Dificultades en la identificación de los supuestos de los modelos.
- Dificultades para reconocer que las leyes y las teorías tienen límites de validez impuestos por el modelo al que refieren.

Estas incomprendiones podrían estar relacionadas con las limitaciones que se manifiestan al transferir conceptos y leyes así como al relacionar adecuadamente teorización y comportamiento fáctico. Se evidencian serias pro-

blemáticas en el modelado: limitaciones en el establecimiento del modelo adecuado y/o de supuestos; se asigna al punto material y al cuerpo rígido carácter meramente utilitario y carácter real al cuerpo rígido. Enfrentados a una situación problemática, no se establecen restricciones ni se hace mención alguna a criterios capaces de controlar la validez de tal o cual simplificación en cada caso; no se comprende que un sistema en estudio puede modelarse de diferentes formas según cuál sea el objetivo planteado y la precisión requerida en la respuesta; se aplican leyes en situaciones no válidas. En particular se advierten serias dificultades para reconocer y/o explicitar correctamente las condiciones presupuestas en las leyes. Estas dificultades parecerían estar asociadas a limitaciones en la comprensión de la condicionalidad intrínseca de los enunciados de las leyes (que son válidos sólo bajo determinadas condiciones) y en el establecimiento de los límites de validez de las mismas.

Finalmente se detectan problemáticas en relación con el *lenguaje matemático de la física*: los estudiantes tienen serias dificultades para correlacionar las expresiones simbólicas no tan sólo con referentes fácticos sino también con el significado físico que encierran las mismas. El vaciamiento de los significados contenidos en el lenguaje matemático de la física y la hipertrofia de los formalismos podría favorecer: la indiferenciación de conceptos y leyes; la incompreensión del significado de conceptos y leyes; la indistinción del significado que encierran diferentes leyes; el establecimiento de relaciones causales inadecuadas; la identificación incorrecta de las leyes válidas en una situación dada; la integración incorrecta de conceptos (en leyes) y leyes (en teorías), la transferencia inapropiada de conceptos y leyes lateral y verticalmente.

Cabe destacar que cada incompreensión conceptual de los estudiantes no aparece asignada a una incompreensión epistemológica específica, sino que estaría vinculada a una cadena de incompreensiones estrechamente relacionadas.

Las serias incompreensiones de los estudiantes en el ámbito de la mecánica newtoniana (tanto en los aspectos netamente conceptuales

disciplinares, como en lo que tiene que ver con la naturaleza epistemológica atribuida a los conceptos, las leyes, las teorías y los modelos propios de ese cuerpo de saberes) detectadas en este trabajo plantean, una vez más, la reflexión sobre la enseñanza de la física en los cursos básicos universitarios. Los profesores universitarios en física estamos, en general, formados en una tradición que vertebra la enseñanza de la disciplina, principalmente, sobre la estructura lógica de los conocimientos y razón por la cual muchas veces dejamos al margen, por suponerla irrelevante (y por tanto prescindible), la atención de aspectos que la investigación educativa muestra como centrales para favorecer aprendizajes comprensivos, con significado y con sentido.

Los resultados de esta investigación refuerzan, a nuestro criterio, la importancia de incorporar, como se viene señalando desde la investigación educativa en ciencia, aspectos de índole epistemológica en las clases de física que podrían ser utilizados como herramientas más adecuadas para acceder al conocimiento científico. No estamos proponiendo que las clases de física se conviertan en clases de filosofía de la ciencia, sino que estamos pensando en una enseñanza en la que el proceso de aprendizaje esté conformado por el tratamiento científico, orientado por el docente, de situaciones problemáticas que tengan sentido e interés para los estudiantes, y en las que se incorporen funcionalmente reflexiones de índole epistemológica, que puedan favorecer comprensiones más profundas, así como aspectos metodológicos, axiológicos y ontológicos de la disciplina (Salinas et al. 1995).

No hemos realizado, por no formar parte del diseño de esta Tesis, un estudio sistemático de las diferencias entre los puntajes de los distintos grupos, ni contamos con información suficiente sobre aspectos tales como estilo del docente, modo en que fueron tratados los contenidos en clase, etc. Sin embargo, cabe señalar dos cuestiones:

a) El análisis de los diagramas de dispersión muestra distribuciones sesgadas hacia los puntajes más elevados en ambas variables para el Grupo 4. Tal como señalamos, el reiterado acercamiento a los grupos posibilitó identi-

car que en éste, las clases eran teórico-prácticas, se enfatizaban los tratamientos cualitativos conceptuales y, paralelamente al tratamiento de los contenidos conceptuales, se trataban aspectos relacionados con la naturaleza del conocimiento científico.

b) Las visiones epistemológicas de los estudiantes de la UBA que habían cursado la asignatura "Conocimiento Científico" perteneciente al Ciclo Básico Común no eran, en general, más adecuadas que las del Grupo 4. Cabe pensar que los aspectos tratados en esa asignatura, generales y tendientes a caracterizar el conocimiento científico, no fueron incorporados funcionalmente por los estudiantes (en el cursado de Física) a los conceptos, leyes, teorías y modelos de la mecánica newtoniana.

