

**EL VÍNCULO ENTRE ASPECTOS CONCEPTUALES Y EPISTEMOLÓGICOS
EN EL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA CLÁSICA**
(The link between conceptual and epistemological aspects
in the learning of classical physics)

Verónica Guridi [vguridi@exa.unicen.edu.ar]

Dpto. de Formación Docente, Facultad de Ciencias Exactas,
Universidad Nacional del Centro, Pinto 399, (7000) Tandil, Argentina
FAX: (54) (2293) 44 4431

Julia Salinas [jsalinas@herrera.unt.edu.ar]

Dpto. de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología,
Univ. Nac. de Tucumán, Av. Independencia 1800, (4000) Tucumán, Argentina
FAX: (54) (381) 436 3004 - Correo electrónico:

Resumen

En este trabajo informamos sobre resultados obtenidos en una Tesis de Maestría (Guridi, 1999) que fue desarrollada con la intención de comprender mejor el proceso de aprendizaje de la Física en el nivel medio y obtener criterios que orienten estrategias educativas más eficaces. La investigación realizada estuvo centrada en el estudio de la relación entre la comprensión conceptual de la Mecánica Newtoniana y la concepción epistemológica de la Física Clásica en estudiantes de Física de nivel medio. En una apretada síntesis, aquí presentamos el problema abordado, el marco teórico y metodológico que orientó la investigación, las técnicas cualitativas y cuantitativas utilizadas, los resultados obtenidos, las conclusiones, sugerencias y perspectivas identificadas en el estudio.

Palabras-clave: comprensión conceptual; concepción epistemológica; aprendizaje de Física.

Abstract

In this paper we report research findings of a M.Sc. dissertation (Guridi, 1999) carried out aiming at a better understanding of the learning process in physics, at high school level, and at getting criteria to guide more efficient teaching practices. The study was centered on the study of the relationship between the conceptual understanding of Newtonian mechanics and the epistemological conception of classical physics among high school physics students. In a brief synthesis we present the research problem, the theoretical and methodological framework, the qualitative and quantitative research techniques used, the research findings, conclusions, suggestions, and perspectives identified in the study.

Key-words: conceptual understanding; epistemological conception; physics learning.

I.- Introducción - presentación del problema

Profesores y estudiantes del nivel medio suelen coincidir en la apreciación de que los cursos de Física presentan numerosas dificultades a los alumnos. La investigación en Enseñanza de las Ciencias, por su parte, viene reportando estas dificultades desde hace años en muchos estudios ampliamente conocidos (ver, por ejemplo, Driver et al., 1986; Pozo, 1987).

Hoy se reconoce que el saber científico resulta de la amalgama de diversos aspectos (Salinas, 1999):

- ? aspectos **ontológicos** (referidos a la índole del mundo natural; por ejemplo, una mentalidad científica desecha las explicaciones animistas, mágicas o místicas y concibe al mundo como un cosmos, un universo cognoscible y accesible al intelecto humano);
- ? aspectos **epistemológicos** (vinculados a las características del conocimiento científico sobre el mundo natural, conocimiento al que se imponen, por ejemplo, normativas estrictas de racionalidad y búsqueda de precisión, sistematicidad, generalidad y objetividad);
- ? aspectos **axiológicos** (conformados por objetivos y valores positivos del proceso y el producto de la labor científica, relacionados por ejemplo con el progreso del conocimiento, el aumento del bienestar, el dominio racional de la naturaleza, el enriquecimiento y la disciplina de la mente, la honestidad intelectual, ...);
- ? aspectos **metodológicos** (consistentes en las técnicas científicas de planteo y control, en los procedimientos científicos que vinculan los datos empíricos y las teorizaciones, concebidas estas últimas como conjuntos de hipótesis verificables);
- ? aspectos **conceptuales** (integrados por conceptos, hipótesis, leyes, modelos y teorías científicos referidos al mundo natural).

Estos aspectos sólo se diferencian entre sí a los fines del análisis y de la comprensión de nuestro objeto de estudio (el saber de la Física), pero no pueden concebirse meramente como aspectos separados que se complementan, sino que constituyen factores solidarios de un sistema en el que se influyen y dotan de significado mutuamente. Se ha señalado que en el campo de la enseñanza de la física, ésto significa que, para aproximar a los estudiantes al conocimiento científico, no podemos ignorar las cuestiones extra-conceptuales. 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).

Hay una creciente comprensión de que el aprendizaje de las ciencias se resiente cuando no se enfatiza esta integración, cuando se reduce la enseñanza a una especie de “presentación de resultados” (un discurso centrado exclusivamente en la definición de conceptos y el desarrollo de leyes y teorías que los estudiantes no logran conciliar con el mundo real ni con sus propias ideas y representaciones sobre ese mundo natural). Este reconocimiento abre el camino a investigaciones que profundicen la comprensión del modo en que esa integración de aspectos puede y debe darse en el aula y que evalúen el efecto logrado.

Se ha hipotetizado, en particular, que las dificultades de aprendizaje de la Física pueden relacionarse con una inadecuada comprensión acerca de la naturaleza del conocimiento científico. El reconocimiento de que el saber de esta disciplina tiene características distintivas, que lo diferencian del saber que las personas elaboramos espontáneamente en nuestra interacción con el mundo natural y social que nos rodea, sugiere que una adecuada comprensión del cuerpo de conocimientos de la Física 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).

Sin embargo, la evidencia empírica obtenida en trabajos que estudiaron la relación entre comprensión conceptual y comprensión epistemológica en los estudiantes (por ejemplo Strike y Posner, 1991; Halloun y Hestenes, 1998; Tsai, 1998) no arroja conclusiones coincidentes, por lo que el problema parece necesitar de más estudios y profundizaciones. Eso condujo a la realización de este estudio (desarrollado en el marco de la Maestría en Epistemología y Metodología de la Ciencia de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina), en el que nos propusimos responder a la siguiente cuestión: *¿Se puede vincular la orientación epistemológica que presenta un estudiante con su comprensión conceptual en Física?* (Guridi, 1999).

II.- Metodología e instrumentos

Esta investigación ha incorporado estrategias cualitativas y cuantitativas. La población en estudio consistió en dos grupos de estudiantes de unos 15 años de edad, que cursaban Física como asignatura curricular del tercer año de dos escuelas medias de la ciudad de Tandil (provincia de Buenos Aires, en Argentina).

Con una metodología cualitativa se relevó información referida al estilo del docente, al clima del aula y al modo en que fueron tratados los contenidos en clase. Para ello se presenció y grabó el desarrollo completo de todas las clases en que ambos grupos realizaron actividades educativas vinculadas con la Mecánica Newtoniana y se empleó un protocolo para orientar la organización de las observaciones.

Con una metodología cuantitativa se estudió el comportamiento y la vinculación entre sí de dos variables: la visión acerca de la Ciencia que presenta un estudiante de nivel medio ("Perfil Epistemológico") y su conceptualización en Física ("Comprensión Conceptual"). Se operativizaron ambas variables (PE y CC), se establecieron criterios para su cuantificación y se realizó un estudio descriptivo y de correlación de las mismas.

En el Apéndice I se presenta el protocolo que orientó las observaciones de clases, en el Apéndice II una de las encuestas utilizadas para evaluar el PE de los estudiantes y en el Apéndice III uno de los cuestionarios usados para medir la CC de los alumnos.

La operativización de las variables PE y CC se fundamentó, respectivamente, en sendas caracterizaciones adoptadas en este estudio para:

- ? la naturaleza epistemológica de la Física Clásica y del conocimiento común
- ? el marco psicológico del aprendizaje de las ciencias.

III.- La variable “perfil epistemológico”

III.1.-- La naturaleza epistemológica de la física clásica y del conocimiento común

Siguiendo a Blanché (1972), es posible caracterizar la Física Clásica mediante tres rasgos:

- ? **El uso del razonamiento hipotético deductivo:**

En la Física Clásica hay un desplazamiento semántico en el uso de la palabra hipótesis: la hipótesis-postulado de la Lógica se sustituye progresivamente por la hipótesis-conjetura de las Ciencias Fáticas.

Este desplazamiento semántico puede vincularse a diferentes supuestos epistemológico sobre la naturaleza de las leyes: ellas “están en la naturaleza y el ser humano las descubre” o “son construcciones que resultan del interjuego entre el intelecto y la naturaleza” (Salinas et al., 1995). La primera de estas acepciones se corresponde con una visión realista ingenua, mientras la segunda, que incorpora el rol del intelecto en la construcción de las leyes, corresponde a una visión realista

científica.

Ferrater Mora (1997) caracteriza el realismo ingenuo como aquella postura epistemológica que supone que el conocimiento es una reproducción exacta (una “copia fotográfica”) de la realidad, mientras que el realismo científico advierte que no puede simplemente equipararse lo percibido con lo verdaderamente conocido, y que es menester someter lo dado a examen y ver lo que hay en el conocer que no es mera reproducción. Chalmers (1987) explica que el realista ingenuo es inductivista. Para un realista ingenuo, la ciencia comienza con la observación, las leyes y las teorías se derivan de los enunciados observacionales y estos últimos, a su vez, se suponen obtenidos mediante la utilización de los sentidos y de una mente libre de pre-conceptos.

? **El tratamiento matemático de los fenómenos naturales**

Blanché (1972) señala que la objetividad del conocimiento físico se obtiene despojando a las cosas de su revestimiento sensible, que lo real del físico no es el mismo que el del sentido común, que entre uno y otro hay una ruptura (Bachelard, 1973).

La Física reduce sistemáticamente el mundo natural a su estructura matemática a partir de una depreciación de lo que se aparece ante los sentidos: Todo el inmenso mar de cualidades sensoriales se reemplaza por unas pocas variables significativas, que se denotan mediante símbolos algebraicos y se vinculan entre sí a través de relaciones cuantitativas significativas. En otras palabras, se elaboran modelos.

