

EDUCACIÓN en FÍSICA

ISSN: 0797-9045

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay





Revista EDUCACIÓN EN FÍSICA

Volumen 8, N° 3

Diciembre, 2012

EDUCACIÓN EN FÍSICA

Volumen 8, Nº 3

Diciembre, 2012

Depósito Legal: 299222/12

Redactor Responsable:

Ricardo Jorge Giacometti
jorge.giacometti@gmail.com

Consejo de Redacción:

Mario Guerra
Ismael Nuñez
Carlos Zamalvide

Educación en Física es una revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay, que se distribuye gratuitamente entre sus socios.

Comisión Directiva de la APFU:

Fernando Fontán
Marta Marroig
Antonio López
Mauricio Rodríguez
Isabel Acland

Colaboradores:

Sebastián Rodríguez, *Administrador Web*
Isabel Acland, *Encargada de Biblioteca*

Dirección de la Revista:

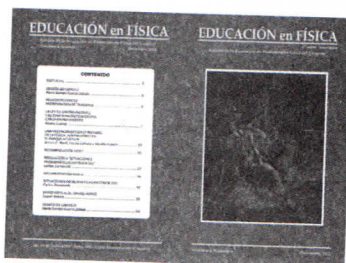
Av. 18 de Julio 1559 - Apto. 401
Montevideo CP 11200
Telefax: (+598) 2400 1258
E-mail: *revistaapfu@gmail.com*
apfu@adinet.com.uy

Publica:

Ediciones IDEAS | Mercedes 1786
11200 Montevideo-Uruguay
Telefax: 2408 6985
edideas@adinet.com.uy

M.E.C.:

Ed. amparada por Decreto 218/996



Portada:

Composición "El Diluvio" por Gustave Doré

EDITORIAL

Al comenzar el año lectivo 2012, los profesores de Física de tercer año del Ciclo Básico de los liceos públicos se encontraron con una novedad. Los estudiantes, además de traer consigo las herramientas clásicas –cuaderno, bolígrafo, goma y calculadora– portaban una nueva herramienta de color azul: la Laptop del Plan Ceibal.

El dominio de la nueva herramienta por parte de los estudiantes puede estar medido por el monitoreo del Plan Ceibal publicado en la prensa en setiembre del 2011, donde se revela que sólo el 11 % de los profesores de Enseñanza Secundaria y el 8% de los profesores de la ex Universidad del Trabajo emplearon las laptops «habitualmente» en clase, siendo ligeramente mayor el porcentaje de profesores que lo hacen «algunas veces».

Aceptemos como hipótesis segura que el 100% de los profesores de Física manejan computadoras con soltura. Pero enfrentan en clase dos problemas que difieren de «manejar una computadora con soltura»: 1º) Deben superarse algunas diferencias entre el sistema operativo, programas y capacidad de memoria de las laptops y los de la computadora que maneja el profesor. 2º) La tarea docente debe orientarse a integrar la nueva herramienta del estudiante a un primer curso de Física, y entonces, ¿cómo integrarla a los métodos y procedimientos del curso? ¿Cómo integrarla al análisis de procesos experimentales? ¿Cómo integrarla a programas que no prevén su uso?

Esta editorial pretende ser un impulso para que algunos compañeros que hayan enfrentado positivamente el desafío, tanto en la teoría como en la aplicación instrumental, compartan sus ideas a través de artículos en nuestra revista. Obviamente, este tipo de aporte no se refiere exclusivamente al programa de tercer año del Ciclo Básico, sino también a todos los programas de cursos superiores. Y también puede referirse a los programas de Ciencias Físicas de los primeros años del Ciclo Básico.

Ánimo, y a intentarlo.

R. J. G.

PROCEDIMIENTO DE PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

Pueden ser enviadas para su publicación contribuciones de diverso tipo: trabajos teóricos, experimentales, de investigación, tesis, comentarios de libros, trabajos de divulgación, sugerencias de sitios web, comentarios acerca de software, y todo artículo que promueva el conocimiento o la enseñanza de la Física o ciencias afines.

Estos trabajos pueden enviarse impresos, manuscritos o en formato electrónico; por e-mail a:

*apfu@adinet.com.uy o
revistaapfu@gmail.com,*

por fax al (598) 2400 1258 o entregados personalmente en el local de la Asociación (18 de Julio 1559 Ap. 401), días hábiles de 14.00 hs a 19.00 hs) en forma impresa o manuscrita y si es en formato electrónico en CD, DVD, pendrive o tarjetas de memoria, debidamente identificados adjuntando una carta donde se solicita la consideración de dicho trabajo para ser publicado en la Revista.

En general no se aceptarán trabajos que ya hayan sido publicados, o estén en consideración de publicación, por otro medio diferente a esta Revista. El Comité Editorial podrá autorizar en forma extraordinaria la publicación de trabajos que se encuentren en la condición anterior atendiendo a razones justificadas.

Cuando la APFU recibe un trabajo para su publicación en la Revista asume que:

- a. dicho trabajo puede ser publicado en la Revista o reimpresso, como considere el Comité Editorial. Para su publicación en un medio diferente a la Revista, la

APFU requerirá de los autores una autorización por escrito.

- b. es responsabilidad de los autores, no de la APFU, requerir el consentimiento de otras partes para la publicación de dicho material, como ser por ejemplo, imágenes o datos previamente publicados.

El contenido de los trabajos publicados en la Revista es de exclusiva responsabilidad de sus autores, no de la APFU.

Los trabajos serán arbitrados en forma anónima y del informe de este arbitraje se decidirá si dicho trabajo amerita ser publicado en la Revista. Durante el arbitraje se puede requerir de los autores explicar, ampliar o reescribir parte de su trabajo. Si se decide publicar el trabajo, se les comunicará a los autores la aceptación y se les pedirá, si aún no lo han hecho, de enviar el trabajo en formato electrónico y con el estilo fijado por la Revista.

Para su publicación los trabajos deben ser presentados en formato electrónico susceptible de ser editado. Se prefiere que lo hagan en formato .doc ya sea con MS Word, Writer de OpenOffice.org u otro editor de texto que genere archivos .doc. No se aceptan en formato .pdf. Los trabajos deben ser enviados a la Asociación o la Revista en la forma descrita anteriormente.

Estos trabajos deben ser presentados siguiendo ciertas reglas de estilo. Estas reglas, así como una plantilla que sirve de modelo para la presentación de los trabajos, se encuentran en la página web de la APFU:

<http://apfu.fisica.edu.uy>

OBSTÁCULOS DIDÁCTICOS EN EL APRENDIZAJE DEL CONOCIMIENTO FÍSICO

Gabriela Tomás¹ - Rossana Azar²

¹Prof. Didáctica IPA, CERP-Este y Semipresencial; gabytomas60@hotmail.com

²Prof. Enseñanza Secundaria; mazar@netgate.com.uy

Resumen

Esta publicación corresponde a una ponencia realizada en el XXI Encuentro Nacional de Profesores de Física desarrollado en Melo, del 20 al 23 de setiembre de 2011. A partir del concepto de obstáculo didáctico introducido por el didacta de la matemática Guy Brousseau, se analiza la posibilidad de integrar este tipo de obstáculo a la interpretación de errores recurrentes observados en el aprendizaje del conocimiento físico. El recorrido realizado permite dar cuenta de cómo algunos de estos errores pueden corresponderse con decisiones adoptadas al enseñar, situación ampliamente investigada en el campo de la enseñanza de las matemáticas.

Palabras clave

Obstáculo didáctico, obstáculo epistemológico, dominio, funcionalidad.

Introducción

La didáctica de la matemática ha desarrollado una línea de investigación dedicada a identificar y caracterizar las concepciones que los alumnos construyen a medida que avanzan en el estudio de esta disciplina y, en especial, aquellas que se constituyen en obstáculos para el aprendizaje en términos bachelianos. La condición de obstáculo se utiliza en aquellas concepciones que se desvían del conocimiento validado por los expertos, las cuales se manifiestan como errores muy difíciles de superar.

El mayor referente en este enfoque lo ha constituido el didacta francés Guy Brousseau(1998), quien a partir de la noción de obstáculo epistemológico de Bachelard(1979), desarrolló el concepto de obstáculo didáctico. Este obstáculo refiere a errores detectados en el aprendizaje del conocimiento matemático cuyo origen puede vincularse con decisiones adoptadas en su proceso de enseñanza.

La reflexión comenzará entonces, revisando el concepto de obstáculo epistemológico de Bachelard, continuará con el seguimiento y recreación de este concepto por parte de Brousseau, para culminar integrando esta perspectiva a la enseñanza del conocimiento físico.

Los obstáculos epistemológicos

El conocimiento científico es el resultado de un proceso que ha implicado, en general, el rechazo de formas previas de conocimiento. El reconocimien-

to de este hecho es lo que induce a Bachelard a pensar en su génesis en término de obstáculos.

El concepto de obstáculo refiere a un conocimiento que se ha manifestado como satisfactorio para la resolución de determinados problemas durante determinado tiempo pero que, posteriormente, termina resultando inadecuado y difícil de adaptarse frente a nuevos problemas (Socas, s.f.). Este tipo de conocimiento-obstáculo es posible de reconocer tanto en la historia del conocimiento físico como en su aprendizaje. Esto lleva a Bachelard a expresar «...se conoce en contra de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos o superando aquello que, en el espíritu mismo, obstaculiza a la espiritualización» (Bachelard, 1979:15).

Los obstáculos epistemológicos ofrecen una perspectiva diferente respecto a los errores que se observan sistemáticamente en el aprendizaje del conocimiento físico. Son errores que no aparecen por azar, sino en un marco conceptual basado en conocimientos adquiridos previamente. Los objetos más pesados caen más rápido, una fuerza constante produce velocidad constante, son ejemplos de estos obstáculos difíciles de superar pues constituyen conocimientos que se manifiestan como exitosos para operar en la vida cotidiana, fuera de la clase de física. Por esta razón, persisten más allá de la conciencia y la voluntad de quien aprende o de quien enseña, requiriendo su superación de un proceso extendido en el tiempo. La interacción con situaciones pensadas con la intención de posibilitar la reconstrucción del sentido o significado de los mismos, permitirá diferenciar las representaciones o modelos propios, de los construidos y validados por la comunidad de físicos. «Una experiencia científica es, pues, una experiencia que contradice la experiencia común» (Bachelard, 1979:13).

Las investigaciones desarrolladas por la didáctica de la física en este campo, orientan a pensar que, más que destinar esfuerzos y energía cognitiva en cambiar un conocimiento por otro, el proceso debería estar orientado hacia esta diferenciación. La misma requiere, desde el punto de vista epistemológico, de una comprensión de las buenas razones que llevan a pensar lo que se piensa (Alonso, s.f.), requiriendo entonces, posicionarse desde otro lugar respecto al conocimiento. Esto es lo que lleva a sostener que el aprendizaje del conocimiento físico requiere de un cambio epistemológico.

Asumir la enseñanza desde esta perspectiva, implica asumir que el aprendizaje del conocimiento físico tendrá como paso inevitable el error, por lo que requerirá de una práctica evaluatoria que integre la dimensión regulatoria para su superación. En términos bachelianos: «El conocimiento de lo real es una luz que siempre proyecta alguna sombra. Jamás es inmediata y plena. Lo real no es jamás lo que podría creerse sino siempre lo que debiera haberse pensado» (Bachelard, 1979:15).

La evaluación integrada al proceso de enseñanza y en sincronía con éste, permitiría reconocer esas «luces y sombras», abriendo la posibilidad de regular o adecuar tanto la enseñanza como los aprendizajes.

Al pensar en los obstáculos epistemológicos como formas de conocimiento es interesante precisar qué se entiende hoy por conocimiento. Toda información posible de recuperar su sentido para permitir comprender e inter-

pretar situaciones significativamente diferentes a las que se exhibió en su enseñanza, es manifestación de conocimiento. La interacción con textos, hipertextos, apuntes, gráficos, etc., permite tomar contacto con información, pero sólo al reconstruir su sentido, será posible apelar a ella para su recreación o aplicación, siendo entonces expresión de conocimiento.

Esta perspectiva se sustenta, a su vez, en una concepción de cognición como proceso distribuido, tomando relevancia entonces el contexto social y material en que ésta se produce. Lo que la mente individual aún no logra representarse es mediado por lo que se representan otros o lo que representa la pantalla de un ordenador, de modo que la cognición manifiesta ese carácter de distribuido. La mente desarrollando procesos cognitivos se comporta desde el punto de vista físico como un sistema abierto y entre las entidades que intercambia con su entorno son representaciones (semánticas y/o icónicas), que refieren a otros sistemas cognitivos, constituyendo un proceso de construcción social.

Estas ideas son insumos para pensar las dificultades o errores que surgen en el aprendizaje del conocimiento físico y analizar las posibilidades que ofrece la enseñanza para su superación.

En su obra Bachelard al reflexionar sobre la forma que se enseña las ciencias expresa: «Los profesores de ciencia se imaginan que el espíritu (científico) comienza como una lección...» (Bachelard, 1979:20), afirmando que no existe paradójicamente, en este campo, comprensión sobre la no comprensión. Esta idea lo llevó a introducir el término de obstáculo pedagógico, del cual es posible encontrar ejemplos concretos en su obra, al contrastar sus ideas con prácticas habituales observadas en la enseñanza de la física. En nuestra revisión rescatamos dos, las cuales refieren al lugar de los problemas y de la observación en la enseñanza del conocimiento físico.

Respecto al primero éste señala que enseñar física es, «ante todo», saber plantear problemas y que éstos, no se plantean por sí mismos. En sus términos: «...este sentido del problema (es) el que síndica el verdadero espíritu científico. Para un espíritu científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta no puede haber conocimiento científico» (Bachelard, 1979:16). Insertar sus ideas en la perspectiva actual de la enseñanza lleva a pensar que enseñar determinado conocimiento, a determinado grupo de alumnos, en determinado contexto es, «ante todo», resolver la cuestión sobre cuál podría ser la pregunta (o problema) en torno a la cual se desarrollará la acción. Debido al carácter situado de la enseñanza esto lleva a incluir en el análisis, variables como los intereses, las potencialidades y dificultades de los alumnos así como las características que adquieren al constituir un grupo-clase (Souto, 1993).

Respecto a la observación, Bachelard apela a la historia de la física para señalar (Bachelard, 1979:53):

...frotar el ámbar para que adquiriera la propiedad carga eléctrica, fue un hecho observable, extrínseco, respecto de las leyes eléctricas ocultas. La observación del hecho sin imaginarlo y representárselo mentalmente, constituyó una respuesta cerrada y, por ello, atravesó largos siglos sin fructificar.

Sus palabras refieren a situaciones de enseñanza en las que la iniciación al estudio de la electrostática se realiza apelando a la manipulación de dispositivos de laboratorio a modo de ilustración y como trampolín para introducir determinados conceptos. Éstos adquieren un carácter absoluto al no abrir la posibilidad a otras interpretaciones, tanto desde la perspectiva de los alumnos como de la propia historia de la física. La acción de enseñar de este modo, expresa una concepción sobre el conocimiento físico según la cual éste se deriva directamente de la observación. Una concepción que no tiene vigencia epistemológica al no permitir reconocer el carácter provisorio y consensuado del conocimiento científico.

Lo expresado permite reconocer como la acción de enseñar una disciplina científica promueve de un modo implícito, una concepción de ciencia. Si se concibe la ciencia como una actividad cognitiva al igual que el aprendizaje, al enseñar se preverán acciones para promover que aquel fenómeno o hecho que se convierte en objeto de estudio se transforme en un hecho científico. Esta transformación pasa por representarse mentalmente dicho hecho, construyendo para él un modelo teórico que habilite su descripción, interpretación y previsión (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

Esta representación se realiza a partir de la observación, la cual lejos de ser una actividad pasiva de recepción sensorial de información, es una actividad cognitiva que pone en juego el conocimiento previo disponible, el cual como se ha expresado, podría operar como obstáculo. En términos de Bachelard, la observación es «sólo un motivo para investigar» (Bachelard, 1979:53), para instalar preguntas pues, sin éstas, no puede haber conocimiento científico.

En este recorrido, cuestiona «la lección de mecánica elemental» con la que se inicia el estudio de la caída libre de los cuerpos. En ella encuentra el obstáculo de lo general, por la inmediatez con que se presenta el tubo de Newton y la afirmación de «todos los cuerpos caen...» de modo que: «... la búsqueda prematura de lo general conduce, la mayoría de las veces, a generalidades inadecuadas...» (Bachelard, 1979:66-69). Su idea es que estas generalizaciones presentadas prematuramente llevan a una rápida aceptación sin cuestionamientos, de modo que terminan obturando el pensamiento. En sus propias palabras (Bachelard, 1979:86):

...con frecuencia es más importante, para el progreso del pensamiento, aquello que limita un conocimiento, que aquello que amplía vagamente el conocimiento. Un conocimiento que carezca de precisión, o mejor, un conocimiento que no esté dado con sus condiciones de determinación precisa no es un conocimiento científico. Un conocimiento general es casi fatalmente un conocimiento vago.

En la obra de Galileo «Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo» (1632, citada por Hawking, 2003) es posible reconocer las condiciones que llevaron a este físico a su ley de caída. Esas condiciones permiten encontrar el sentido del pensamiento de Bachelard. A través de Salviati, Galileo expresa (Hawking, 2003:460):

*Cuando **observo**, por tanto, una piedra que cae desde cierta altura, partiendo de una situación de reposo, que va adquirien-*

do poco a poco, cada vez más velocidad, ¿por qué no he de creer que tales aumentos de velocidad no tengan lugar según la más simple y evidente proporción? Ahora bien, si observamos con cierta atención el problema, no encontraremos ningún aumento o adición más simple que aquel que va aumentando siempre de la misma manera.

En sus palabras puede reconocerse cómo su ley de caída no se encontraba en el fenómeno en sí, pronta para ser descubierta. La misma surge de una representación del fenómeno, dejando de lado aspectos de éste, como la presencia de la atmósfera y jerarquizando otros. De esta forma, la caída la convirtió en un hecho científico. Su representación evidencia una actividad cognitiva, una mente interpelada ante la observación de un fenómeno que lleva a interpretarlo a través del conocimiento que dispone. «Antes de autenticar el hecho se lo explica. ...Ahora bien, para que un hecho sea definido y precisado, se precisa un mínimo de interpretación» (Bachelard, 1979:51). Su pensamiento es que cuando la respuesta llega antes que la pregunta, bloquea el pensamiento pues, la respuesta rápida, que todo lo describe, que todo lo aclara, seduce no dejando espacio para imaginar.

Los aspectos revisados son insumos para comprender el origen del conocimiento físico y los obstáculos que ha enfrentado su proceso de construcción debido a su propia especificidad o naturaleza, referencias valiosas para pensar en su enseñanza, a pesar de tratarse de dos epistemologías diferentes.

La didáctica de la matemática y la noción de obstáculo didáctico

La noción de obstáculo epistemológico es retomada por Guy Brousseau (1983), quien propone concebir el conocimiento matemático como resultado de un proceso que implicará superar conocimientos anteriores. Esos conocimientos se manifiestan en el aprendizaje como errores difíciles de corregir pues, se han presentado como coherentes o efectivos en el ámbito personal o escolar.

Los obstáculos epistemológicos pueden reconocerse a través de la historia de los conceptos matemáticos así como en su aprendizaje. (Socas, s.f.). De ahí que el análisis histórico puede ayudar al didáctico, a pesar de tratarse, como ya se ha expresado, de dos epistemologías diferentes. Al respecto González Marí (2010:2) expresa:

La teoría de las situaciones didácticas de Brousseau distingue la génesis histórica del conocimiento matemático y la génesis de dicho conocimiento en un individuo o una clase. Ambas génesis no son idénticas, pero existen algunas semejanzas que pueden ayudar a la planificación educativa. Normalmente, los problemas que motivaron la introducción de un concepto son constitutivos de la significación de ese concepto; el didacta debe enfrentarse a dicho problema en su trabajo.

A partir de los obstáculos derivados de la propia naturaleza del conocimiento, los bachelianos, se construyó otra categoría de obstáculo: los obstá-

culos didácticos. Los mismos tienen origen en la forma como se presenta y gestiona la enseñanza.

Reconocer que los errores observados en el aprendizaje de la matemática pueden tener origen epistemológico y/o didáctico, ha permitido ampliar las perspectivas de análisis. Sin perder la referencia de los procesos de aprendizaje y su especificidad, ha permitido hacer foco en el propio conocimiento matemático y la forma en que se lo enseña.

Los obstáculos didácticos mantienen la característica de «resistencia al cambio» manifestadas por los obstáculos epistemológicos, por lo que no pueden confundirse con dificultades, con un error pasajero que bastaría con corregir, o con una ignorancia que se podría colmar (González Marí, 2010). Son conocimientos incompletos o falsos respecto al conocimiento establecido, los cuales se originan a partir del enfoque asumido en su enseñanza, por lo que podrían evitarse. Para ello es necesario identificar las situaciones que habilitan su construcción (Socas, s.f., cita a Brousseau, 1983).

Estas situaciones se conciben en la enseñanza para presentar o introducir un concepto, sin prever que las mismas podrían habilitar determinado sentido o significado para dicho concepto, el cual sólo es válido en el dominio de esas situaciones. Al extender ese significado a otros dominios, el mismo resulta disfuncional o erróneo.

La investigación realizada en este campo, ha explorado y desarrollado esta idea en referencia a la enseñanza y el aprendizaje de un amplio espectro de conceptos matemáticos. Para este trabajo en particular, se revisaron investigaciones que refieren a la enseñanza de los números naturales y los números enteros.

