

## PRESENCIA DE LAS IDEAS ARISTOTÉLICAS EN LOS PROFESSORES DE FÍSICA EN LA ESCUELA CONTEMPORÁNEA

Carlos J. Sierra Mora<sup>31</sup>  
Jesús Vila<sup>32</sup>

**RESUMEN:** La reiteración del hecho de la presencia de las ideas aristotélicas en los profesores de Física como algo cuasi inevitable, motivó la realización de esta investigación que a continuación exponemos. Presentamos los resultados de una muestra de licenciados en Física, Química, Ingenierías, Farmacia, de la encuesta realizada a la que debían voluntaria y anónimamente responder a dicho cuestionario. Los objetivos fueron los siguientes: evidenciar la regularidad de la existencia de representaciones aristotélicas en el pensamiento de los profesores, investigar en la literatura docente la existencia de trabajos en este sentido y estudiar las opiniones de especialistas de la formación del profesorado en relación con el tema.

**PALABRAS LLAVES:** Las ideas aristotélicas; Escuela contemporánea; Formación del Profesor de Física.

**RESUMO:** A reafirmação do facto da presença das ideias aristotélicas nos professores de Física como algo quase inevitável, motivou a realização desta investigação. Apresentamos os resultados de uma amostra de Licenciados em Física, Química, Engenharia, Farmácia, de um questionário realizado de forma voluntária e anonimamente. Os objetivos eram: a regularidade da existência de representações Aristotélicas no pensamento de professores, investigação na literatura docente a existência de trabalhos a este respeito e estudar as opiniões dos especialistas da formação de professores de em relação ao tema.

**PALAVRAS-CHAVES:** as Ideias Aristotélicas; Escola Contemporânea; Formação do Professor de Física.

### INTRODUCCIÓN

¿Hemos logrado, los que en buena medida tenemos ese privilegio, que es trabajar en el desarrollo de contenidos (conocimientos y habilidades) con las nuevas generaciones, los

<sup>31</sup> Colégio Los Penascales. Las Matas (Madrid). Espanha.

<sup>32</sup> Universidad Del Pais Vasco. Espanha.

métodos y procedimientos que permitan el acceso a la cultura científica en los planos internos del pensamiento de nuestros alumnos? ¿Son los planes, programas, libros y sobre todo las acciones profesionales de los docentes (me referiré en particular a la Física) portadores en sí, del dominio de las regularidades que se dan en el proceso de la formación de una concepción científica contemporánea del mundo de los educandos?.

¿Tenemos que asombrarnos una y otra vez cuando los alumnos respondan - según ellos - con las leyes de Newton, pero de manera aristotélica, al expresar sutilmente o no, que :

I: La fuerza es la causa de la velocidad, del movimiento de los cuerpos.

II: Existencia de fuerzas permanentes en los cuerpos, más allá de la interacción e inclusive sin que existan o hayan existido interacciones.

¿Es que sólo nos queda lamentarnos de que nuestros alumnos no sean capaces de acceder al pensamiento newtoniano - al menos - y quedarse en la apariencia fenomenológica, sin ahondar en la esencia? ¿Somos conscientes de que los estudiantes deben transitar por diferentes estadios del conocimiento, y no por trayectorias difusas, incontroladas, sino dirigidas, organizadas, provocadas inclusive?... y entonces alegrarnos cuando sean aristotélicos -que ya es un magnífico nivel de referencia-, cuando sean galileanos ¡vaya conquista del pensamiento!. Cuando construyan sus ideas newtonianas, celebrarlo merecidamente y cuando logren una concepción einsteniana, sentirnos satisfechos de haber sido capaces de servir de puente que permite un desplazamiento racional y lógico (no una trayectoria azarosa) en este intervalo de 3 milenios de cultura humana.

Por otro lado y siendo más prioritario aun: ¿estamos los profesores científica y técnicamente preparados para lograr esa evolución o es que en nosotros mismos no se ha producido adecuadamente la formación que nos permita dirigir la referida construcción en los estudiantes?

**PREMISAS:**

I. En el desarrollo de nuestras actividades docentes con estudiantes del nivel secundario y de bachillerato, de primeros de carreras universitarias de ciencias y tecnologías y en una alta incidencia entre los profesores de la enseñanza media con los cuales hemos desarrollado decenas de cursos de superación pedagógica, simultaneando lo anterior: en su formación inicial, sistemática y en años sabáticos, hemos podido advertir la reiteración constante de errores - reflejo de insuficiencias en las concepciones físicas- en la interpretación y durante la resolución de cuestiones, preguntas y problemas, relacionados con la aparición de ideas aristotélicas, en la mayoría de los casos de manera inconsciente.

II. Los profesores podemos declararnos auténticos newtonianos, einstenianos; partidarios al 100% de las ideas de Planck, defensores a ultranza de las ideas de D'Broglie... somos capaces de repetir los postulados, teoremas, de resolver problemas muy complejos con algoritmos matemáticos con sistemas de ecuaciones diferenciales, interpretar experiencias, notas históricas..., pero ante un simple problema de cinemática lineal, de un cuerpo cayendo por un plano inclinado, de un sistema cuerpo-resorte, de un satélite alrededor del planeta, representamos fuerzas inexistentes y/o asignamos la dirección y sentido de la velocidad de un objeto basados exclusivamente en las características de la fuerza (resultante o no) y defendemos igualmente apasionados conclusiones con razonamientos científicamente alejados unos 2. 500 años, que han sido desterrados de la Física por las conquistas de una gran cantidad de pensadores postaristotélicos, galileanos, newtonianos, hasta nuestros días.

III. No sólo tiene una importancia pragmática, reducida a la Física como Ciencia Exacta -que ya es suficiente-, sino además es esencial para la cosmovisión del mundo, digamos en la conformación del Cuadro Científico del Mundo contemporáneo; es decir es un hecho cultural. Un núcleo esencial, una metaidea de la Física (llamadas también ideas rectoras).

La reiteración del hecho como algo casi inevitable, motivó la realización de esta investigación que a continuación exponemos. Presentamos los resultados de una muestra de 68 licenciados en Física, Química, Ingenierías, Farmacia, de la encuesta realizada durante las Conferencias ofrecidas (febrero de 2005) como parte de la preparación o formación inicial (CAP) en la UCM en la que, bajo el título de Ideas Previas, los licenciados debían voluntaria y anónimamente

responder a dicho cuestionario. Además se incluyen los resultados correspondientes a estudiantes de bachillerato.

## 2. ESTUDIO DE LAS CONCEPCIONES RELACIONADAS CON EL TRABAJO

### II.1. Desde el punto de vista del Conocimiento Profesional y Epistemológico

Hemos podido encontrar y estudiar varios trabajos relacionados con este tema, que a continuación comento y que organizo del modo siguiente:

- A) Conocimiento profesional de los profesores.
- B) Concepciones y obstáculos epistemológicos de los profesores.
- C) Aspectos metodológicos en el estudio del conocimiento de los profesores.

