

La Resolución de Problemas en el Aula

(The problem's resolution in classroom)

Leonor Colombo de Cudmani

Instituto de Física - Fac. de Ciencias Exactas y Tecnología

Av. Independencia 1800

4000- Tucumán

Universidad Nacional de Tucumán - Argentina

Trabalho recebido em 10 de novembro de 1996

El objetivo de este trabajo es encuadrar la estrategia de resolución de problemas en el aula, en un marco teórico que dé significados claros y precisos a lo que se entiende por “problema” y su “resolución”. Se incorporan a esta estrategia resultados de recientes investigaciones educativas y se dan criterios para aplicar esta metodología en el aula de clase.

The purpose of this research paper is to frame the classroom solving problems strategies in a theoretical model in order to give clear and precise meaning to what is understood as a “problem” and its “resolution”. Results from recent educational researchs are incorporated to these strategies. Some criterion to apply this methodology in the classroom are stated.

Consideraciones generales

El tema de la resolución de problemas como estrategia de aprendizaje ha interesado en gran medida a docentes e investigadores en educación en ciencias. Sin embargo el significado de estos términos ha adquirido connotaciones muy diferentes según los modelos de aprendizaje de las ciencias que impliquen y según los propósitos para los que fueron analizados. Gran parte de las investigaciones sobre este tema se han centrado en el estudio de diferencias y analogías en los procesos seguidos por novatos y expertos en la búsqueda de pautas que permitieran “programar” en mayor o menor medida las estrategias conducentes al éxito, en cierta medida valiéndose de la metáfora del computador.

En general las investigaciones sobre este tema han sido ampliamente tratadas en la bibliografía [Mestre J. et al 1988 Larbin Ref 1979 - Larbin et al 1980 Garret 1980, Gil Pérez et al 1988, Perales Palacios 1993 - Lockhead y Whimbay 1987 ... para citar sólo algunos].

Luego de analizar las principales diferencias entre expertos y novatos. Pozo (1989) concluye: “*la conversión de una persona en un experto consiste básicamente en un proceso de automatización de sus conocimientos de tal forma que no necesita ir tomando decisiones a medida que resuelve el problema. El experto se caracte-*

teriza por haber computado o agrupado su conocimiento en secuencias de acción automática que no precisan de esfuerzo intencional para su ejecución.”

En una revisión estructurada Perales Palacios (1993, op.cit) afirma: que este estudio ha servido para tomar conciencia de lo lejos que nos encontramos de un estado consensuado en torno a las variables que intervienen en las resoluciones de problemas y a las estrategias tendientes a su mejora... lo que sí parece demostrado es el importante papel desempeñado por la resolución de problemas en cualquier enfoque asumido para la enseñanza de las ciencias.

En este trabajo nos proponemos abordar la temática desde un encuadre más restringido: la enseñanza de la Física en una situación de aula, desde una perspectiva constructivista de la enseñanza-aprendizaje. El encuadre teórico se enmarca en un modelo de aprendizaje integrador de cambios conceptuales, actitudinales, metodológicos, epistemológicos, ontológicos, sociales que incorpore la mayor cantidad de componentes del cambio de sistema cognoscitivo que presupone dicho aprendizaje.

A partir de una caracterización del modelo, trataremos de clasificar lo que entendemos por “*situación problemática*”, analizaremos aportes de la investigación

educativa que debieran incorporarse al planificar las estrategias de aulas basada en la solución de problemas y finalmente analizaremos una propuesta concreta y contextualizada: *la resolución de problemas en la enseñanza de la Física en ciclos básicos universitarios*.

Caracterización del marco teórico

Encuadrado en el enfoque constructivista *“esta línea de pensamiento se ocupa de las intenciones, creencias, y emociones de las personas tanto como de su conceptualización y reconoce la influencia que la experiencia previa tiene en la forma como se perciben e interpretan los fenómenos”* (Driven et al 1986). Trataremos de explicitar un modelo integrador en el que no tiene sentido separar entre sí el saber, el hacer y el sentir.

En un trabajo reciente, [Cudmani, Pesa, Salinas 1996], se sostiene que es preciso reconocer que la capacidad para usar eficientemente los procesos científicos depende de la comprensión teórica, que el aprendizaje de destrezas de procedimiento es inseparable del aprendizaje conceptual (Hodson 1992). Aprender a observar significa adquirir un esquema conceptual en el que las observaciones puedan ser hechas, y merezcan ser hechas. Un esquema teórico apropiado permite observar correctamente. Lo mismo ocurre con otros procesos o destrezas, tales como clasificar, medir, formular hipótesis, etc.