Los números naturales son los más cercanos a la noción de número que tenemos en la vida cotidiana pues, los mismos responden a la pregunta ¿cuántos elementos tiene este conjunto? (número cardinal) o a ¿cómo ordeno esos elementos? (número ordinal) (Godino, 2004). La noción de número se construyó a partir de advertir que todos los conjuntos de objetos o seres tenían una cualidad en común, independientemente de su naturaleza. A esa cualidad se le llamó número (Torres, s.f.). Juntar tantas piedras, realizar tantos nudos llevó a representaciones que no dependían de qué objetos se tratase sino a la posibilidad de contabilización de los mismos.

En la vida cotidiana interactuamos con los números naturales realizando con ellos, incluso, un uso no numérico, como etiqueta de identificación de objetos. Tal es el caso de los números del documento de identidad.

Enseñar su uso numérico, implica un proceso creciente de abstracción que permite, entre otras cosas, operar con él. De las propiedades de las operaciones pueden deducirse ciertas afirmaciones o conclusiones como por ejemplo: «la multiplicación agranda y la división achica» (modelo MADA), «la multiplicación como una suma que se repite», cuyos dominios de validez refiere al conjunto de los números naturales. El conocimiento de estas propiedades obstaculizará el aprendizaje de los números enteros pues generará respuestas inadecuadas, incluso incorrectas (Socas, s.f.). A modo

de ejemplo, puede pensarse que el modelo MADA habilita a pensar que la mitad de un número es siempre menor que el propio número y que esto no resulta válido para los números enteros negativos.

Según Isoda y Olfos (2009) el propósito de la enseñanza de la matemática escolar debería ser entonces, adquirir determinados conceptos para luego ser revisados y reconceptualizados en ámbitos explicativos más generales. La interacción con los números naturales requerirá ajustes y diferenciaciones de modo de habilitar representaciones que integren los decimales fraccionarios y enteros.

El diseño de situaciones didácticas entonces, debería realizarse previendo qué representaciones se habilitan al introducir un concepto y cómo las mismas podrían ser reactivadas, a posteriori, ligadas o sujetas a un dominio de validez específico, de modo de evitar su extensión incontrolada a otro dominio en el cual pierden validez. Es decir, recuperadas dentro de un dominio acordado y definido en la propia presentación de los conceptos.

- Promover la interacción con situaciones donde no todos los números naturales se pueden restar o dividir, de modo de obtener otro número natural, será el contexto propicio para ampliar el concepto de número y poder introducir los números negativos. En la historia del conocimiento matemático puede reconocerse como los números negativos surgieron como una extensión al conjunto de los naturales, como una necesidad de «completitud» (Torres, s.f.). Así junto con los naturales constituyeron un nuevo conjunto: los números enteros.

Los problemas que dieron origen a estos números y su contexto, son una buena referencia para pensar en su enseñanza, a pesar de no ser posible establecer correspondencias absolutas (Torres, s.f.). Esta línea de investigación didáctica reconoce, sin embargo, en la historia de esta disciplina, un recurso didáctico privilegiado para enseñar y aprender matemática.

Los números negativos surgieron en Oriente en el siglo V, dando lugar a ábacos en los que se representaba con diferente color los números positivos y negativos. Su llegada al Occidente se produjo recién en el siglo XVI. En su largo proceso de rechazo y aceptación que pasó por nominarlos «números falsos», fueron los indios quienes se encargaron de diferenciar números positivos de negativos, los cuales fueron interpretados como créditos y débitos respectivamente. Fue el matemático indio Brahmagupta, el encargado de presentar soluciones negativas a ecuaciones cuadráticas pero, su aceptación universal, no llegó hasta el siglo XIII. Este proceso muestra la dificultad de representarse mentalmente los números negativos, los cuales eran pensados con el conocimiento disponible, es decir, a partir de los números naturales y sus propiedades.

Un conocimiento-obstáculo resiste la interacción reiterada con situaciones en las que no se manifiesta funcional. Esto permite explicar desempeños aparentemente satisfactorios en matemáticas, que luego derivan en serios problemas conceptuales que dificultan el aprendizaje subsiguiente.

La multiplicación como una adición que se repite, constituye una fuerte idea que configura el pensamiento y que no permite construir un significado correcto a la multiplicación que involucra números no naturales (Socas,

s.f.). Sin embargo, no es posible aprender la multiplicación antes que la adición, o la potencia antes del producto. Por lo que estos obstáculos son considerados cognitivos y no sólo didácticos. La enseñanza puede ayudar a aminorarlos pero no a eliminarlos. En ese sentido, Tall (1989, citado por Socas, s.f.) les llama obstáculos cognitivos, diferenciando aquellos que tienen que ver con la secuencia de un tema dada su complejidad, de los que surgen de una simplificación del conocimiento al ser transformado para su enseñanza.

Socas (s.f.:31, citando a Brousseau, 1983) sostiene que «para superar un obstáculo se requiere un esfuerzo de la misma naturaleza que cuando se establece un conocimiento, es decir interacciones repetidas, dialécticas del alumno con el objeto de conocimiento».

Esto implica una participación activa del alumno en la superación de sus errores, motivada por constituir una actividad valiosa en la evaluación de su desempeño, actividad orientada y sostenida a través de la intervención del docente.

Los obstáculos didácticos en la enseñanza de la física

Las ideas presentadas nos llevaron a pensar en posibles correspondencias entre errores recurrentes observados en el aprendizaje del conocimiento físico y las situaciones didácticas que se conciben para su enseñanza. Debería tratarse de errores que presentaran cierto dominio de validez pero que, fuera de éste, se manifestaran como incorrectos o disfuncionales. «Una aceleración negativa implica disminución de velocidad», «el peso es igual a la normal», «un objeto se mueve en la dirección y sentido de la fuerza aplicada», son conocimientos que cumplen esta condición.

En el estudio y descripción de las interacciones eléctricas, es posible reconocer expresiones de los alumnos como «las cargas positivas se mueven en la dirección y sentido del campo». Las mismas evidencian una especie de interferencia o ruido en la comprensión de la expresión «las cargas positivas experimentan fuerza en la dirección y sentido del campo», posible de encontrar tanto en textos de la disciplina como en el discurso del profesor. ¿Es posible corresponder esta interferencia con situaciones de enseñanza habituales?. En la enseñanza de la mecánica, los estudiantes interactúan con reiteradas situaciones en las que no resulta significativo diferenciar entre la dirección y sentido del movimiento y la dirección y sentido de la fuerza que lo provoca (o la fuerza neta según el caso), por su coincidencia. Esto podría habilitar el error.

Esta reiteración es posible extenderla, además, a los libros de textos de primer y segundo ciclo. Al no delimitar un dominio de validez para esta coincidencia, la misma se extiende hacia situaciones donde resulta falsa.

La revisión de estas situaciones didácticas de iniciación, pensadas y seleccionadas con esta inquietud, podrían llevar a integrar al proceso de enseñanza situaciones en los que la coincidencia entre la dirección y sentido del movimiento y de la fuerza neta ya no es funcional. Las interacciones gravitatorias son una buena oportunidad para esto, a través de analogías entre el movimiento de giro de la Luna y el de una piedra atada a una

cuerda. La Luna no se mueve en la dirección y sentido de la fuerza neta aplicada, como tampoco lo hace en la mayor parte de su trayectoria un skater o un surfista. Estas situaciones que no se profundizan en el primer curso de mecánica del ciclo básico podrían permitir reconocer y diferenciar el «mapa» (representación, modelo) construido del «territorio», el cual admite otros mapas. En este nivel, el objetivo sería *aproximarse* a comprender los movimientos observados en la naturaleza, seleccionando aquellos que admiten ser descritos mediante herramientas simples pero reconociendo, a su vez, el límite de sus posibilidades.

Un análisis similar podría realizarse respecto a posibles correspondencias entre el cambio en el valor de la velocidad y el signo de la aceleración. En el estudio de la cinemática rectilínea se reiteran las situaciones donde los objetos se mueven sin cambiar su sentido de movimiento. La revisión de los textos de física permite reconocer como en éstos, en general, se privilegia los movimientos de dirección horizontal y sentido hacia la derecha, en los que la velocidad es asumida como positiva a partir de una fugaz referencia al convencionalismo asumido. Al trabajar únicamente con valores positivos de velocidad se habilita que se otorgue al signo de la aceleración el sentido expresado.

En cambio, la física corresponde el signo de las magnitudes vectoriales con convencionalismos asumidos respecto a su sentido. Un incremento de la velocidad en un sentido arbitrariamente definido como negativo redundará en una aceleración también negativa. Esta forma de describir la velocidad y la aceleración pensándolas como magnitudes vectoriales no es algo que los alumnos incorporen de una vez, al ser introducido por el profesor. En cuarenta minutos de clase así como en el tiempo en que se desarrolla un primer curso de física, no es posible reconstruir el proceso de siglos.

Su comprensión requerirá de la interacción reiterada con situaciones didácticas en las que el carácter vectorial de la velocidad primero, y de la aceleración después, resulte significativa. Al comienzo pensarán en magnitudes de carácter vectorial como si fueran escalares, en un proceso que evolucionará y se buscará corresponder con el sentido que los físicos otorgan a estas magnitudes.

El origen del carácter vectorial de la velocidad constituye una buena referencia para pensar en este proceso. El mismo puede rastrearse a través de la historia del principio de conservación de la cantidad de movimiento presentada por Holton (1976). Esta magnitud surgió en el siglo XIV concebida como una «carga» que se impartía al objeto al ponerlo en movimiento. Se pensaba que la misma debía ser proporcional al producto de su peso por alguna función de su velocidad. Fue el fraile franciscano Ockam quien lo sugirió, el cual posteriormente influyó en el pensamiento de Da Vinci y Galileo. Posteriormente en el siglo XVII, Descartes pensando en el universo como un mecanismo de relojería sin posibilidad de detenerse, define la cantidad de movimiento como el producto de la masa por la velocidad en términos escalares, postulando su constancia a pesar de las *transmisiones* generadas por colisiones dentro de un mismo sistema. Su aceptación no dejó de lado el hecho de que formulado en estos términos no lograba explicar todos los choques, al no contemplar la influencia de la dirección del movimiento de los objetos que colisionaban.

La versión vectorial de este principio, llegó a instancias de la Royal Society, en un esfuerzo cooperativo que tuvo como protagonista principal a Huygens, pero involucró, a su vez, a otros físicos como Hooke. La noción de vector fue tomada de estos precursores del siglo XVII para ser axiomatizado y desarrollado posteriormente, en el siglo XIX, por matemáticos como Grassman, dando lugar al cálculo vectorial (Luzardo y Peña, 2006).

Este proceso histórico extendido en el tiempo y fruto de una construcción colectiva, da cuenta de las dificultades que presentará introducir a los alumnos en la descripción vectorial de los movimientos y hará desestimar la clase magistral o lección como expresaba Bachelard.

Los vectores comenzaron a formar parte del modelo teórico con que los físicos se representan los movimientos, al permitirles realizar mejores predicciones contrastables con la experiencia.

La ciencia escolar y la ciencia genuina, a pesar de presentar metas, valores y metodologías diferentes (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999) sí pueden corresponderse en la forma de proceder al transformar un hecho en un hecho científico. Hervir agua, la imagen en un espejo, la propagación del sonido, el movimiento de un objeto, constituyen hechos observables, los cuales no adquirirán el carácter de hecho científico en tanto no movilicen a los alumnos a interrogarse por ellos. La abstracción que requiere su descripción e interpretación dará origen a un modelo teórico, el cual implicará una racionalidad tentativa, hipotética y constructiva (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

Pensar en cómo describir los diferentes trayectos que los alumnos realizan hacia el liceo en el plano del barrio, puede constituir un contexto significativo para introducir el concepto de velocidad y definirla. La diferenciación entre distancia recorrida y desplazamiento puede ser significativa si, por ejemplo, les proponemos abstraernos del mapa, y marcar los posibles movimientos que podrían realizar si no fuera por el proceso de urbanización y trazado de las calles.

La descripción de la velocidad en esos trayectos, contemplando desplazamientos y tiempos, llevará a que el profesor encuentre la oportunidad de presentarla como una magnitud vectorial de un modo significativo. Su representación permitirá reconocer la simplicidad y conveniencia de analizar movimientos de trayectoria recta.

La conveniencia de utilizar vectores para describir este tipo de movimientos unidimensionales sólo podrá reconocerse si los mismos no se restringen a un único sentido.

Las reiteradas situaciones didácticas en las que la descripción de la velocidad resulte insuficiente en términos escalares, hará significativa la descripción vectorial. El modelo teórico presentado por el profesor que integra la velocidad como vector permitirá realizar mejores predicciones que el modelo inicial propuesto por los alumnos.

Analizar expresiones como «hoy estoy reacelerado» o «¡cómo aceleró!» pueden constituir situaciones de partida para pensar en la aceleración en términos físicos.

Si bien en el contexto cotidiano la expresión hace referencia a aumentos de velocidad, en el mundo físico la aceleración también está asociada a su disminución, además de tener implicancias vectoriales totalmente nuevas para los alumnos.

El modelo teórico de los alumnos, al principio, tal vez sólo integre las variables velocidad y aceleración para hacer predicciones como «si el auto 1 acelera más que el auto 2 puede alcanzar más velocidad». Pero el docente puede ofrecer un modelo alternativo que integre la variable tiempo, y permita una predicción contrastable a través de una medición «si el auto 1 acelera más que el auto 2 puede alcanzar más velocidad en el mismo tiempo». El modelo teórico ofrecido por el profesor permitirá, además, ampliar predicciones hacia vehículos que frenan, así como integrar el supuesto de pensar en movimientos donde el cambio de velocidad ocurre de la forma más simple: «en tiempos iguales experimentará iguales cambios de velocidad».

La posibilidad de describir la aceleración como vector es poco probable que surja espontáneamente de los alumnos. La misma debe ser ofrecida como un modelo teórico alternativo por el docente. Los argumentos para introducirlo deberán ser significativos y comprensibles para los alumnos. Describir el cambio de velocidad por unidad de tiempo en forma escalar no habilita predecir un aumento o disminución de velocidad o la posibilidad de un cambio en la dirección y sentido del movimiento. Este puede ser el contexto para que el docente presente la posibilidad de pensar la aceleración como una magnitud orientada.

Una forma de aproximarse hacia su posible carácter vectorial, de un modo tentativo, especulativo, es reconocer su vínculo con la velocidad y sus cambios, magnitud reconocida previamente como vectorial. La inquietud debería estar puesta en comprender el significado o sentido de la aceleración como magnitud orientada, antes de presentar reglas de operatoria con vectores. Apelar en el análisis didáctico a las expresiones de Bachelard respecto a presentar un conocimiento general muy rápido, pues el mismo genera aceptación y constituye un obstáculo para el pensamiento.

Trabajar entonces con la intuición como herramienta para la construcción del conocimiento físico, instalando preguntas que habiliten la reflexión. ¿Qué sentido tendría describir la aceleración mediante un vector? ¿Qué definiría su dirección y sentido?

El hecho de que el movimiento sea rectilíneo podría permitir restringir la aceleración a la dirección en la que se ha definido la propia velocidad. Las velocidades representadas en los diferentes trayectos al liceo pueden permitir reconocer que en los movimientos de trayecto no recto, resulta más complejo pensar en la dirección de un posible vector aceleración. Esto habilitará pensar en los límites de validez de las ideas que se construirán.

Definir un valor, una dirección y un sentido para la aceleración, será lo que permitirá realizar mejores predicciones respecto a cómo cambia la velocidad al transcurrir el tiempo. Un vector aceleración definido en la dirección y sentido de la velocidad inicial permitirá predecir incrementos de velocidad. Trabajar con vectores manipulables, fuera del pizarrón, ubicándolos y fundamentando su orientación, en diversas situaciones, puede promover una evolución hacia una descripción vectorial.

Revisar las correspondencias establecidas entre el signo de la velocidad y su sentido, permitirá transferir estas correspondencias hacia la aceleración. Pensar la velocidad y la aceleración como magnitudes vectoriales, requerirá de reiteradas situaciones que deberán ser revisadas y complejizadas mediante procesos que continuarán y evolucionarán en los sucesivos cursos de física.

En términos del propio Bachelard (1979:48-49)

Más valdría una ignorancia completa que un conocimiento privado de su principio fundamental ...Hay que reanimar entonces la crítica y poner nuevamente el conocimiento en contacto con las condiciones que le dieron nacimiento, volver sin cesar a este «estado naciente» que es el estado de vigor psíquico, al instante mismo en que la respuesta ha surgido del problema... [...] ...no es suficiente que se encuentre una razón para un hecho. La razón es una actividad psicológica esencialmente polítropa: ella quiere invertir los problemas, variarlos, injertar unos en otros, hacerlos proliferar. Una experiencia, para ser verdaderamente racionalizada, debe pues insertarse en un juego de razones múltiples ...racionalizaciones prematuras... ¡Cómo si la observación básica pudiera dar algo más que una ocasión de investigación!.

Cierre final

Este trabajo se desarrolló a través de un proceso de revisión del pensamiento de diferentes autores del campo de la didáctica de la matemática y la física, siendo su mayor fortaleza la posibilidad de transferir e integrar conocimientos que contribuyan al análisis didáctico que requiere la enseñanza profesional de la física. Sorprende por el tiempo transcurrido, el pensamiento vigente y valioso de Bachelard, cuyas expresiones interpelan nuestras prácticas apelando a integrar la dimensión epistemológica a la reflexión sobre las mismas. Sorprende además, como a pesar de Bachelard dejar fuera de su análisis la génesis del conocimiento matemático, sea un didacta de este campo, el que haya continuado y recreado su concepto de obstáculo epistemológico para construir con él, una nueva perspectiva sobre la enseñanza, la cual apela a indagar en posibles correspondencias entre errores recurrentes observados en el aprendizaje y situaciones de enseñanza que podrían habilitarlos.

Bibliografía

- ALONSO, M. (s.f.) Tesis doctoral: La evaluación en la enseñanza de la física como instrumento de aprendizaje. Universidad de Valencia. Obtenido el 3 de mayo de 2010 en www.meet-physics.net/recerca-didactica/.../tesisManoloWord.pdf
- BACHELARD, G. (1979) La formación del espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo. 7ª. Edición. Bs.As.: Siglo XXI Editores. (1º Edición en español 1948).

- BROUSSEAU, G. (1983) Los Obstáculos Epistemológicos y los Problemas en Matemáticas. Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol 4 (2). Grenoble: La Pensée Sauvage.
- GIL PÉREZ, D. (1991) ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencia?. Revista Enseñanza de las Ciencias, 9(1), 69-77.
- GODINO, J. (2004) Matemáticas para maestros. Departamento de Didáctica de la Matemática. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada. Obtenido el 25 de abril de 2011 en http://www.ugr.es/~jgodino/edumat-maestros/manual/8_matematicas_maestros.pdf
- GONZÁLEZ MARÍ, J.L. (2010) Epistemología y tendencias actuales en Didáctica de la Matemática. Universidad de Málaga. Obtenido el 2 de abril de 2011 en http://www.gonzalezmari.es/E_y_EM_tendencias_alemana_y_francesa.pdf
- HAWKING, S. (2003) A hombros de gigantes. España: Editorial Crítica.
- HOLTON, G.; BRUSH, S. (1991) Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas. Barcelona: Editorial Reverté.
- ISODA, M. y OLFOS, R. (2009) El Estudio de Clases y las demandas curriculares. La enseñanza de la multiplicación. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Obtenido el 2 de junio de 2011 en http://www.euv.cl/archivos_pdf/olfos.pdf
- IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999) Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. Revista Enseñanza de las Ciencias, 17(1), 45-59.
- LUZARDO, D. y PEÑA, A. (2006) Historia del Álgebra Lineal hasta los albores del siglo XX. Revista Divulgaciones Matemáticas, Vol.14, No.2, pp.153-170
- RODRÍGUEZ, B. (2007) De las operaciones ...¿qué podemos enseñar?. Obtenido el 3 de marzo de 2011 en http://ipes.anep.edu.uy/documentos/curso_dir_07/modulo2/materiales/mate/rava.pdf
- SOCAS, M. (s.f.) Dificultades, obstáculos y errores en el aprendizaje de las Matemáticas en la Educación Secundaria. Cap.V. Universidad de la Laguna. Obtenido el 25 de febrero de 2011 en <http://cumbia.ath.cx:591/pna/Archivos/SocasM97-2532.PDF>
- SOUTO, M. (1993) Hacia una didáctica de lo grupal. Bs.As.: Miño y Dávila Editores.
- TORRES, C. (s.f.) Números enteros: Origen e Historia. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú. Obtenido el 25 de agosto de 2011 en <http://personales.ya.com/casanchi/mat/enteros01.pdf>
- VRANCKEN, S.; GREGORINI, M.; ENGLER, A.; MULLER, D. y HECKLEIN, M. (s.f.) Dificultades relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje del concepto de límite. Obtenido el 20 de mayo de 2011 de <http://www.soarem.org.ar/Documentos/29%20vrancken.pdf>



Reseña de Libros I

Prof. Mario Román Guerra Zabala

Título: «Einstein y Picasso»

Sub título: «El espacio, el tiempo y los estragos de la belleza»

Autor: Arthur I. Miller

Editorial: «Tusquets Editores» - Colección «Metatemas» (Tomo 95); **Páginas:** 412.

Arthur I. Miller, es Dr. en física del MIT, y actualmente se desempeña como Profesor en Historia y Filosofía de la Ciencia en la «University College» de Londres.

El libro que proponemos, incursiona en un camino de gran interés: realizar un análisis detallado de la interacción existente entre los trabajos de Albert Einstein en el campo de la Relatividad y la obra revolucionaria del Arte Pictórico del siglo XX, promovida por Pablo Picasso. La obra consta de ocho (8) Capítulos y tres (3) Apéndices. Entre éstos, se incluye una abundante y selecta colección bibliográfica y de artículos fundamentales y muy recientes, sobre el tema.