#### A) Conocimiento profesional de los profesores

En este sentido Porlán, 1993; Martín en 1994 y García 1995, permiten resumir las tres perspectivas siguientes:

*a) Perspectiva constructivista, según la cual los alumnos y profesores, al igual que el resto de las personas, poseen un conjunto de concepciones sobre el medio en general, y sobre el medio escolar en particular. Estas concepciones son, al mismo tiempo; “herramientas” para poder interpretar la realidad y conducirse a través de ellas y “barreras” que impiden adoptar perspectivas y cursos de acción diferentes...*

Luego apuntan que basado en la interacción y contraste con otras ideas y experiencias, las concepciones y las conductas pueden evolucionar.

b) La perspectiva sistémica y compleja, según la cual tanto las ideas como la realidad-incluye la realidad escolar- pueden ser consideradas como conjuntos de “sistemas en evolución”. De esta manera las concepciones de alumnos y profesores pueden ser consideradas como “sistemas de ideas en evolución”.

El sistema cognitivo humano-añaden- puede contener zonas de mayor o menor densidad de elementos interactuantes. Una misma persona puede manifestar diferentes niveles de desarrollo en diferentes circunstancias cotidianas, lo que no implica la imposibilidad de establecer interacciones e integraciones parciales entre ellas. *“Los aprendizajes realizados en un contexto concreto, que han provocado un incremento del grado de complejidad de las concepciones asociadas, no se transfieren automática y mecánicamente a otros contextos o a otros asuntos de la misma clase, pero pueden influir en ellos”.*

Se define metaidea como un tipo de concepción especialmente importante cuya evolución puede favorecer la transición de lo simple a lo complejo de nuestras ideas acerca de la naturaleza de los conocimientos, de sus formas de organización y cambio, y del papel que estas juegan en el conjunto del sistema cognitivo. En cierta medida a procesos de generalización, transferencia e integración del conocimiento personal. Es por eso importante el estudio de las concepciones epistemológicas de los profesores.

Todo lo anterior pone de relieve la importancia de estar informados de forma rigurosa de las concepciones de los profesores y de los *obstáculos intrínsecos asociados* y de hipótesis acerca de la posible y deseable progresión de dichas concepciones y que el profesor ha de desarrollar un método de negociación y ajuste entre las hipótesis de progresión y el desarrollo real de los acontecimientos, evitando el espontaneísmo errático carente de un referente racional.

c) La perspectiva crítica: las ideas y las conductas de las personas y los procesos de contraste y comunicación no son neutrales. De manera que la transición de lo simple a lo complejo no garantiza por sí sola la consecución de los fines formativos; es una condición necesaria, pero no suficiente.

Así en este apartado se insiste en el nexo entre el interés y conocimiento, que refleja nuestra visión interesada o condicionada por determinados intereses. Favorecer el espíritu crítico, la autonomía, el respeto a la diversidad, la cooperación y la acción transformadora por una sociedad más justa y más armónica con la naturaleza, son elementos a considerar en los procesos de investigación escolar, que trascienden a los objetivos estrictamente académicos. Por ello los contrastes de ideas y experiencias han de reflejar diferentes posiciones, intereses sociales y puntos de vistas, tratando de favorecer dilemas intelectuales, éticos e ideológicos.

Más adelante los autores exponen algunos elementos para una teoría del conocimiento profesional de los profesores y argumentan acerca de la importancia de investigar sus concepciones epistemológicas. Se apoyan en el siguiente cuadro:

	Nivel Explícito	Nivel Tácito
Nivel Racional	Saber Académico	Teorías Implícitas
Nivel Experiencial	Creencias y Principios de Actuación	Rutinas y Guiones de Acción

**Saberes académicos:** conjunto de concepciones disciplinares y metadisciplinares que poseen los profesores: relacionadas con las disciplinas referidas a los *contenidos* escolares tradicionales, a los *psicológicos, pedagógicos y didácticos* y los vinculados a los diversos tipos de conocimientos y sus nexos con la realidad: *epistemológicos*.

**Saberes experienciales** que son las ideas conscientes que los profesores desarrollan durante el ejercicio de la profesión: proceso enseñanza-aprendizaje, metodologías, objetivos, programaciones, evaluación etc. Se relacionan con las tradiciones, son influenciados y adaptativos.

**Rutinas y guiones de acción:** resultan inherentes a la actividad humana, son el saber próximo a la conducta, muy útiles y socorridas y altamente resistentes a los cambios.

**Teorías implícitas:** aquellas que pueden explicar los porqués de las creencias y de las acciones de los profesores atendiendo a categorías externas, aunque frecuentemente los propios profesores

no suelen saber de la existencia de estas posibles relaciones entre sus ideas y determinadas formalizaciones conceptuales. No son teorizaciones conscientes propias ni el resultado de aprendizajes académicos convertidos en puntos de vistas, pautas de conductas.

## **B) Concepciones y obstáculos epistemológicos de los profesores**

A continuación se resumen las opiniones de los autores, relacionadas con la yuxtaposición de los saberes antes mencionados:

*a)Tendencia a la fragmentación y disociación entre la teoría y la acción y entre lo explícito y lo tácito:* la actuación según rutinas no fundamentadas y poco reflexionadas, apoyadas en evidencias empíricas aportadas por la experiencia ignorando los modelos explicativos de la conducta profesional. Se desprecia la teoría por rechazo al academicismo racionalista.

*b)Tendencia a la simplificación y al reduccionismo:* la fragmentación del conocimiento profesional y –añado- la incoherencia, favorece una visión superficial que impide reconocer las esencias del proceso de enseñanza aprendizaje.

*c)Tendencia a la conservación-adaptativa y rechazo a la evolución-constructiva:* mantener las normas, principios y rutinas en el contexto escolar, resulta más cómodo y aparentemente adecuado y es bien visto y aceptado por la comunidad educativa y por la sociedad. Cuestionarse tales normas de conducta y acciones es, además de arriesgado, en cierto sentido contraproducente y requiere mayor preparación teórico-práctica.

*d)Tendencia a la uniformidad y rechazo a la diversidad:* analizadas las tendencias mencionadas resulta fácil concluir que se tienda a concepciones profesionales y modelos didácticos que a su vez retroalimentan dichas tendencias en detrimento de un nuevo conocimiento profesional generador de teorías y prácticas que sustenten puntos de vistas menos estereotipados y más aperturistas y progresistas.

La maravilla de esta empresa de profesor, sin embargo, es que con una actitud constructiva se puede mejorar, e intentando mejorar nunca se saldrá

perdiendo. Lo que se intenta hacer bien aunque sea opuesto a lo bueno, es algo normalmente bueno aunque sea imperfecto. El antagonismo mutuo y la reconciliación consiguiente son el camino de la perfección (PORLAN, 1997,p. 15)

El conocimiento profesional, en consecuencia, no es ni con mucho el resultado de una libre elección consciente de los profesores, sino un proceso de adaptación social y a los diferentes elementos que influyen académicamente en la formación previa y permanente del profesional de la enseñanza.