Bunge (1985) añade que el conocimiento científico racionaliza la experiencia en lugar de limitarse a describirla; que la Ciencia da cuenta de los hechos, no inventariándolos, sino explicándolos por medio de hipótesis (en particular, enunciados de leyes) y sistemas de hipótesis (teorías); que los científicos conjeturan lo que hay detrás de los hechos observados y de continuo inventan conceptos que carecen de correlato empírico directo.

? **El recurso a la experimentación (orientada por hipótesis)**

En el método experimental científico la experiencia cumple dos funciones: suscitar la hipótesis y controlarla, en condiciones artificiales especialmente ideadas que aíslan el fenómeno en situaciones controladas (modeladas) (Hodson, 1985). En el tránsito de la ciencia antigua a la Física Clásica, se pasa de una observación cualitativa directa a una observación controlada, reproducible, precisa, verificable, cuantificable, objetiva – en la doble acepción de adecuación al objeto y de consenso intersubjetivo (Salinas et al., 1995).

Chalmers (1992) aclara que si bien en ciencia la evidencia se adquiere en situaciones experimentales artificiales, se supone que las leyes así identificadas se aplican también fuera de situaciones experimentales, aunque aquí su acción se superpondrá a otras leyes, produciendo un comportamiento irregular en el nivel de los hechos.

Pasemos ahora a considerar aspectos de la naturaleza epistemológica del conocimiento común.

La investigación educativa en ciencias ha mostrado que en las prácticas escolares los estudiantes utilizan muchas veces concepciones y estrategias basadas en el sentido común (Carrascosa y Gil, 1985). En contraposición al conocimiento científico, el conocimiento común está integrado por respuestas seguras y definitivas (no por hipótesis) y no se preocupa por establecer una interpretación rigurosa sino meramente utilitaria del mundo de la experiencia sensible. No son éstas

cuestiones menores; se trata de la prioridad de la percepción sensible sobre la reflexión, de la mera observación o manipulación de comportamientos por ensayo y error en vez de la búsqueda de explicaciones y predicciones, de preguntarse sólo *cómo* y no, además, *por qué*.

? **Características de las concepciones basadas en el sentido común:** Según Coll (1996), Pozo (1989), Astolfi et Peterfalvi (1991), las concepciones basadas en el conocimiento común presentan las siguientes características:

- ? Son construcciones personales
- ? Poseen coherencia desde el punto de vista del estudiante, no desde el científico
- ? Son bastante estables y resistentes al cambio
- ? Tienen un carácter implícito, se descubren en las actividades o en las predicciones
- ? Son compartidas por otras personas, pudiéndose agrupar en tipologías.
- ? Buscan la utilidad más que la “verdad”.

? **Las estrategias de sentido común:** Según Salinas et al. (1995) algunas de las estrategias “de sentido común” consisten en:

- ? Basar los conocimientos en observaciones cualitativas no controladas, (es decir, en observaciones muy ligadas a la percepción, a lo concreto)
- ? Buscar evidencia confirmadora para probar una dada idea y no prestar atención a los cuestionamientos
- ? Tener tanta confianza en una idea que no se la prueba (no “testear” una hipótesis)
- ? Considerar las anomalías como excepciones a la regla
- ? Usar explicaciones ad-hoc
- ? No reflexionar sobre lo que se hace
- ? Dejar de lado variables significativas o suponer a priori, sin control, la independencia entre las variables
- ? Rechazar o ignorar información que no encaja con otros conocimientos
- ? No diferenciar las nociones
- ? Atender más a las propiedades que a las interacciones
- ? Tender a simplificar acríticamente los problemas, mediante razonamientos monoconceptuales, no sistémicos, de causalidad lineal, etc.

III.2.- La noción de “perfil epistemológico”

En este trabajo la noción de “Perfil Epistemológico” hace referencia a la visión epistemológica de la Física Clásica que tienen los estudiantes en relación con tres aspectos:

? **Tipo de realismo atribuido al conocimiento científico**

Se rastrean las siguientes visiones de realismo: Realismo científico, Realismo ingenuo, Visiones mixtas.

? **Concepciones sobre la forma en que “se hacen” las ciencias fácticas**

Esta dimensión contempla la metodología científica (el proceso mediante el cual se validan y se cambian las teorías en la Física Clásica) y engloba las siguientes cuatro cuestiones:

* Función atribuida a la experimentación científica (según que se reconozca o no el doble papel que la experimentación desempeña en la generación y en el control de las teorías científicas, se distingue entre Visión científica, Visión reduccionista, Visiones mixtas)

* Vínculo atribuido al conocimiento científico con la percepción sensible (según que se admita o no que el acceso a los fenómenos está mediado por la carga teórica del observador, se distingue entre Visión científica, Visión empirista, Visiones mixtas)

* Criterios atribuidos a la comunidad científica para el cambio de teoría (según que se piense o no que los enunciados singulares solos no pueden decidir la falsación de un enunciado universal, se distingue entre Visión científica, Visión falsacionista ingenua, Visiones mixtas)

* Tipo de método atribuido a la labor científica (según que se conciba o no la utilización de metodologías científicas alternativas, dependientes del problema y del dominio investigado, se distingue entre Visión científica, Visión rígida, Visiones mixtas)

? **Características atribuidas al conocimiento científico**

Esta dimensión engloba las siguientes tres cuestiones:

* Transferibilidad atribuida al conocimiento científico (según que se comprenda o no que los científicos que trabajan inmersos en diferentes campos de la Física comparten la utilización de algunas leyes, se distingue entre Visión científica, Visión compartimentalizada, Visiones mixtas)

* Perfectibilidad atribuida al conocimiento científico (según que se entienda o no que el conocimiento científico es provisorio, abierto, perfectible, se distingue entre Visión científica, Visión definitiva, Visiones mixtas)

* Colectivismo atribuido al conocimiento científico (según que se advierta o no que la Ciencia es el producto de una compleja actividad social más que la creencia o la posesión de un individuo, se distingue entre Visión científica, Visión individualista, Visiones mixtas)

III.3.- Operativización del “perfil epistemológico científico”

A nivel de la educación secundaria, la comprensión epistemológica de la Mecánica Newtoniana por parte de un estudiante fue caracterizada en este trabajo como “Perfil Epistemológico científico” si el estudiante manifestaba concepciones u orientaciones de la siguiente índole:

? **No realista ingenua**

? **No reduccionista**

? **No empirista**

? **No falsacionista ingenua**

? **No rígida**

? **No compartimentalizada**

? **No definitiva**

? **No individualista**

IV.- Diseño de encuestas para evaluar perfil epistemológico

A fin de limitar la contaminación en las respuestas brindadas por los estudiantes, se elaboraron dos encuestas de características similares, adaptaciones de la desarrollada por Halloun y Hestenes (1998). Una encuesta completa se presenta en el Apéndice II.

En cada ítem aparecen dos afirmaciones contrarias entre sí (“polos opuestos”). Por ejemplo:

Las leyes de la Física:

A- Sólo reflejan aproximadamente cómo es el mundo natural

B- Expresan exactamente cómo es el mundo natural

El propósito es que el encuestado se incline por una de las dos afirmaciones. Halloun y Hestenes ofrecen para ello ocho opciones de respuestas:

Siempre de acuerdo con A, nunca con B

Casi siempre de acuerdo con A, casi nunca con B

Más de acuerdo con A que con B

Igualmente de acuerdo con A que con B

Más de acuerdo con B que con A

Casi siempre de acuerdo con B, casi nunca con A

Siempre de acuerdo con B, nunca con A

Ni de acuerdo con A ni con B

En este trabajo las alternativas se redujeron a cinco, pues se consideró que el número de opciones de la encuesta base era muy elevado y que la diferencia entre los distintos grados de adhesión podía ser muy sutil para estudiantes de nivel secundario, que no se encuentran familiarizados con este tipo de instrumentos. Las opciones presentadas fueron las siguientes:

Totalmente de acuerdo con A

Parcialmente de acuerdo con A

No tengo opinión sobre esta cuestión

Parcialmente de acuerdo con B

Totalmente de acuerdo con B

No siempre la opción A era la científica, para evitar que se estereotipen las respuestas y que el estudiante responda sin reflexión.

Otra modificación adicional a la encuesta original fue la de requerir al encuestado una justificación de la elección de la opción en cada ítem. La fundamentación de las elecciones permitió controlar la interpretación que el encuestado realizaba de los enunciados.

Criterio para la asignación de puntajes: Se graduó la valuación de las respuestas de los estudiantes mediante una escala numérica decreciente de valores enteros. A la opción adecuada científicamente se le asignó el valor 2, decreciendo en la escala hasta aquella inadecuada desde el punto de vista científico, a la cual se le asignó el valor -2. De esta manera, el puntaje máximo que se podía asignar a la respuesta brindada a cada enunciado era 2 y el mínimo era -2.

V.- La variable “comprensión conceptual”

V.1.-- Aspectos psicológicos del aprendizaje de las ciencias

En lo que sigue presentamos brevemente las ideas psicológicas centrales que han orientado este trabajo:

? La construcción de conceptos científicos en el aprendiz se concibe como el resultado de un proceso complejo en el que el sujeto construye sus propios conocimientos. Dicha construcción

está condicionada por (y se efectúa a partir de) los conocimientos ya construidos; es una evolución espiralada, un interjuego entre lo concreto y lo abstracto durante el cual el estudiante va internalizando productos culturales y organizando los conceptos incorporados. El conocimiento está organizado en estructuras. La estructura cognoscitiva que un sujeto posee opera sobre el significado que éste le atribuye a los conceptos (Ausubel et al, 1991). Piaget (1972) ataca “*el mito del origen sensorial del conocimiento científico*” y señala que los conocimientos proceden de una combinación entre la percepción y los esquemas de acción del sujeto. Aebli (1973) destaca que lo que diferencia a la psicología de Piaget de las teorías de la impresión pasiva es justamente el poner en evidencia la contribución esencial del sujeto a la constitución de la experiencia. Cuanto más rica sea la estructura cognoscitiva del alumno en elementos y en relaciones, mayor será la probabilidad de que pueda construir significados nuevos.