Perspectivas abiertas

Si bien los resultados obtenidos apoyan la hipótesis que ha guiado esta investigación y, en consecuencia, fortalecen la presunción de que las comprensiones conceptual y epistemológica se refuerzan entre sí, cabe destacar que la problemática educativa es demasiado compleja para adjudicarle a este aspecto (o a cualquier otro) un peso desproporcionado frente a otros factores que pueden incidir en el aprendizaje. En tal sentido este estudio debe interpretarse con el espíritu con que ha sido realizado, vale decir, como un aporte parcial y perfectible, como una contribución a la construcción de una propuesta global, integradora de las diversas facetas que intervienen en la enseñanza y en el aprendizaje de la física en cursos básicos universitarios de carreras científico-tecnológicas.

La enseñanza y el aprendizaje de la física a nivel universitario definen un campo pleno de interrogantes que reclama la atención de docentes e investigadores y son muchas las perspectivas que este trabajo deja abiertas. Nos limitaremos a mencionar cuatro líneas de trabajo vinculadas de modo directo e inmediato a lo hecho:

- Profundizar sobre la relación entre las variables involucradas en este trabajo. Por ejemplo, puede resultar fértil profundizar

- sobre los vínculos entre las diferentes subdimensiones consideradas en este estudio.
 - Indagar sobre los aprendizajes que se obtienen cuando en la enseñanza se consideran aspectos epistemológicos tales como los considerados en el presente trabajo.
 - Estudiar la relación entre las visiones ontológicas de los estudiantes y el aprendizaje (que han aparecido en distintos momentos a lo largo de esta investigación, sugiriendo vínculos y alternativas que no fueron profundizados).
 - Estudiar la relación entre las visiones epistemológicas de los docentes universitarios y sus estilos de enseñanza; dichos estilos de enseñanza y las visiones epistemológicas de los estudiantes.
- Esperamos que estudios como el que hemos informado favorezcan una toma de conciencia colectiva y alienten la voluntad de abordar esos interrogantes de manera creativa y rigurosa, mediante la participación en actividades vinculadas a la búsqueda científica de vías de superación de las dificultades enfrentadas.

Referencias bibliográficas

- Aikenhead, G. (1973). The measurement of high school students' knowledge about science and scientists. *Science Education*, 57 (4), pp. 539-549.
- Bloom, B.; Hastings, J. y Madaus, G. (1975). *Evaluación del aprendizaje*, Vol 3. Buenos Aires: Ed. Troquel.
- Bunge, M. (1985). *La investigación científica*. Barcelona: Ed. Ariel.
- Campanario, J. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias actuales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), pp. 179-192.
- Coll C.; Pozo J.I.; Sarabia B. y Valls E. (1994). *Los contenidos en la Reforma*. Buenos Aires: Ed. Santillana.
- Cudmani, L. y Salinas, J. (1991). Modelo físico y realidad: importancia epistemológica de su adecuación cuantitativa. Implicancias para el aprendizaje. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 8 (3), pp. 181-192.
- Duschl, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Ed. Narcea.
- Duschl, R. y Hamilton, R. (1998). Conceptual change in science and in the learning of science. *International Handbook of Science Education*, pp. 1047-1065.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. y Martínez Torregrossa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. España: ICE-HORSORI, Universidad de Barcelona.
- Gimeno Sacristán J. (1994). *La pedagogía por objetivos: Obsesión por la eficiencia*. Madrid: Ed. Morata
- Grosslight, L.; Unger, C. y Jay, E. (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), pp. 799-821.
- Guridi, V. (1999). ¿Puede vincularse la comprensión conceptual en Física con el perfil epistemológico de un estudiante?. *Tesis de Maestría en Epistemología y Metodología de la Ciencia*. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- Guridi, V. y Salinas, J. (1999). El "perfil epistemológico" en la enseñanza de la Física Clásica. *Memorias de la Décimo Primera Reunión Nacional de Educación en Física*, Mendoza, Argentina, pp. 125-132.
- Halloun, I. y Hestenes, D. (1998). Interpreting VASS Dimensions and Profiles for Physics students", *Science & Education*, 7 (6), pp. 553-577.
- Hodson, D. (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72 (1), pp. 19-40.
- Leach, J.; Driver, R. y Scott, P. (1997). A study of progression in learning about the nature of science issues of conceptualization and methodology. *International Journal of Science Education*, 19 (2), pp. 147-166.

- Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, pp. 331-359.
- Linder, C. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, 77 (2), pp. 293-300.
- Matthews, M. (1992). History, philosophy and science teaching: The present rapprochement. *Science & Education*, 1(1), pp. 11-48.
- Mc Dermott, L. (1993). How we teach and how students learn. A mis match?. *American Journal of Physics*, 61 (4), pp. 295-298.
- Mortimer, E. (1995). Conceptual Change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4, pp. 267-285.
- Pesa M. (1997). Concepciones y preconcepciones referidas a la formación de imágenes. *Tesis Doctoral*. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- Salinas, J. (1991). La unidad de método y contenido en la construcción histórica y en el aprendizaje de la física. *Memorias de la Séptima Reunión Nacional de Educación en la Física*, Mendoza, Argentina, pp. 181-194.
- Salinas, J.; Gil, D. y Cudmani, L. (1995). La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar las cuestiones. *Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en Física*, Salta, Argentina, pp. 336-348.
- Salinas, J.; Guridi, V.; Velazco, S.; Alurralde, E. y Wainmaier, C. (2000). Factores subyacentes a un aprendizaje comprensivo de la Física. *Memorias del Quinto Simposio de Investigadores en Educación en Física*, Santa Fe, Argentina, pp. 68-76.
- Songer, N. y Linn, M. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28, pp. 761-784.
- Strike, K. y Posner, J. (1991). A revisionist theory of conceptual change. Capítulo 5 del texto: *Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice*, pp. 147-177. New York: Sunny Press.
- Turski, M. (1995). First year elemental education majors' views of the characteristics of scientific knowledge. *Proceedings Third International History, Philosophy, and Science Teaching Conference*. Minneapolis, Minnesota, Vol. 2, pp. 1225-1237.
- Vázquez, A. y Manassero, M. (1999). Características del conocimiento científico: creencias de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), pp. 377-395.
- Viennot, L. (1982). L' implicite en physique: les étudiants et les constantes. *European Journal of Physics*, 3, pp. 174-180.
- Wainmaier, C.; Fernández, R. y Plastino, A. (1998). De los modelos intuitivos a los modelos científicos. Primeros resultados de una propuesta superadora. *Memorias del Cuarto Simposio de Investigadores en Educación en Física*, La Plata, Argentina, pp. 407-416.
- Wainmaier, C. y Salinas, J. (2000). La idea de punto material en estudiantes de ciclos básicos universitarios. *Memorias del Quinto Simposio de Investigadores en Educación en Física*, Santa Fe, Argentina, pp. 158-163.
- Wainmaier C. y Salinas, J. (2002a). ¿Cuándo puede decirse que un alumno universitario ha comprendido conceptualmente la mecánica newtoniana?. *Memorias del Sexto Simposio de Investigadores en Educación en Física*, Corrientes, Argentina, versión en CD.
- Wainmaier C. y Salinas, J. (2002b). ¿Cuándo puede decirse que un alumno universitario ha comprendido la naturaleza epistemológica de la física?. *Memorias del Sexto Simposio de Investigadores en Educación en Física*, Corrientes, Argentina, versión en CD.

ANEXO 1

Ejemplos de enunciados para controlar la variable CC

(Por razones de espacio se han eliminado algunas figuras)

1. **Diferenciar conceptos y leyes**
 - 1.a. **Explicar diferencias de significados de conceptos:** Explica con palabras (no sólo con fórmulas) las diferencias entre los conceptos “trabajo de una fuerza” y “fuerza”. Ejemplifica.
 - 1.b. **Reconocer el significado de leyes y conceptos:** Para cada frase sobre energía cinética (utilizada por alumnos) que reproducimos, indica si es “correcta” o “incorrecta”. Justifica.
 - a) “El cambio de velocidad es la causa por la cual cambia la energía cinética de un cuerpo.”
 - b) “El trabajo de las fuerzas conservativas que se ejercen sobre una partícula da cuenta del cambio de la energía cinética de la misma.”
 - c) “La energía cinética de una partícula necesariamente cambia si hay una fuerza neta aplicada sobre ella.”
 - 1.c. **Exponer sobre un área conceptual:** Redacta un breve párrafo sobre lo que se entiende por “fuerza” en Física. Explica con palabras (no sólo con fórmulas). Incluye ejemplos.
 - 1.d. **Generar ejemplos:** ¿Es posible que en un dado instante un móvil tenga velocidad nula pero aceleración no nula? Justifica tu respuesta. Brinda un ejemplo y explícalo claramente.