### **C) Aspectos metodológicos en el estudio del conocimiento de los profesores**

Continuando con el artículo de Porlán, Rivero y M del Pozo, paso a sustentar mis ideas relacionadas con las concepciones aristotélicas de los profesores y sus raíces en la propia formación como estudiantes en la enseñanza secundaria y universitaria e inclusive en la formación profesional inicial y en la asistemática e incoherente continuidad de las labores de formación profesional de los profesores, no obstante poseer nuestro país una experiencia positiva acumulada y en evolución y desarrollo, además de las redes estructurales en las entidades del Ministerio de Educación y Ciencias y en la universidades.

Con este trabajo pretendo sencillamente evidenciar la existencia de un problema en los estudiantes de secundaria, que no podemos resolver sin antes darle solución en los profesores y enfatizar en la necesidad de ofrecer una atención adecuada y sistemática.

En el sistema de categorías que aparecen en el anexo I del artículo ya varias veces mencionado, mi trabajo queda enmarcado en:

A) Nivel de fundamentos: 2. Concepciones generales sobre el conocimiento: su génesis y desarrollo; 3. Concepciones generales sobre el aprendizaje y desarrollo personal.

B) Nivel didáctico descriptivo-explicativo: 1. Concepciones sobre los fines de la educación y de la formación del profesorado; 2. Concepciones sobre la naturaleza del conocimiento escolar y profesional; 3. Concepciones sobre el cambio y la evolución del conocimiento escolar y profesional.



C) Nivel didáctico normativo o curricular: 1. Qué enseñar a los alumnos y a los profesores?; 2. ¿Cómo deben aprender los profesores?.

D) Nivel de la acción: 1. Concepciones acerca de lo que realmente aprenden unos profesores determinados; 2. ¿Cómo aprenden realmente unos profesores determinados?

Y aunque indiscutiblemente que la elección de este tema implica cierto condicionamiento de la idea primaria de la existencia de preconcepciones aristotélicas en los profesores, no queda duda alguna de dicho problema cuando se resumen y procesan las respuestas.

Por otro lado, es conocido que las ideas previas -que incluyen a las aristotélicas- provienen de tres fuentes:

- A. Sensorial: mediante la percepción dan significado a la cotidianidad
- B. Social: reflejo del entorno y medio social.
- C. Analógico: analogías y extrapolaciones a otras áreas del conocimiento.

Las características generales, parecen ser de amplio consenso:

- resistentes al cambio, pero no constituyen un conjunto estático de nociones.
- resultan estables y coherentes dentro del contexto cultural.
- son compartidas socialmente.
- suelen resultar muy útiles.
- invocan fuerzas animistas, terror al vacío, se basan en la exclusividad del reposo como estado natural de los cuerpos, y no enfatizan en el carácter vectorial de la velocidad.

Los profesores y formadores tendemos a reprimir, de entrada, la aparición de estas ideas aristotélicas por parte de nuestros alumnos. Creemos que deben nacer vacunados contra ellas. Se nos escapa que en nosotros mismos la lucha ha sido larga. Por el contrario, es preferible que emerjan y se expliciten una y otra vez en las hipótesis. También con los experimentos, es posible provocar la aparición de estas preconcepciones aristotélicas o no y crear conflictos cognitivos

permitiendo que construyan su nueva concepción y comprobando cómo las ideas newtonianas son más próximas a la verdad, accediendo al cambio conceptual.

Es conocido que la Psicología Experimental sirvió de base a corrientes conductistas y cognitivas enfatizando en el empirismo y en el inductivismo. Gagné da más importancia a la formación de conceptos que caracterizan a elaboraciones más complejas, sin que el significado conceptual tenga una gran importancia.

Piaget, por otro lado le presta mayor atención a la actividad del aprendiz. Asume que el estudiante –profesor- es capaz de ir adaptándose a los cambios mediante los procesos de asimilación y acomodación. El primero ayuda a captar la realidad mediante esquemas y operaciones y si los recursos mentales no son los más adecuados, tendrá que modificar: acomodar.

Ausubel defiende la estructuración cognitiva en la cual los conceptos están jerarquizados desde los más altos y abstractos niveles hasta los subordinados, más concretos. Concede una esencial importancia a los preconcepciones respecto a los contenidos a aprender, no obstante no los concibe de modo dinámico, capaces de evolucionar y resulta incapaz de acceder a los cambios conceptuales.

## **II.2. Desde el punto de vista de las concepciones de la Física.**

### **II.2.1 Aristóteles. (384-322 a. c.)**

Pasaremos a describir brevemente las ideas aristotélicas más significativas.

Sabio de una vastísima cultura que ejerce una influencia muy fuerte en el mundo científico de la época y trasciende. Basa sus conclusiones en las observaciones y explica que conocer significa contar las causas. Reconoce la Física como causas y movimientos. La idea de la causa es uno de los pilares de la filosofía aristotélica. La causa puede ser: material, formal, eficiente y final.

Causa material: la tierra, el agua, el aire, el fuego y el éter; la causa formal: según lo cual la cosa se hace; la causa eficiente: razón de la existencia o comportamiento de la cosa; y la causa final:

cada cosa está dotada del propósito de alcanzar fines apropiados. Esta es la causa más importante en su pensamiento y atribuye a cada ente una naturaleza que lo orienta hacia la consecución de su fin, predeterminado en el orden del mundo.

A diferencia con Platón, en cuya academia estuvo 20 años, Aristóteles plantea que el mundo sensorial es real y que la sustancia es la identidad permanente e inteligible que subyace detrás de los cambios que experimenta el mundo.

Cada cosa tiene un lugar hacia el que tiende y en el cual se mantiene cuando lo alcanza. El movimiento natural es la realización de este fin. El fin de una piedra que cae es llegar al centro del Universo (Tierra) y formar parte de él, porque es su lugar natural. Su naturaleza es ser pesada para facilitar su fin y es la causa eficiente. Su concepción de movimiento va más allá de la simple traslación (local); lo extiende a cambio: sustancial, cantidad, cualidad y lugar.

Las causas material y formal determinan la naturaleza de la sustancia (materia y forma), en tanto que las causas eficiente y final son las responsables del movimiento. El cómo ocurre no tiene para él tanta trascendencia, más que todo su interés es por qué ocurre el movimiento.

Los movimientos son naturales o violentos. El primero es diferente para los cuerpos según su estado de perfección. Los cuerpos perfectos se mueven en líneas rectas, los imperfectos no. Al poder ser caracterizado un cuerpo por su movimiento, obtenemos información de su naturaleza: perfecta o no. Considera la perfección desde un punto de vista teológico.

El universo lo clasifica en **sublunar y supralunar**.

### **El mundo sublunar de Aristóteles.**

Limitado por la órbita Lunar: es imperfecto, sometido a cambios, perecedero, mutable. Separado del mundo supralunar (celeste) que es el espacio – finito –, donde se encuentra lo perfecto: inalterable. La primera región es temporal; la segunda eterna.

Las sustancias que componen los dos mundos aristotélicos son diferentes, aunque admite que ambas son divisibles sin límites, continuidad total. No acepta el átomo.