- ? Se producen reestructuraciones debido a la interacción entre las estructuras presentes en el sujeto y la nueva información: el avance cognitivo se produce cuando la nueva información plantea un conflicto, en el sentido de que es discrepante con la que ya se posee. Piaget (1972) sostiene que en la construcción de conocimiento intervienen tres funciones: asimilación, acomodación y equilibración. La relación entre asimilación y acomodación es altamente interactiva: en ambos casos el sujeto incorpora los conocimientos a los esquemas que ya posee. El sujeto “asimila” o “acomoda” según el grado de compatibilidad entre lo nuevo y lo pre-existente (que permite una asimilación directa, o requiere de una acomodación en función de los desajustes). El resultado final de esa interacción es la equilibración. En una buena equilibración, el sujeto alcanza un nivel superior en cuanto al enriquecimiento de sus estructuras. Ausubel et al. (1991) distinguen entre aprendizajes subordinado y supraordinado, caracterizados respectivamente por los procesos de diferenciación progresiva y reconciliación integradora. En el primero hay un tránsito desde conceptos más generales, ya existentes, hacia conceptos más específicos. En el segundo ocurre que los rasgos de una serie de conceptos da lugar a la aparición de un nuevo concepto, más general.
- ? Las teorías y modelos explicativos (tanto los elaborados por los científicos como los que los estudiantes construyen para interpretar la realidad) no cambian por una simple sustitución por otros mejores cuando se advierten anomalías en los ya existentes, sino que el proceso de incorporación de elementos teóricos nuevos es más gradual. Las concepciones forman parte de entramados conceptuales que cuanto más fuertemente arraigadas están, tanto más difíciles de modificar son. El desarrollo conceptual en los estudiantes debiera imaginarse "en términos de construcción y discriminación de significados" (Moreira, 1994). Las nociones de "aceptación" y "exploración" de una teoría propuestas por Laudan pueden ayudar a comprender el modo gradual en que se produce el cambio, a través de etapas intermedias de modificaciones parciales que a su vez posibilitan futuros cambios (Villani, 1992). Podemos concebir al aprendizaje del conocimiento científico en forma unificada con la familiarización y el compromiso con los objetivos, valores, métodos, etc., del trabajo científico. Esta estrategia educativa ha sido caracterizada como "de cambio conceptual, metodológico y actitudinal" (Gil y Carrascosa, 1985) y hace explícita la necesidad de prestar también atención a componentes no conceptuales en la estructura cognitiva de los estudiantes. Mortimer (1996) señala que cada concepto tiene un perfil conceptual asociado constituido por diferentes categorías. El principal objetivo del proceso de enseñanza sería que el estudiante tome conciencia de la existencia de ese perfil del concepto y pueda decidir en qué contexto puede aplicar una determinada categoría y no otras.
- ? Vygotski (1989) enfatiza la importancia de lo social en el aprendizaje. Un estudiante aprende más eficazmente a través de la interacción con sus pares y con el docente, porque esa interacción permite el desenvolvimiento de la “zona de desarrollo próximo”, es decir, de aquellas capacidades que el estudiante no puede alcanzar solo, pero sí con ayuda externa. En la óptica

vygotskiana, el sujeto se relaciona con el mundo a través de los otros.

- ? El significado psicológico es siempre idiosincrásico. En último extremo, los significados son siempre una construcción individual, íntima, ya que la comprensión o asimilación de un material implica una acción del individuo sobre lo aprendido. La enseñanza debe conciliar el objetivo de introducir al estudiante al conocimiento científico, con el carácter idiosincrático de los significados construidos por el alumno (Astolfi y Peterfalvi, 1991).
- ? En cierta etapa del proceso de enseñanza-aprendizaje puede haber aprendizaje meramente memorístico, pero este tipo de aprendizaje va perdiendo importancia a medida que el aprendiz adquiere más conocimientos, dado que al aumentar éstos se facilita el establecimiento de relaciones significativas con cualquier tipo de material. Conviene distinguir entre la memorización mecánica y repetitiva (que no tiene interés para el aprendizaje significativo) y la memorización comprensiva (que es, por el contrario, un ingrediente fundamental del mismo). Piaget (1972) llama “hábito” a las reacciones de desarrollo estereotipado y lo contrapone a la “operación”, que es una reacción reflexiva. A diferencia del hábito, una operación no necesita señal para producirse y es reversible.

V.2.- La noción de “comprensión conceptual”

En este trabajo la noción de “Comprensión Conceptual” hace referencia al entendimiento de la Mecánica Clásica que tienen los estudiantes en relación con tres aspectos:

? **Discriminación de leyes**

La idea ausubeliana de “diferenciación progresiva” se toma en el sentido de poder identificar los aspectos conceptuales específicos de cada ley, lo que cada una de ellas aporta por sí misma, los contextos o situaciones problemáticas en que cada ley es más pertinente.

? **Integración de leyes**

Se toma la idea de Ausubel sobre “reconciliación integradora” para ver si el alumno ha logrado una integración entre las leyes de Newton. Es decir, si ha comprendido la articulación de estas leyes entre sí y puede relacionarlas para explicar un determinado problema.

? **Aplicación de leyes**

La diferenciación entre “operación” y “hábito” señalada por Piaget, se tuvo en cuenta en este trabajo para controlar si el alumno interpreta las leyes o las utiliza como algoritmos vacíos de contenido físico. En otras palabras, si vincula reflexivamente el contenido con la expresión matemática de una ley física, si correlaciona correctamente los formalismos con sus referentes fácticos.

V.3.- Operativización de la “comprensión conceptual científica”

A nivel de la educación secundaria, la comprensión conceptual de la Mecánica Newtoniana por parte de un estudiante fue caracterizada en este trabajo como “Comprensión Conceptual Científica” si el estudiante manifestaba capacidad para:

- ? **Discriminar correctamente las leyes de Newton**
- ? **Integrar correctamente las leyes de Newton**
- ? **Aplicar correctamente las leyes de Newton.**

VI.- Diseño de cuestionarios para evaluar comprensión conceptual

A fin de limitar la contaminación en las respuestas brindadas por los estudiantes, se elaboraron dos cuestionarios de características similares. En el Apéndice III aparece uno de los cuestionarios utilizados.

De acuerdo a la operativización realizada para la variable “comprensión conceptual”, se consideró que los ítems debían apuntar a que el estudiante utilice en sus respuestas al menos una de las tres leyes de Newton, que los enunciados no debían condicionar a la utilización de sólo una dada ley (ya que en el análisis de una situación pueden intervenir distintas leyes), y que en algunos apartados convenía solicitar justificación “a partir de las leyes de Newton” (para obtener pistas sobre las explicaciones que elaboran los estudiantes en un marco newtoniano).

De este modo, en las respuestas de los alumnos se favorecería el control de la *discriminación de leyes* (según que se identificaran o no la/s ley/es pertinente/s a una situación), la *integración de leyes* (según que se incorporara o no más de una ley al análisis de una situación), y la *aplicación de leyes* (según que las explicaciones en un marco newtoniano parecieran apoyarse en la aplicación reflexiva de un razonamiento operativo en el sentido piagetiano, o en hábitos irreflexivos y puramente memorísticos).

Esto llevó a explicitar algunos criterios sobre el tipo de situaciones que se presentaría a los estudiantes. Se concluyó que:

- ? Las situaciones presentadas debían resultar familiares a los alumnos.
- ? Los enunciados debían ser de fácil interpretación y de formulación clara.
- ? Las situaciones planteadas debían ser físicamente sencillas pero conceptualmente relevantes para los propósitos antes mencionados.
- ? En todas las situaciones se pediría una justificación de la respuesta a cada ítem, de modo tal que los estudiantes tuvieran que verse comprometidos a emitir sus propios juicios acerca de las elecciones que realizaran o de las respuestas que emitieran.
- ? Los ítems se plantearían de forma tal que se relacionaran con algunas de las preconcepciones discordantes con el conocimiento científico que han sido identificadas por la investigación como las más comunes en los alumnos sobre el tema.

Criterio para la asignación de puntajes: Para cada enunciado de los cuestionarios se explicitó cuáles eran los aspectos de la conceptualización a los que se apuntaba (discriminar y/o integrar y/o aplicar). Para cada uno de estos aspectos se graduó la valuación de las respuestas de los estudiantes mediante una escala numérica de dos valores: 1 si el aspecto era considerado correctamente, 0 en caso contrario. De esta manera, el puntaje máximo que se podía asignar a la respuesta brindada a cada enunciado podía ser 1 (si el enunciado en cuestión apuntaba sólo a un aspecto), 2 (si apuntaba a dos aspectos) o 3 (si apuntaba a los tres aspectos). El puntaje mínimo que se podía asignar a cada respuesta era siempre 0.

VII.- Control de confiabilidad y validez de encuestas y cuestionarios

Cuando se diseña un instrumento es importante controlar su confiabilidad y su validez. Es decir, determinar si el instrumento mide bien, y si mide aquello para lo que está concebido (Nunnally, 1970).