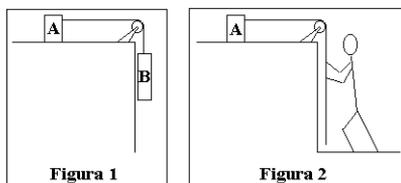
2. **Integrar conceptos (en leyes) y leyes (en teorías)**
 - 2.a. **Identificar conceptos y leyes válidas en situaciones análogas a las vistas en clase:** Un bloque de hierro ha sido lanzado por una superficie lisa, plana, horizontal y sin rozamiento, contra un resorte elástico. Al chocar con el resorte, el bloque no se detiene inmediatamente, sino que sigue moviéndose durante un tiempo, comprimiendo el resorte. Mientras esto sucede el bloque empujará al resorte:

cada vez con mayor fuerza	<input type="checkbox"/>	cada vez con menor fuerza	<input type="checkbox"/>
siempre con la misma fuerza	<input type="checkbox"/>	no sé	<input type="checkbox"/>

 Marca la respuesta que consideres correcta y justifica.
 (Extraído de Carrascosa y Gil, 1992)
 - 2.b. **Identificar conceptos y leyes en un contexto nuevo:** Dos astronautas se encuentran en el interior de una nave espacial que se mueve en línea recta y con velocidad constante en ausencia de todo efecto gravitatorio externo apreciable. Deciden realizar unos experimentos de mecánica trabajando con péndulos, planos inclinados, cuerpos que chocan, etc.
 - a) ¿Piensas que en los experimentos se verificará el primer principio de Newton? Justifica.
 - b) ¿Piensas que en los experimentos se verificará el segundo principio de Newton? Justifica.
 - c) ¿Piensas que en los experimentos se verificará el tercer principio de Newton? Justifica.

3. **Transferir lateral y verticalmente conceptos y leyes**
 - 3a. **Traducir un concepto o ley de una forma simbólica a otra:** Explica con palabras el significado de la expresión $\Sigma F_{\text{externas}} = m \cdot a_{\text{CM}}$.
 - 3b. **Solucionar situaciones problemáticas análogas a las resueltas en clase:** Considera las dos situaciones siguientes. En ambas interviene el mismo cuerpo A, la misma superficie horizontal, la misma cuerda y la misma polea. En la primera situación se cuelga un cuerpo B del extremo de la cuerda. En la segunda situación, un estudiante tira del extremo de la cuerda. El

peso del cuerpo B es igual (en intensidad, en dirección y en sentido) a la fuerza que ejerce el estudiante. ¿Es igual la aceleración del cuerpo A en ambas situaciones? Justifica.



(Extraído de Campanario, 1998)

- 3.c. **Solucionar reflexivamente situaciones problemáticas nuevas:** Un meteorito describe una órbita elíptica alrededor del Sol. Sean A y B dos puntos sobre la órbita (estando B más cerca del Sol que A). Compara entre sí los valores en A y B de:
- la energía potencial asociada al meteorito. Justifica;
 - el módulo de la velocidad asociada al meteorito. Justifica.
4. **Relacionar adecuadamente teorización y comportamiento fáctico**
- 4.a. **Reconocer modelos, supuestos, límites de validez:** Responde y justifica tus respuestas.
- ¿Bajo qué condiciones un cuerpo puede ser tratado como un punto material?
 - ¿Podrías tratar como un punto material a una semilla de mandarina que cae?
 - ¿Podrías tratar a la Tierra como un punto material?
 - ¿Podrías tratar a un cuerpo que cae por un plano inclinado como un punto material?
- 4.b. **Explicar verbalmente condiciones de validez de leyes:** Explica qué condiciones deben cumplirse para que la energía mecánica total de un sistema sea constante. Brinda un ejemplo de un sistema con energía mecánica total constante.
- 4.c. **Reconocer condiciones de validez de leyes:** Considera el sistema formado por la Luna girando alrededor de la Tierra con movimiento circular. No tomes en cuenta el movimiento de traslación de la Tierra. Justifica las respuestas. ¿Se cumplen las condiciones para que:
- permanezca constante la cantidad de movimiento lineal de la Luna?
 - permanezca constante la cantidad de movimiento angular de la Luna (respecto de un eje que pase por la Tierra y sea perpendicular al plano de la trayectoria)?
 - permanezca constante la energía cinética de la Luna?
 - permanezca constante la energía mecánica de la Luna?