En el mundo sublunar, la materia está compuesta por las cuatro sustancias primas: agua, tierra, fuego y aire; que tienen formas: caliente, frío, húmedo, seco. El movimiento natural de las dos primeras es hacia abajo, mientras que el del fuego y el aire es hacia arriba. La tierra tiene mayor grado de pesadez que el agua; el fuego mayor levedad que el aire. El movimiento natural de los elementos es imperfecto: rectilíneo.

El cambio tiene lugar de una cualidad a su contraria: el fuego y el aire tienen una cualidad común: caliente; las opuestas, lo seco y lo húmedo. Los materiales corrientes están formados por los cuatro elementos en diversas proporciones, el movimiento se desarrolla en la dirección del elemento que predomina en la composición. Si la sequedad es dominada por la humedad, puede producirse aire partiendo del fuego; de igual manera, si el frío es dominado por el calor, puede producirse agua del aire. Así mismo si en el elemento tierra lo frío es dominado por lo caliente, se genera fuego o si en el fuego, lo frío domina lo caliente, se produce tierra etc.

El fuego es admitido más bien como principio de combustión, fácilmente encendido por el movimiento. En la esfera del fuego (más próxima a la región celeste) se producen los fenómenos asociados a la meteorología: cometas, estrellas fugaces, auroras, entre otros.

Los alquimistas tuvieron su predecesor en Aristóteles. Sus postulados acerca de la maduración de los metales, que se formaban en el interior de la Tierra, dieron lugar a los sueños transformadores en oro de cuanta piedra seleccionaban.

En oposición a los movimientos naturales, los violentos se producen contrariando la tendencia de los cuerpos en la búsqueda de sitio natural. La física aristotélica es animista, es decir, los cuerpos tienen movimiento por sí mismos con su dirección hacia la perfección, hacia su satisfacción potencial. La causa eficiente y final está en el propio cuerpo y éste no necesita una causa eficiente externa para moverse. Esto sí se requiere en los movimientos forzados. Sin causa externa los elementos leves ascienden alejándose del centro. Todo ser que se mueva es necesariamente movido por alguna cosa, deduciéndose así la existencia del primer motor.

La causa eficiente externa sólo actúa mientras dura el contacto entre los cuerpos, un cuerpo lanzado no debería avanzar más allá desde donde se lanzó. ¿Entonces cómo explicaba

Aristóteles el ascenso de una piedra o la trayectoria de una jabalina? Es que el aire para él tenía la propiedad de mover y ser movido, de modo que en este movimiento violento puro, el motor está en el aire y no en el objeto. Para la jabalina concibe una composición de movimientos: natural en la vertical y violento en la horizontal.

De aquí deduce que la región sublunar tiene que estar llena de aire y no admite el vacío y todo movimiento encontrará resistencia, aún para los movimientos naturales. Por otra parte de no existir aire, entonces tampoco habría resistencia a los movimientos y los cuerpos se moverían infinitamente en velocidad y extensión. Postula la idea de horror al vacío, que perduró durante varios años, ya que como todo movimiento tiene que ser finito en extensión (sobre todo en el mundo sublunar) porque todo cuerpo tiene su lugar natural al que tiende. La noción de arriba y abajo alcanzan un matiz absoluto, puesto que cualifican el espacio, diferenciando los lugares naturales de los cuerpos livianos y pesados. En el vacío arriba, abajo y centro no se diferencian, por tanto un objeto en movimiento o en reposo podría estarlo infinitamente y en consecuencia el resultado estaría en total contradicción con la causa final.

El peso de un cuerpo no depende de la Tierra sino que es una propiedad intrínseca del objeto, ya que su causa final es estar en el centro del mundo.

**En relación con el movimiento:**

Clasifica los movimientos locales en rectos, circulares y mixtos, y plantea la necesidad de una fuerza para mantener a un cuerpo en movimiento, por tanto, el reposo es el estado natural de la materia. En los movimientos participan dos factores: la fuerza ( F ) y la resistencia ( R ). Define la fuerza como empujón o tirón que es la causa del movimiento. En relación con la velocidad expresa que debe de haber siempre una cierta distancia recorrida y una cierta cantidad de tiempo que ha sido ocupado. No plantea la velocidad como la relación entre ambas magnitudes. En general no se apoyó en las matemáticas para expresar sus ideas. De haberlo hecho, quedaría:

$$v \propto \frac{F}{R}$$

Estas ideas pueden aplicarse al movimiento natural y al forzado. El movimiento, agrega, depende de su potencial de pesadez o ligereza, y siempre va a la perfección.

Su ley del movimiento no es una aproximación cuantitativa, y como excepción, si  $R > F \Rightarrow V = 0$ .

R : resistencia del medio

El movimiento del proyectil no fue fácilmente explicado, y daba dos posibles soluciones:

- Antiperístasis

- Poder de movimiento al aire.

La primera consiste en el desplazamiento del aire (comprimido) en la punta de la flecha hasta su parte trasera, empujándolo reiteradamente. Idea Platónica rechazada por Aristóteles que él asumía el poder de movimiento al aire. El movimiento violento, no es por tanto, posible en el vacío. En la segunda solución se otorgan poderes especiales al aire, para mantener al proyectil en movimiento.

Al considerar el rozamiento como fuerza esencial al movimiento, resultó impensable para Aristóteles su ausencia y por tanto, la inercia no es una propiedad intrínseca. La fuerza requiere contacto directo, no admite acciones a distancias. En cuanto a la caída de los cuerpos, afirmaba que lo que generó al cuerpo, le otorgó también la tendencia de caer. Por tanto el peso es una propiedad intrínseca, no de relación. De esta manera explica el funcionamiento de la palanca (corrientemente atribuida a Arquímedes ). Según Aristóteles, el movimiento de los cuerpos en la palanca, que es circular, no es natural, sino violento, pues necesita una fuerza que impida el movimiento rectilíneo. Mientras se asemeje el movimiento circular al rectilíneo, menor será la fuerza necesaria para mantenerlo: es mas fácil mover un cuerpo a lo largo de una circunferencia de mayor radio que de una de radio menor. A mayor brazo, menor fuerza, pues la trayectoria se acerca mas a la rectilínea. Arquímedes ( 287-212 a.c.) después, con argumentos muy diferentes, basado en el equilibrio de sistemas simétricos.

Horror al vacío: De la relación o Ley:

$$v \propto \frac{F}{R}$$

se deduce que, en ausencia de un medio resistente (  $R = 0$  ) el movimiento sería con velocidad y extensión infinitos y por tanto el vacío es inadmisibles, teoría que perduró hasta Torricelli (1608-1647 ). En el vacío no hay arriba, abajo, ni centro. De ser posible un movimiento en el vacío “ una cosa permanecería en reposo o se movería ad infinitum a menos que algo más poderoso se interpusiera en su camino” y esto contradice la idea de la finalidad e implica la falta de direccionalidad del espacio. Obsérvese que al invalidar la idea de inercia, el vacío es inexistente.