Así como no corresponde separar al conocimiento de la acción, tampoco parece adecuado separar a éstos (conocimientos y acciones) de las valoraciones. Debe advertirse, por ejemplo, que *“el logro de una mentalidad abierta y comprometida”* incluye la consideración de alternativas, el análisis de inconsistencias y ambigüedades, etc., o que la experimentación requiere de compromiso y perseverancia (Hodson 1993).

Si las metas del estudiante no son coherentes con las de la actividad científica, se dificultará el aprendizaje significativo de la ciencia y el estudiante no hará uso adecuado del saber científico cuando enfrente situaciones problemáticas (Cudmani, Pesa 1990). Se ha señalado que, como las metas escolares generalmente difieren de las metas existentes en la actividad cotidiana, se reduce la posibilidad de activación del conocimiento científico fuera del aula (Villani 1992) (y también *dentro del aula*, cabría añadir) si no se favorece una adecuada comprensión de los aspectos axiológicos del saber científico.

En lo que respecta a los factores epistemológicos

que intervienen en las estructuras cognoscitivas de los estudiantes, se señala que existe una armonía entre los contenidos y las epistemologías subyacentes, y que no es posible construir conocimientos científicos al margen de una adecuada epistemología de la ciencia (Aikenhead 1992. Cudmani y Pesa 1995).

Las epistemologías ocultas aparecen como una variable significativa en el aprendizaje de la misma (White y Gunstone 1989).

Con un enfoque similar, y retomando ideas de Schwab (1968), Duschl (1995) propone *hacer de la enseñanza de la ciencia una reflexión sobre el proceso de investigación*. Aparece así la dimensión social: *“los debates, las normas de argumentación, el repaso detallado, las presentaciones y revisiones de ideas científicas que ayudarán a los estudiantes a aprender el lenguaje y las normas de la ciencia como una manera de conocer”*.

En efecto, el tratamiento colectivo de las cuestiones es esencial si se pretende aproximar el aprendizaje de las ciencias a la labor de los científicos (Gil, Carrascosa et al. 1991). La ciencia se construye a través de argumentaciones: el intercambio de ideas, la crítica y el consenso cimientan la racionalidad científica. En el aula, con la orientación del profesor, los estudiantes pueden incorporarse a presentaciones y debates colectivos, que requieran de capacidad para exponer y defender argumentaciones con criterios científicos (Aikenhead 1992).

Otros investigadores han señalado que, si bien las concepciones alternativas son construcciones espontáneas y personales, ellas se construyen en un contexto social que induce y favorece ciertos tipos de ideas a través del intercambio dialéctico de perspectivas y significados entre los individuos. Quiroga (1985) explica que *“somos esencialmente no sólo seres sociales sino sujetos cognoscentes. Y somos también en cada aquí y ahora el punto de llegada de una historia social y vincular que puede ser caracterizada como una trayectoria de aprendizajes. Es en esa trayectoria en la que hemos ido construyendo un modelo interno o matriz de encuentros con lo real: hemos ido aprendiendo a aprender... En cada experiencia puede haber un aprendizaje explícito que se objetiva y condensa en un contenido o una habilidad... pero la experiencia en la que se realiza ese aprendizaje explícito es a la vez fuente de aprendizaje. Esa experiencia deja en nosotros una huella, se inscribe en nosotros... es un aprendizaje implícito, profundo, estructurante de la subjetividad.. Cada acto de conocimiento es el eslabón de una cadena, es la fase*

de un proceso en el que cada uno configura una actitud de aprendizaje... un modelo o matriz de contacto con el mundo... ”.

El hecho es que las ideas opuestas no son necesariamente incompatibles en la estructura cognoscitiva espontánea de los estudiantes, porque en el conocimiento común no se imponen al conocimiento los fuertes requerimientos de coherencia interna que caracterizan al saber científico. Se hace por lo tanto imprescindible un proceso de reflexión metacognitiva explícita con los estudiantes, vale decir, una reflexión sobre sus propios saberes y sus modos de producción (Cudmani, Salinas, y Jaén 1991).

Esta reflexión metacognitiva permitiría delimitar los propósitos y características de los conocimientos común y científico y sería una condición determinante para un real cambio de paradigma, para la resolución de un conflicto entre ideas espontáneas e ideas científicas (Hewson y Thorley 1989).

A fin de englobar todos estos factores, algunos autores proponen concebir al sistema cognitivo “*como un sistema de autoreferencia que se desarrolla a sí mismo por su propia dinámica y por interacción con otros sistemas tales como los sistemas de conocimiento de los profesores y científicos o el sistema de acciones individuales.*” (Niedderer y Schecker 1991). Los aportes de Vigotsky (1989) permiten incorporar a los otros estudiantes como factores externos importantes para el desarrollo del sistema cognoscitivo de un alumno.