El autor centra su examen en el diseño conceptual que acompaña a la Relatividad Especial y la obra fundamental de la Historia del Arte, que se conoce como «Las Señoritas de Aviñón», donde se evidencian aspectos de espacio- tiempo no ajustados a las concepciones pre-relativistas. En el Capítulo 5, el autor se centra en la propuesta que derivara de las investigaciones pictóricas de Pablo Picasso y Marcelle Braque, sobre el espacio geométrico y un planteo dinámico del mismo. Este aspecto, notoriamente distintivo del «arte pictórico clásico», tiene según el análisis del autor, una profunda inspiración en la Física naciente del siglo XX. Precisamente: el Dr. Miller, analiza con detalle magistral, la relación inequívoca que existe entre Ciencia y Arte, adoptando como pretexto los temas señalados anteriormente.

Sin embargo, el carácter puntual de análisis del pretexto elegido, la **obra trasciende largamente a un objetivo tan particular**. Aclaremos este punto, que consideramos esencial y que a nuestro juicio, constituye el centro mismo de la obra.

A pesar de su título, de aspecto algo exclusivo, el libro indaga en las concepciones que originaron la Mecánica Cuántica, el rechazo de Einstein hacia la «falta de objetividad local» de la propuesta de Bohr y Heisenberg, el contexto histórico en el que se desarrollan las ideas de la Física del siglo XX...

Independientemente del contenido detallado sobre aspectos específicamente artísticos de la obra de Picasso y del Arte en general, el lector hallará en esta obra **un camino, un perfil, una guía**, sobre el pensamiento científico del primer tercio del siglo XX. Todo ello, descrito con un lenguaje preciso, sencillo y extraordinariamente nutrido de informaciones de gran interés. Una forma de comprender las razones de fondo, por las cuales una disciplina como Física se halla inseparablemente unida a la evolución intelectual más pura de la Humanidad, mucho más allá de los logros tecnológicos derivados de los descubrimientos. Creemos que en este sentido, el escrito del Dr. Miller, propone una reflexión de importancia sobre el sentido y significado de la tarea de «enseñar Física». A nuestro juicio, la globalidad del acto «entender Física», trasciende a los pretextos que motivan la acción concreta. Esta «aventura del pensamiento» sobrevuela en el contenido de esta obra que recomendamos muy especialmente a todos los Docentes de la disciplina.

EL DILUVIO UNIVERSAL: UNA ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA IMPLICADO

Martín Ghizzoni

Consejo de Educación Secundaria. Consejo de Educación Técnico
Profesional; martin.ghizzoni@adinet.com.uy

Resumen

En este breve trabajo se realizan cálculos estimativos del volumen de agua que habría sido necesario para cubrir toda la superficie del planeta Tierra por encima de la montaña más alta, como se relata en el libro del Génesis de la Biblia.

Los resultados indican que sería necesario adicionar aproximadamente 3 veces el volumen de agua existente.

Palabras claves

Volumen, diluvio, esfera, agua, proporción.

Introducción

El relato del Diluvio universal es un mito sumerio que posteriormente fue narrado en el Génesis.

En la Biblia dicha historia se relata básicamente de la siguiente manera:

*«¹¹El año seiscientos de la vida de Noé, en el mes segundo, a los diecisiete días del mes, aquel día fueron rotas todas las fuentes del grande abismo, y las cataratas de los cielos fueron abiertas,
¹²y hubo lluvia sobre la tierra cuarenta días y cuarenta noches.*

*...
¹⁹Y las aguas subieron mucho sobre la tierra; y todos los montes altos que había debajo de todos los cielos, fueron cubiertos.*

²⁰Quince codos más alto subieron las aguas, después que fueron cubiertos los montes.»...

Génesis 7 [1]

El relato indica que aparentemente todas las montañas quedaron cubiertas bajo las aguas y que incluso el nivel superó por 15 codos a dichas montañas, lo cual serían 6,75 m ya que 1 codo era equivalente a 45 cm.

Teniendo en cuenta estos datos es posible realizar una estimación del volumen de agua que habría sido necesario para cubrir toda la superficie

terrestre por encima de la montaña más alta del planeta que es el Monte Everest, en la Cordillera del Himalaya en la frontera entre Nepal y China.



Figura 1. Representación artística del Diluvio Universal. Imagen tomada de <http://leyendasbeforethedark.blogspot.com/2010/11/el-diluvio-universal.html>

El volumen de agua necesario

Para estimar cuánta agua se necesita para cubrir hasta el pico de la montaña más alta del planeta hay que calcular el volumen del «cascarón» esférico imaginario que queda comprendido entre el nivel de la superficie del mar y el nivel a la altura del Monte Everest. Para esto se debe restar el volumen imaginario que tendría el planeta si la superficie estuviera al nivel del Monte Everest menos el volumen que tiene realmente. Para simplificar los cálculos, y aclarando que se trata de una estimación tentativa de la cantidad de agua, se considerará el radio medio del planeta aunque su forma real no sea la de una esfera.

El radio medio de la Tierra es $r = 6370$ km [2] entonces su volumen es:

$$V = \frac{4\pi r^3}{3} = 1,0827 \times 10^{12} \text{ km}^3$$

La altura del Monte Everest es $h = 8844$ m sobre el nivel del mar [3], lo que son 8,844 km, por lo tanto el volumen imaginario si la superficie estuviera al nivel del Everest sería:

$$Vi = \frac{4\pi (r+h)^3}{3} = 1,0872 \times 10^{12} \text{ km}^3$$

Entonces el volumen de agua que es necesario agregarle al planeta (V_n) para cubrir la montaña más alta sería:

$$V_n = Vi - V = 4,5000 \times 10^9 \text{ km}^3$$



Figura 2. Monte Everest. Imagen tomada de <http://vistasatelital.net/vista-satelital-del-monte-everest-entre-nepal-y-china/>

Pero este resultado no tiene en cuenta el volumen ocupado por la tierra emergida sobre el nivel del mar. La superficie de tierras emergidas es de unos $1,5000 \times 10^8 \text{ km}^2$ y se estima que si pudiera emparejarse la superficie de manera que las elevaciones rellenaran las zonas más bajas la tierra firme alcanzaría una altura uniforme de unos 700 m [6], por lo tanto el volumen de tierras emergidas es aproximadamente $1,050 \times 10^8 \text{ km}^3$. Si se resta este último valor al volumen necesario hallado anteriormente se obtiene:

$$V_n = 4,3950 \times 10^9 \text{ km}^3$$

En el planeta el agua está distribuida de distintas maneras: océanos, casquetes, glaciares, agua subterránea, lagos, atmósfera, ríos, agua biológica, pantanos, humedad del suelo. El volumen total de agua en el planeta se estima en $V_{tot} = 1,3860 \times 10^9 \text{ km}^3$ [4].

Ubicación	% del volumen total
Océanos, mares y bahías	96,5
Casquetes y glaciares polares	1,74
Agua subterránea	1,7
Humedad del suelo	0,001
Glaciares continentales y permafrost	0,022
Lagos	0,013
Atmósfera	0,001
Pantanos	0,0008
Ríos	0,0002
Agua biológica	0,0001

Tabla 1. Distribución del agua en el planeta. Tomado de [4].

Por lo tanto la proporción entre el volumen necesario para cubrir completamente el planeta hasta la montaña más alta y el volumen total existente es:

$$\frac{V_n}{V_{tot}} = 3,2$$

Según estos cálculos sería necesario adicionarle al planeta el triple el agua existente para poder sumergir toda la superficie como lo indica la historia bíblica del Diluvio universal, sin tener en cuenta que supuestamente el nivel del agua superó por casi 7 m los picos más altos. Es difícil imaginar de dónde habría llegado esta descomunal cantidad de agua y por supuesto a dónde habría ido luego que el diluvio finalizó, evidentemente la historia del diluvio no resiste un análisis tan simple como el que se realiza en este trabajo. Es claro que la interpretación literal de esta historia bíblica es inconsistente con la realidad, al menos desde el punto de vista de los cálculos realizados.

Pero tal vez el Diluvio realmente haya ocurrido, aunque no exactamente como lo relata la Biblia. Hay evidencias geológicas que hace 7150 años A.P.* el aumento del nivel del Mar Mediterráneo, debido a los deshielos del final de la última glaciación, produjo que éste y el Mar Negro se conectaran. Antes de eso el Mar Negro era un lago de agua dulce que había sufrido un descenso muy importante de su nivel y no tenía conexión con el agua del mar, como lo evidencian los restos de moluscos y plantas de agua dulce hallados en muestras de sedimentos del fondo. Según William B. F. Ryan y colaboradores [5] el aumento del nivel del Mar Mediterráneo ocasionó una entrada del agua salada a través del Estrecho del Bósforo (que conecta actualmente el Mar de Mármara con el Mar Negro, dividiendo en dos a la ciudad de Estambul y separando físicamente Europa de Asia). Pero el estrecho tenía una elevación que formó un dique natural que contuvo hasta



Figura 3. Ubicación del Mar Negro y su conexión con el Mar Mediterráneo. Imagen tomada de Google Maps.

* A.P. (antes del presente) es la escala de tiempo usada en la datación por radiocarbono que tiene su origen arbitrario en el año 1950. Por ejemplo la fecha 1000 A.P. significa 1000 años antes que 1950.

cierto punto el creciente nivel del mar, hasta que colapsó. Esta repentina ruptura ocasionó una cascada de proporciones inimaginables de agua salada sobre el antiguo lago, de esta forma ese lago pasó a ser un mar. Se estima que se inundaron en no muchos años más de 100000 km² de zonas costeras, obligando a sus pobladores a emigrar rápidamente hacia otras zonas. Debido a la magnitud del fenómeno del llenado del Mar Negro y la consecuente inundación que se produjo seguramente fue un hecho muy significativo para la época por lo que algunos investigadores creen que puede ser el origen de la historia del Diluvio.

Agradecimientos

A José Di Laccio y John Balbi por sus críticas y sugerencias.

Referencias

- [1] La Santa Biblia. 1960. Sociedades Bíblicas Unidas. Asunción, Bogotá, Buenos Aires, Caracas, Cochabamba, Guatemala, Lima México D.F., Montevideo, Quito San José, San Juan, Santiago, Santo Domingo, Tegucigalpa.
- [2] Tipler, P. 1998. Física Preuniversitaria. Reverté. Barcelona.
- [3] http://news.xinhuanet.com/english/2005-10/09/content_3597013.htm. Acceso a la página 11/05/2012.
- [4] Gleik, P. H. 1996. Water resources. Encyclopedia of Climate and Weathered vol. 2. S. H. Schneider (ed). Oxford University Press. New York.
- [5] Ryan, W.B.F., Pitman, W.C., Major, C.O., Shimkus, K., Moskalenko, V., Jones, G.A., Dimitrov, P., Gurür, N., Saking, M. & Yüce, H. 1997. An abrupt drowning of the Black Sea shelf. Marine Geology 138: 119-126.
- [6] http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/02/html/sec_7.html. Acceso a la página 15/05/2012.

• • •

RECOMENDACIONES WEB

Análisis de la Matriz Energética del Uruguay

En la página de la Dirección Nacional de energía (DNE) del Ministerio de Industrias, Energía y Minería (MIEM) se encuentra un análisis de la relación entre las distintas fuentes de energía utilizadas en el país.

Debe entrarse en la dirección **www.dne.gub.com**, luego entrar en **balance energético 2011** y luego en «**para ver los documentos**».

Se encontrarán tres ítems: 1) Introducción; 2) Análisis General y 3) Diagrama de flujo de energía 2011, con los contenidos siguientes:

Introducción. Se analiza brevemente la evolución histórica del Balance Energético Nacional, resumiendo la información relativa a producción, transformación y consumo de energía expresada en una unidad común y referida a un período determinado.

Análisis General. En 29 páginas, con un excelente conjunto de gráficos y esquemas, se analiza la información anual sobre la oferta y demanda de energía a nivel nacional y su evolución desde el año 1965 hasta el 2011. Se analizan los diferentes tipos de energía y se hace referencia a las unidades utilizadas para la comparación de los diferentes flujos en Kilotoneladas equivalentes de petróleo Ktep).

Diagrama de flujo de energía 2011. Se presenta el diagrama que acompaña esta recomendación WEB en la página siguiente, como una sugestiva síntesis gráfica del análisis general; una primera lectura del diagrama se convertirá seguramente en una puerta de entrada para la comprensión de los temas del análisis y despertará curiosidad por su proyección en el tiempo hasta el año 2011 y los posibles cambios en el futuro.

En la misma página Web pueden encontrarse otras informaciones referidas al tema general del uso de la energía en Uruguay.

www.dne.gub.com

ideas®
EDITORIAL
IMPRESORA

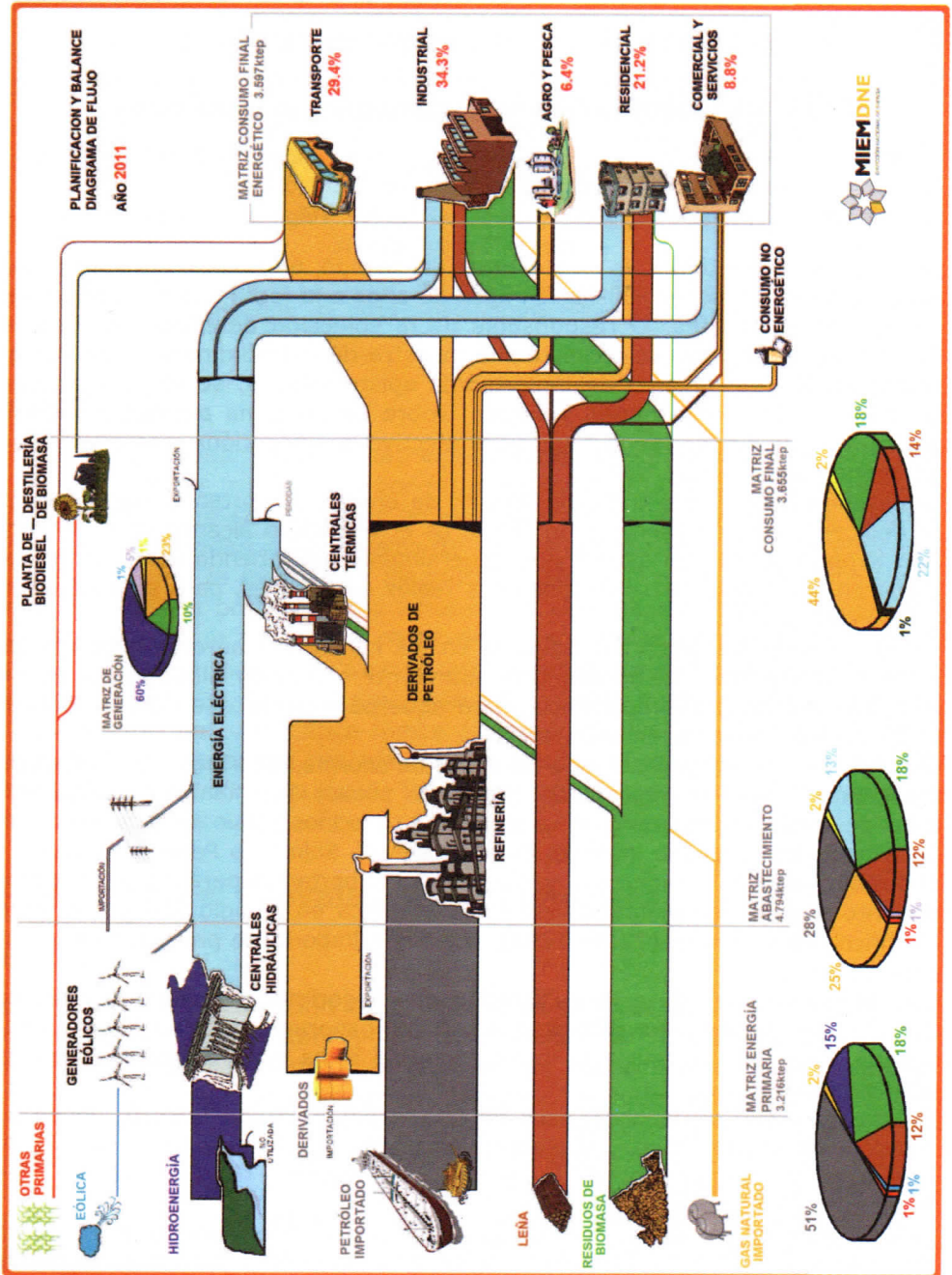
*Un proyecto
editorial
al servicio de
estudiantes
y autores
uruguayos.*

HISTORIA - MATEMÁTICA
LITERATURA - FILOSOFÍA
CIENCIAS SOCIALES - ECOLOGÍA
ADMINISTRACIÓN - DERECHO
FÍSICA - QUÍMICA

*Descuentos especiales
para docentes*

Mercedes 1786 CP 11200 - Telefax: 2408 6985 - Montevideo, Uruguay
edideas@adinet.com.uy | www.editorialideas.com.uy

**Solicite
Catálogo**



Reseña de Libros II

Prof. Mario Román Guerra Zabala

Título: «La justificación del Razonamiento Inductivo»

Autor: Max Black, R.B. Braithwaite, Bertrand Russell, Wesley C. Salmon y otros;
Recopilación de artículos realizada por Richard Swinburne;

Editorial: «Alianza Universidad» - Tomo 160 (1976); **Páginas:** 218 (numeradas).

La obra que comentamos es a esta altura del tiempo, un clásico. Por esa misma razón, aunque desde su publicación hace 38 años a la fecha, no ha perdido sus valores excepcionales. El responsable de la colección de artículos, Richard Swinburne, ha logrado seleccionar una muestra de extraordinario valor representativo. El pensamiento de importantes epistemólogos, se ve reflejado en las páginas de este pequeño volumen, sobre un tema **particularmente delicado** en la Física: ¿tiene algún valor efectivo la «inducción», como sinónimo de «conocimiento seguro»?

La cuestión que el libro trata de develar, de enorme importancia para quienes se dedican a una disciplina como Física, es el verdadero alcance de la «inducción experimental». Un asunto que generalmente se entiende como conocido, y que en estas páginas se exponen sus reales dificultades, para su aceptación o rechazo totales.

La obra consta de diez (10) artículos en los cuales sus autores exponen las ideas centrales que sostienen. Una abundante y nutrida bibliografía, es un complemento de gran importancia, para aquellos lectores que deseen ampliar el panorama expuesto en cada caso.

La selección recoge opiniones de pensadores de enorme importancia como Russell, Black, Braithwaite, de amplio conocimiento del público. Pero también incluye artículos de epistemólogos de gran valor, menos conocidos (salvo para quienes leen sin dificultades la lengua inglesa), como Wesley C. Salmon o Peter Achinstein.

El posible valor de la inducción empírica, y su importancia para lograr un conocimiento seguro, fue planteado en forma orgánica en el siglo XIII por el gran científico, Roger Bacon (1214- 1294), que fuera importante promotor de lo experimental.

Una de las virtudes de esta publicación que sugerimos y recomendamos, es que al reunir **posiciones diversas**, ofrece un panorama de gran riqueza conceptual. Con ello, se revela la importancia del tema y las dificultades que el mismo plantea.

El artículo inicial de la obra, está redactado por Bertrand Russell, desde su posición «atomista lógica», y plantea las dudas que le origina la «inducción empírica». Un comentario que Russell ya había incluido en su magistral «The Problems of Philosophy».

La exposición de Russell es comentada posteriormente por Paul Edwards, en un escrito titulado «Las dudas de Russell acerca de la inducción». Con ello se expone el espíritu de la selección de trabajos realizada por Swinburne: exponer posiciones diversas y en algunos casos encontradas sobre un tema concreto.

Entre otros escritos, hay dos (uno de mayor extensión que otro más breve) de los cuales es autor el gran pensador Max Black, que realizara importantes aportes en los fundamentos de la Mecánica Cuántica. Son de particular importancia, los artículos de Black y Achinstein sobre el punto «argumentos inductivos autoapoyados».

Asimismo, en el escrito de Nicholas Maxwell, se plantea un tema cuyos orígenes se remontan a David Hume: «¿Pueden haber conexiones necesarias entre acontecimientos sucesivos?».

DIAGNÓSTICO EQUIVOCADO

Reflexiones acerca de la interpretación de las evaluaciones diagnósticas que se realizan en las clases de Física de Enseñanza Secundaria

Alejandro Parrella

Ponencia en el XXI Encuentro de Profesores de Física, Melo, Uruguay, setiembre de 2011; alejandroparrella@gmail.com

Resumen

«Las elaboraciones psicológicas vigotskianas ofrecen un marco fértil para intentar, sobre su base, abordajes descriptivos o explicativos de la cotideaneidad de las prácticas educativas». Esta frase de Ricardo Baquero ilustra con claridad el propósito de este trabajo. Una práctica educativa cotidiana como la evaluación diagnóstica, que a nuestro juicio está siendo malinterpretada por todos los actores del sistema educativo, es mirada y analizada en este trabajo, a partir de los conceptos centrales de la teoría de Vigotsky en relación al aprendizaje. Además, se incluyen miradas desde la concepción de planificación (Spiegel) y de la investigación cualitativa. Comenzando por una crítica fuerte al común de las prácticas escolares de evaluación diagnóstica, se establecen algunas líneas de reinterpretación de dicha evaluación a la luz de las ideas vigotskianas, así como propuestas concretas de acción.