#### El mundo supralunar de Aristóteles

El vacío es consecuencia con la visión de Aristóteles mas allá de la Luna, en el mundo supralunar. En su cosmología, que comienza mas allá de la esfera Lunar, existe un solo elemento: el éter, cuerpo eterno, indestructible, incorruptible. Al éter no se asignan propiedades o cualidades como humedad, sequedad y su movimiento natural es el círculo. Es un elemento simple, sin gravedad, ni levedad. Los movimientos celestes son perpetuos además de periódicos. La perpetuidad distingue los movimientos celestes de los terrenales, donde los movimientos son finitos, alternando el movimiento y el reposo. El quinto elemento: el éter, está siempre en su estado final, en su lugar natural.

La Tierra, esférica, está inmóvil y es el centro del mundo. Si la Tierra rotara alrededor de si misma, cada parte de ella describiría una circunferencia. Este movimiento no sería natural, sino violento y por tanto no puede ser eterno como el de los demás astros. Por otro lado un cuerpo lanzado verticalmente hacia arriba, vuelven al mismo sitio de lanzamiento y esto no ocurriría - según Aristóteles, si la Tierra rotara sobre si misma o si se moviera alrededor del fuego central, pues los cuerpos lanzados se rezagarían.

Aristóteles supone nueve esferas concéntricas transparentes (“esferas cristalinas”) a las que están unidos los planetas, en su orden: Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter y Saturno, las

estrellas fijas y una estrella exterior, inmóvil que representa a Dios, que es el motor que hace mover a las demás. Esta es la primera causa a la cual deben su ser todas las demás causas de movimiento y cambio del mundo.

No obstante de las observaciones astronómicas se deducía claramente que los movimientos de los planetas no eran ni circulares y mucho menos uniformes. Avanzaban cierto tiempo, se detenían, retrocedían. Eudoxio (408-355 ac) contemporáneo de Platón, adopta un sistema de esferas que giran uniformemente unas dentro de otras, centradas en la Tierra, considerada en reposo. Escogiendo velocidades de rotación y mediante el auxilio de 27 esferas: 1 para estrellas fijas, 3 para el Sol, 3 para la Luna, y 4 para cada uno de los 5 planetas, Eudoxio consigue explicar el movimiento celeste con sus retrogradaciones.

Como el movimiento de Venus y Marte no coincidían exactamente, Calipo – después de la muerte de Eudoxio – añade 2 esferas al Sol, 2 a la Luna y 1 a Mercurio, 1 a Venus y 1 a Marte, elevó a 34 las esferas.

La visión astronómica de Aristóteles se compone de 55 esferas concéntricas alrededor de la Tierra. La esfera exterior es la que corresponde a las estrellas, el primer motor, inmóvil e incorpóreo, que mueve al éter que hace girar la esfera de Saturno y de Júpiter, y así hasta la Luna, la cual agita a las regiones del mundo sublunar.

La Tierra es esférica y el centro de todo. Su sistema es geocéntrico y antropocéntrico, la Tierra no rota ni cae hacia el centro, es inmóvil.

Entre las particularidades de la Física aristotélica se destacan las particularidades siguientes:

**Lugar:** Es el límite del cuerpo que contiene. El cambio de lugar presupone la existencia de al menos dos cuerpos. Lo concibe inmóvil. No obstante, al referirse a la rotación de la esfera mundial, no pudo mantener la hipótesis anterior.

**Tiempo:** Lo plantea en primera instancia como número enumerable, y posteriormente, como enumerador.



La Física aristotélica es lógicamente independiente, y con la ley del movimiento llegaba a conclusiones coherentes. Al mismo tiempo, es completa, ya que discute y explica todo lo observado.

**Enfrentarse a la Física aristotélica era desafiar a todo un sistema.**

Por otra parte, su filosofía trasciende y se complementa con ideas más allá de la Mecánica:

La luz es una modificación del medio transparente, bajo la influencia de la fuente de luz, y esta acción se prolonga mientras se conserva la fuente luminosa.

Para que la luz llegue al ojo, se requiere un elemento intermedio.

La propagación de la luz es instantánea.

El arco iris es la reflexión del Sol en las gotas de una nube oscura. Los colores espectrales se mezclan en la nube.

El sonido es el movimiento del aire producido por el golpe de dos cuerpos.

Las tormentas son emanaciones de la Tierra.

La respiración es el enfriamiento del calor que se encuentra en los organismos vivos.

Empleó y contrapuso el calor y el frío.

El granizo se forma cuando la nube baja de un aire más frío a otro más caliente.

### **3. Caracterización del trabajo.**

#### **III.1: De los licenciados aspirantes a profesores.**

La encuesta a los profesores se aplicó de manera voluntaria y anónima a los licenciados que matricularon el C.A.P. en la Universidad Complutense en el presente curso escolar. Se desarrollaron conferencias en el mes de febrero 2005, en la Facultad de Educación.

Como parte de la interacción con los licenciados aspirantes a ejercer la docencia en la enseñanza secundaria y para disponer de una muestra amplia de respuestas relacionadas con ideas previas en los graduados, se aplicó la encuesta que aparece en la próxima página.

He seleccionado las preguntas que se relacionan con las preconcepciones aristotélicas, en las cuales se puede evidenciar la presencia de estas ideas, en consecuencia con la hipótesis, fundamentalmente

La causalidad aristotélica F V   
Las Fuerzas singulares (animismo)

Las respuestas implican observar dibujos en los cuales aparecen cuerpos, trayectorias e interpretar una breve y precisa introducción.

Deben decir si las fuerzas son iguales o no y justificar la decisión asumida.

Adjunto una respuesta típica (veremos luego en el resumen).

Los cuerpos han sido lanzados por un malabarista, son seis bolas iguales, idénticas-se hace explícito. Deben interpretar igual masa, sustancia, por tanto volumen etcétera.

Las trayectorias son: 4 de ellas verticales y dos parabólicas y se indican los vectores velocidad en cada bola, en todos los casos tangente a las trayectorias, como debe ser.

Los cuerpos están a la misma altura respecto a la referencia y además se manifiesta por escrito en la pregunta.

En la otra pregunta, la acción requiere seleccionar de las cuatro proposiciones, cuál es la adecuada y se pide que indiquen cuál representa mejor *la o las fuerzas* que actúan sobre la Tierra, dada su órbita circular alrededor del Sol. La muestra de licenciados está constituida:

15 licenciados en Físicas (19,2 %)

43 licenciados en Químicas (55,1%)

16 Ingenieros (Industriales, Agrónomos, Electrónicos). (20,5 %)

4 Farmacias (5,1%)

Estudiadas las respuestas, las he estructurado siguiendo los criterios siguientes:

l) Respuesta correcta: son iguales.