Es por ello que:

- ? Al momento de diseñar las encuestas y los cuestionarios se realizó una revisión bibliográfica en la que se analizaron enunciados empleados en otros trabajos de investigación que versan sobre Mecánica Newtoniana con poblaciones estudiantiles similares, a fin de considerar su pertinencia a la luz de la operativización realizada de la hipótesis de trabajo y de contemplar su posible incorporación (o adaptación) a los instrumentos.
- ? Una vez elaboradas unas primeras versiones de los instrumentos, éstas fueron sometidas al juicio crítico de otros docentes en Física e investigadores en Enseñanza de la Física (sin interacción con los docentes a cargo de los grupos seleccionados para el control de la hipótesis), que conocían los objetivos que se perseguían con su aplicación y actuaron como jueces externos. Sus aportes permitieron ajustar más la pertinencia y claridad de los enunciados.
- ? Las versiones así surgidas se pusieron a prueba en una experiencia piloto. Los instrumentos fueron administrados a estudiantes de otro establecimiento educativo (sin interacción con los grupos seleccionados para el control de la hipótesis) que presentaban características similares a las de los grupos seleccionados, en lo que respecta a edad, sexo, nivel de escolarización y contenidos tratados en clase. Esto permitió un nuevo control de la pertinencia de los enunciados, así como conocer el tipo de instrucciones que requerían los alumnos, el tiempo que les insumía la realización de la tarea solicitada y las dificultades que se presentaban en la interpretación de los ítems. Con esta información se pudo mejorar la redacción mediante la utilización de un lenguaje más claro y accesible, así como estimar el número de ítems que resultaba razonable incorporar.
- ? Las opiniones de estos docentes, investigadores y estudiantes se tuvieron en cuenta para elaborar las versiones finales de los instrumentos que fueron aplicados a los grupos de estudiantes.

VIII.- Aplicación de los instrumentos de medición

Grupo A: 24 estudiantes de un bachillerato con orientación técnica, de una escuela media pública, que funciona en turno tarde. Alumnos pertenecientes a sectores de clase media y media baja. Profesor G.

Grupo B: 19 estudiantes de un bachillerato con orientación contable, de una escuela media privada sin subvención estatal, con doble escolaridad. Alumnos pertenecientes a sectores de clase media alta. Profesor S.

Los cuestionarios para evaluar “Comprensión Conceptual” y las encuestas para evaluar “Perfil Epistemológico” fueron administrados a los dos grupos de estudiantes luego de que los mismos hubieron abordado los contenidos correspondientes a la Mecánica Newtoniana y hubieron rendido una evaluación sobre esos contenidos impartida por el docente a cargo del curso.

Se buscó que el tiempo transcurrido entre la evaluación de los contenidos y la administración del cuestionario fuera lo más corto posible. La encuesta se administró otro día, siempre dentro de los horarios habituales de clase de Física. En ambas oportunidades las dos

versiones del instrumento que se estaba administrando en el grupo fueron mezcladas entre los estudiantes para disminuir la posibilidad de respuestas que simplemente reprodujeran la opinión del compañero de banco.

IX. Presentación de los resultados

IX.1.- Información obtenida a partir de las observaciones de clases

De acuerdo con el diseño, se realizó la observación de todas las clases en que los grupos A y B desarrollaron actividades educativas relacionadas con la Mecánica Newtoniana. También se grabaron las intervenciones de los docentes y los alumnos, que fueron posteriormente transcritas. Las observaciones se realizaron orientadas por el protocolo que aparece en el Apéndice I, lo que permitió obtener los siguientes resultados:

? Grupo A - Profesor G

01. Se motiva a los estudiantes por medio de la presentación, discusión y análisis de situaciones físicas cotidianas que pueden explicarse a través de las leyes de Newton.
- 02 y 05. Los contenidos se desarrollan más bien en base a inquietudes de los estudiantes, sin poner énfasis en la índole de las situaciones problemáticas a la que la ley en cuestión da respuesta.
03. Se proporciona una concepción preliminar sobre la tarea, pero no se presenta con suficiente claridad el hilo conductor.
04. En algunas clases se incorporan las ideas previas de los alumnos y se clarifican algunas cuestiones vinculadas a las mismas, pero esta actividad no se realiza en forma sistemática.
06. Se sigue la secuencia Cinemática - Dinámica. Ambos núcleos temáticos se vinculan entre sí a nivel del discurso, pero no se incorporan ejemplos.
07. Se sigue el orden siguiente: ley de inercia, ley de masa, ley de acción y reacción, ley de gravitación universal.
08. La formalización de las leyes aparece acompañada de referentes fácticos, pero estos referentes no se incorporan de manera sistemática a la discusión.
09. La segunda ley se utiliza para establecer equivalencias entre unidades. La diferencia entre masa y peso se discute a raíz de dudas de los estudiantes, en base a ejemplos, sin utilizar la segunda ley.
10. No se identifican los aspectos conceptuales específicos de cada ley. No se analiza críticamente la idea intuitiva que concibe a la fuerza como propiedad de los cuerpos. El reposo y el MRU se definen como situaciones de equilibrio al introducir la ley de inercia, pero no se profundiza su indiscernibilidad dinámica. No se profundiza el concepto cualitativo de fuerza. Se mencionan diferentes tipos de fuerzas, pero no se profundiza sobre sus efectos. No se realizan experiencias pero se proyecta un video con experiencias sobre las tres leyes.
11. No se propone una definición operativa de fuerza a partir del concepto de cantidad de movimiento.
12. La ley de gravitación aparece vinculada con las leyes de masa y de acción/reacción.
13. No se reitera el tratamiento de los contenidos. Tampoco se profundiza en los diferentes tópicos. Sólo se trabajó sobre algunas cuestiones en una revisión de temas.
14. No se destina tiempo suficiente a actividades de cierre de los temas.
15. El docente administró una evaluación al término del tratamiento de la Mecánica Newtoniana. Algunos ítems de la evaluación fueron: “Explica qué es lo que nos empuja cuando caminamos”. “A un cuerpo de masa m se le aplica una fuerza F y éste adquiere una aceleración a . ¿Qué sucede con a si se duplica m ? Representa gráficamente F y a ”. “¿En la cima de una montaña tu peso es mayor o menor? ¿Por qué?”.
16. A lo largo de 11 clases observadas, el docente recurrió 3 veces a la deducción y/o presentación de ecuaciones, 4 veces a la discusión y/o presentación de ejercicios tipo, 10 veces a la discusión y/o presentación cualitativa de situaciones problemáticas, 0 veces a la consulta de material bibliográfico

por parte de los estudiantes, 0 veces al análisis de resultados de experiencias, 0 veces a la explicitación de las condiciones en que son válidas las ecuaciones matemáticas utilizadas, 12 veces a la vinculación del contenido teórico con situaciones de la vida diaria, 19 veces a la construcción por parte de los alumnos de gráficos y/o diagramas cualitativos para favorecer la discusión y comprensión de los casos tratados.

? Grupo B - Profesor S

01. Se motiva a los estudiantes por medio de la presentación, discusión y análisis de situaciones físicas cotidianas que pueden explicarse a través de las leyes de Newton.

02 y 05. Se incorporan algunos elementos de Historia de la Ciencia para comentar acerca del origen de las leyes, aunque no se profundiza el hecho de que las leyes son respuestas científicas a situaciones problemáticas.

03. Se proporciona una concepción preliminar sobre la tarea, pero no se presenta el hilo conductor con suficiente claridad.

04. Continua y sistemáticamente se incorporan a la discusión las ideas previas de los estudiantes. También se analizan físicamente ejemplos de situaciones propuestas por los alumnos. Hay un ambiente de interacción permanente entre el docente y los estudiantes.

06. Se sigue la secuencia Cinemática - Dinámica y ambos núcleos temáticos aparecen vinculados. El movimiento de los proyectiles se analiza en profundidad y en ese contexto se introduce la ley de inercia. Las representaciones gráficas $v(t)$ de MRU y MRUV se relacionan con las fuerzas que actúan en cada caso.

07. Se sigue el orden siguiente: ley de inercia, ley de masa, ley de acción y reacción, ley de gravitación universal.

08. La formalización de las leyes siempre aparece acompañada de numerosos referentes fácticos introducidos por el docente y/o por los estudiantes.

09. La segunda ley se utiliza para establecer equivalencias entre unidades. No se la utiliza para aclarar la diferencia entre masa y peso; esta cuestión ya había sido tratada previamente, al hablar sobre el significado de las unidades “kilogramo masa” y “kilogramo fuerza”.

10. No se identifican los aspectos conceptuales específicos de cada ley. No se analiza críticamente la idea intuitiva que concibe a la fuerza como propiedad de los cuerpos. El reposo y el MRU se definen como situaciones de equilibrio al introducir la ley de inercia, pero no se profundiza su indiscernibilidad dinámica. Se profundiza el concepto cualitativo de fuerza analizando situaciones con fuerza neta nula y no nula, aludiendo siempre a la ley de masa. Se mencionan diferentes tipos de fuerzas, pero no se profundiza sobre sus efectos. No se realizan experiencias pero se imaginan, describen y analizan experiencias mentales tales como la medición de fuerzas y aceleraciones para un carro que se desplaza luego de haber sido empujado por un resorte inicialmente comprimido.

11. No se propone una definición operativa de fuerza a partir del concepto de cantidad de movimiento.

12. La ley de gravitación aparece vinculada con las leyes de masa y de acción/reacción.

13. Los conceptos y leyes continuamente se siguen trabajando. El docente permanentemente establece nexos entre los contenidos de la clase y los de clases anteriores, reitera ejemplos, retoma cuestiones, profundiza explicaciones sobre puntos que resultan oscuros para los estudiantes.

14. El docente realizó un cierre sobre las leyes de Newton que insumió una clase completa. Se establecieron vínculos entre las tres leyes del movimiento y se presentó un nexo entre cinemática y dinámica mediante el análisis de una misma situación desde ambos enfoques.