Pimera parte: la evaluación diagnóstica

1.1. El marco

El concepto de evaluación tradicional, que subyace en la concepción cotidiana, refiere a la instancia final del proceso de enseñanza, cuya mayor importancia radica en medir la cantidad de conocimientos que el aprendiz ha adquirido, para de esa manera calificarlo, y poder acreditar el grado de conocimientos que tiene el estudiante. Por ejemplo, la evaluación en ese marco es concebida como *medición*, en palabras de Mager: *«un proceso sistemático, continuo e integral destinado a determinar hasta que punto fueron logrados los objetivos educacionales previamente determinados. Es un proceso que aprecia y juzga el progreso de los alumnos de acuerdo con fines propuestos o metas por alcanzar.»*¹

Ese concepto ha sido cuestionado desde hace tiempo, por diversos autores de diversas corrientes pedagógicas, en particular, repensando el propio concepto de evaluación, trasladando el énfasis tradicional –focalizado en la medición de la adquisición de conocimientos–, a un concepto de evaluación en otro marco, considerada como adquisición de información para la

¹ Mager, cita en Klein, (2005), «Evaluando la Evaluación», Montevideo.

toma de decisiones: *«Es una componente del proceso de enseñar que, a través de la verificación y calificación de los resultados obtenidos, determina la correspondencia de estos con los objetivos propuestos y, de ahí, orienta la toma de decisiones en relación a las actividades didácticas siguientes»* (Libáneo). En este caso, la evaluación es clasificable en cuatro tipos: de contexto; de entrada; de proceso y de producto.

En este nuevo marco, surge la necesidad, para los dos primeros tipos – contexto y entrada –, de establecer un diagnóstico, siendo una idea consensuada que hay que adaptar la enseñanza al grupo de alumnos que la van a recibir. Uno de los elementos de juicio para determinar las características del grupo es realizar una evaluación diagnóstica.

En principio, las autoridades, por intermedio de las Inspecciones Docentes, sugerían la aplicación de estas evaluaciones iniciales. Con el correr del tiempo, esa concepción fue plasmándose en los reglamentos por los que se rigen los cursos de enseñanza secundaria, pasando de ser sugerencia **a ser parte de la norma**. La evaluación diagnóstica *«permite identificar los progresos y dificultades de los alumnos y la actuación del profesor, determinando modificaciones para mejor cumplir las exigencias de los objetivos.»*²

A este respecto encontramos referencias oficiales en www.ces.edu.uy en los siguientes documentos:

1. Reglamento de evaluación y pasaje de grado de CB (Arts, 42 al 45)
2. Pautas de Inspección de Física Química Biología (sin articulado, bajo el subtítulo Diagnóstico Inicial)
3. Reglamento de evaluación y pasaje de grado en BD (Arts, 38 y 39)

El relato anterior nos lleva a las siguientes preguntas: ¿Las prácticas habituales sobre evaluaciones diagnósticas cumplen la función de permitir identificar los progresos y dificultades de los alumnos y la actuación del profesor, determinando modificaciones para mejor cumplir las exigencias de los objetivos? ¿Lo que se identifica, es significativo para los procesos posteriores del aula?

1.2. Problemas de interpretación e implementación

Sabemos de la necesidad de conocer las características del grupo. Pero también sabemos que las acciones docentes en cada grupo de alumnos están reguladas por la interacción alumno/alumnos/docente, y a su vez enmarcadas en la institución, en la comunidad y en las características epistemológicas del tipo de conocimiento (saberes) que se propone transmitir en cada asignatura. Caben entonces las siguientes interrogantes:

¿Cómo definir, de modo apropiado, y de modo que sea útil para la reflexión de todos los partícipes del acto educativo, las características generales que guiarán las grandes líneas de trabajo en cada curso? ¿Qué sucedió en la práctica con la implementación de estas evaluaciones diagnósticas?

² Klein. G, «Evaluando la evaluación» pp.13

Lo primero que hay que **descartar**, es la **relación unívoca entre diagnóstico de grupo y cantidad de conocimientos específicos que el grupo tiene de la asignatura**. Es frecuente observar que como diagnóstico del grupo, muchos profesores elaboran un cuestionario con conceptos *«necesarios para el curso, que se supone que lo vieron en años anteriores»*. Ese cuestionario, refiere a preguntas, que el alumno contesta el primer (o segundo) día de clase, sin preparación previa, y mientras trata de entender el modo de trabajo del docente, y, en ocasiones, en asignaturas que pueden ser nuevas para él/ella o que cambian radicalmente el modo de trabajo (por ejemplo en Física en 5º año, cuando se incluyen las horas de práctico de laboratorio). Año tras año, algunas voces que se escuchan como conclusiones de los diagnósticos en la sala de profesores, en esas primeras dos o tres semanas, son *«estos chiquilines no saben nada, cada día vienen peor»*. Detengámonos en la relación entre la conclusión y la herramienta. Es, de antemano, improbable, que los alumnos logren un desempeño aceptable en esa prueba cuando el sistema educativo gira en torno a la evaluación de repetición de contenidos para la acreditación, pues genera lo que Perkins denomina *«conocimiento frágil»*. En este marco, muy probablemente, pocos puedan contestar un porcentaje satisfactorio de cualquier grupo de preguntas.

Otro tipo de diagnóstico refiere a las «herramientas». En Física es bastante frecuente que el cuestionario refiera a herramientas, matemáticas o de procedimientos, que el estudiante necesita para resolver problemas de la asignatura. La propuesta es similar a la anterior, y las conclusiones también (*«Los estudiantes no saben graficar, ni calcular una pendiente, etc.»*)

De las dos modalidades anteriores, presentar como análisis del diagnóstico gráficas de barras (o circulares) donde se diferencien los porcentajes de respuestas correctas/incorrectas de los cuestionarios antedichos, es una manera de cumplir con la reglamentación vigente, **pero no es en absoluto un insumo significativo para la planificación de la futura acción docente**.

Los porcentajes de respuestas correctas no constituyen un dato demasiado relevante para la replanificación. Máxime si esos porcentajes no permiten discriminar cualitativamente las ideas previas, las condiciones del entorno cultural, la motivación del sujeto por aprender, y menos aún muestran indicios de lo que significan el Liceo y la Física para ese alumno y para sus familias.

Hay casos, en que los docentes aprovechan la corrección de ese cuestionario/diagnóstico como disparador de algún tema a tratar en el curso. Es una buena decisión, pero si uno lo analiza, tiene mucho más que ver con una actividad de requisitos previos o *«aprestamiento»* que con una evaluación diagnóstica. Es más, esos mismos profesores que en su clase sacan mucho provecho de la corrección, no presentan una reflexión escrita de la actividad de la corrección en el aula [en la carilla de la libreta diseñada a tales efectos] sino que presentan las graficas de barra y/o circulares ya mencionadas.

Hay una **tercer modalidad**, bastante frecuente también, que es la modalidad de diagnóstico de las características sociales del grupo. Eso nos da

mucha información valiosa, pero sería conveniente centralizar esa información en la adscripción, y que el cuestionario no se repita en cada asignatura, pues los estudiantes sienten *«otra vez tengo que contestar lo mismo!, con quien vivo, por qué quiero venir al liceo, cuáles son mis mejores amigos en la clase, etc.»*

1.3. Implementación administrativa. El mensaje

¿De donde proviene esa malinterpretación? ¿Es que todos los docentes somos tan poco inteligentes? Hipótesis de trabajo: El mensaje administrativo.

1. El diseño del Libro del Profesor tiene la misma lógica con la que los docentes mayoritariamente interpretan el alcance de la evaluación diagnóstica. Para empezar, hay una hoja destinada a escribir sobre la evaluación diagnóstica, en la que, la primera mitad se titula *«Propuesta Diagnóstica»*. Esto implica que el diagnóstico es **una vez**. Para enfatizar, en la zona del Libro del Profesor donde se registra el archivo de los trabajos escritos, hay **un sólo casillero denominado PD (Propuesta diagnóstica)**. Es el primero de los casilleros, lo que implica que, para el Estado, el diagnóstico es la primer prueba del año, y que además se hace **una sola vez**. Implica además que debe ser de carácter **escrito** (pues debe ser pasible de archivar, como lo indica el casillero correspondiente). Un esquema fiel de la anterior descripción se encuentra representado en la tabla siguiente.

	REALIZADO	ENTREGADO
PD		

Esto limita mucho las potencialidades de la herramienta *«evaluación diagnóstica»*, y además propende a una malinterpretación, que resulta perjudicial tanto para el alumno como para el docente. **El mensaje que se percibe es que el diagnóstico es único, y no un diagnóstico permanente, ni siquiera uno para cada uno de los conceptos de la disciplina que así lo ameritase.**

2. Para el análisis del resultado y de la replanificación hay un espacio de media carilla. ¿Qué análisis serio (que no sea de porcentajes) puede hacerse en media carilla? ¿Es necesario escribir todo lo que observamos del grupo? ¿Si no lo tenemos por escrito y al alcance de las autoridades somos peores profesores? ¿Cuál es el propósito de registrar en un documento oficial esas impresiones?
¿Que implica replanificar en media carilla? Sólo puede hacerse un reordenamiento de los temas a trabajar. Quizá sea esta la parte menos trascendente de una replanificación, pues, como veremos, a los lentes de Vigotsky, son otras cosas las fundamentales que permiten lograr y sostener un aprendizaje genuino.
3. En las libretas de CB aparece un cuadro, bajo los meses de marzo-abril que refiere al diagnóstico:

The image shows a portion of a bureaucratic form. It has several rows and columns. A large circle is drawn over a central area, which appears to be a space for a signature or a specific section of the form. The text on the form is partially legible, including fields for 'Nº', 'APELLIDOS', 'NOMBRE', 'DOC. DE IDENT.', 'ANTECEDENTES', 'ASIGNATURA', 'FECHA', 'LUGAR', 'FIRMA', and 'DISTRITO'. The circle is drawn over the 'ANTECEDENTES' and 'ASIGNATURA' sections.

Esto refuerza una vez más la idea que la evaluación diagnóstica es una vez al año, al principio. Es más, por el tamaño del «cuadro» disponible, parece que entran una decena de palabras (+/-3?). ¿Qué se pretende que se pueda escribir allí?

Aclaración. NO ESTAMOS ABOGANDO POR MÁS ESPACIO, SINO QUE LO QUE MARCAMOS ES LA INCONSISTENCIA DE LOS REQUISITOS BUROCRÁTICOS CON LAS FINALIDADES PEDAGÓGICAS DE LA EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA.

A nivel reglamentario (el mensaje explícito):

- 1. Instrumentos limitados:** se exige que las evaluaciones diagnósticas sean archivables, lo que impide (o cuando menos dificulta) la aplicación de instrumentos orales, o de observación por parte del docente.

La información que se recoja de la evaluación diagnóstica se utilizará para elaborar la planificación anual contextualizada y la evaluación del proceso de cada estudiante, ya que representa su punto de partida en relación al aprendizaje.

Todas las actividades que formen parte del diagnóstico, así como el análisis de los resultados y la planificación del curso, se adjuntarán al libro del profesor

Pautas de Inspección, FQB, CB, ref. 2006

Artículo 38

En el marco de las pautas establecidas en el Artículo 37, el Docente hará un diagnóstico por grupo que no llevará calificación, y una planificación anual que registrará en el Libro del Profesor. Asimismo planificará las diferentes unidades del curso. Dichos diagnósticos y planificaciones podrán ser reclamadas por la Dirección del Establecimiento y la Inspección Docente respectiva.

Reglamento BD

Lo que no especifica la reglamentación, es lo que puede reclamar la autoridad cuando se refiere a «Dicho diagnóstico» (¿El cuestionario o la conclusión?) En los hechos, el art. 38 se refiere al cuestionario que se implementa para obtener conclusiones. Esto, afirma que el instrumento para hacer ese diagnóstico debe ser archivable.

- 2. Se pretende concluir lo que no es posible concluir.** No es serio pretender escribir un diagnóstico sobre las modalidades específicas de aprendizaje de cada uno de los alumnos, cuando, por ejemplo, un profesio-

nal como un Psicopedagogo necesita de varias sesiones de trato individual para escribir un diagnóstico. El reglamento de evaluación del CB pretende que un docente lo haga con cada uno de los alumnos, que a muchos de los cuales a la 3er semana de clase no conocemos ni el nombre aún.

Segunda parte:

Lentes I. Vigotsky - Aprendizaje escolar

2.1. Zona de desarrollo próximo

Vigotsky señala como imprescindible para analizar las dimensiones del aprendizaje escolar, realizar la diferenciación entre dos niveles evolutivos en el niño. Por un lado, el nivel evolutivo real, que indica aquello que los niños pueden hacer por sí solos, pasible de ser medido en un test. Por otro lado, Vigotsky **plantea que es mucho más trascendente para el aprendizaje escolar conocer la Zona de Desarrollo Próximo** (en adelante ZDP), entendida como *«la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración de un compañero más capaz»*³. Es decir caracterizar al desarrollo mental de un modo **prospectivo**.

En origen, Vigotsky planteó la ZDP como alternativa a las evaluaciones tradicionales (las que hoy llamaríamos de acreditación), en particular a las evaluaciones relacionadas a la medida del Coeficiente Intelectual (CI) de los educandos, que, como sabemos, centran el foco en las habilidades ya constituídas y dominadas por el estudiante, sin buscar información acerca de lo que está en proceso de aprenderse. **En el caso de la evaluación diagnóstica parece tan trascendente lo «posible de ser enseñado» como lo ya conocido.**

2.2. Instrumentos de mediación

En el proceso de internalización, los instrumentos de mediación (IDM) juegan un rol fundamental. Éstos son creados y proporcionados por el medio sociocultural, en los que se destaca el lenguaje. Para Vigotsky *«El dominio progresivo e interiorizado de los instrumentos de mediación de los sistemas de representación disponibles y en uso en el medio social, son un componente de los cambios y progresos genéticos, y simultáneamente un indicador de sus logros»*⁴ **¿Cuáles son los instrumentos de mediación más frecuentes en la clase de Física?, es decir, ¿qué rasgos del lenguaje son los más significativos como instrumentos de mediación? ¿Aparece esto en los diagnósticos? Si aparece, ¿de qué manera? ¿Aparece en el análisis de los diagnósticos algún indicio del grado de apropiación de los instrumentos de mediación?**

El lenguaje es el ejemplo paradigmático del proceso de internalización. Para que sea parte del diagnóstico, en el sentido de conocer información para

³ Vigotsky, «El desarrollo de los procesos psicológicos superiores».

⁴ Idem

tomar decisiones, ¿no es importante conocer las características de la comunicación? Ese diagnóstico, ¿se puede hacer en una prueba escrita de una hora de clase de duración sobre los conceptos y requisitos de los cursos anteriores?

Al analizar los procesos de desarrollo de los conceptos científicos, Vigotsky (1934; 181) se basó en las premisas de que *«los conceptos –los significados de las palabras– se desarrollan; los conceptos científicos también se desarrollan y no se asimilan ya acabados»*. Siendo así, **¿por qué se hace énfasis en el diagnóstico de lo «ya acabado» y no se observa su desarrollo para tener mejores y mayores elementos de juicio para su valoración?** Por lo tanto, un juicio fiable sobre los conceptos que maneja un alumno no es posible de ser establecido con una sola pregunta, ni en una sola prueba.

De acuerdo a Baquero (2009; 104), las ideas pedagógicas de Vigotsky implican que la escolaridad privilegie el acceso al dominio de los instrumentos de mediación. *«El acceso a la lengua escrita y a las formas de conceptualización propias de la ciencia no se advierten sólo como la apropiación de un cuerpo de saberes externo, [...] sino como «una reestructuración de las funciones psicológicas del sujeto que permiten su desarrollo según el vector de un creciente control sobre las propias operaciones intelectuales»*. En los diagnósticos analizados, no aparecen preguntas en las que se analicen las *«formas de conceptualización propias de la ciencia»*, sólo recuerdos de ideas de años anteriores. Tampoco hay un diagnóstico coordinado entre los docentes, ni liderado por los profesores de las disciplinas más afines, acerca de la calidad del acceso a la lengua escrita.

2.3. El carácter recíproco de la influencia

Vigotsky plantea que el niño es capaz de incidir sobre el comportamiento de otras personas, integrándola a su plan de resolución de problemas que no puede hacer por sí solo. *«La capacidad que tiene el niño de controlar la conducta de otra persona se convierte en una parte necesaria de la actividad práctica del niño»* (Baquero, 2009; 55). Ha de observarse cómo esta característica tampoco forma parte de la prueba diagnóstica, ni de su posterior análisis. Efectivamente forma parte del conocimiento que el profesor tiene de sus estudiantes, un conocimiento que llega de la observación del comportamiento del alumno, por ejemplo, cuando trabaja en grupos en tareas de clase, o en los trabajos de pequeñas investigaciones. Forma, de hecho, parte del conjunto de aspectos que un profesor tiene en cuenta a la hora de plantear actividades, pero no es evidenciado por los propios docentes (ni por los requerimientos burocráticos) como parte del diagnóstico. Otro ejemplo más de algo importante que no cabe en la hojita del diagnóstico.

2.4. Complejidad

Critica a la relación lineal *«La unidad de la conciencia y la interrelación de todas las funciones psicológicas eran, en realidad, aceptadas por todos; se suponía que las distintas funciones operaban inseparablemente, en conexión ininterrumpida unas con otras. Pero en la vieja psicología la*

premisa irrecusable de la unidad se combinaba con el establecimiento de afirmaciones tácitas que la anulaban para cualquier propósito práctico.

*Se daba por sentado que la relación de dos funciones dadas no variaba nunca, que la percepción, por ejemplo, estaba conectada siempre de un modo idéntico con la atención, la memoria con la percepción, el pensamiento con la memoria. Como constantes, estas relaciones podían ser, y eran, descompuestas en factores, e ignoradas en el estudio de las funciones separadas.»⁵. En esta cita, Vigotsky se aproxima al estudio de un sistema complejo, desvinculándose del posible «control de variables», cuando se establecen relaciones diádicas para su estudio, manteniendo constantes el resto de las variables que forman el pensamiento. Asimismo, en esa aproximación al problema de la relación entre pensamiento y lenguaje, Vigotsky plantea que los conductistas concebían la relación entre pensamiento y lenguaje, atribuyendo al pensamiento carácter de «habla sin sonido». **Cuando las prácticas docentes incluyen conclusiones únicas a través de lo observado en las respuestas aparecidas en una hojita implica justamente concebir a lo escrito como «copia fiel del pensamiento», actitud claramente conductista.***

Tercera parte:

Lentes II. Interpretación cualitativa

El marco Didáctico: la Didáctica Crítica. La obra de Adorno, Marcuse y Horkheimer se incluye como parte de la revolución teórica para las ciencias sociales que plantea la Escuela Crítica. En ese marco es de real importancia el papel social de la escuela. Esto conlleva a que se produzca un distanciamiento del positivismo en términos epistemológicos, pues niega la posibilidad del uso de los métodos lógicos para el análisis de los problemas sociales, incluidos la educación, recuperando la dimensión subjetiva en la organización de la experiencia, y la hermenéutica en el campo de lo metodológico. La hermenéutica *«propone la interpretación como forma de aprehensión de la totalidad en lo particular. Es sólo mediante la interpretación que se logra llegar al significado de la experiencia sin perder la riqueza del juego entre el contexto y la situación, entre la totalidad y el momento»* (Davini, 1995; 49). Por ende la evaluación diagnóstica no debería limitarse a dividir porcentajes entre satisfactorios e insuficientes.

Procesos - Hermenéutica. Centremos el diagnóstico en los procesos, además de la serie de fotos. Algunas líneas posibles de interpretación pueden surgir a partir de preguntas como: ¿Cuáles son los caminos que siguen los alumnos en la resolución de un problema?

¿Cuál es el grado de interpretación de las propuestas, redactadas con el modo propio del docente? ¿Cuál es la importancia que le da el docente a las tareas domiciliarias? Y en ese sentido, ¿qué tipo de tareas domiciliarias son las que los estudiantes cumplen mayoritariamente y cuales no? De las tareas que no cumplen ¿cuáles son las razones que llevaron a los alumnos a no hacerlas? ¿Cuál es el grado de conocimiento que tienen los padres sobre

⁵ Pensamiento y Lenguaje, Cap. 1

las tareas que debe hacer un alumno en su casa? ¿Cuál es la importancia que le dan los padres al cumplimiento de las tareas del liceo? ¿Cuál es la percepción del alumno sobre lo que significa que un profesor proponga «*estudien tal tema para la clase que viene*»? ¿Y la expectativa del docente? ¿Cuál es el concepto de cada uno de los participantes del aula sobre lo que significa una «*buena actitud en clase*»? ¿Es cierto que es un concepto consensuado entre alumnos y docentes? ¿Y entre los docentes?. Y así podríamos seguir enumerando interrogantes referidas a los **procesos** en el aula, que deben ser diagnosticados por el docente y que el resultado del análisis debe incidir en su plan de acción. Son interrogantes que se acercan a la hermenéutica. De esta manera nos encontramos con una serie muy grande de preguntas y de posibilidades.

¿Es posible diagnosticar? En base a la idea de aprendizaje significativo, propuesto por Ausubel, Roger Osborne, (1985) asigna una serie de roles al profesor de ciencias, dentro de las que se encuentra el «Profesor diagnosticador» *«Si las ideas preexistentes de los alumnos juegan un papel importante en el aprendizaje, entonces será esencial para el profesor mostrarse sensible a ellas»* En este marco, el diagnóstico se transforma en conocer los puntos de vista de los alumnos. Y expone *«Normalmente no resulta fácil, ni siquiera posible, en las interacciones ordinarias dentro del aula, explorar en profundidad cada una de las ideas del alumno»* y propone, por ejemplo cuando un alumno equivoca una respuesta o responde algo inesperado *«se puede dedicar algunos momentos a buscar por que ha dado esa respuesta y no otra. Sucede con demasiada frecuencia en la clase que la respuesta errónea se ignora, y el profesor pasa inmediatamente lo mismo a otro, en una persecución implacable de la respuesta correcta»*. Ya sea en intervenciones individuales o producto de la discusión de un trabajo en grupo, el diagnóstico no se refiere al acierto o al error de los ejercicios del primer día de clase, así como tampoco se refiere a que sea una prueba (y con eso basta).