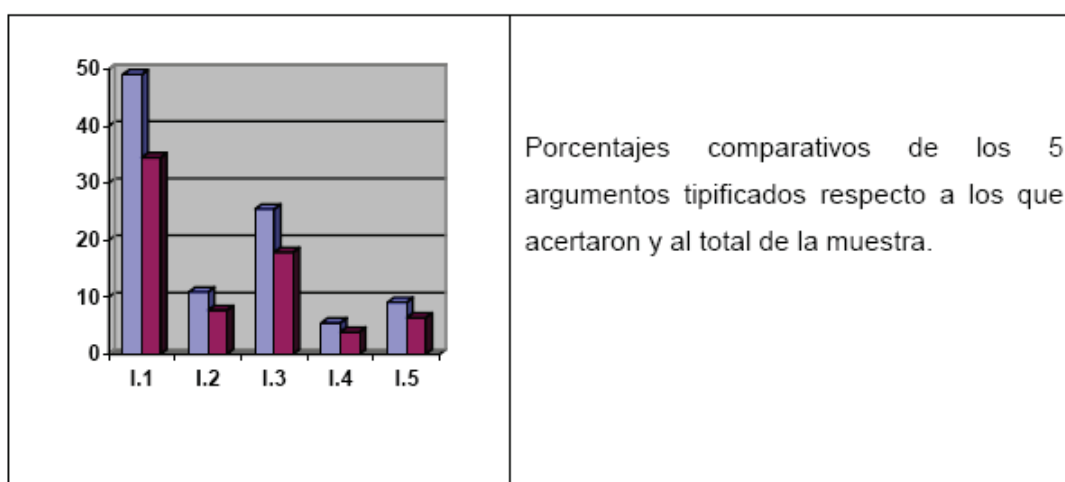
Luego los soportes y argumentos que respaldan la respuesta, que han sido fundamentalmente cinco:

- 1.- masas y "g" iguales (debido a iguales alturas sobre el Planeta).
- 2.- igual módulo de la fuerza, pero diferente vector F (deducido de diferentes velocidades modulares y vectoriales).
- 3.- actúan la fuerza peso y la normal
- 4.- basados en errores relacionados con energías cinética y/o potencial
- 5.- identificación de la fuerza de gravedad con la fuerza peso.

Sólo es cierta l)-1.

Los resultados son los siguientes: **55** han respondido que son **iguales** (de 78); 23 dicen: diferentes.

	%/55	%/78	% de errores de los aciertos/55; /78
D)-1:27	49,1	34,6	$\Sigma (I.2 + I.3 + I.4 + I.5) = 28\%$
D)-2:06	10,9	7,7	
D)-3:14	25,5	17,9	$\Sigma / 55 = 50,1\%$
D)-4:03	5,5	3,9	
D)-5:05	9,1	6,4	$\Sigma / 78 = 35,9\%$
<b>Total: 55</b>			



En relación con los **23** que responden: **diferentes**, los argumentos son los mismos que los expresados en I) -2 al I)- 5 y se añaden:

6.- fuerzas centrífugas y/o de inercias

7.- conservación de fuerzas de lanzamiento luego de la interacción.

%/ 23	%/78	
I.1: 0,00		$\Sigma (28+23)= 51; 65,4\% / 78.$ <b>Este es el resultado más significativo, porque incluye todas las respuestas erróneas, independientemente de la elección correcta o no. Evidencia la existencia de las ideas aristotélicas asentadas en lo más interno del pensamiento de la muestra de los licenciados encuestados.</b>
I.2: 52,2		
I.3: 4,3		
I.4: 4,3		
I.5: 4,3		
I.6: 17,4		
I.7: 17,4		
	<b>29,5</b>	

Los resultados y sobre todo los argumentos ofrecidos, tanto los que acertaron como los que no, ofrecen una evidencia alta que confirman la hipótesis de la presencia de ideas aristotélicas en los recién graduados. Es justo –y además lógico, esperable- que los licenciados en ciencias Físicas tienen una proporción mayor en las respuestas I).1 y en los argumentos.

En relación con la pregunta II, en la cual sólo era necesario seleccionar una de las cuatro representaciones gráficas relacionadas con la interacción Tierra- Sol y que pretende mostrar la identificación de la fuerza con la velocidad y la reducción de aceleración a la exclusiva variación del módulo de la velocidad, en definitiva, la idea de que la fuerza es la causa del movimiento y de que el estado natural de los cuerpos es el reposo, se obtienen los resultados siguientes:

II). 1.-13 (16,7%)

II). 2.-20 (25,6%)

II). 3.-45 (57,7%)

II). 4.-00 (0,00 %)

Total: **78.**

Es curioso que nadie haya seleccionado la variante II).4, siendo ésta, en principio la resultante de la II).3. Puede ser inclusive el orden o la simplicidad de la respuesta ante algo que en principio implica un comportamiento complejo.

La respuesta mayoritaria II).3 (45) se relaciona muy directamente con las respuestas I.2 y I.6 antes analizadas y esencialmente con la idea de que la fuerza es la causa de la velocidad (movimiento) y la identificación de la variación de la velocidad en exclusiva con el cambio modular (no vectorial). Suman 16 (8 de los acertados y 8 de los no acertados) de la muestra.

La respuesta II).2 evidencia una confusión o tendencia a “quedar bien” con la ley de gravitación y la apariencia (dirección del movimiento), lo que también se puede incluir en las respuestas a la variante 3. Por lo que sumarían: 65 de 78 (**83,3%**)

Contraste de los resultados con la hipótesis declarada en la introducción:

**I: La fuerza es la causa de la velocidad del movimiento de los cuerpos,**

**II: Existencia de fuerzas permanentes en los cuerpos, más allá de la interacción e inclusive sin que existan o hayan existido interacciones.**

Queda demostrada la presencia de las ideas aristotélicas como parte esencial del pensamiento de la muestra de los encuestados.

Llama

Llama la atención el hecho de que existe una contradicción evidente en cuanto a la coherencia entre una interpretación estereotipada y las explicaciones y/o argumentos que se utilizan para justificar decisiones, lo que hace necesario un trabajo más profundo para incidir en las metaideas, como condición necesaria, aunque no suficiente como apuntan los profesores Porlán y del Pozo en el artículo varias veces referido.

**III.2: De los estudiantes de 1º de bachillerato.**

Presentamos la encuesta a todos los estudiantes de 1º de bachillerato que pude contactar: 39. En el momento de la aplicación, también libre, voluntaria y anónima, ya habían estudiado los

temas de Cinemática (lineal y plana), las leyes de Newton acerca del movimiento de la partícula y el principio de Conservación del Momento Lineal.

El modelo consta de 13 preguntas, agrupadas en dos sesiones. Una para cuestionar la **Fuerza como causa de Movimiento** (con 8 situaciones, de las cuales sólo entran en esta etapa 5) y la parte II: **Fuerzas Singulares. Animismo**, se compone de 5 preguntas, de las cuales sólo la 5 se considera.