15. El docente administró una evaluación al término del tratamiento de la Mecánica Newtoniana. Algunos ítems de la evaluación fueron: “Una persona está en un bote junto a un muelle. Se observa que para iniciar el movimiento del bote, apoya un remo sobre el muelle. ¿Cuáles son las fuerzas actuantes? ¿Qué ocurre con las aceleraciones asociadas a esas fuerzas?” “Explica qué significa la expresión matemática $m = F/a$ ”. “¿Qué entiendes por “masa de un cuerpo”? ¿Cómo se relaciona la masa de un cuerpo con el peso del mismo?”.

16. A lo largo de 11 clases observadas, el docente recurrió 12 veces a la deducción y/o presentación de ecuaciones, 1 vez a la discusión y/o presentación de ejercicios tipo, 2 veces a la discusión y/o presentación cualitativa de situaciones problemáticas, 4 veces a la consulta de material bibliográfico por parte de los estudiantes, 1 vez al análisis de resultados de experiencias, 3 veces a la explicitación de las condiciones en que son válidas las ecuaciones matemáticas utilizadas, 50 veces a la vinculación del contenido teórico con situaciones de la vida diaria, 29 veces a la construcción por parte de los alumnos de gráficos y/o diagramas cualitativos para favorecer la discusión y comprensión de los casos tratados.

IX.2.- Información obtenida a partir de la aplicación de las encuestas y los cuestionarios

Muy pocos estudiantes (el 1 % de las muestras) aplican correctamente las leyes de Newton (en el sentido de “aplicación” definido en este trabajo). Los que lo hacen, también integran y discriminan correctamente dichas leyes. Pero mientras casi el 25 % discrimina correctamente, no llega al 2 % el porcentaje de los que integran correctamente. Cabe destacar también que los perfiles epistemológicos del pequeño grupo de los alumnos que discriminan/integran/aplican correctamente son muy diferentes entre sí.

Más del 50 % de las respuestas pone de manifiesto una visión realista ingenua de la relación entre el conocimiento científico teórico y el mundo material. Más del 80 % responde a una visión reduccionista del papel que desempeña la experimentación en la ciencia. Casi el 50 % adhiere a visiones empiristas del vínculo entre percepción y teoría científica. También se acerca al 50 % el porcentaje coherente con visiones falsacionistas ingenuas acerca de la capacidad de enunciados singulares para decidir sobre la falsedad de enunciados científicos generales.

Más del 50 % de las respuestas responde a visiones compatibles con las científicas acerca del método científico y la transferibilidad del conocimiento científico. Más del 60 % se inclina por visiones compatibles con las científicas acerca de la perfectibilidad y el carácter colectivo del conocimiento científico.

Las variables “Perfil Epistemológico” y “Comprensión Conceptual” fueron además tratadas como variables cuantitativas discretas, puesto que su operativización permitía la asignación de puntajes expresados como números enteros. Así se obtuvo la Tabla I.

Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para comparar los valores adoptados por la variable CC en ambos grupos de estudiantes (Siegel, 1970). Considerando una prueba de dos colas con un nivel de significación del 10 por ciento, se obtuvo que la media de los puntajes correspondientes al grupo A (3,2 puntos) era significativamente menor que la media del grupo B (4,7 puntos).

Análogamente, la aplicación de la misma prueba con el mismo nivel de significación condujo a la conclusión de que la media de los puntajes de la variable PE correspondientes al grupo A (-0,9 puntos) era significativamente menor que la media de los puntajes de dicha variable en el grupo B (1,8 puntos).

El análisis de correlación entre las variables CC y PE se realizó con el coeficiente de correlación por rangos de Spearman y se controló el nivel de significación (Siegel, 1970).

El cálculo del coeficiente de correlación de Spearman para el grupo A arrojó para r_s un valor de 0,09. El análisis de significación indicó que la correlación obtenida no era estadísticamente significativa al nivel 0,05.

TABLA I (puntajes absolutos obtenidos para ambos grupos de estudiantes)

GRUPO A	C. C.	P. E.	GRUPO B	C. C.	P. E.
1-A	2	2	1-B	4	2
2-A	4	2	2-B	3	1
3-A	1	2	3-B	3	3
4-A	4	8	4-B	8	7
5-A	4	4	5-B	8	2
6-A	1	-5	6-B	7	-2
7-A	4	-2	7-B	6	2
8-A	2	3	8-B	4	-6
9-A	3	1	9-B	5	5
10-A	7	-13	10-B	4	7
11-A	6	-2	11-B	4	5
12-A	4	-5	12-B	6	10
13-A	0	-4	13-B	1	6
14-A	5	8	14-B	4	-4
15-A	3	-7	15-B	4	-9
16-A	2	4	16-B	2	-11
17-A	4	-2	17-B	4	3
18-A	2	2	18-B	9	10
19-A	4	-3	19-B	3	4
20-A	7	-2			
21-A	3	-2			
22-A	1	-5			
23-A	3	1			
24-A	1	-7			

El cálculo del coeficiente de correlación de Spearman para el grupo B arrojó para r_s un valor de 0,30. El análisis de significación indicó también para este caso que el coeficiente no era estadísticamente significativo.

X.- Conclusiones, comentarios, sugerencias, perspectivas

La educación en ciencias requiere por parte de docentes e investigadores de una actitud científica, crítica y reflexiva, que no acepte sin control “verdades obvias”, sean éstas “tradicionales” o “alternativas”. En otras palabras, tanto la crítica de la enseñanza habitual como la sugerencia de estrategias educativas superadoras deben fundamentarse teóricamente y controlarse experimentalmente con rigor. Nuestros resultados refuerzan la advertencia ya formulada por otros investigadores en el sentido de que las relaciones entre aprendizaje de la Ciencia y visión acerca de la Ciencia no son sencillas ni directas y deben ser estudiadas en profundidad (Strike y Posner, 1991): en el aprendizaje de la Física no parece haber una “relación causal simple” entre comprensión conceptual y comprensión epistemológica.

La numerosa adhesión a visiones realistas ingenuas, reduccionistas, empiristas y falsacionistas ingenuas detectada en las respuestas de los estudiantes que intervinieron en este

estudio es compatible con evidencia empírica reportada por otros investigadores (Hodson, 1985; Evans y Schibeci, 1991; Gil, 1993; Halloun y Hestenes, 1998; Tsai, 1998). Sin embargo, el elevado porcentaje de respuestas próximas a las científicas en cuestiones relacionadas con el método científico, la transferibilidad, la perfectibilidad y el carácter colectivo del conocimiento científico, saca a la luz la presencia de orientaciones epistemológicas complejas (y más correctas) que las habitualmente atribuidas a los alumnos.

Cuando decimos que las orientaciones epistemológicas se complejizan, lo afirmamos en el siguiente sentido: para el caso de un estudiante que fuera un realista ingenuo podríamos estar tentados de pensar que este estudiante suponga que el método científico es único, que el conocimiento científico no es transferible, ni perfectible, ni colectivo; una visión muy ingenua, obviamente, acerca del trabajo científico. Sin embargo, nuestros resultados muestran que las orientaciones epistemológicas no son simples sino que, al contrario, presentan numerosos matices que sería interesante estudiar con mayor profundidad. Es notable que un estudiante diga que el conocimiento científico es “copia de la realidad” y que por otro lado, afirme que es colectivo. ¿Significaría entonces que todos los científicos copian la misma realidad? ¿Qué sentido tendrían las múltiples teorías que aparecen entonces? ¿Por qué, a la vez, el estudiante afirma que el conocimiento científico es perfectible? ¿Qué se perfeccionaría? Preguntas todas que pueden dar lugar a otras investigaciones.

Para ilustrar lo anteriormente comentado, se muestra una tabla (ver apéndice IV) de doble entrada en la cual se han cruzado cada uno de los ejes y subejos de la variable “perfil epistemológico”. El cruce “científico – científico” se ha destacado con color rojo, mientras que el cruce con mayor número de respuestas se ha destacado con color verde.

Se ha observado un sesgo hacia un “paquete” de visiones epistemológicas realistas ingenuas, empiristas, falsacionistas y reduccionistas que se manifiesta por el elevado número de casos en cada uno de los cruces de las dimensiones extremas “no científicas”. Estas visiones podrían subsumirse en lo que suele denominarse visión empírico –positivista de la Ciencia.

Sin embargo, para los ejes correspondientes a “metodología” y “características del conocimiento científico”, las visiones de los estudiantes parecen inclinarse hacia visiones más correctas desde el punto de vista científico.

A nuestro juicio este resultado merece atención y pone en evidencia dos aspectos profundamente relacionados pero diferentes:

- ? La conveniencia de incorporar múltiples dimensiones en la caracterización empírica de las “epistemologías de los estudiantes”, a fin de favorecer la construcción de “mapeos epistemológicos” más certeros. En otras palabras, no limitar los análisis a los aspectos más tradicionalmente abordados (típicamente visiones realistas ingenuas, empiristas y falsacionistas ingenuas), sino ampliar el número y estudiar las interacciones mutuas de más dimensiones significativas.
- ? La inconveniencia de persistir en el empleo de categorías excesivamente simplistas o reduccionistas en la caracterización teórica de las “epistemologías de los estudiantes”, que dificultan la elaboración de marcos interpretativos más pertinentes y por lo tanto más eficientes para orientar criterios educativos superadores. Tales tipos fueron útiles en su momento, pero no parecen ajustarse a visiones como las detectadas en este estudio, más complejas y dinámicas, que conjugan visiones adecuadas e inadecuadas de la Ciencia y requieren de categorías de análisis más ricas.