Cuarta parte:

LENTES III. Spiegel - La planificación

Tomaremos el enfoque que le da Alejandro Spiegel, en su libro «*Planificando Clases Interesantes*». Este trabajo está centrado en dos conceptos vinculados entre sí, el de docente protagonista y docente compositor. Las ideas centrales giran en torno a la planificación de clases, en la que **todo docente sabe que no puede planificar sin diagnosticar, y a su vez sin tener en cuenta la motivación de sus alumnos.**

1. **Carácter Permanente.** Dice Spiegel (2006, 56): *«Cada disciplina tiene sus estructuras semántica y sintáctica, que requieren del esfuerzo de nuestros alumnos para comprenderlas.»* En ese marco, el docente compositor toma en cuenta la diversidad en los modos de conocer y promueve el acercamiento a los contenidos propios de la asignatura *«con una buena -y equitativa- **chance para hacerlo**»*. El resultado en negritas está en el texto original. Esto es, que el autor reconoce que el diagnóstico de la clase, necesariamente debe informarnos sobre esa «zona» en la que el alumno alcanzará las ideas propias de la disciplina, con un

esfuerzo razonable. Más aún, **Spiegel habla de que el diagnóstico debe ser permanente, muy diferente de la noción que aparece institucionalizada en la enseñanza media.**

Este diagnóstico, de carácter permanente, debe servir para conocer la gama de posibilidades de los alumnos, para Vigotsky, reconocer los «límites» de la ZDP. En base a ella, generar una propuesta de trabajo que requiera del estudiante un esfuerzo razonable. Esta planificación, junto con los mensajes apropiados, propende a que el alumno alcance la meta de la clase, en base a su trabajo. Permanente no significa vivir escribiendo en la libreta ni poner pruebas todos los días. Es una actitud de procurar conocer al otro, en palabras de Ricardo Cabrera «*tener conciencia del otro*». Spiegel al hablar de docente compositor, indica que éste «*Está atento, predispuesto a rastrear y crear permanentes oportunidades para hacer sus clases más interesantes*». Tiene que ver con mantener una concentración y una atención permanente dentro del aula. Probablemente tenga estrecha relación con el «arte» de ser docente. Por ende, las replanificaciones también deben ser permanentes, **lo que no significa que sea necesario rescribirlas (en la libreta y como requisito burocrático) una y otra vez.**

2. **Replanificaciones.** A propósito de las replanificaciones, no creo que signifique sólo una redistribución de los temas en el año, quizá eso sea lo menos trascendente, y lo más sustantivo sea establecer acciones que permitan mejorar la comunicación en todas las direcciones del aula. La descripción de estas acciones (análisis de los resultados de los diagnósticos y las replanificaciones) ¿caben en los renglones destinados en la libreta a tales efectos? ¿Es humanamente posible hacer una descripción detallada de éstas, reconociendo que, según algunos estudios, un docente toma, en promedio, una decisión respecto a la enseñanza cada dos minutos de su clase? ¿Es necesario un registro oficial?

Quinta parte: ¿qué proponer? Síntesis

La clase es un mundo más complejo que la mera secuencia: diagnosticar, enseñar y evaluar. Todos sabemos eso, pero a la hora de aplicar el tan mentado «diagnóstico» estamos replicando prácticas que tienden a banalizar su significado, y terminar emitiendo juicios de escasa fiabilidad sólo por cumplir con un requisito burocrático y no por convencimiento de que ese instrumento, tal cual se aplica mayoritariamente hoy, es útil en el diseño de nuestras clases.

Propuesta de un diagnóstico significativo

Volvamos a la pregunta inicial, ¿cómo definir, de modo apropiado, y de modo que sea útil para la reflexión de todos los partícipes del acto educativo, las características generales que guiarán las grandes líneas de trabajo en cada curso?

1. **Desligar el diagnóstico de los requisitos burocráticos.** (Eliminarlo de la libreta). Escribirlo si es útil, para uno, si necesito exteriorizarlo para verlo mejor, para que sea fermental, y no como obligación burocrática. La burocratización del concepto de evaluación diagnóstica, está reduciendo su significado, y como consecuencia siendo banalizado, confundiendo diagnóstico con cuestionario inicial.

2. Tener una actitud diagnóstica implica un monitoreo permanente, lo que es práctica habitual de los profesores preocupados por sus estudiantes. No hay nada nuevo en esto.
3. Rescatar lo cualitativo y lo subjetivo en el diagnóstico. Respecto a lo cualitativo, ya dimos ejemplos sobre posibles preguntas. Respecto a lo subjetivo, pensar miradas a lo institucional (desde las sensaciones que genera la institución, o el laboratorio, o el propio grupo-clase, hasta la disponibilidad de material). Es de resaltar que en la normativa se pone **explícitamente el rescate de lo cualitativo por sobre lo cuantitativo, aunque luego la implementación administrativa lleve a los desencuentros que ya mencionamos.**

- **Democrática:** al incluir el análisis y las valoraciones conjuntas de resultados por parte de educandos y educadores.
- **Integrada:** por ser parte del proceso de enseñar y aprender, y no la fase final.
- **Contextualizada:** tendrá en cuenta el escenario en el cual se desarrolla el acto educativo a los efectos de su potenciación y optimización.
- **Cualitativa:** por no poner énfasis en "cuánto aprendió", sino en la forma "cómo aprendió, qué y cómo sabe".
- **Planificada:** Ni burocrática ni impuesta, pensada como instancia de aprendizaje y reforzamiento.
- **Prospectiva:** diagnóstica, permite tomar decisiones y hacer los ajustes

Reglamento de evaluación y pasaje de grado de CB, ref 2006

4. Tratar de observar **procesos** y no fotos.
5. Replanificar –una acción fuertemente vinculada al diagnóstico –**no entra en los renglones de la libreta– es otra actitud permanente**, que no necesita ser escrito una y otra vez en los renglones de la libreta, por lo que **debería desvincularse como requisito burocrático, por ser intrínseco al trabajo docente.**

De acuerdo con Klein (2005;13) La evaluación diagnóstica «*junto a una evaluación continua posibilita una reflexión sobre los realizado y la concreción de nuevos planes para el futuro*». [...] «*De esta forma la evaluación es sistemática ya que responde a un plan previo, se produce durante todo el proceso y afecta futuras instancias educativas.*»

Sexta y última parte: el final

1. Debemos revisar no sólo el formato de las evaluaciones diagnósticas, sino sobre todo, los conceptos que se vierten a la hora de realizar el análisis de los resultados. Una práctica de la enseñanza por la senda de la Didáctica Crítica es, ante todo, reflexiva, y auto reflexiva. Creo que hay argumentos importantes para establecer líneas de reflexión sobre el sentido de las evaluaciones diagnósticas, así como para mostrar algunas inconsistencias de la práctica.
2. Cabe aquí una precisión fundamental: **La mirada crítica de estas actividades que se trasuntan en los párrafos anteriores no significa**

que quien escribe nunca haya hecho lo que hoy se cuestiona. Quizá, justamente por haberlo hecho, es que surgen todos estos cuestionamientos. Parafraseando a Phillip Jackson, «Toda crítica es una confesión» (1999; 105).

BIBLIOGRAFÍA

- Baquero, R, (2009), «Vigotsky y el aprendizaje escolar», Aique, Bs As.
- Davini, M, (1995), «Corrientes didácticas contemporáneas», Paidós, Bs. As.
- Jackson, P, (1999), «Enseñanzas implícitas», Amorrortu, Bs. As.
- Klein, G, (2005), «Evaluando la evaluación» . APFU, Mdeo.
- Osborne, R, (1985), «El aprendizaje de las ciencias» Narcea, Madrid.
- Perkins, D, (1997), «La escuela inteligente», Gedisa, Barcelona.
- Rodríguez Rojo, M, (1997) «Hacia una didáctica crítica» .Madrid.
- Spiegel, A, (2006), «Planificando Clases Interesantes», Ediciones Novedades Educativas, Bs As.
- Vigotsky, L, (1934), «Pensamiento y Lenguaje».

• • •

RESOLUCIÓN A SITUACIONES PROBLEMÁTICAS EN FÍSICA (III)

Carlos Zamalvide

Profesor retirado de UDELAR, IPA y UCUDAL; czamalvi@gmail.com

1) Planteo del problema

En el número anterior de nuestra Revista planteamos como problema la siguiente situación: en el recipiente que muestra la figura N° 1 (a,b) que contiene por ejemplo, agua hasta su nivel superior, constatamos mediante cálculo directo que se cumple la siguiente propiedad: La resultante de las fuerzas originadas por la presión del fluido distribuida en el fondo del recipiente es igual al peso del fluido.¹

Esa propiedad claramente no puede cumplirse en el recipiente que se muestra en la figura N° 2 (a,b) pues la fuerza sobre el fondo es la misma, igual área e igual profundidad, pero el peso del fluido contenido en el recipiente es menor.

El peso del fluido no es igual a la resultante vertical de las presiones sobre el fondo, tal cual nuestra intuición primaria podría indicar.

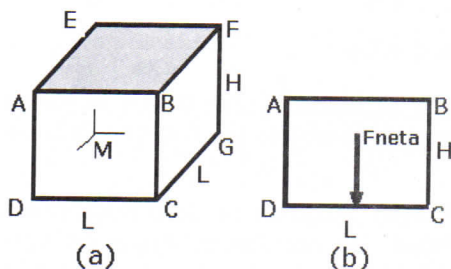


Figura 1

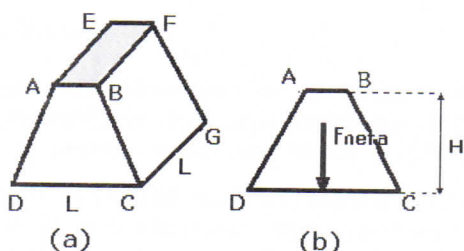


Figura 2

Dejaremos provisoriamente de lado en nuestras consideraciones el carácter variable con la altura de la presión atmosférica; luego analizaremos su influencia.

2) Esquema de la respuesta

En el análisis del problema seguiremos los siguientes pasos:

En primer lugar se hará un análisis cualitativo que permite dar una respuesta, simplemente analizando las direcciones y sentidos de los vectores involucrados. Punto 3).

Luego se realizará un análisis cuantitativo, calculando efectivamente las fuerzas originadas por la presión hidrostática del fluido («fuerzas de pre-

¹ Supondremos que el recipiente es de paredes muy delgadas y de peso despreciable. Esta hipótesis podría ser levantada sin cambiar la índole del problema.

sión») sobre el interior del recipiente y se comparará ese resultado con el peso del fluido contenido en él. Punto 4)

En tercer lugar se planteará el problema en forma general, para un recipiente de forma cualquiera tomando en cuenta además la influencia de la presión atmosférica, variable con la altura, actuando sobre la superficie libre del fluido y sobre el exterior del recipiente. Punto 5.

Analizar la influencia de la atmósfera, fluido compresible, implica estudiar sus propiedades, en especial el comportamiento de su presión hidrostática: «Presión atmosférica».

Este punto se estudiará en el anexo que puede ser leído en forma independiente del resto del trabajo.

3) Respuesta cualitativa al problema planteado

3a) Estudio de todas las fuerzas de presión que se ejercen sobre las paredes del recipiente original mostrado en la figura N° 1

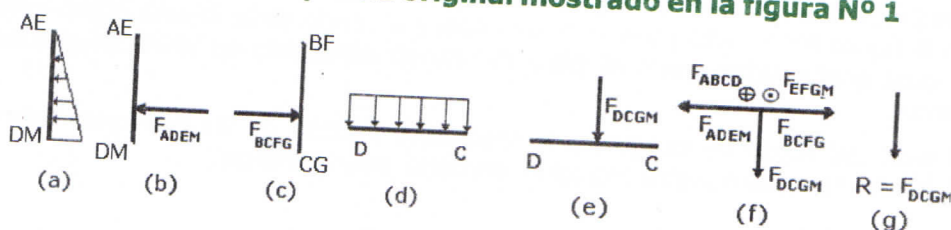


Figura N° 3 (a, b, c, d, e, f, g)

Analizaremos no solamente las fuerzas que el fluido ejerce sobre el fondo del recipiente sino que tomaremos en cuenta también las fuerzas que se ejercen sobre sus caras verticales.

Para la cara vertical AEDM, la figura N° 3(a) muestra la distribución de presiones lineal creciente con la profundidad. Su resultante F_{AEDM} es normal a la superficie y está aplicada, como podría demostrarse, en un punto situado a un tercio de la profundidad desde el fondo, figura N° 3b).

Para la cara BCGF paralela a la anterior sucede algo semejante y sobre ella se ejerce una fuerza F_{BCGF} que posee su mismo módulo, su misma dirección y sentido contrario, figura N° 3c).

Las fuerzas sobre las caras paralelas AEDM y BCGF poseen entonces resultante nula.

Otras dos fuerzas con resultante nula son las que ejerce el fluido sobre las otras dos caras verticales F_{ABCD} y F_{EFGM} , normales al «plano del papel».

Sobre la superficie del fondo existe una presión constante y su resultante es la fuerza F_{DCGM} . Figuras N° 3 d) y e).

Sobre la superficie libre del fluido así como sobre todas las caras del recipiente se ejerce la presión atmosférica que en primera instancia no consideraremos.

Las cinco fuerzas netas que se ejercen sobre las caras del paralelepípedo se representan en la figura N° 3f) y su resultante, por anulación de fuerzas

iguales y contrarias sobre las caras verticales paralelas, es igual a la fuerza que el fluido ejerce sobre la superficie del fondo en la figura Nº 3g).

Para el caso del recipiente en forma de paralelepípedo que se muestra en la figura Nº 1, la fuerza que ejerce el fluido sobre todas las paredes del recipiente incluyendo el fondo, coincide con la fuerza que ejerce el fluido solamente sobre el fondo y como calculamos al formular la pregunta es igual también al peso del fluido. Este resultado coincide con aquel que encontramos al formular la pregunta.

3b) Estudio de todas las fuerzas de presión que se ejercen sobre las paredes del recipiente mostrado en la figura Nº 2, que posee un par de caras no paralelas

Podemos reconstruir paso a paso, para el nuevo recipiente, el razonamiento seguido para determinar las fuerzas de presión sobre sus caras. Compararemos las figuras Nº3 y Nº 4.

Las fuerzas sobre las caras ABCD y EFGM siguen siendo perpendiculares al «plano del papel», actúan sobre la misma recta de acción, son opuestas y poseen el mismo módulo por lo cual su resultante es cero. No se representan en la figura Nº 4.

La fuerza sobre el fondo DCGM es la misma que en el caso anterior F_{DCGM} . El fondo posee igual área y la altura de fluido es la misma. Figura Nº 4(d) y (e).

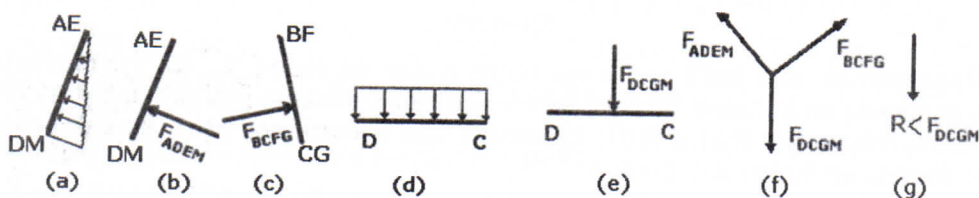


Figura Nº 4 (a, b, c, d, e, f, g)

Aparece una diferencia fundamental cuando consideramos las fuerzas sobre las caras laterales, que ahora no son paralelas. Las fuerzas normales a esos planos no poseen la misma dirección, figura Nº 4(b) y (c).

La resultante de todas las fuerzas de presión que se ejercen sobre las paredes del recipiente es ahora la resultante de las tres fuerzas que muestra la figura Nº 4(f), la fuerza sobre el fondo y dos fuerzas sobre las caras no paralelas. Observamos que por razones de simetría la resultante parcial de las fuerzas sobre las caras laterales es una fuerza vertical «hacia arriba» por lo cual la resultante total es menor que la fuerza F_{DCGM} que el fluido ejerce sobre el fondo del recipiente, Figura Nº 4(g).

Del análisis cualitativo surge que la fuerza total del fluido **sobre las paredes**, es para el recipiente que se muestra en la Figura Nº 2(a) menor que aquella correspondiente al recipiente mostrado en la figura Nº 1(a) que originó la pregunta. Las paredes no verticales originan componentes verticales de las fuerzas de presión, en este caso opuestas al peso.

Este resultado podría ser compatible con la igualdad entre el peso del fluido, menor en el nuevo recipiente, y la fuerza de presiones, ahora no sobre el fondo sino sobre todas las paredes, incluyendo el fondo.

Para demostrar que esa resultante total es, también en este caso numéricamente igual al peso del fluido, debemos calcular efectivamente el valor de la nueva fuerza total de presiones y el nuevo valor del peso del fluido.

4) Respuesta cuantitativa

Cálculo de las fuerzas de presión sobre las caras del recipiente

Resultante de la fuerza de presiones sobre una superficie rectangular no horizontal, tal cual la cara BCGF del recipiente mostrado en las Figuras Nº 2 a) y Nº 5(a).

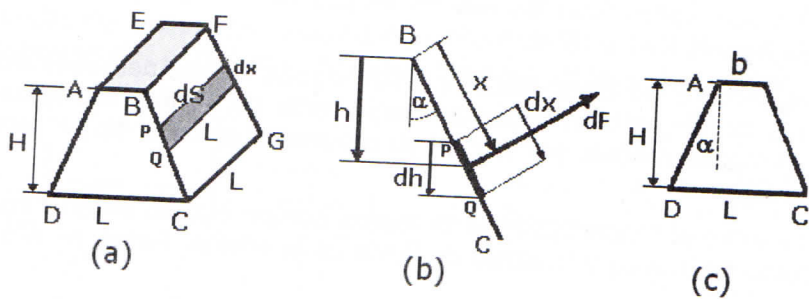


Figura Nº 5

Observamos que toda la franja rectangular de lados L , dx (pequeño) sombreada en la figura Nº 5(a) se encuentra a la misma profundidad h en el fluido, figuras Nº 5(a) y 5(b); la presión que llamaremos $p(h)$, es entonces la misma en todos sus puntos.

La franja posee ancho $PQ = dx$ y largo L , su área vale Ldx y el módulo de la fuerza de presiones sobre ella:

$$dF = p(h) L dx$$

Las fuerzas dF sobre cada una de las franjas semejantes a dS son normales al plano de la cara por lo cual son vectores colineales.

Para hallar la fuerza total sobre la cara debemos integrar los módulos de las fuerzas desde $x=0$ hasta $x=BC$.

Aparecen en el planteo dos variables que no son independientes x y h , debemos llevar la descripción a una sola variable. Las variables están vinculadas por la relación:

$$h = x \cos \alpha$$

El Principio Fundamental de la Hidrostática nos indica que la presión del fluido sobre la cara interior de la pared vale: $P_{Atm} + \rho g h$ pero, sobre la superficie exterior del recipiente se ejerce también la presión atmosférica por lo cual el valor neto de las fuerzas de presión sobre la pared será:

$$dF = \rho g h L dx$$

De esta forma y llamando $BC = a$, integrando por franjas y llamando $\mathbf{F}$ al módulo de la resultante de las fuerzas sobre las caras:

$$\mathbf{F} = F_{ADEM} = F_{BCGF}$$

Integrando las fuerzas de presión sobre las superficies laterales por franjas dS

$$F = \int_0^a dF = \int_0^a \rho g h L dx = \int_0^a \rho g x \cos \alpha L dx = \rho g L \cos \alpha \int_0^a x dx = \left(\frac{\rho g L \cos \alpha x^2}{2} \right)_0^a = \frac{1}{2} \rho g L a^2 \cos \alpha$$

Calculamos la resultante $\mathbf{R}$ de las fuerzas de presión, observando que la proyección vertical de cada una de las fuerzas $\mathbf{F}$ vale:

$$F \sin \alpha, \text{ figura N}^\circ 4 \text{ (f)}$$

y que la fuerza sobre el fondo es:

$$\rho g H L^2$$

$$\mathbf{R} = F_{\text{FONDO}} - 2 F \sin \alpha = \rho g H L^2 - \rho g L a^2 \cos \alpha \sin \alpha$$

Expresión que transformamos, llamando b a la base menor del trapecio, cara ABCD, figura N° 5(c):

$$\tan \alpha = (L-b) / (2H) \quad \text{y} \quad H = a \cos \alpha$$

Por lo cual:

$$\begin{aligned} \mathbf{R} &= L^2 \rho g H - \rho g L a^2 \cos \alpha \sin \alpha = \rho g L (L H - H^2 \sin \alpha / \cos \alpha) = \\ &= \rho g L H [L - H^2 (L - b) / (2H)] = \rho g L H [L - (L - b) / 2] \\ \mathbf{R} &= \rho g L H (L + b) / 2 \end{aligned}$$

Volumen del recipiente y peso del fluido

El volumen del recipiente es:

$$V = (L + b) H L / 2$$

El peso del fluido contenido:

$$\text{Peso} = \rho g V = \rho g (L+b) L H / 2$$

Conclusión

«Para el recipiente que se muestra en la figura N° 2 el peso del fluido es igual a la resultante de las fuerzas de presión sobre todas sus caras incluyendo el fondo».

Solamente en el caso particular en el cual las fuerzas sobre las caras laterales tienen resultante parcial nula, la resultante total coincide con la fuerza sobre el fondo. Este caso particular corresponde al ejemplo de la pregunta formulada que inducía a una respuesta equivocada.