Las respuestas a la I.1:

I.1.a) hacia la izquierda: 39: 100%, **no sabe: 0, 0%**

I.1.b): hacia la derecha: 39: 100%, **no sabe: 0, 0%**

I.1.c): hacia la derecha: 39: 100%, **no sabe: 0, 0%**,

I.1.d): hacia la derecha: 36: 92,3%, **no sabe: 3: 7,7%**

Total: **96,2%** errores

Respuestas a la I.2:

I.2.a): hacia abajo: 12: 30,8%; **no se sabe: 18: 46,2%**; hacia arriba: 9: 23,1%

Total: **53,2%** errores

Respuestas a la I.3:

I.3.a): reposo: 36: 92,3%; **MRU: 3: 7,7%**

I.3.b): subiendo: 39: 100%; **no se sabe 0: 0%**

I.3.c): bajando: 36: 92,3%; **bajando no en caída libre: 3: 7,7%**

I.3.d): reposo: 36: 92,3%; **MRU: 3: 7,7%**

I.3.e): **caída libre: 12: 30,8%**; bajando: 25: 64,1%; reposo altura cero: 2: 5,1%

Total: **70,8%** errores

Respuestas a la I.4:

I.4: sentido horario: 33: 84,6%; **no se sabe: 4: 10,3%**; reposo: 2: 5,1%

Total: **89,7%** errores

Respuestas a la I.5:

I.5: hacia  $P_1$ : 38: 97,4%; **no se: 1: 2,6%**

Total: **97,4%** errores.

Resumen de la I: **10%** de aciertos.

Respuestas a la II.5.a):

II.5.a): **fuerza de gravedad: 15: 38,5%**; la fuerza de gravedad y fuerza normal: 12: 30,8%; Fuerza tangencial (sentido de la velocidad): 12: **30,8%**.

II.5.b): **fuerza de gravedad + fuerza normal + fuerza de rozamiento: 12: 30,8%**; además de las anteriores + fuerza hacia abajo (posible dirección y sentido de movimiento si se asume reposo inicial): 18: **46,2%**; fuerza de gravedad + fuerza de rozamiento + peso en el plano: 9: **23,1%**

II.5.c): fuerza centrípeta: 19: **48,7%**; fuerza tangencial: 12: **30,8%**; ambas: 8: **20,5%**; **fuerza central: gravedad, tensión, eléctrica etc.: 0: 0%**

II.5.d): fuerza de gravedad + fuerza elástica + fuerza hacia el centro (resultante): 16: **41%**; **fuerza de gravedad + fuerza elástica: 16: 41%**; fuerza de gravedad: 7: **17,9%**.

II.5.e): **fuerza de gravedad: 14: 35,9%**; fuerza de gravedad + centrípeta: 15: **38,5%**; fuerza tangencial: 10: **25,6%**.

Resumen de la II: **29,2%** de aciertos.



Las respuestas de los estudiantes, no obstante haber discutido en el aula las Leyes de Newton acerca del movimiento mecánico de los cuerpos puntuales, ha sido prácticamente la misma, que si hubiésemos aplicado la encuesta antes del estudio de los temas. Discutieron aplicando las ideas constructivistas, a partir de situaciones, experimentos, sobre la base de hipótesis y llegaron a concluir la equivalencia entre todos los sistemas inerciales de referencia, o sea que el reposo es idéntico a cualquier MRU (relatividad galileana, asumida por Newton).

Por otra parte y siguiendo métodos de constructivismo, basados en hechos, experimentos y las consecuentes hipótesis, concluyeron que es la interacción lo único que puede variar el estado inercial de los cuerpos y que la fuerza es causa de la aceleración y no de la velocidad. Enunciaron, además, la tercera ley de Newton e insistieron en la imposibilidad de la existencia de fuerzas singulares, es decir, no ajenas a la interacción.

Pues así son las cosas. En el plano verbal externo son capaces de expresar las ideas newtonianas, sin embargo, si no se les advierte y activan las ideas, les resulta más cómodo y admitido en los subgrupos de trabajo (no más de 4 estudiantes) acudir a las representaciones aristotélicas que se quedan con lo externo, lo fenomenológico. Y es que no hemos tenido el tiempo de automatización que sobre la base de reiteradas contradicciones, les obligue a remodelar, reconstruir sus plataformas intelectuales y operar automáticamente desde ellas como conocimiento en el plano interno.

Estas preguntas se las entregamos de nuevo al finalizar el año y les hago reconsiderar sus respuestas, previo experimentos, problemas y cuestiones modelizadas y de la vida real.

En tales circunstancias suelo obtener resultados mucho mejores, casi se invierten los valores de la primera presentación. Luego en 2º de bachillerato, en la medida que avanzamos en los temas de campos eléctricos y magnéticos, inducción etc., les voy entregando su cuestionario una y otra vez hasta que vuelan a selectividad.

Es curioso ver sus adelantos y su evolución crítica, inclusive con los textos que utilizan y consultan, dado que en casi todos se pueden detectar situaciones similares, que se les escapan

frecuentemente a los autores, que no están, digamos “vacunados” por el antivirus newtoniano, para erradicar el virus aristotélico.

**I: La fuerza es la causa de la velocidad del movimiento de los cuerpos,**

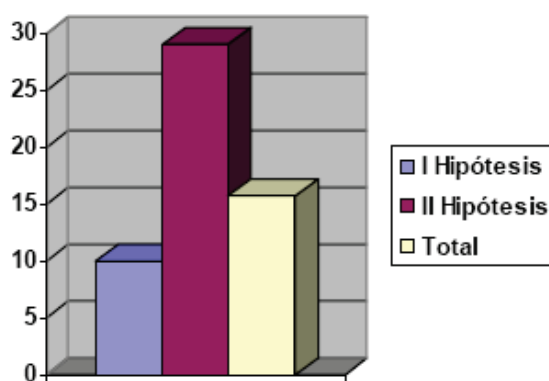
**II: Existencia de fuerzas permanentes en los cuerpos, más allá de la interacción e inclusive sin que existan o hayan existido interacciones.**

Puede observarse que de los 39 estudiantes encuestados,

**I: en un total de 468 posibles respuestas, acertaron en 47, para un 10% de efectividad.**

**II: en un total de 195 posibles respuestas, acertaron en 57, para un 29,2% de efectividad.**

**III: en un total de 663 posibles respuestas, acertaron en 104, para un 15,7% de efectividad.**



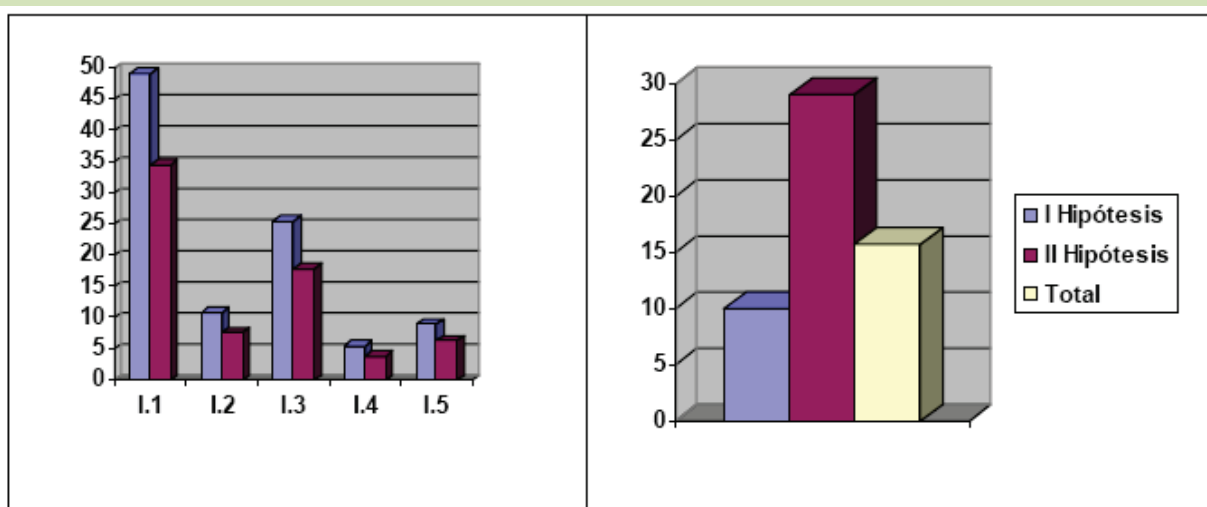
Se relacionan directamente las dos partes de la encuesta con los enunciados de las hipótesis. Se muestra el total para globalizar los resultados en las dos ideas referidas.