En síntesis, por “sistema cognoscitivo” de un aprendiz, entendemos “*el conjunto de representaciones de la realidad, y de instrumentos intelectuales que hacen posible la construcción de esas representaciones*” que posee. En otras palabras, es “*el conjunto de conocimientos conceptuales, y de nociones ontológicas, epistemológicas, metodológicas y axiológicas, que el aprendiz construye a través de, y emplea en sus interacciones con los fenómenos naturales y con otros individuos*”. (Cudmani, Salinas y Pesa 1994; Salinas y Cudmani 1994b).

Además, el aprendizaje de las ciencias no debiera limitarse a realizar cambios hacia paradigmas preestablecidos y seleccionados por el docente, sino que se debieran intentar estrategias que faciliten al estudiante modificar sus paradigmas, sus esquemas interpretativos, en forma autónoma, autogenerada, cada vez que lo requiera la situación problemática que enfrenta (Cudmani, Salinas y Pesa 1991).

En esta concepción el paradigma engloba tanto *las estructurais sustanciales* de las ciencias como sus *es-*

tructuras sintácticas. Estas categorías propuestas por Schwab (1968) reemplazan a las tradicionales de concepciones y metodologías desde una visión muy enriquecedora.

En efecto, *el concepto de estructura sustancial* no es sinónimo de estructura conceptual. Aquél engloba no solo los conceptos, sino también las *concepciones en el nivel óntico* que, implícita o explícitamente, sustentan las ideas sobre los fenómenos naturales.

Algo similar ocurre con el concepto de estructura sintáctica, que trasciende a lo meramente metodológico para incorporar criterios de validación, modos de explicación e interpretación, metas, normas metodológicas, es decir, todos los elementos que confluyen en ciencia para vincular los datos brutos con las construcciones hipotético-deductivas, en un proceso dialéctico en ambos sentidos.

De las uniones fértiles de estructuras sustanciales con estructuras sintácticas, de su interacción profunda, emergen los programas de investigación (Lakatos 1983) capaces de generar nuevos conocimientos científicos. La separación entre estos elementos sólo tiene sentido a los fines del análisis: su síntesis es imprescindible para comprender la naturaleza de la labor y del conocimiento científico (Cudmani y Lewin 1984; Cudmani 1992; Salinas 1991; Salinas y Cudmani 1994a; Cudmani y Pesa 1995).

Las estructuras sustanciales y sintácticas no están meramente yuxtapuestas o relacionadas, sino totalmente integradas en un sistema capaz de procesar todos estos elementos para generar el conocimiento científico. Son esos elementos los que debieran integrarse armónicamente en el aprendizaje de las ciencias (Cudmani 1992; Salinas y Cudmani 1995).

El modelo de cambio integrador y reticular que aquí se sostiene, al reconocer que los cambios de metodologías, de valoraciones, de supuestos filosóficos y sociales, de metas y fines... no se da en forma simultánea y “*per se*” con el cambio conceptual, trae, como consecuencia importante, el requerimiento de que el acto docente esté intencionalmente dirigido a generar las estrategias docentes, los diseños curriculares, las actividades de aprendizaje, los criterios de evaluación, que se propongan como propósito explícito favorecer el cambio de sistema cognitivo buscado.

El profesor actúa como un experto, miembro de la comunidad científica, que orienta el trabajo de los estudiantes para que éste sea coherente con la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico, para que

los estudiantes construyan el conocimiento consensuado por la comunidad científica, y para que modifique sus hábitos de aprendizaje transformándolos en herramientas más eficientes para el conocimiento y la investigación científica.

A partir de esta explicitación del marco teórico, trataremos de caracterizar mejor qué entenderemos por “*resolución de problemas en el aula de clase*”.

¿ Que entendemos por resolución de problemas?

Existe consenso en considerar como “*problemas*” a situaciones que plantean interrogantes y dificultades para las cuales no hay una solución única y preestablecida (Hayes 1981, Bodner y M. Millan 1986).

Se les podría definir como “*cualquier situación prevista o espontánea que produce, por un lado, un cierto grado de incertidumbre y por el otro, una conducta tendiente a la búsqueda de la solución*” (Perales Palacios op.cit) o “*como un desafío, una situación no resuelta cuya respuesta no es inmediata, que resulta en reflexión y uso de estrategias conceptuales y procedimentales*” (Cabral da Costa, Moreira 1995).

Estas concepciones se contraponen a la práctica habitual, derivada de un modelo de aprendizaje por transmisión-recepción, en la cual el “*problema*” es preparado por el docente (o el texto). “*En los libros del college las suposiciones relevantes que deben hacerse están sugeridas en el enunciado del ejercicio*” (Seroussi 1995).