5) Planteo general del problema

La pregunta originalmente propuesta se refería al cálculo de fuerzas originadas por presiones hidrostáticas y tenía el carácter de verificación de una

propiedad que intuimos debe ser completamente general: la interacción conjunta del fluido y de la atmósfera con el recipiente deben referirse al peso del fluido y al empuje que prevé el Principio de Arquímedes.

Nuestra intuición física nos indica además que esa propiedad debería ser cierta cualquiera sea la forma del recipiente y que es el carácter variable de la presión atmosférica con la altura el elemento que llevaría a incluir en el resultado el empuje que prevé el Principio de Arquímedes.

Previo al análisis general del problema consideraremos, como ejemplo introductorio, otro caso particular. Analizaremos la influencia de la presión atmosférica variable actuando sobre las paredes del recipiente y la superficie libre del fluido para el recipiente original y en el marco de ciertas hipótesis simplificativas, figura Nº 1.

Nuevamente realizaremos una verificación por cálculo directo.

5a) Influencia de la presión atmosférica en el resultado. Análisis introductorio para la forma más sencilla de recipiente y efectuando hipótesis simplificativas acerca de la dependencia de la presión atmosférica con la altura

Puede visualizarse cuál es la influencia de la presión atmosférica considerada variable en el problema que estamos analizando para el caso del recipiente más sencillo, figura Nº 1 y realizando una aproximación razonable, que mas adelante justificaremos, para describir la dependencia de la presión atmosférica con la altura.

La atmósfera es un sistema complejo cuyas principales propiedades se describirán en el anexo.

Para un fluido incompresible en equilibrio, por ejemplo agua, es cierta como vimos la relación:

$$P_A - P_B = h_{BA} d_{\text{agua}} g$$

Supondremos provisoriamente que para pequeñas diferencias de alturas, se cumple para la presión atmosférica una relación semejante:

$$P_A \text{ atm.} - P_B \text{ atm.} = h_{BA} d_{\text{aire}} g$$

d_{aire} es la densidad del aire supuesta constante a la largo de una pequeña diferencia h_{AB} de alturas².

Llamaremos $p_{\text{atm}}(h)$ al valor dado por esta relación.

La diferencia entre el enfoque inicial que considera la presión atmosférica constante con éste que la considera variable se visualiza en las figuras números 6 y 7.

La presión atmosférica toma valores diferentes en el fondo del recipiente que en la superficie libre del fluido.

² Para el caso de la atmósfera, sistema termodinámico complejo, pueden encontrarse mediante un modelado adecuado funciones que vinculen la presión atmosférica con la altura. Ese punto se tratará en el anexo.

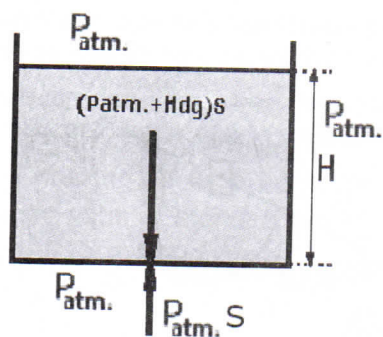


Figura N° 6

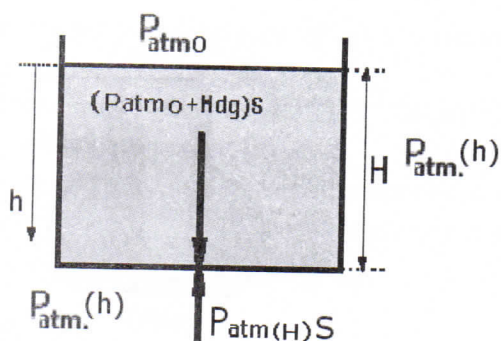


Figura N° 7

En el primer caso, la fuerza neta sobre el fondo, resultante de la fuerza de presiones del agua por encima y el aire por debajo como vimos era:

$$F_{NETA} = (P_{atm.} + H d_{agua} g) S - P_{atm.} S = H d_{agua} g S$$

En cambio, con la presión atmosférica variable, no es válida la simplificación de los términos $P_{atm.} S$ y obtenemos en cambio:

$$\begin{aligned} F_{NETA} &= (P_{atm.}(0) + H d_{agua} g) S - P_{atm.}(h) S = \\ &= (P_{atm.}(0) + H d g) S - [P_{atm.}(0) + H d_{aire} g] S = \\ &= H d_{agua} g S - H d_{aire} g S \end{aligned}$$

= Peso del líquido contenido en el recipiente -
- Peso del aire contenido en un volumen igual

$$\begin{aligned} F_{NETA} &= \text{Peso del líquido contenido} - \text{Peso del aire «desalojado»} = \\ &= \text{Peso} - \text{Empuje} \end{aligned}$$

Considerar la presión atmosférica variable con la altura, tal cual lo es, introduce en el resultado el empuje, de acuerdo al principio de Arquímedes.

5b) Resultante de fuerzas de presión sobre las paredes de un recipiente de forma cualquiera, tomando en cuenta la presión hidráulica del fluido que contiene y los efectos de la presión atmosférica

Analizaremos las fuerzas de presión que se ejercen sobre un recipiente de forma cualquiera por ejemplo el que se muestra en la figura N° 8.

Sobre la superficie interior del recipiente se ejerce la presión hidráulica del fluido (P_{Hidr}) y sobre la superficie exterior del recipiente y sobre la superficie libre del fluido, la presión atmosférica.

Se trata de superficies genéricas por lo cual no podemos efectuar un cálculo numérico efectivo sino que debemos realizar razonamientos de carácter general referidos a la hidrostática.

Notación: Llamaremos $p\Delta S$ al vector fuerza que se ejerce sobre un elemento de superficie ΔS en un punto donde la presión (escalar) vale p ; dicho vector es normal al elemento de superficie. Figura N° 8.

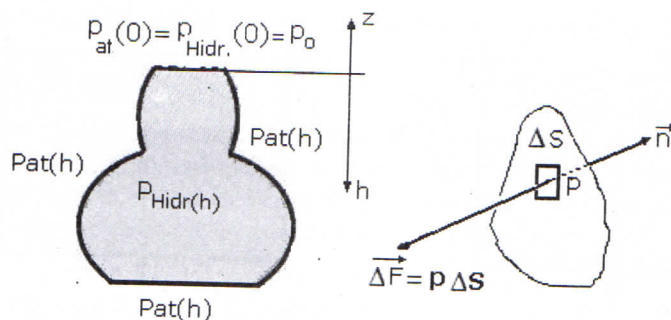


Figura N° 8

Consideraremos un fluido en equilibrio, sistema **S** y analizaremos una parte de él, un subsistema definido por una superficie ideal cerrada Σ que encierra un volumen **V**, sistema **S₁** figura N° 9.

El subsistema **S₁** es una parte de **S** por lo cual es también un sistema en equilibrio.

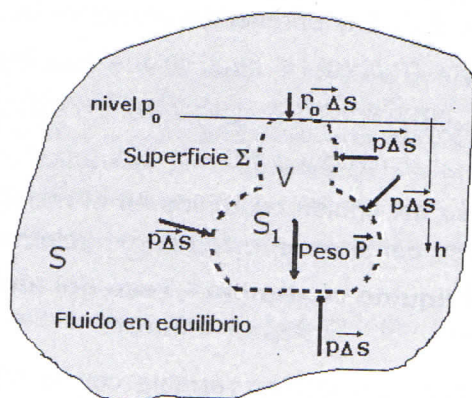


Figura N° 9

Sobre el subsistema **S₁** se ejercen: Las fuerzas de presión $p \Delta S$ que ejerce el fluido externo sobre la superficie Σ que lo limita y el Peso **P** del fluido contenido en el volumen **V**. Figura N° 9.

Es condición necesaria, para el equilibrio del centro de masas de un sistema de puntos materiales cualesquiera que cumplen el principio de acción y reacción, que la resultante de las fuerzas externas sea nula.

El subsistema considerado, una parte de otro sistema en equilibrio, se encuentra en equilibrio y por tanto también su centro de masas, por lo cual:

Resultante de presiones sobre la superficie Σ + Peso del fluido contenido en $V = 0$

O sea:

Conclusión N° 1:

La resultante de presiones exteriores sobre la superficie ideal cerrada Σ que define una porción de fluido de volumen **V en equilibrio ro-**

deado por ese mismo fluido también en equilibrio es igual y opuesta al peso del fluido contenido en V.

Intuitivamente: las presiones exteriores sobre el subsistema S_1 equilibran el peso del fluido que contiene.

En el entorno de cada punto de la superficie Σ , la fuerza de presiones que el fluido exterior ejerce sobre el fluido interior $\Delta \vec{F}_{EI}$, es igual y contraria a la que ejerce el fluido interior sobre el exterior $\Delta \vec{F}_{IE}$. Figura Nº 10.

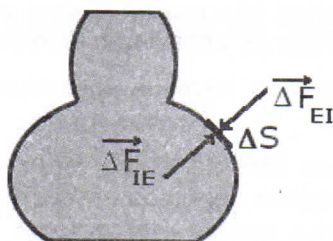


Figura Nº 10

Conclusión Nº 2:

Si llamamos R_{EI} y R_{IE} a las resultantes de las fuerzas de interacción «exterior/interior» e «interior/exterior» para la superficie total Σ , o para cualquier parte de ella, esas fuerzas son opuestas.

La primera conclusión indicaba:

$$R_{EI} = - \text{Peso del fluido contenido en el volumen V}$$

En consecuencia, combinando las dos conclusiones para toda la superficie Σ cerrada:

Conclusión Nº 3:

La resultante de las fuerzas de presiones hidrostáticas que ejerce el fluido contenido en un volumen V sobre la superficie ideal Σ (cerrada) que lo define, es igual al peso del fluido contenido en el volumen V.

$$R_{IE} = \text{Peso del fluido contenido en el volumen V}$$

Apliquemos esas conclusiones al problema que nos interesa.

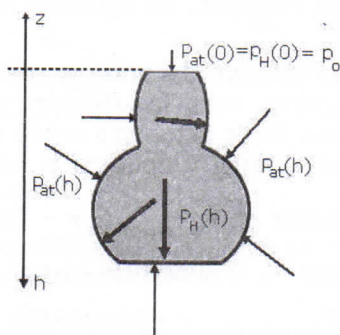


Figura Nº 11

La figura N° 11 muestra un recipiente de forma cualquiera que contiene un fluido y está inmerso en el aire atmosférico.

Solamente haremos como hipótesis que la distribución de presiones en fluidos en equilibrio, incompresibles o compresibles, sometidos a su peso, depende exclusivamente de una variable colineal con la dirección gravitatoria, en nuestro caso la coordenada h , o eventualmente la coordenada z .³

Las conclusiones antes enunciadas se referían a volúmenes V de fluido en equilibrio limitado por superficies Σ ideales **cerradas**, por lo cual, para su aplicación en el caso que nos interesa en el cual el recipiente no constituye una superficie cerrada debemos considerar la superficie libre del fluido.

La superficie Σ cerrada estaría formada entonces por el recipiente mas la superficie libre del fluido.

El recipiente y la superficie libre del fluido están sometidos a dos sistemas de presiones: a) la hidrostática del fluido en el interior del recipiente, $p_H(h)$ y b) la presión atmosférica que se ejerce sobre la superficie exterior del recipiente y la superficie libre del fluido $p_{at}(h)$.

La presión es una función continua por lo cual en la superficie libre del fluido poseen, la presión atmosférica y la hidrostática del fluido, el mismo valor. En esa interface horizontal, que tomamos como nivel de referencia $h=0$, coinciden los valores de ambas presiones que llamaremos P_0 :

$$P_{\text{Fluido}}(0) = P_{\text{Atm.}}(0) = P_0$$

- a) La resultante de la presión atmosférica actuando sobre la superficie exterior del recipiente y sobre la superficie libre del fluido es, como sabemos, el empuje que prevé el principio de Arquímedes, vector de igual dirección y sentido contrario al peso del fluido.

Descomponiendo la superficie cerrada en: recipiente más la superficie libre del fluido, la conclusión anterior se expresa como una igualdad de vectores:

$$S P_0 + \text{Resultante de } P_{\text{Atm.}}(\text{sobre el exterior del recipiente}) = \text{Empuje}$$

- b) Si la presión sobre la superficie libre es p_0 , las presiones, que solo dependen de la diferencia de alturas, son las mismas en los puntos de la superficie interior del recipiente en el esquema de la figura N° 9 a aquellas del esquema de la figura 11; por supuesto el fluido en equilibrio debe ser el mismo en ambos sistemas. Es aplicable la conclusión N° 1 entonces obtenida.

La resultante de las presiones del interior del recipiente sobre fluido «reacción del recipiente» mas la presión atmosférica (igual a la hidrostática del fluido en $h=0$) actuando sobre su superficie libre es, de acuerdo a esa conclusión, igual y opuesta al peso del fluido.

$$S P_0 + \text{Resultante de } P_{\text{Rec sobre fluido}} = - \text{Peso del fluido}$$

la conclusión N° 2 aplicada a la superficie parcial «recipiente» se expresa:

$$\text{Resultante de } P_{\text{Rec sobre fluido}} = - \text{Resultante de } P_{\text{Fluido sobre recipiente}}$$

³ Esta aseveración será justificada en el anexo.

Por lo cual:

$$S P_o - \text{Resultante de } P_{\text{Fluido/Rec.}} = - \text{Peso del fluido}$$

Restando las igualdades remarcadas.

$$\text{Resultante de } P_{\text{Atm sobre el exter. del rec.}} + \text{Resultante de } P_{\text{Fl. sobre int. rec.}} = \\ = \text{Peso} + \text{Empuje}$$

Resultante de todas las fuerzas de presión sobre el recipiente=
Peso+Empuje

Resultado que avala nuestra intuición del fenómeno.

ANEXO

a) La atmósfera. Principales propiedades.

Muchas veces se atribuyen a la atmósfera propiedades correspondientes a los fluidos incompresibles en equilibrio.

La atmósfera no está constituida por fluidos incompresibles ni tampoco se encuentra en equilibrio. Las condiciones de la atmósfera son variables con la altura pero también variables para diferentes coordenadas sobre la tierra y también variables con el tiempo. Aparecen sin embargo capas o zonas con propiedades semejantes.

La figura A1 muestra una disposición de temperaturas en función de la

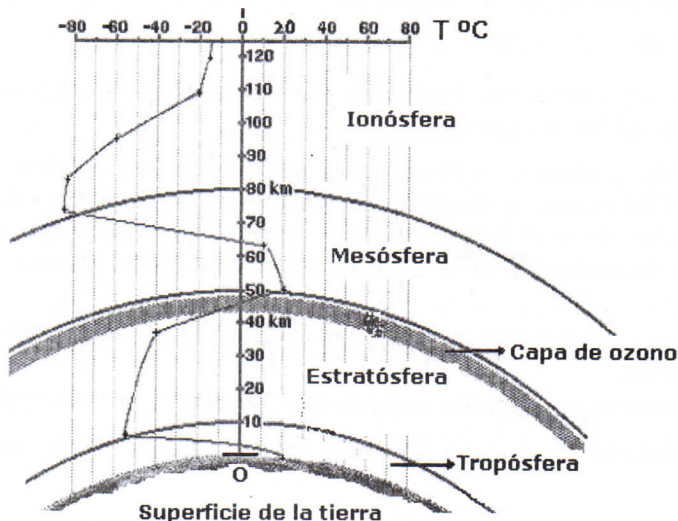


Figura N° A1

altura para algún lugar de la tierra y en un cierto momento, de las capas atmosféricas más próximas a la tierra.

Se formula un modelo normalizado llamado *Atmósfera Estándar* (International Standard Atmosphere, ISA) como forma de simplificar y uniformizar los procedimientos de cálculo^{4y5}.

El modelo está constituido por una sucesión de capas modeladas cada una como

fluido compresible en equilibrio que se ubica en determinado rango de alturas con relación a la superficie terrestre.

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/International_Standard_Atmosphere

⁵ Potter M, S., Wiggert D. Mecánica de Fluidos Editorial Thomson Tercera Edición. Sección 2.4.2

Para definir el estado del gas en cada zona, fluido compresible, no alcanza con imponer la condición de equilibrio hidrostático sino que es necesario además condicionar una variable de estado presión, temperatura o volumen específico.

El modelo de atmósfera estándar como se muestra en la figura N° A2 define intervalos de alturas en los cuales se modela la temperatura ya sea como constante o variando linealmente con la altura. En esa figura se ha simplificado la nomenclatura de capas.

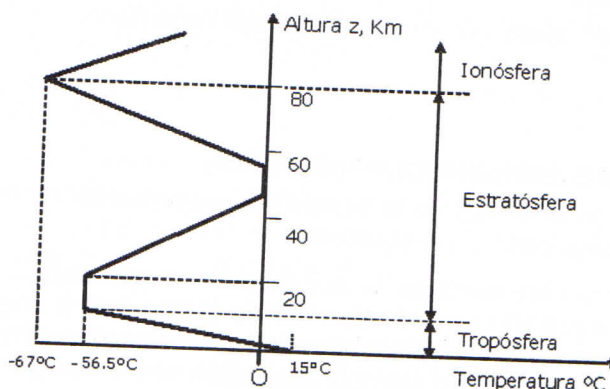


Figura N° A2 - Modelo de Atmósfera Estándar - ISA

La relación simplificativa que usamos en el punto 4a:

$$P_{\text{atm. A}} - P_{\text{atm. B}} = h_{BA} \rho_{\text{aire}} g$$

es como veremos una aproximación aceptable para pequeñas diferencias de alturas h pero no es válida en general.

Definida la función $T(h)$, constante o lineal para cada zona del modelo e imponiendo la condición de equilibrio del fluido es posible determinar los valores de las otras variables de estado, en especial aquella que nos interesa para nuestro problema, la variación de la presión en función de la altura.

b) Estática de fluidos, compresibles o no, en equilibrio. Caso particular de la atmósfera.

Usaremos un razonamiento muy elegante seguido por Landau, L. y Lifshitz E.⁶

Consideremos el subsistema S_1 que se describe en 4b), figura n° 9, que está sometido a:

a) Su peso $\vec{P} = \int_V \rho \vec{g} dV$ ρ densidad del fluido que puede ser variable

⁶ Landau, Lev y Lifshitz E. Mécanique des Fluides, Tomo VI de la serie Physique Théorique. Editorial MIR Secciones 2 y 3. En dicha relación, V es un volumen limitado por una superficie S , p una función escalar y n el vector normal saliente a la superficie. Las hipótesis requeridas son las mismas que aquellas correspondientes al teorema de Gauss. Sobre esta propiedad puede consultarse: Arfken G, Métodos Matemáticos para Físicos, Editorial Diana. Primera Edición. Capítulo I, Sección 1.11. Santaló, L. Vectores y Tensores. Editorial EUDEBA. Capítulo 5, Sección 21.4

- b) La resultante R de las presiones que el fluido vecino ejerce sobre la superficie Σ que es opuesta la vector normal saliente a dicha superficie y vale:

$$\vec{R} = \int_{\Sigma} -p \vec{n} dS$$

p es la presión en un punto del fluido, en principio dependiente de las tres coordenadas que fijan el punto, x, y, z

$$p = p(x, y, z)$$

Ambas integrales, que calculan R y P , tienen como resultado vectores. La condición de equilibrio implica:

$$\int_V \rho \vec{g} dV - \int_{\Sigma} p \vec{n} dS = 0$$

Transformando la integral de superficie en una integral de volumen usando la relación:⁷

$$\int_{\Sigma} p \vec{n} dS = \int_V \nabla p dV$$

Resulta:

$$\int_V \rho \vec{g} dV - \int_V \nabla p dV = \int_V (\rho \vec{g} - \nabla p) dV = 0$$

Dado que la igualdad es válida para cualquier volumen V , debe ser nulo el integrando, por lo cual:

$$\rho \vec{g} = \nabla p \quad (1)$$

Para el caso de la atmósfera las alturas que estamos considerando sobre la superficie de la tierra, de no más de 100 Km, son mucho menores que su radio, del orden de 6.300 Km, por lo cual podemos aceptar que la dirección gravitatoria es constante.

Expresada esa igualdad vectorial (1) en un sistema de coordenadas x, y, z de versores $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ en el cual el vector g , orientado según z y de sentido negativo se expresa: $\vec{g} = -g \vec{k}$

$$0\vec{i} + 0\vec{j} - \rho g \vec{k} = \frac{\partial p}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial p}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial p}{\partial z} \vec{k}$$

⁷ La transformación más conocida que lleva de una integral de superficie a una integral de volumen es el denominado Teorema de Gauss que vincula, en el marco de hipótesis adecuadas, el flujo de un vector a través de una superficie con la integral de la divergencia de ese vector sobre un volumen. Se trata de la igualdad de dos escalares y por tanto no es idónea para resolver la situación en estudio. En nuestro caso, hemos aplicado una transformación, no tan conocida, que vincula la integral de un vector sobre una superficie con la integral de otro vector sobre un volumen. Se trata de una igualdad entre dos vectores: en dicha relación, V es un volumen limitado por una superficie Σ , p una función escalar y $\vec{n}$ el vector normal saliente a la superficie. Las hipótesis requeridas son las mismas que aquellas correspondientes al teorema de Gauss. Sobre esta propiedad puede consultarse: Arfken G, Métodos Matemáticos para Físicos, Editorial DIANA. Primera Edición. Capítulo I, Sección 1.11. Santaló, L. Vectores y Tensores. Editorial EUDEBA. Capítulo 5, Sección 21.4

O sea:
$$\frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$$

Primera conclusión:

La presión hidrostática en un fluido compresible o incompresible en equilibrio sometido solamente a su peso depende exclusivamente de la variable que defina la dirección gravitatoria, en nuestro caso z ; p es constante sobre planos normales a z .