## CONCLUSIONES

Independientemente de que en cada uno de los dos apartados relacionados con los licenciados y con los estudiantes encuestados, hemos interpretado y valorado los resultados; ahora, visto

todo en su conjunto, podemos considerar la validez de las hipótesis enunciadas al inicio de este trabajo.

Los cuestionarios de los licenciados fueron extraídos al azar, 68 de más de mil y los de los estudiantes: 39, constituyen grupos estables de alumnos de un Colegio típico de Madrid.



Hasta cierto punto los resultados son esperables, teniendo en cuenta las insuficiencias actuales en las acciones que se desarrollan durante la formación inicial de los profesores y luego en la que podía ser una formación sistemáticamente concebida y estructurada de manera que los docentes “construyan” su propia concepción profesional.

Téngase en cuenta que: “¿sabe el lector que muchos formadores de futuros maestros nunca han trabajado en la profesión en la que tratan de formar a sus estudiantes?...¿sabe que para ser profesor de secundaria se necesita una formación de 5 años de una licenciatura-Historia, Matemáticas, etc, y sólo dos meses de formación específica como docente?¿sabe que hay universidades que convalidan esos dos meses por un trabajo a distancia?¿sabe que los maestros comienzan a dar clases con tan sólo 50 días de práctica a lo largo de su carrera, mientras que en muchos países dedican a ello un curso completo?¿sabe que en el caso del profesorado de

secundaria es más grave, ya que puede ejercer con sólo una semana de prácticas en clases reales? Por último, ¿sabe el lector que los profesores universitarios nunca han recibido formación específica como docentes?. Según esto-añade Porlán-, ¿no es sensato pensar que el actual sistema de formación del profesorado tiene una influencia significativa, aunque no única en los problemas que tiene planteada la educación en este país?”

Mas adelante Porlán (1997) plantea: “Enseñar es una actividad compleja que requiere el manejo experto de competencias, habilidades y conocimientos de naturaleza muy diversa (racional, emocional, ética, etc.). El reconocimiento de esta complejidad y de que el “oficio” de enseñar (no sólo el dominio de los contenidos) no se aprende por mera intuición, sino que debe ser el resultado de una adecuada formación profesional, son cambios sociales imprescindibles para el éxito de cualquier reforma de la educación”.

#### BIBLIOGRAFIA

ALIBERAS, J; GUTIÉRREZ, R. **Modelos de aprendizaje en la didáctica de las ciencias**. Parte de la tesina (1987), premio Baldiri Rexach, Fundación Jaume I. Departamento de Didáctica de las Ciencias UAB. Investigación en la Escuela no 9, 1989.

CUESTA, M. et al. **Experimentos Impactantes: Mecánica y Fluidos**. Universidad de Cantabria, 1997

DRIVER, R. **Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias**. *Enseñanza de las Ciencias*, 1988 6 (2), 109-120.

DUCONGÉ, J. et al. **Metodología de la Enseñanza de la Física en el Preuniversitario**. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1990

GARRET, R.M. **Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias**. Valencia: School of Education, Universidad of Bristol, U.K., 1987.

GIL, P.D.; DUMAS, A. La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. Investigación en la escuela nº 6. 1988

GIL, P.D.; CARRASCOSA, A.; MARTÍNEZ, T.F. **Una Disciplina Emergente y un Campo Específico de Investigación. Didáctica de la Ciencias Experimentales**, cap. 1, UNESCO, 2002.

LAHERA, J.; FORTEZA, A. **Ciencias Físicas en primaria y en secundaria. Modelos y Simplificaciones**. [s.l.]: Editorial CCS, 2003

PALACIOS, F.J.P. **La resolución de problemas: una revisión estructurada**. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada.

PORLÁN, A.R.; RIVERO, G.A.; POZO, R. Martín del. **Conocimiento Profesional y Epistemología de los Profesores I: Teoría, Métodos e Instrumentos**. [s.l.]: Enseñanza de las Ciencias, 1997.

PORLÁN, A.R. **Pasado, Presente y Futuro de la Didáctica de las Ciencias**. [s.l.]: Enseñanza de las Ciencias, 1998.

POZO, J.I.; CRESPO, M.A.G. **Aprender y enseñar ciencia**. Colección Pedagogía Manuales. 3.ed. [s.l.]: Editorial Morata, 2001

POZO, R. Martín Del. **Lo que saben y lo que pretenden enseñar los futuros profesores sobre el cambio químico**. [s.l.]: Enseñanza de las Ciencias, 2001

\_\_\_\_\_. **Análisis del Concepto de Cambio Químico en los Libros de Texto de la Educación Primaria**. [s.l.]: Educación Científica, 2003.

\_\_\_\_\_. **Estudio del Campo Conceptual Asociado al cambio Químico**. [s.l.]: Educación Científica, 2003.

\_\_\_\_\_. **La Construcción Didáctica del Concepto de Cambio Químico**. Alambique. **Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n. 17, Julio, 1998.

RASUMOVSKY, V.G. **Desarrollo de las Capacidades Creadoras en el proceso de la Enseñanza de la Física**. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1975.

SEPÚLVEDA, A. **Historia de la Física**. Universidad de Antioquia, 1995

SIERRA, C. J. et al. **Prácticas de Laboratorio I, II y III**. Ecuador: Edicumbre, 1997.

\_\_\_\_\_. **Enseñanza de la Mecánica**. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1990.

VARELA, M.P. **La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias**. Aspectos didácticos y cognitivos. Madrid: Universidad Complutense, 1994.

VARELA, N.M.P.; MARTÍNEZ, A.M.M. **Investigar y enseñar sobre la resolución de problemas de Física y Química**. Madrid: Universidad Complutense, 1994.

\_\_\_\_\_. **De la resolución de problemas al cambio conceptual**. **Investigación en la Escuela**, n. 28, 1996.

\_\_\_\_\_. *Nociones básicas sobre el constructivismo, esquemas conceptuales alternativos y cambio conceptual*. [s.l.]: Curso de Verano I.E.P.S. ,1995.