Consideramos que el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad contemporánea así como la influencia de los medios de comunicación y otras formas de transmisión cultural han provocado una complejización de las epistemologías estudiantiles, haciéndolas más ricas que las que aparecen tipificadas en la mayor parte de los trabajos de investigación, como antes se comentó. Es decir, pueden estar surgiendo nuevas orientaciones epistemológicas en los estudiantes que estén más próximas a las científicas. Una hipótesis de trabajo que surgió durante el desarrollo de esta investigación es que puede estar habiendo un desplazamiento en la visión de Ciencia de los estudiantes a raíz de ese impacto de la Ciencia y la Tecnología del que hablamos. El desplazamiento en las epistemologías sería el siguiente: desde visiones muy ingenuas acerca de la metodología científica hasta visiones científicas (incluyendo las intermedias, que aparecen en los estudiantes realistas ingenuos y que aceptan la perfectibilidad, colectividad y transferibilidad del conocimiento). Hoy día existen programas de televisión y textos de divulgación general que muestran procesos reales de investigación y hay muchos estudiantes que asisten esos programas. Entonces, la visión escolarizada del científico y de la metodología científica se están “mezclando” con visiones provenientes de otros campos del conocimiento y producen en los estudiantes una visión de Ciencia más rica que la tradicionalmente asignada a los mismos.

En este estudio no se ha indagado sobre concepciones ontológicas de los estudiantes, algunas de las cuales podrían incidir sobre la eficiencia del proceso de enseñanza y aprendizaje. Por ejemplo, podría ocurrir que para un alumno el mundo no sea racional. ¿Qué sentido podría entonces atribuir ese estudiante al conocimiento científico? En esa dirección se extiende, entonces, un amplio campo de posibles investigaciones futuras. Por ejemplo, parece interesante contribuir a identificar y caracterizar las visiones ontológicas de los estudiantes sobre el mundo natural y su relación con el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza, así como extender a los aspectos ontológicos las fundamentaciones teóricas y los controles empíricos de propuestas de orientaciones educativas superadoras.

La operativización de la variable CC (comprensión conceptual) mediante las dimensiones discriminación/integración/aplicación de las leyes de Newton como manifestaciones de aprendizajes comprensivos, ha mostrado una vez más que es preciso, imperioso, renovar la enseñanza de la Física para favorecer mejores rendimientos de los estudiantes. Ha permitido también comprender que las mayores dificultades se presentan en la integración y la aplicación de leyes.

Cabe destacar la manifiesta dificultad de la gran mayoría de los estudiantes para dar respuestas satisfactorias desde el punto de vista científico a situaciones problemáticas cualitativas, físicamente sencillas pero conceptualmente relevantes, que requieren de reflexión y aprendizaje comprensivo. Sin embargo, el rendimiento significativamente superior de los estudiantes del grupo B en la variable CC muestra a nuestro juicio que las limitaciones no son intrínsecas a la disciplina, la edad de los alumnos o el nivel educativo y pueden ser superadas con adecuadas estrategias educativas y climas de aula.

Estos estudiantes ponen de manifiesto visiones próximas a un realismo científico (en el sentido de que piensan que la realidad no es copiada "icónicamente" por las teorías científicas), pero sin embargo, adhieren a una visión de tipo empírico-positivista respecto de la Ciencia (en el sentido de considerar a las respuestas científicas como verdades definitivas). Es posible que sus dificultades se deban a una limitación para correlacionar expresiones simbólicas con referentes fácticos.

De todos modos, estos comportamientos dejan abiertas interesantes perspectivas para estudios futuros (relación entre visión empírico-positivista y aprendizaje de la Física, relación entre visión realista ingenua y aprendizaje de la Física, relación entre visión empírico-positivista y visión realista ingenua).

La limitación para correlacionar expresiones simbólicas y referentes fácticos (esto es: reconocer el conjunto de hechos a los cuales es aplicable una expresión simbólica, que expresa una ley científica) está vinculada a una dificultad que comentamos en un párrafo posterior pero que mencionamos aquí: la dificultad de los estudiantes de formar un modelo de trabajo en sus mentes para visualizar la aplicación de varias leyes en un mismo problema (integración de leyes). Entonces los estudiantes consideran que sólo se aplican algunas de ellas y no todas las que conforman el “paquete” newtoniano. Hay muchos estudiantes que consideran que se aplica la Ley de Inercia en un problema determinado y no las otras leyes. Consideran que el “tipo de problema” determina la aplicación de una ley y no de otras, posiblemente lo anterior vinculado al tipo de enunciado, que les permite asociar el problema a una ley y no a las otras, además de la dificultad ya mencionada de formar modelos de trabajo. Por ejemplo, cuando se afirma: (problema 6 del cuestionario que se adjunta): “La Luna está girando alrededor de la Tierra” y se pregunta a los estudiantes: ¿Se aplica aquí la primera ley de Newton?, responden que sí (discriminan que esa ley es aplicable) y al preguntar por la aplicación de las demás leyes, algunos contestan que no. Entonces en este caso se da discriminación de una ley pero no integración. Es posible que en la mente del estudiante las leyes aparezcan como conjuntos de informaciones inconexas entre sí y no formando parte de una teoría consistente como lo es la Mecánica de Newton. El modelo de trabajo del estudiante resulta incompleto.

Además de la dificultad para vincular las leyes físicas con situaciones reales, parece haber otra limitación importante que podría explicar los bajos rendimientos en aplicación por parte de los estudiantes, proveniente de la dificultad para comprender la relación entre conceptos implicada en una ley. Es decir, para otorgar sentido físico a una proposición lingüística, para acceder de forma integradora a la comprensión de enunciados en las que aparecen conceptos y relaciones entre esos conceptos, que presuponen la comprensión de cada concepto involucrado en esa ley pero superan dicha comprensión. Comprender una ley física exige la formación de un modelo en la mente del alumno. El campo fáctico o contexto de aplicación es una información que ayuda al estudiante a diferenciar y/o integrar leyes por sus referentes fácticos, pero no necesariamente por sus significados. Esta cuestión abre también una interesante perspectiva para trabajos futuros, vinculada a la hipótesis que sostiene que las concepciones de los estudiantes no son un agregado de nociones aisladas, sino que se organizan como “modelos” que permiten imaginar situaciones, realizar inferencias, etc. Esta fértil hipótesis orienta en la actualidad el trabajo de diversas líneas de investigación, que reconocen distintos referenciales teóricos (ver por ejemplo, Moreira, 1999).

En coincidencia con resultados obtenidos por Strike y Posner (1991), la correlación entre dominio de los contenidos de la disciplina y visión epistemológica no resulta significativa en nuestro estudio, pero hay sin embargo otra correlación, a nuestro juicio importante, que sí es significativa: las dos variables “crecen juntas”. Los resultados correspondientes al grupo B (profesor S) muestran distribuciones sesgadas hacia puntajes más elevados *en ambas variables*, mientras que en el grupo A (profesor G), el sesgo se da en el otro sentido, pero también coincidente *para ambas variables*. La aplicación de la prueba U de Mann-Whitney permite afirmar que las diferencias entre los puntajes de ambos grupos son diferentes en un nivel de significación del 10 % para ambas variables (CC y PE).

El análisis global de toda la información recogida en este estudio permite a nuestro juicio señalar que importantes dificultades conceptuales e incomprensiones epistemológicas de los estudiantes de Física se asientan en un inadecuado tratamiento en el aula de la relación entre los sucesos y procesos del mundo natural y el saber que la ciencia elabora para explicar y predecir dichos sucesos y procesos. El vínculo científico entre teoría y realidad es complejo y multifacético, pero esencial para comprender acertadamente el proceso y el producto de la labor científica (Cudmani y Salinas, 1991). Es ese vínculo el que se trabaja más frecuente y profundamente en el

grupo B que en el grupo A, con una dinámica que incorpora permanentemente los aportes y las preguntas de los estudiantes, y esto es lo que a nuestro juicio explica en gran medida el rendimiento conjunto CC-PE mayor en los alumnos del profesor S que en los alumnos del profesor G, ya que los primeros pueden utilizar herramientas más adecuadas para acceder al conocimiento científico.

Las diferencias en los estilos docentes de los profesores de ambos grupos abre el camino a otra posible línea de investigación futura, que analice la influencia del discurso del profesor de ciencias sobre las visiones epistemológicas de los estudiantes. Hay algunos estudios en esta línea, aunque sin resultados concluyentes (Yerrick et al, 1998).

Nuestros resultados muestran que es posible mejorar la enseñanza de la Física a través de una mejor comprensión de la índole de la disciplina por parte de los docentes y de una transferencia adecuada de dicha comprensión a una labor educativa que favorezca la construcción científica en el aula de saberes referidos al mundo natural. Enfatizamos en este marco la conveniencia de que la columna vertebral del proceso de aprendizaje de la Física esté constituida por un tratamiento coherente con el científico, orientado por el docente, de situaciones problemáticas abordables, que tengan sentido e interés a los ojos de los estudiantes, e integren funcionalmente aspectos metodológicos, axiológicos, epistemológicos y ontológicos en la disciplina (Gil et al, 1991, Salinas et al, 1995)

Es posible (y esto queda formulado como hipótesis de trabajo para futuras investigaciones) que el mejor rendimiento conjunto CC-PE del grupo B se hubiera acentuado si el profesor S hubiera complementado sus estrategias docentes con una adecuada labor experimental. Se ha señalado insistentemente la necesidad de incorporar funcionalmente al aula el doble rol que la experimentación juega en la ciencia (para suscitar y controlar hipótesis de trabajo) a fin de favorecer adecuados aprendizajes de la Física, dado el carácter fáctico de esta disciplina, una ciencia de la naturaleza.