Se justifica entonces la suposición realizada en el punto 4b.

Es decir:

$$p = p(z)$$

La función p debe cumplir además la relación:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \quad \text{o sea} \quad \frac{dp}{dz} = -\rho g$$

Segunda conclusión:

Para cualquier tipo de fluido, la presión hidrostática p disminuye con z .

- a) Fluido incompresible. En este caso $\rho = \text{cte}$. Por lo cual la relación anterior se integra directamente y reencontramos el principio fundamental de la hidrostática para fluidos incompresibles:

$$p(z) = p(z_0) - \rho g(z - z_0)$$

- b) Diferencia de presión entre dos puntos en la atmósfera.

El problema puede resolverse para el modelo de Atmósfera Estándar.

- b1) Capas atmosféricas en las cuales la temperatura varía linealmente con la altura, por ejemplo en la Tropósfera, capa contigua a la tierra.

En la Tropósfera la función $T(z)$, en el modelo de Atmósfera Estándar es de la forma:

$$T(z) = T(0) - \alpha z$$

Donde los valores que normalizan y ajustan el modelo son:

$$\alpha = 0.0065 \text{ } ^\circ\text{K/m} \quad T(0) = 288 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Debe resolverse el sistema de ecuaciones:

Condición de equilibrio hidrostático:

Ecuación de los gases perfectos: $p = \rho R T$

Función $T(z)$: $T(z) = T(0) - \alpha z$

Resuelto, resulta para $p(z)$ ⁸:

$$p(z) = p(0) \left(\frac{T_0 - \alpha z}{T_0} \right)^E \quad \text{con} \quad E = \frac{g}{\alpha R}$$

⁸ Potter, obra citada, Capítulo II, Sección 2.4.2.

Observación 1)

Para diferencias pequeñas de alturas z , desarrollando en serie y tomando el primer término se obtiene:

$$p(z_2) - p(z_1) = \rho g (z_1 - z_2)$$

Relación formalmente semejante a aquella correspondiente a fluidos incompresibles; se justifica entonces la aproximación que realizamos en el punto 4a) para pequeñas diferencias de altura.

Observación 2)

Si calculamos en la expresión original, no aproximada, la presión atmosférica a 10 m de altura sobre la superficie de la tierra resulta:

$$p(10)/p(0) = 0.999$$

En $z=10$ metros la presión atmosférica es menor en menos de una milésima respecto al valor en $z=0$.

Para esos rangos de diferencias de alturas, a menos que nos interese calcular el empuje correspondiente al Principio de Arquímedes que se origina en esa variación pequeña $p(z)$, podemos considerar, como usualmente se hace, la presión atmosférica como constante.

b2) Zonas de la atmósfera donde la temperatura es constante por ejemplo la baja estratósfera. Resuelto el problema en forma semejante al caso anterior resulta⁹:

$$p(z) = p_I \exp \left[\frac{g}{RT_I} (z_I - z) \right]$$

P_I , T_I , z_I son los valores de la presión, temperatura y altura en la interfase tropósfera estratósfera.

Conclusión

Es posible, en el Modelo Estándar de Atmósfera, determinar la función $p(z)$ que describe la presión atmosférica en función de la altura.

Conociendo las funciones $T(z)$ y $p(z)$ puede también determinarse la función $\rho = \rho(z)$ que permite calcular también la densidad de la atmósfera en función de la altura.

Pueden consultarse tablas que brindan propiedades termodinámicas de la Atmósfera Estándar: presión, temperatura, densidad y velocidad del sonido, en función de la altura.¹⁰

Quedan justificadas asimismo las aproximaciones que usualmente se aplican al realizar cálculos que involucran pequeñas diferencias de altura.

• • •

⁹ Potter, obra citada, Sección 2.4.2.

¹⁰ Potter, obra citada, Tabla B3.

SITUACIONES PROBLEMÁTICAS EN FÍSICA (IV)

Ismael Núñez

Instituto de Física - Facultad de Ingeniería Udelar; inunez@fing.edu.uy

¿Violación del fenómeno de la reflexión total?

La reflexión total

La *reflexión total* es un fenómeno que puede suceder cuando la luz atraviesa una interface desde una zona de mayor a otra zona de menor índice de refracción, para la longitud de onda utilizada. Con referencia a la figura 1, la ley de Snell establece que parte de la luz incidente desde el medio con índice de refracción n se refleja bajo un ángulo simétrico con el de incidencia θ . Parte de la luz pasa al medio superior que tiene un índice de refracción n_0 bajo un ángulo de refracción θ_0 , verificando la ley

$$n \sin \theta = n_0 \sin \theta_0 \quad (1)$$

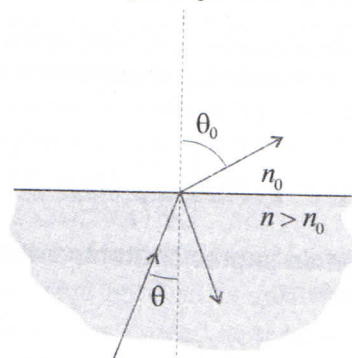


Figura 1. Paso de la luz desde un medio de mayor a otro de menor índice de refracción

Si $n > n_0$ existirá un ángulo límite de incidencia, para el cual el ángulo de transmisión θ_0 será máximo (90°). Este ángulo máximo de incidencia, llamado *ángulo crítico* está dado, según (1), por la condición

$$\sin \theta_c = \frac{n_0}{n} \quad (2)$$

Para todo ángulo de incidencia $\theta > \theta_c$ no existe luz transmitida al segundo medio (de índice de refracción n_0), y la conservación de la energía requiere que toda la luz incidente sea reflejada, como indica la figura 2 (página siguiente).

El experimento

Cualquier prisma rectangular de base triangular de vidrio (que no tenga la cara diagonal espejada) sirve para ilustrar el fenómeno de reflexión total. También se puede utilizar un recipiente con agua.

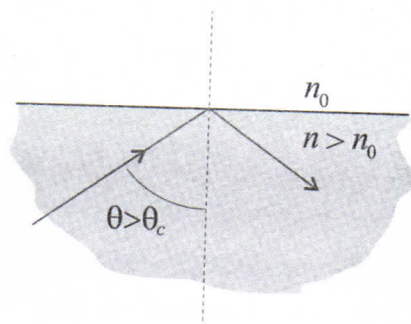


Figura 2. Fenómeno de la reflexión total

En la figura 3 se observa que si el índice de refracción n del vidrio para la luz utilizada es tal que el ángulo crítico es menor de 45° , entonces un haz que incida como en la figura presentará reflexión total, aun cuando la cara diagonal no esté espejada.

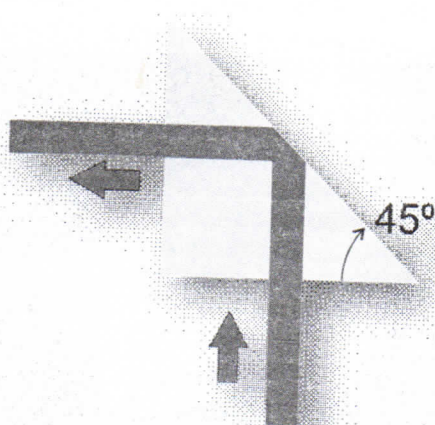


Figura 3. Reflexión total en un prisma triangular rectangular de vidrio

En este experimento utilizamos un prisma de Dove, que se utiliza para invertir imágenes pero tiene un ángulo de 45° que sirve para nuestro propósito de obtener la reflexión total. Este es un prisma óptico fabricado por Edmund Optics (ver <http://www.edmundoptics.com/optics/prisms/image-rotation-prisms/dove-prisms/2034>, 20mm Uncoated Dove Prism). El vidrio óptico utilizado en su construcción es el conocido como BK7, y la luz utilizada en el experimento es de un láser diodo de 532 nm de longitud de onda.

Para esta longitud de onda, el índice de refracción del BK7 es $n = 1.520$ (ver <http://www.filmetrics.com/refractive-index-database/BK7/Float-Glass>). Este valor de índice proporciona, contra el aire, un ángulo crítico de

$$\sin \theta_0 = \frac{1}{n} \Rightarrow \theta_0 = 41^\circ 08' \quad (3)$$

De forma que, si un prisma de Dove se ilumina con un haz láser de 532 nm como en la figura 4, debe de verificarse la reflexión total contra el aire en las caras indicadas.

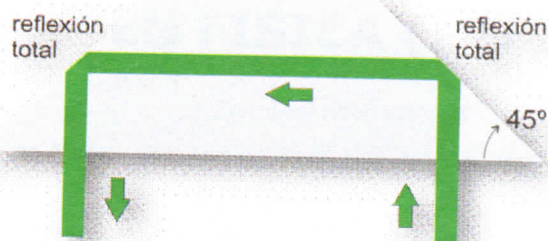


Figura 4. Prisma de Dove y la reflexión total.

No obstante, el experimento contradice esta conclusión, como se ilustra en la fotografía de la figura 5. Se observa claramente una mancha verde sobre la cara que debería de presentar reflexión total, por lo que no debería salir luz al exterior, de acuerdo con las leyes que se expusieron antes.

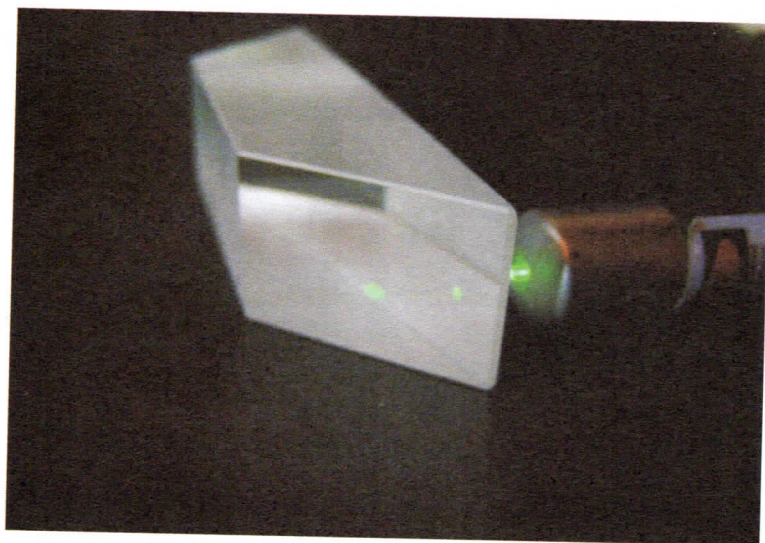


Figura 5. ¿Violación de la ley de reflexión total?

Invitamos a los lectores a plantear las posibles explicaciones para estas observaciones.

...

Diagnóstico sobre las causas del fracaso y la deserción temprana estudiantil en cursos de física durante la etapa inicial de la enseñanza universitaria, en el Uruguay

Pablo Geille¹ - Cristiano Mattos²

¹Instituto de Física, Facultad de Ciencias, Udelar; pablogeille@física.edu.uy

²Instituto de Física, Universidade de São Paulo (USP); mattos@if.usp.br

Resumen

Los altos índices de deserción y magros resultados en pruebas de competencia perfilan al Uruguay para constituir un caso de estudio dentro de América Latina. Este trabajo trata de una investigación en curso sobre las causas del fracaso y la deserción masiva en asignaturas de Física alrededor de la transición entre secundaria y universidad. Se aborda esta problemática desde una perspectiva socio-histórico-cultural, utilizando la Teoría de la Actividad (LEONTIEV, 1978, ENGESTROM, 1987) como marco teórico. La fase empírica de la investigación ha de desarrollarse durante 2013 mediante el relevamiento de datos cualitativo y cuantitativo, en las Facultades de Ciencias e Ingeniería de Udelar, Ingeniería de UM, y varias instituciones de enseñanza secundaria de capital e interior afines a participar en el proyecto, con las que hoy se están tendiendo vínculos para este propósito. El diagnóstico arrojado por esta investigación podrá ser utilizado para la toma de medidas tendientes a revertir el escenario actual.

Palabras clave

Deserción, Física, Uruguay

Delimitación del problema

A comienzos de 2011, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República emitió un documento oficial en el que informaba sobre los resultados en la Prueba Diagnóstica de Ingreso para el quinquenio 2005-2010. Esta prueba no condiciona la entrada en la universidad, para la cual no existe un proceso selectivo, pero mide el nivel de aptitud de los estudiantes que ingresan en relación al que deberían presentar para permitir un desempeño adecuado en la carrera. El promedio de suficiencia simultánea en las pruebas de Física, Matemática, Química y Comprensión Lectora para el quinquenio fue del orden del 5%, alcanzando un máximo de 6% en 2006 y un mínimo de 4% en 2007 y 2010. Esto motivó que en aquel momento las autoridades de la facultad presentaran el tema con preocupación en la comisión mixta ANEP - Udelar. Este índice se derrumba a posteriori, cayendo al 2,3% en 2011 y luego al 1,1% en 2012. Si bien el vaticinio de un buen desempeño en la carrera está asociado a la simultaneidad de suficiencia en estas diferentes categorías, al análisis de los índices individuales en cada disciplina resulta sumamente revelador. Allí encontraremos por ejemplo, que

el porcentaje de suficiencia en la prueba individual de Física fue del 29,4% en 2011 y del 23,7% en 2012, mientras que el mismo porcentaje para la prueba individual de Matemática fue del 4,0% en 2011 y 3,3% en 2012. Estos porcentajes individuales representan asimismo una caída respecto de las correspondientes medias para el quinquenio 2005-2010, marcando una clara tendencia. Evidentemente y más allá de los magros resultados en ambas disciplinas, la notoria diferencia entre los índices de Física y Matemática, que se mantiene a lo largo de los años, no puede ser obviada en un diagnóstico como el que apunta a realizar este trabajo. Por su parte, los índices oficiales de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República en la Prueba Diagnóstica de Conocimientos y Habilidades, similar a la practicada en la Facultad de Ingeniería, no muestra resultados más alentadores que los anteriores.

Esta realidad no logra revertirse dentro de la universidad. Pese a las dificultades que presenta la medición de la deserción como variable objetiva y cuantificable al no existir una instancia o registro oficial de abandono por parte del estudiante en nuestro sistema público, un análisis preliminar de ingresos y actividad posterior al primer semestre o primer año de carrera sugiere tasas de deserción alarmantes que en la Licenciatura en Física de Facultad de Ciencias llegan a alcanzar un 80% de abandono en dicho período, seguido por la carrera de Ingeniería y otras licenciaturas científicas como Matemática, Biología o Bioquímica, con carga casi exclusiva de asignaturas de Física y Matemática en su primer año. Se infiere que las disciplinas de Física tienen una altísima incidencia en estos porcentajes de abandono.

Todos los resultados apuntados, tanto en evaluaciones diagnósticas previas al ingreso a facultad como en la performance durante el primer año de carrera, pertenecen a una población de estudiantes que ha superado la enseñanza media, único requisito para el ingreso a la universidad pública o privada en el Uruguay. No obstante el mismo estado uruguayo, a través del Instituto Nacional de Estadística (INE), hizo público en 2011 que dicha población constituye sólo el 24,7% de los estudiantes que ingresan a la secundaria, ocurriendo el grueso de la deserción para este ciclo entre los 15 y 17 años de edad, durante el tramo final en el que se define una orientación específica. De aquí se deduce que los preocupantes porcentajes de competencia o continuidad que se observan a nivel terciario corresponden a su vez, a aquélla reducida proporción de la población del nivel secundario que ha logrado completarlo.

A pesar de este oscuro escenario, la información anterior debe manejarse con mucha precaución. Concluir de aquí que el aparato educativo de la enseñanza secundaria es el gran responsable de estos resultados supondría una visión completamente reduccionista del problema. No parece correcto –ni posible– separar las etapas secundaria y universitaria como entes aislados e independientes, sino que por el contrario, es el análisis de sus relaciones y contradicciones que ha de arrojar luz sobre un problema mucho más complejo, y que involucra muchas más variables, de lo que a primera vista puede inferirse. De hecho, la sola ausencia de coordinación entre objetivos y necesidades de dos instituciones o etapas de un mismo proceso, como aquí es el caso de la educación secundaria y universitaria,

podría bastar para colocar en un serio compromiso los resultados a obtener, más allá de la pertinencia o la performance de cada etapa en sí misma, y más allá de las posibilidades de los diferentes actores que forman parte del proceso, de alterar esta realidad a través de medidas puntuales o aisladas. Es una problemática que trasciende los límites del aula y las posibilidades del profesor, y que requiere, para comprender lo que sucede con los cursos de Física en nuestro país, un enfoque orientado hacia las políticas públicas de la educación como un todo.

En este contexto, y en la eventual ausencia de estudios de nivel académico que revelen de manera fundamentada, y específicamente para el área de Física, los motivos por los que este fenómeno masivo ocurre, es que resulta pertinente la realización de una investigación sobre las causas del fracaso y la deserción temprana estudiantil en dicha área durante la etapa final de la enseñanza secundaria y la etapa inicial de la enseñanza universitaria en el Uruguay. Según lo expuesto, el período que se propone aquí para delimitar la investigación no es arbitrario, sino que constituye lo que podríamos llamar la «franja de riesgo», es decir un período de la trayectoria estudiantil en donde se observan tasas de deserción dramáticamente superiores a las observadas en los primeros años de la educación secundaria o en los últimos de las carreras universitarias. Es el período de mayor probabilidad de abandono y por tanto, de mayor sensibilidad a las características de la experiencia educativa. La investigación ha de ser llevada a cabo en la Facultad de Ciencias (para las carreras de Física, Matemática, Biología y Bioquímica) y en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Montevideo, y en varias instituciones de enseñanza media tanto públicas como privadas (para las orientaciones científicas de 5o y 6o año), tanto en Montevideo como en el interior del país.

Contribuciones esperadas del presente proyecto

La deserción temprana es el abandono de los cursos o de la carrera por parte del estudiante en fases prematuras de los mismos. Desde un punto de vista tradicional, la deserción tiende a ser tratada como un indicador de calidad –y no de falta de calidad– de un curso o de una carrera. En esta perspectiva, la deserción se justificaría como el resultado de una combinación entre los elevados niveles de evaluación practicados por la institución en cuestión, y la baja competencia académica de los estudiantes involucrados. Tomando distancia de esta perspectiva tradicional, que supone como una obligación del individuo el adaptarse a la institución de enseñanza, es posible sostener que la deserción masiva es característica de un mal funcionamiento del sistema educativo, generando perjuicios de larga escala que podrían ser evitados (LIMA, OSTERMANN, 2010). Estos importantes perjuicios que dicha deserción trae consigo pueden ser considerados tanto desde el punto de vista individual para el estudiante y su familia, como desde el punto de vista colectivo para la institución de enseñanza y en última instancia, para la sociedad entera. Desde el punto de vista individual, el abandono de una carrera conlleva un fracaso y redundante frecuentemente en la afectación de la autoestima del individuo; asimismo la inversión realizada por la familia del estudiante, ya sea económica o en

tiempo, apoyo y demás, se ve defraudada. Desde el punto de vista colectivo, este abandono representa la pérdida de los recursos invertidos por la institución y en definitiva, por la sociedad entera que a través de sus ciudadanos financia la educación del país. La deserción estudiantil es un problema internacional que afecta el resultado de los sistemas educativos (SILVIA FILHO et al., 2007). No obstante, este es un tema que está lejos de ser resuelto. A pesar de la relevancia del tema, la deserción ha sido poco explorada como objeto de estudio en la investigación en educación en general y en la investigación en Enseñanza de la Ciencia (LIMA, OSTERMANN, 2010).

Un relevamiento bibliográfico preliminar sobre investigaciones del fenómeno de deserción estudiantil en el Uruguay muestra una producción académica apenas incipiente. De los trabajos encontrados en el período 2000- 2011 referentes tanto a la enseñanza media como a la enseñanza superior, sólo uno de ellos aparece en una revista especializada en Educación, mientras que los restantes aparecen en publicaciones internas a la Facultad de Ciencias Sociales, poniendo de manifiesto el carácter prematuro de la etapa actual de investigación en la materia. Todos los trabajos son de carácter cualitativo. FERNÁNDEZ (2009) presenta una investigación sobre las relaciones entre la deserción en la enseñanza media uruguaya y las competencias medidas por el Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA), a través de un análisis documental con base en el panel de estatales sobre abandono escolar. BOADO, CANEIRO & SOTELO (2008) presentan una investigación sobre la deserción universitaria en diferentes facultades de la Universidad de la República, llevada a cabo en el año 2006 mediante entrevistas de carácter semi-estructurado a una muestra de 25 estudiantes que ya habían abandonado sus respectivas carreras. FERNÁNDEZ (2010) presenta una investigación bibliográfica sobre la deserción en la enseñanza media y superior uruguaya, llevada a cabo en la Facultad de Ciencias Sociales, en la que encuentra como resultado un total de 8 estudios empíricos entre tesis y otros proyectos en la materia. A partir de estos escasos ejemplos debe concluirse que la investigación sobre la deserción en Uruguay se encuentra aún en una etapa embrionaria, y que no se dispone de estudios específicos para la Física ni para las ciencias exactas en general.

Una primera contribución esperada del presente proyecto puede inferirse a partir de la revisión bibliográfica expuesta. La inexistencia de investigaciones orientadas al área de Física sugiere que existen factores absolutamente particulares en dicha área, que inciden fuertemente o incluso determinan los índices de abandono observados, pero que aún no han sido vinculados con los mismos a través de un estudio formal. Sabido es que la Física presenta características propias que la diferencian largamente de otras disciplinas; a título de ejemplo solamente, la polarización que existe entre la Física enseñada a nivel divulgativo, con foco en las ideas y los misterios, o la Física reducida a la Matemática, con foco exclusivo en los cálculos, muestra la amplitud del espectro contenido entre estos dos extremos, dentro del que una determinada modalidad de enseñanza puede ubicarse. Entonces las eventuales relaciones entre la práctica de una modalidad

específica que se imparte en los cursos de Física y el abandono en dichos cursos sólo puede establecerse mediante estudios focalizados, no siendo dichas relaciones generalizables a otras áreas del conocimiento ni detectables por estudios genéricos sobre la deserción.