ANEXO 2

Ejemplos de enunciados para controlar la variable CE

1. **La naturaleza epistemológica de los conceptos científicos**
- 1.a. **Identificar características relevantes de los conceptos.** María y Estela están discutiendo respecto a los conceptos de la Física. María afirma: “Los físicos inventan conceptos que no se corresponden directamente sino indirectamente con las cosas, cualidades o relaciones presentes en el mundo”. Estela no está de acuerdo y sostiene: “Los físicos no inventan nada, se limitan a observar los fenómenos y a ponerle nombre a las cosas, cualidades o relaciones presentes en el mundo”. ¿Cuál es tu opinión? Explica claramente.
- 1.b. **Reconocer la interrelación entre conceptos y leyes.** Con frecuencia se afirma

que la definición es el procedimiento óptimo para asignar significados a los conceptos. ¿Crees que es suficiente una definición para comprender el significado de los conceptos científicos y usarlos con propiedad?

Si..... No..... No sé.....

- Si tu respuesta es afirmativa elige un concepto científico y defínelo.
- Si tu respuesta es negativa indica qué procedimiento seguirías para comprender el significado de un concepto científico y usarlo con propiedad.

2. La naturaleza epistemológica de las leyes científicas

2.a. Reconocer la función de las leyes. Andrés y Julián están preparando el examen final de Física I. Andrés comenta: "Elaboré la siguiente lista que relaciona magnitudes según leyes que vimos":

$$\begin{array}{lll} \tau = \Delta E_c & \tau_O = r \times F & E_c = 1/2 m v^2 \\ \Sigma F = m \cdot a & \Sigma \tau_O = I \cdot \alpha & x = x_0 + v_0 t + 1/2 a t^2 \\ a = \Delta v / \Delta t & E_m = E_c + E_p & W = \int F \cdot dr \end{array}$$

Julián: "Yo creo que no todas esas fórmulas son leyes, algunas son definiciones".

- Si tu opinión coincide con la de Andrés explica por qué consideras que todas esas "fórmulas" representan leyes físicas.
- Si tu opinión coincide con la de Julián:
 - a) Establece diferencias entre definiciones y leyes en Física.
 - b) Explica en un breve párrafo qué utilidad (o función) tienen las definiciones y qué utilidad (función) tienen las leyes.
 - c) En la lista elaborada por Andrés coloca una letra "D" a la par de la(s) expresión(es) que corresponden a definiciones y una letra "L" a la(s) expresión(es) que corresponden a leyes.

2.b. Identificar características relevantes de las leyes. Elige cinco palabras que a tu modo de ver señalen características que presentan las leyes de la Física. Redacta un breve párrafo en el que expliques por qué has elegido esas palabras para caracterizar a las leyes físicas.

3. La naturaleza epistemológica de las teorías científicas

3.a. Reconocer la relación entre leyes y teorías. ¿Qué diferencias encuentras entre una "ley física" y una "teoría física"? Aclara la idea con un ejemplo.

3.b. Identificar características relevantes de las teorías. En Física hemos estudiado leyes relacionadas con energía y leyes de la dinámica.

- a) Menciona algunas de esas leyes.
- b) ¿Dirías que cada ley expresa una idea autocontenida e independiente de las otras leyes?
Si..... No..... No sé.....
- c) Brinda argumentos que permitan entender las razones que apoyan tu respuesta.

4. La naturaleza epistemológica de los modelos científicos

4.a. Reconocer a los modelos como los referentes inmediatos de las leyes y teorías. Dos estudiantes discuten sobre la relación entre el saber de la Física y el mundo. Alberto dice: "Los físicos establecen teorías que explican el comportamiento de fenómenos ideales, no de los fenómenos tal como ocurren en el mundo". Jorge responde: "No estoy de acuerdo, porque eso significa que la Física no hace aportes para entender el mundo". ¿Cuál es tu opinión al respecto? Explica claramente.

4.b Reconocer la incidencia de los modelos sobre las condiciones de validez de leyes y teorías. En una clase de Física un estudiante plantea: "Este libro de Física tiene un capítulo titulado 'La Dinámica del punto material'. ¿Las leyes enunciadas en ese capítulo cambiarían si se analiza la dinámica de cuerpos concretos tales como pelotas de football?"

- a) ¿Cuál es tu opinión al respecto? Explica claramente.
- b) Brinda ejemplos aclaratorios.