Referencias

- Aebli H. 1973, *Una didáctica basada en la psicología de Jean Piaget* (Ed. Kapelusz, Buenos Aires)
- Astolfi J. P., Peterfalvi B., 1991, Obstacles et construction de situations didactiques en Sciences Experimentales, *Aster. Modèles Pedagogiques 1*, N° 16, pp. 105-141
- Ausubel D., Novak J. D., Hanesian H., 1991, *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo* (Ed. Trillas, México)
- Bachelard G., 1973, *Epistemología* (Ed. Anagrama, Barcelona)
- Blanché R., 1972, *El método experimental y la filosofía de la física* (Fondo de Cultura Económica, México)
- Bunge M., 1985, *La investigación científica* (Ed. Ariel, Barcelona)
- Carrascosa J., Gil D., 1985, La metodología de la superficialitat i l'aprenentatge de les ciències, *Ensenanza de las Ciencias*, 3(2), pp. 113-120.
- Chalmers A., 1987, *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?* (Siglo XXI Ed., Madrid)
- Chalmers A., 1992, *La Ciencia y cómo se elabora* (Siglo XXI Ed., Madrid)

- Coll C., 1996, *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento* (Ed. Paidós, Buenos Aires)
- Cudmani L. de, 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
- Driver R. , Guesne E. y Tiberghien A., 1986, *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*, (Ed. Morata , Madrid)
- Evans M., Schibeci R., 1991, Assessing some student views about science, *The Australian Science Teachers Journal*, 37(4), pp. 69-71.
- Ferrater Mora J., 1997, *Diccionario de Filosofía Abreviado* (Ed. Sudamericana, Buenos Aires)
- Gil D., 1993, Contribución de la historia y 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., 1985, Science learning as a conceptual and methodological change, *European Journal of Science Education*, 7(3), pp. 231-236
- Gil Pérez D., Carrascosa J., Furió C., Martínez Torregrosa J., 1991, *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria* (ICE-HORSORI, Universidad de Barcelona, Barcelona)
- 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)
- Halloun I., Hestenes D., 1998, Interpreting VASS Dimensions and Profiles, *Science & Education*, 7 (5), pp.
- Hestenes D., Wells M., 1992, A mechanics baseline test, *The Physics Teacher*, 30, pp. 159-166
- Hodson D., 1985, Philosophy of science, science and science education, *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57
- Hurtado Ure M., Müller G., Sebastián J. M., d'Alessandro Martínez A., 1994, Concepciones intuitivas de los estudiantes sobre el principio de acción y reacción, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 16 (1 a 4), pp. 120-128
- Moreira M. A., 1994, Cambio conceptual: crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo, *Conferencia desarrollada en SIEF II, Buenos Aires, Argentina*
- Moreira, M. A., 1999, Modelos mentales. Texto de apoyo nº 8. *Material de lectura de la I Escuela de Verano sobre Investigación e Enseñanza de las Ciencias* (Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos, España - Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Brasil).
- Mortimer E. F., 1996, Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), pp. 267-285
- Nunnally J. M., 1970, *Introducción a la medición psicológica* (Ed. Paidós, Buenos Aires)

- Piaget J., 1972, *Psicología y Epistemología* (Emecé De., Buenos Aires)
- Pozo J. I., 1987, “Y sin embargo, se puede enseñar ciencia”, *Infancia y Aprendizaje*, 38, pp. 109-113
- Pozo J. I., 1989, *Teorías cognitivas del aprendizaje* (Ed. Morata, Madrid)
- Salinas J., 1991, La unidad de método y contenido en la construcción histórica y en el aprendizaje de la física, Partes I y II, *Memorias de REF VII, Mendoza, Argentina*, pp. 181-194
- Salinas J., 1999, ¿Enseñamos la física como una ciencia de la naturaleza?, *Memorias de REF XI, Mendoza, Argentina*, pp. 358-365
- Salinas J., Gil D., Cudmani L. de, 1995, La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar las cuestiones, *Memorias de REF IX, Salta, Argentina*, pp. 336-348.
- Siegel S., 1970, *Diseño experimental no paramétrico*” (Ed. Trillas, México)
- Strike K., Posner G. J., 1991, *Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice* (Sunny Press, New York)
- Tsai Ching-Chung, 1998, An Analysis of Scientific Epistemological Beliefs and Learning Orientations of Taiwanese Eighth Graders, *Science Education*, 82 (4), pp. 473-489
- Villani A., 1992, Conceptual Change in Science Education and Science Education, *Science Education*, 76 (2), pp. 223-237
- Vygotski L., 1989, *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores* (Ed. Crítica Grijalbo, Barcelona)
- Yerrick, R. K., Pedersen, J. E. and Arnason, J. (1998) "We're Just Spectarors": A Case Study of Science Teaching, Epistemology, and Classroom Management. *Science Education*, 82 (6), pp. 619 - 648.

Apéndice I:
Protocolo para las observaciones de clases

ITEM	FORMULACIÓN DEL ÍTEM
01	¿Se dedica un tiempo a sensibilizar a los estudiantes hacia el tema (motivación)?
02	¿Se organiza el desarrollo de los contenidos como la búsqueda de respuestas científicas a una situación problemática?
03	¿Se proporciona a los estudiantes una amplia concepción preliminar sobre la tarea a realizar, que les sirva de hilo conductor?
04	¿Se favorece la explicitación y se valoran e incorporan a la discusión, las ideas previas de los estudiantes sobre el tema?
05	¿Se incorporan elementos de la historia de la Ciencia en el tratamiento de los temas?
06	¿Cómo se vincula la Cinemática con la Dinámica?
07	¿Cuál de las leyes introduce primero el docente?
08	La formalización de leyes, ¿aparece con referentes fácticos o sin ellos?
09	¿Se introduce la segunda ley para introducir unidades, equivalencias entre unidades y/o para aclarar la diferencia entre fuerza y masa?
10	<p>¿Se vincula las leyes de movimiento entre sí?</p> <p>Si se vinculan, ¿se proponen actividades específicamente destinadas a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - identificar los aspectos conceptuales específicos de cada ley, lo que cada una de ellas aporta por sí misma y en relación con las otras a la comprensión del comportamiento de cuerpos en movimiento? - analizar críticamente la idea intuitiva que concibe a la fuerza como propiedad de los cuerpos? - concebir el reposo y el MRU como totalmente indiscernibles desde el punto de vista dinámico? - profundizar el concepto cualitativo de fuerza (primer y tercer principio)? - considerar diferentes tipos de fuerzas y los modos en que se manifiestan sus efectos? - proponer situaciones experimentales sencillas que permitan controlar la adecuación y la validez de las tres leyes?
11	¿Se incorpora al desarrollo el concepto de cantidad de movimiento? ¿Se propone una definición operativa de fuerza a partir del concepto de cantidad de movimiento?
12	La ley de Gravitación: ¿se presenta a los estudiantes? Si es así, ¿se presenta vinculada con las otras leyes del movimiento? ¿Con cuáles?
13	¿Los conceptos se manejan reiteradamente, en distintas situaciones, para controlar su validez y afianzarlos?
14	¿Se dedica un tiempo a actividades de cierre de los temas (síntesis, esquemas, diagramas conceptuales)?
15	¿Se evalúa la comprensión integradora alcanzada por los estudiantes, solicitándoles juicios críticos, razonados y fundados sobre situaciones problemáticas cualitativas, físicamente sencillas pero conceptualmente relevantes?
16	Respecto del tipo de actividades que predomina: A lo largo declases observadas, el docente recurrió:veces a la deducción y/o presentación de ecuaciones

<p>.....veces a la discusión y/o presentación de ejercicios tipo</p> <p>.....veces a la discusión y/o presentación cualitativa de situaciones problemáticas</p> <p>.....veces a la consulta del material bibliográfico por parte de los estudiantes</p> <p>.....veces al análisis de resultados de experiencias</p> <p>.....veces a la explicitación de las condiciones en que son válidas las expresiones matemáticas utilizadas</p> <p>.....veces a la presentación por parte de los estudiantes de los resultados de sus elaboraciones</p> <p>.....veces a la vinculación del contenido teórico con situaciones de la vida diaria</p> <p>.....veces a la construcción por parte de los alumnos de gráficos y/o diagramas cualitativos para favorecer la discusión y comprensión de los casos tratados</p>

Apéndice II:

Enunciado de una Encuesta

(en la versión presentada a los estudiantes, en cada apartado aparecían las cinco opciones de respuesta y el espacio para la justificación)

Nombre y apellido:

ACLARACIONES PREVIAS:

Esto no es una evaluación. Estamos desarrollando en la Universidad un programa de investigación con la intención de mejorar el aprendizaje de la Física. Te pedimos que colabores y contestes esta encuesta con honestidad, que reflejes tu forma de pensar.

¿CÓMO CONTESTAR LA ENCUESTA?

En cada ítem vas a encontrar dos afirmaciones y cinco opciones de respuesta. Marca con una X la opción que compartas y justifica tu elección.

- | | |
|--------------------------------------|---|
| Totalmente de acuerdo con A | ? |
| Parcialmente de acuerdo con A | ? |
| No tengo opinión sobre esta cuestión | ? |
| Parcialmente de acuerdo con B | ? |
| Totalmente de acuerdo con B | ? |

Justificación:

.....

.....