Una segunda contribución esperada del presente proyecto tiene que ver con establecer al Uruguay como un estudio de caso para América Latina. Esto proviene de la identificación de varias características comunes de la problemática uruguaya con la problemática regional, que surgen de la literatura. Ejemplos de estas características comunes son la fuerte concentración de la deserción universitaria en el primer año de la carrera, o la movilidad entre carreras como fruto de una elección original desacertada por parte del estudiante. Se entiende como condición necesaria para que una investigación califique como estudio de caso representativo, el tener a la variable de estudio en un valor comparativamente importante en relación a la generalidad de los demás casos. Esto significa aquí, el mostrar índices de deserción comparativamente altos respecto a la generalidad de los de América Latina. Y en efecto, una comparación de los índices de deserción media en la educación superior para varios países de América Latina, usando como fuente CINDA/UNESCO, con una estadística realizada en base a datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) en el período 2001-2005 para el Brasil (BRASIL, 2006), muestra a Bolivia y a Uruguay con índices del 73% y 72% respectivamente, mientras que luego Chile, Venezuela, Colombia y Brasil muestran índices del 54%, 52%, 51% y 48% respectivamente. Si bien estos indicadores pueden variar de acuerdo a la definición de deserción que se utilice, y si bien están calculados para la educación superior en general y no exclusivamente para las carreras del área científico-tecnológica, estudios específicos para Brasil como los de SILVIA FILHO et al. (2007) muestran que la deserción para tales carreras se ubica por encima de su correspondiente media nacional. Resulta pertinente una comparación de la situación de América Latina con la del resto del mundo. Estos mismos índices de deserción media, medidos en 2005 en países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) usando nuevamente como fuente CINDA/UNESCO, muestran en países europeos como Italia, Francia, Alemania e Inglaterra, valores del 58%, 41%, 30% y 17% respectivamente, y en países de América del Norte y América Central como USA y México, valores del 34% y 31% respectivamente. No es posible afirmar que la situación de la deserción brasileña es peor o mejor que la media de los índices internacionales, que varían mucho de país en país (SILVIA FILHO et al., 2007). Sin embargo, es claro que la situación de la deserción uruguaya en la actualidad es crítica, tanto a nivel latinoamericano como a nivel internacional, convirtiéndola en un atractivo foco de estudio donde las problemáticas comunes han de manifestarse con contundencia.

Una tercera y última contribución esperada del presente proyecto, en el contexto de una crisis del sistema educativo uruguayo asumida por el estado y que ya ha tomado corte público, refiere a la eventual utilización de sus resultados como punto de partida para la toma de medidas concretas que tiendan a revertir el escenario actual.

Algunas hipótesis

Más allá de que los resultados de una investigación rigurosa son a priori impredecibles y deben obtenerse exclusivamente como el producto de su desarrollo, existen siempre presupuestos que las connotaciones del problema sugieren como posibles resultados y que por tanto, deben ser intencionalmente indagados para su confirmación o su refutación. Se detallan a continuación algunos presupuestos o hipótesis a ser cotejados con la realidad a lo largo de esta investigación.

Una primera hipótesis es la que vincula el abandono en los cursos de Física con la confrontación entre las expectativas y la realidad encontrada por el estudiante en dichos cursos. Se sostiene en particular que la reducción de los cursos de Física a meros cursos de cálculo, ampliamente practicada en todas las etapas de la educación, propicia esta confrontación en virtud de la ausencia de desafíos y estímulos que mantengan vivo el interés del estudiante. Puede establecerse que dicha reducción ha ocurrido cuando los estudiantes son capaces de preparar y superar sus evaluaciones mediante un entrenamiento que no involucra la comprensión de ideas o conceptos físicos, sino solamente la memorización de procedimientos estandarizados o la adquisición de ciertas habilidades matemáticas. Si bien son muy diversas las razones que pueden llevar al estudiante a desistir de un curso o de una carrera, como la dificultad para obtener un buen desempeño, la indisponibilidad para dedicar el esfuerzo necesario, la decepción con la calidad de la enseñanza, factores familiares, laborales, económicos y demás, la referida confrontación es frecuentemente relacionada en la literatura con la desmotivación o el desinterés en la consecución de los estudios. La crisis de valores o expectativas que precede al abandono de las actividades, ocurre cuando hay una distancia excesiva entre los valores defendidos por el individuo y los que él encuentra en el contexto de su vivencia (PUIG, 2007). Esta confrontación o distancia excesiva puede estar presente en todas las etapas del proceso educativo, pero se torna tanto más crítica cuanto mayor sea la proporción de disciplinas de Física en la etapa u orientación concreta que se haya escogido. Aquellos que escogen la Física como profesión llegan a la universidad con expectativas completamente diferentes de las condiciones que van a encontrar. El contraste entre aquello que los motivaba y su experiencia en los primeros años de graduación pueden conducirlo de la desilusión a la frustración. Muchos abandonan la carrera sin tener claros los verdaderos motivos que los llevarán a tal decisión, más allá del simple y gran malestar de ver sus expectativas frustradas (DALRI & MATTOS, 2008). Es indiscutible que la falta de motivación en el estudio de las disciplinas de ciencias exactas constituye un problema antiguo de la enseñanza de la ciencia (HOLTON, 1969; 2003), entendiéndose para este trabajo el término motivación en relación a la actividad humana, en el sentido de LEONTIEV (1978), como el involucramiento en una actividad por la valorización de las características de la misma o los resultados que han de obtenerse de ella. De aquí que la motivación del estudiante y especialmente su variación a lo largo de un curso sean variables a estudiar y a relacionar con los factores establecidos por esta hipótesis, durante la presente investigación.

Una segunda hipótesis radica en la característica peculiar del sistema educativo público uruguayo de presentar una escasa o nula vinculación entre

sus sub-sistemas de educación secundaria y universitaria, que en particular se manifiesta en el hecho que la formación de profesores se lleve a cabo de forma totalmente disjunta de la universidad. En estas condiciones, la articulación de objetivos de la enseñanza secundaria con las necesidades de la universidad que mañana ha de recibir a sus alumnos se ve comprometida, con el consiguiente impacto en la performance y la permanencia de los estudiantes en el sistema. En modelos como el brasileño por ejemplo, este punto del aparato educativo constituye por el contrario un fuerte nexo entre ambas partes, ya que la formación de profesores se lleva a cabo dentro de las universidades mismas, compartiendo muchas veces tanto el lugar físico como los docentes universitarios que dictan cursos para las correspondientes carreras de grado. Esto posibilita un intercambio fluido entre los dos sub-sistemas, con un feedback permanente de muy alto valor. Si bien en este sentido, la aprobación de la Ley General de Educación en el Uruguay augura perspectivas interesantes para el sistema educativo público con la creación del Instituto Universitario de Educación (IUDE) y la conformación de instancias orgánicas supra-institucionales de planificación y coordinación, hoy en día el sistema adolece aún de integración entre sus partes y es aquejado además por dificultades adicionales, como la misma deserción interna que experimenta el Instituto de Profesores Artigas (IPA) de formación de profesores en Montevideo, notoriamente pronunciada en el área de Física y Matemática y con los riesgos sobre la satisfacción de la demanda de egresados que esto implica. Pueden citarse esfuerzos orientados a superar este aislamiento entre partes desde la Comisión Sectorial de Enseñanza (CSE), como encargada por parte de UdelAR de coordinar la relación académica con la Administración Nacional de Educación Pública (ANEP), para vencer las dificultades de articulación que se han venido registrando y establecer canales de cooperación entre las instituciones. Entretanto, las dificultades que continúan experimentando los estudiantes en su transición de la enseñanza media hacia la superior por causa de esta peculiaridad del sistema, se perfila como una variable explicativa de la deserción temprana universitaria, cuya caracterización e incidencia pretenden establecerse en la presente investigación.

Una tercera hipótesis refiere a la reducción de los niveles de exigencia establecidos recientemente para la enseñanza media, en virtud de políticas públicas tendientes a incrementar la población que completa este ciclo. Dicha reducción adopta múltiples manifestaciones, pero por ejemplo puede constatarse objetivamente en la eliminación de los exámenes obligatorios, en este caso de Física y Matemática de los dos años de orientación diversificada que preceden a la universidad. El hecho de que ninguna de las universidades nacionales, ni a nivel público ni a nivel privado, haya acompañado esta reducción de la exigencia con una consiguiente reducción en la suya, permite conjeturar, sujeto a demostración, que la magnitud del escalón generado entre el nivel de egreso de la enseñanza media y el nivel de ingreso a la enseñanza superior explique al menos en parte los altos índices de deserción registrados en el primer semestre o en el primer año de las carreras universitarias.

Una cuarta hipótesis plantea la inadecuación del currículo de las disciplinas de Matemática correspondientes a los dos últimos años de orientación diversificada en la enseñanza media, al respecto de los conocimientos y

habilidades requeridos en las disciplinas de Física del primer año de la universidad, y su consiguiente relación con los fracasos observados en estas últimas. Esta hipótesis tiene su origen en los resultados de las pruebas diagnósticas de Matemática anteriormente expuestos, y su claro desfase con los correspondientes resultados en las pruebas de Física.

Marco teórico

En este proyecto se propone abordar la problemática de la deserción estudiantil desde una perspectiva socio-histórico-cultural. Bajo dicha perspectiva, la Teoría de la Actividad (LEONTIEV, 1978, ENGESTROM, 1987) brindará el marco teórico adecuado para caracterizar y comprender las interrelaciones entre los diferentes actores dentro del sistema educativo.

Esta teoría y su utilización como referencial en la investigación, brinda una importante ventaja metodológica al proponer una unidad de análisis para el estudio de un fenómeno concreto. Dicha unidad puede ser tanto el aula como el sistema educativo completo, y el análisis puede ser llevado a cabo desde la perspectiva de cualquiera de los diferentes actores involucrados en la actividad. Así, en el modelo abstracto, el sujeto es el individuo o el subgrupo de individuos escogidos como el punto de vista para el análisis, y el objeto caracteriza el foco al que las acciones de este sujeto se dirigen, las que estarán necesariamente mediadas a través de instrumentos -noción siempre presente en los abordajes socio-culturales (WERTSCH, 1998)-, de acuerdo al concepto de mediación introducido por VYGOTSKY (1978). Estos instrumentos pueden ser en principio tanto físicos como simbólicos, y dotan a la actividad humana de una estructura triangular (sujeto-instrumento-objeto). Es a partir de esta estructura básica que LEONTIEV (1978) enfoca el desarrollo humano como un desarrollo pautado por el ejercicio de sus actividades, y generaliza la noción de mediación para concebirla también a través de otros individuos y a través de relaciones sociales. Ya en el modelo más general delineado por ENGESTRÖM (1987), se incorporan a la actividad la comunidad, comprendiendo la totalidad de los individuos que participan en la misma, las reglas, comprendiendo las normas y convenciones explícitas o implícitas que reprimen o regulan acciones dentro de la actividad, y la división del trabajo, comprendiendo tanto la estratificación en niveles jerárquicos como la distribución horizontal de tareas dentro de la actividad. Finalmente, la concepción de las contradicciones internas como fuerza directriz del cambio y el desarrollo en los sistemas de actividad propuesta por ENGESTRÖM (2001), brinda una herramienta útil para explicar o interpretar los fenómenos estudiados, constituyendo de esta forma una adecuada guía metodológica para la investigación empírica.

En esta investigación, la unidad de análisis no ha de ser ni el aula ni el sistema educativo completo, sino el subconjunto de dicho sistema que guarda relación con la Física. Esto significa que en un sistema educativo compuesto por el Ministerio de Educación y Cultura (MEC), la Universidad de la República (Udelar) y las demás universidades privadas, todas ellas con sus diferentes facultades, la Administración Nacional de Educación Pública (ANEP) como organismo estatal de regulación de la enseñanza pública primaria y secundaria, el Instituto de Profesores Artigas (IPA) y otros centros de formación de profesores, todas las instituciones de enseñanza

media públicas y privadas, los profesores, estudiantes y demás, sólo han de definirse dentro del subconjunto a considerar, las facultades de Ciencias e Ingeniería dentro del conjunto de facultades, la carrera de profesorado en Física dentro de los institutos de formación de profesores, o los profesores de Física de los dos últimos años de orientación científica en la enseñanza media dentro del conjunto de profesores de todo este ciclo. En dicha unidad de análisis serán expuestas las relaciones, interacciones y contradicciones entre los diferentes niveles jerárquicos que la componen, y se escogerá el punto del sistema formado por los estudiantes que se ubican en la «franja de riesgo» mencionada anteriormente, para analizar la actividad en su totalidad desde allí. Detrás de esta metodología está por supuesto, la hipótesis implícita de que las contradicciones en los diferentes niveles jerárquicos se manifiestan en todos los puntos del sistema y pueden por tanto ser observadas desde uno de ellos en particular a efectos de explicar el fenómeno de la deserción.

Fuentes, procedimientos y etapas

Las fuentes empíricas a utilizar en este estudio estarán esencialmente dadas por la información que estudiantes y profesores de las universidades e instituciones de enseñanza media brinden a través de relevamientos de datos, llevados a cabo mediante técnicas tanto cualitativas como cuantitativas, que han de coexistir en el tiempo. El procedimiento presenta la característica diferencial de que estos relevamientos no han de limitar su aplicación al estudiante que ya ha desertado, sino que pretenden monitorear la evolución del estudiante desde el inicio del curso hasta el momento del eventual abandono, a través de una serie de instancias de toma de datos convenientemente distribuidas a lo largo del mismo, que permita caracterizar este proceso de caída. Para el primer año de la universidad, los estudiantes que participen en el relevamiento serán tomados de las carreras de Física, Matemática, Biología, Bioquímica e Ingeniería, mientras que para los dos últimos años de la enseñanza secundaria, los estudiantes serán tomados de la opción Científica en 5º año y de la opción Ingeniería en 6º año.

Para la fase cualitativa, la técnica a utilizar será la entrevista abierta, semi-estructurada y centrada en el problema, de forma de permitir al entrevistado expresarse libremente dentro de los límites del problema a tratar. Las entrevistas serán aplicadas sobre muestras representativas de estudiantes, cuyo dimensionamiento ha de provenir de consideraciones estadísticas, y sobre profesores de estos mismos estudiantes. En el primer año de la universidad, las muestras de estudiantes serán no-probabilísticas e intencionales, debido a que en las facultades confluyen estudiantes provenientes de diferentes instituciones de enseñanza media y de los más diversos contextos sociales, y se pretende confeccionar muestras que exhiban una representación homogénea de dicha diversidad. Por el contrario en los dos últimos años de la enseñanza secundaria, las muestras serán no-probabilísticas y accidentales, ya que los estudiantes de cada institución comparten en general un mismo contexto social. Para la fase cuantitativa, la técnica a utilizar será el cuestionario en modalidad de múltiple opción. Los cuestionarios se aplicarán exclusivamente a estudiantes. En el primer año de la universidad, la población estará constituida por una proporción

prefijada de los *ingresantes* a las carreras correspondientes, mientras que en los dos últimos años de la enseñanza secundaria, la población estará constituida por la totalidad de *ingresantes* a la orientaciones correspondientes, dentro de las instituciones de enseñanza media que han de participar en la investigación. El relevamiento de datos para ambas fases apuntará a la determinación y medición de las variables explicativas de la deserción, prestando particular atención a aquellas variables o categorías asociadas a las hipótesis establecidas con anterioridad.

Ambas fases del relevamiento serán implementadas en un único período correspondiente al año lectivo 2013, por lo que el estudio tendrá un abordaje transversal en los tres años de la «franja de riesgo», y un abordaje longitudinal dentro de cada uno de éstos, a efectos de las sucesivas instancias de toma de datos que se realizarán a lo largo de los cursos. Las entrevistas individuales a estudiantes han de llevarse a cabo durante el año lectivo al comenzar el año, al promediar el primer semestre, al culminar el primer semestre, y al culminar el segundo semestre. Los cuestionarios masivos han de aplicarse al comenzar el año y al culminar el primer y segundo semestre, coincidiendo con tres de las cuatro instancias de entrevistas. En particular, en las universidades se aplicará el cuestionario inicial en oportunidad de la realización oficial de las pruebas diagnósticas, previamente al comienzo de los cursos. Aquí, la mayor densidad de datos relevados durante la primera mitad del año lectivo obedece a que el grueso de la deserción ocurre durante el primer semestre de carrera. Las entrevistas a profesores serán realizadas en una única instancia durante el año, en cualquier momento del segundo semestre.

En lo que refiere a los datos cualitativos, el análisis será llevado a cabo sobre transcripciones literales de las entrevistas, a través de herramientas específicamente diseñadas para la unidad de análisis establecida en el marco teórico del proyecto. Asimismo, en lo que refiere a los datos cuantitativos, podrá utilizarse un análisis bivariado para relacionar las variables explicativas de la persistencia y la desistencia con la información recopilada en los cuestionarios.

El espíritu de este proyecto es el de realizar una contribución directa a la creación de instrumentos que permitan desarrollar acciones para reducir las tasas de deserción en los cursos de Física. En la plena consciencia de que una población educada científicamente trae beneficios tanto culturales como económicos a un país, está el sentido que pretendemos dar a este estudio: el de realizar un aporte constructivo hacia el sistema educativo científico del Uruguay.

Referencias Bibliográficas

- [1] BOADO, M.; CANEIRO, M.; SOTELO, V. Caracterización y determinantes de la deserción universitaria: la encuesta 2006 a desertores de Udelar; In: El Uruguay desde la Sociología VI; Montevideo: Ediciones Facultad de Ciencias Sociales, 2008.
- [2] BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. Sinopses do ensino superior. Censos do ensino superior. Comunicações pessoais. Disponível em: www.inep.gov.br, 2011.

- [3] DALRI, J.; MATTOS, C., Relaciones entre motivación, valor y perfil conceptual: un ejemplo. In: Memorias Noveno Simposio de Investigación en Educación en Física - SIEF 9, Rosario, Argentina, pp. 1-12, 2008.
- [4] ENGESTRÖM, Y. Learning by expanding. Helsinki: Orienta-konsultit, 1987.
- [5] ENGESTRÖM, Y. Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. Journal of Education and Work, Vol.14, No. 1, 2001.
- [6] FERNÁNDEZ, T. La desafiliación en la educación media en Uruguay. Una aproximación con base en el panel de estudiantes evaluados por PISA 2003. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación (REICE) Vol.7 No.4, 2009.
- [7] FERNÁNDEZ, T. La desafiliación en la educación media y superior del Uruguay: conceptos, estudios y políticas. Facultad de Ciencias Sociales, Fondo Universitario para la comprensión de temas de interés general-CSIC, UDELAR, 2010.
- [8] HOLTON, G. Harvard Project Physics: A report on its aims and current status. Physics Education, 4, 1969, pp. 19-25.
- [9] LEONTIEV, A. O desenvolvimento do psiquismo. M. D. Duarte (trad.). Lisboa: Livros Horizonte, 1978.
- [10] LIMA P. Jr., OSTERMANN F. Contribuições da pesquisa em educação e em ensino de ciências para a compreensão da evasão no ensino superior: Lacunas na pesquisa com respeito aos cursos de graduação em Física. Atas XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - Águas de Lindóia, 2010, pp. 1-12.
- [11] PUIG, J. M. Aprender a viver. In: Arantes, V. A. (Org.). Educação e Valores: Pontos e Contrapontos. São Paulo: Summus, 2007.
- [12] SILVIA FILHO, R.L.L.; MONTEJUNAS, P.R.; HIPOLITO, O.; LOBO, M.B.C.M. A evasão no ensino superior brasileiro. Cadernos de Pesquisa, v. 37, n.132, 2007.
- [13] VYGOTSKY, L. S. Mind in society: the development of higher psychological processes. Cambridge: Harvard University Press, 1978.
- [14] WERTSCH, J. Mind as action. New York: Oxford University Press, 1998.

• • •



**Asociación de Profesores de
Física del Uruguay**

EDUCACIÓN en FÍSICA

Revista de la Asociación de Profesores de Física del Uruguay
Volumen 8, Numero 3

Diciembre, 2012

CONTENIDO

EDITORIAL	3
PROCEDIMIENTO DE PRESENTACIÓN DE TRABAJOS	4
OBSTÁCULOS DIDÁCTICOS EN EL APRENDIZAJE DEL CONOCIMIENTO FÍSICO <i>Gabriela Tomás - Rossana Azar</i>	5
RESEÑA DE LIBROS I <i>Mario Román Guerra Zabala</i>	18
EL DILUVIO UNIVERSAL: UNA ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA IMPLICADO <i>Martín Ghizzoni</i>	19
RECOMENDACIÓN WEB	24
RESEÑA DE LIBROS II <i>Mario Román Guerra Zabala</i>	26
DIAGNÓSTICO EQUIVOCADO Reflexiones acerca de la interpretación de las evaluaciones diagnósticas que se realizan en las clases de Física de Enseñanza Secundaria <i>Alejandro Parrella</i>	27
RESOLUCIÓN A SITUACIONES PROBLEMÁTICAS EN FÍSICA (III) <i>Carlos Zamalvide</i>	39
SITUACIONES PROBLEMÁTICAS EN FÍSICA (IV) <i>Ismael Núñez</i>	54
DIAGNÓSTICO SOBRE LAS CAUSAS DEL FRACASO Y LA DESERCIÓN TEMPRANA ESTUDIANTEL EN CURSOS DE FÍSICA <i>Pablo Geille - Cristiano Mattos</i>	57