ITEMS DE RESPUESTA

(adaptados de Halloun y Hestenes 1998)

1- La Física consiste en:

- A- Información verdadera acerca del mundo natural
- B- Interpretaciones que los científicos tienen acerca del mundo natural

2- Las leyes de la Física:

- A- Son inventadas por los científicos para organizar su conocimiento acerca del mundo natural
- B- Están en las cosas y son independientes de cómo piensan los seres humanos

3- Los físicos dicen que existen los protones y los electrones en el átomo porque:

- A- Han visto esas partículas con algunos instrumentos
- B- Han realizado observaciones cuidadosas que pueden interpretarse suponiendo que existen esas partículas (aunque no las vean)

4- En la elaboración de una ley física:

- A- Se puede prescindir de la experimentación
- B- No se puede prescindir de la experimentación

5- Los científicos que investigan sobre temas diferentes: (por ejemplo, mecánica y electricidad)

- A- Comparten la utilización de algunas leyes físicas
- B- Utilizan leyes físicas completamente diferentes

6- Las leyes de la Física:

A- Sólo reflejan aproximadamente cómo es el mundo natural

B- Expresan exactamente cómo es el mundo natural

7- Las ideas que los científicos poseen acerca de las partículas que componen el átomo:

A- Se mantendrán en el futuro

B- Pueden ser reemplazadas en un futuro por otras ideas diferentes

8- Los descubrimientos científicos acerca del mundo natural:

A- Surgen del comportamiento de los fenómenos

B- Se basan en conocimientos científicos previos

9- Cuando los científicos se enfrentan con un problema:

A- Toman en cuenta sólo algunos aspectos del fenómeno que les parecen importantes y realizan sólo algunas mediciones que les parecen adecuadas

B- Toman en cuenta todos los aspectos del fenómeno y realizan todas las mediciones que son posibles

10- Cuando se realiza un experimento en Física, y sus resultados no están de acuerdo con una ley física:

A- *La ley se puede conservar*

B- La ley se descarta

11- Cuando los científicos investigan:

A- Emplean el Método Científico, que es independiente del problema en estudio

B- Pueden utilizar metodologías nuevas, que no hayan sido usadas antes

12- En Física, las investigaciones:

A- Comienzan con la identificación de un problema.

B- Comienzan con la observación cuidadosa de los fenómenos.

13- Los físicos observan los fenómenos:

A- Sin tener ideas previas sobre los mismos

B- Influenciados por sus ideas previas sobre los mismos

14- Las leyes de Newton:

A- Sólo valen para resolver problemas de Mecánica

B- Valen también cuando se estudian otros fenómenos (por ejemplo, eléctricos, magnéticos)

15- Las leyes más importantes de la Física se elaboran:

A- Sólo gracias a los aportes de unos pocos científicos geniales

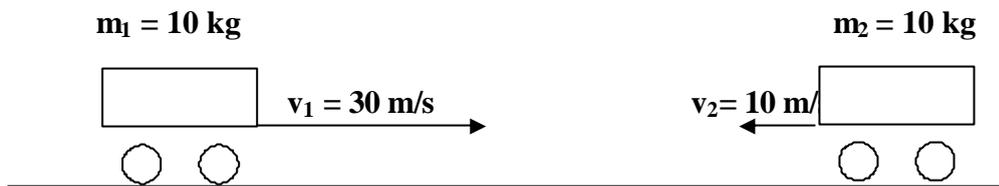
B- Como resultado de los aportes de muchos científicos.

Apéndice III:
Enunciado de un Cuestionario

Nombre y apellido:

PRESENTACIÓN: Te pedimos nuevamente tu colaboración. Necesitamos que nos contestes a las siguientes cuestiones, como parte del programa de investigación que estamos desarrollando en la Universidad. Recuerda que este cuestionario no es una evaluación. Necesitamos que contestes con honestidad.

1- Dos carros se mueven uno hacia el otro como indica la figura y chocan frontalmente.



Considera el instante en que los carros chocan.

Llamemos F_1 a la fuerza que ejerce el carro 1 sobre el carro 2 en ese instante.

Llamemos F_2 a la fuerza que ejerce el carro 2 sobre el carro 1 en ese instante.

a) Marca con una cruz la opción que compartas:

? F_1 es mayor que F_2

? F_1 es igual que F_2

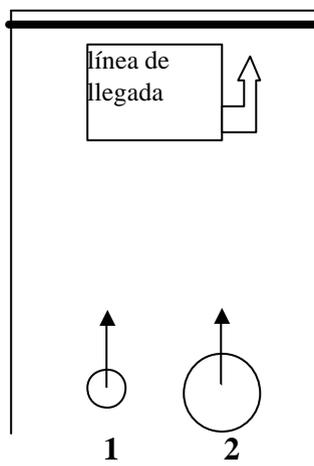
? F_1 es menor que F_2

b) Justifica tu elección a partir de las leyes de Newton.

.....
.....
.....

2- (adaptado de Hestenes y Wells, 1992)

El diagrama muestra dos bolas sobre una superficie sin fricción. La bola 2 tiene una masa 4 veces mayor que la bola 1. Las bolas parten del reposo y son empujadas por fuerzas iguales.



Considera la línea de llegada marcada en la figura.

a) Marca con una cruz la opción que compartas:

? La bola 1 llegará con una velocidad mayor que la bola 2

? Las bolas 1 y 2 llegarán con la misma velocidad

? La bola 1 llegará con una velocidad menor que la bola 2

b) Justifica tu respuesta a partir de las leyes de Newton.

.....
.....
.....

3- (adaptado de Hurtado Ure et al., 1994)

Una pelota se deja caer desde un helicóptero. Se desprecia el rozamiento con el aire.

Considera el sistema pelota – Tierra.

a) ¿Cuál de los dos objetos adquiere mayor aceleración? ¿Por qué?

.....
.....
.....

b) ¿La Tierra se mueve hacia la pelota? ¿Por qué?

.....
.....
.....

4- Juan y María están en una pista de patinaje sobre hielo. Juan está sentado esperando su turno, mientras María patina con velocidad constante.

a) ¿Está Juan en equilibrio? ¿Por qué?

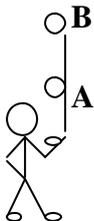
.....
.....
.....

b) ¿Está María en equilibrio? ¿Por qué?

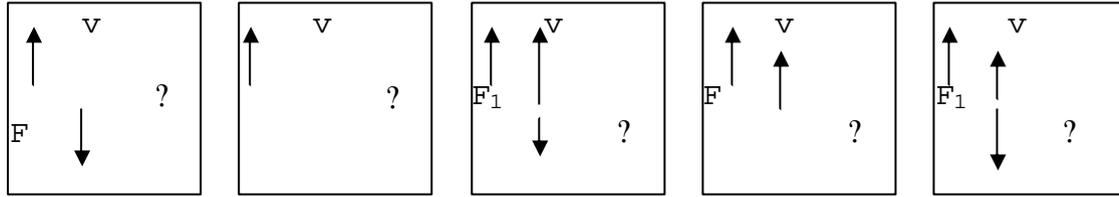
.....
.....
.....

5- (adaptado de Driver et al., 1986)

Se lanza una piedra al aire, hacia arriba. Considera despreciable el roce con el aire. La piedra sale de la mano del sujeto, pasa por el punto A, llega hasta el punto B y cae nuevamente a través del punto A.



Se pide a varios alumnos que dibujen las fuerzas que actúan sobre la piedra al subir cuando pasa por el punto A. Se obtienen las siguientes respuestas:



Juan

Luis

Pedro

Marcos

Augusto

a) Marca con una cruz la opción que compartes:

? Juan tiene razón

? Luis tiene razón

? Pedro tiene razón

? Marcos tiene razón

? Augusto tiene razón

? Ninguno tiene razón

b) Justifica tu respuesta a partir de las leyes de Newton.

.....

.....

.....

6- La Luna está girando alrededor de la Tierra.

a) ¿Se aplica aquí la primera ley de Newton? Explica.

.....

.....

.....

b) ¿Se aplica aquí la segunda ley de Newton? Explica.

.....

.....

.....

c) ¿Se aplica aquí la tercera ley de Newton? Explica.

.....

.....

.....

d) ¿Se aplica aquí la ley de Gravitación Universal? Explica.

.....

.....

.....

APÉNDICE IV - TABLA DE CRUCE DE DIMENSIONES Y SUBDIMENSIONE DE LA VARIABLE "PERFIL EPISTEMOLÓGICO"

		Reduccionismo			Empirismo			Falsacionismo			Método			Transferibilidad			Perfectibilidad			Colectividad		
		NC	Red	CIE	Emp	Amb	CIE	Fals	Amb	CIE	Uni	Amb	CIE	C.E.	Amb	CIE	Def	Amb	CIE	Ind	Amb	CIE
Realismo	RI	3	15	1	10	11	2	10	7	6	4	6	13	3	10	10	9	0	14	4	4	14
	Amb	0	8	1	6	4	1	4	5	1	0	6	5	1	6	4	0	4	7	2	2	7
	CIE	3	3	0	2	3	2	5	0	4	1	1	5	0	1	8	2	1	6	2	1	6
Reduce	NC				1	4	1	4	1	1	0	1	5	1	1	4	3	0	3	2	0	4
	Red				14	11	1	11	8	7	3	9	14	2	12	12	6	4	16	6	4	16
	CIE				0	2	0	2	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	2	0	1	1
Empirismo	Emp							10	7	3	3	6	10	1	10	9	3	2	15	6	3	11
	Amb							8	3	7	2	6	10	2	6	10	6	2	10	4	3	11
	CIE							2	2	1	1	1	3	1	1	3	2	1	2	1	0	4
Falsac.	Fals										2	7	11	2	6	12	4	2	14	3	4	13
	Amb										1	4	7	2	6	4	3	2	7	3	2	7
	CIE										3	2	5	0	5	6	4	1	6	5	0	6
Método	Uni													0	2	4	4	0	2	2	0	4
	Amb													3	4	6	1	4	8	4	3	6
	CIE													1	11	11	6	1	16	4	3	16
Transferibili	C.E.																1	1	2	2	1	1
	Amb																4	2	11	3	1	13
	CIE																6	2	14	6	4	12
Perfectibilidad	Def																			4	0	7
	Amb																			2	1	2
	CIE																			4	5	17

Recebido em 29.12.2000

Aceito em 25.10.2001