El docente selecciona las variables significativas, cierra el enunciado con solo datos necesarios y suficientes para resolverlo, proporciona palabras “*claves*” que encasillan la solución de determinados “*capítulos*” o “*temas del programa*”, explica “*con toda claridad*” la solución “*de modo que los alumnos puedan aprender dicha solución y repetirla ante situaciones idénticas*”, es la conocida práctica del “*problema tipo*”, ..

En nuestra concepción, la situación problemática se abre a distintos planteos, a soluciones divergentes y la “*resolución*” se entiende como el proceso que busca clasificar, reformular y concretar la situación inicial, generalmente confusa e incierta, para transformarlas en una cuestión abordable por aplicación de conocimientos y procedimientos científicos. Este proceso genera, necesariamente, una reorganización de la estructura cognoscitiva, en los diversos planos que la integran, es decir produce aprendizaje.

Por ello la situación, para ser efectiva, deberá ser significativa, deberá tener significado para el aprendizaje de la disciplina en el contexto específico con que se trabaja deberá tener significado para el estudiante en relación con su estructura cognitiva previa, y para el grupo que aborda la solución, docente incluido, el cual deberá compatibilizar los intereses individuales si es que pretende movilizar, efectivamente, un proceso de construcción social del conocimiento.

Aparece así como factor fundamental la necesidad de lograr el interés, la motivación la valorización de la situación problemática en los más altos niveles posibles, por lo cual se hace necesario generar situaciones de aprendizaje que comprometan al grupo de trabajo con la solución del problema.

Aportes de la investigación educativa

En las últimas décadas la investigación en enseñanza de las ciencias ha hecho, a nuestro criterio, significativos aportes que deberían ser transferidos a la práctica de aulas. En nuestro caso, ha sido preocupación permanente la búsqueda de metodologías válidas para lograr una transferencia eficiente en la planificación del aprendizaje usando la estrategia de “*resolución de problemas*”.

Es imposible hacer en el marco de este trabajo, una revisión exhaustiva de las múltiples investigaciones que aportan elementos importantes, sin embargo haremos una breve síntesis, de los aportes ms significativos incorporados a nuestra propuesta.

** Las investigaciones referidas a la relación entre aprendizaje y desarrollo desde la concepción piagetiana (1936, 1977, 1982) a la de Vigotsky (1989 op. cit) han puesto de manifiesto la importancia fundamental de lo que Bachelard (1972) llama el “*obstáculo epistemológico*”. El grado de dificultad que la situación de aprendizaje genera es una variable fundamental que puede frustrar o incentivar positivamente la interrelación fecunda entre desarrollo y aprendizaje.

En particular, el concepto de “*zona de desarrollo proximo*” elaborada por Vigotsky (1989) que no es otra cosa que “*la distancia entre el nivel real de desarrollo determinado por la capacidad de resolver independientemente 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 con otro*

compañero más capaz", nos permitió caracterizar el desarrollo mental prospectivamente, alertando sobre una de las más delicadas decisiones que el docente debe encarar al planificar las actividades de aula, ésto es, graduar adecuadamente su nivel de dificultad. El análisis de esta problemática es un importante aporte de la psicología cognitiva.

** Desde la célebre frase de Ausubel (1978) alertando sobre la importancia de tomar en consideración para generar el aprendizaje "*lo que el estudiante ya sabe*": se generan las múltiples investigaciones sobre preconcepciones de Viennot (1979 - 1985) Mc demontt (...) Driver (1973 - 1989) Tiberghien (1976) Clement (1982), para citar sólo algunos trabajos iniciales.

Estos estudios abarcan amplios campos de contenidos de la Física, de contextos educativos y de edades de los alumnos.

En esta corriente se inscriben también algunos trabajos nuestros en el campo de la Mecánica (1989) del Electromagnetismo (1990) y la optica (1991).

En lo que se refiere a la resolución de problemas, lo más importante de esta línea es, a nuestro criterio, que gran parte de las situaciones experimentales diseñadas por los investigadores para facilitar las preconcepciones y analizarlas, han mostrado ser eficientes "*problemas*", útiles como estrategias docentes, para reelaborar concepciones básicas en la construcción del conocimiento científico. (Pesa et al 1993).

** Pero las concepciones previas de los alumnos no se agotan en lo conceptual. Otra interesante línea de investigación, más reciente, se refiere a los modos precientíficos de razonar, de validar y de adquirir el conocimiento.

Hay estudios sobre formas de razonamiento incompleto (Viennot 1985 - Cudmani 1995 - Salinas et al 1993 - Pesa et al 1995a), sobre el uso de analogías y modelos y sobre la formulación de hipótesis (Clement 1988 - 1989 - Seroussi op. cit) que han aportado interesantes criterios a tener en cuenta en la resolución de problemas en el aula.

** También hay aportes importantes en la investigación sobre estrategias de aprendizaje, ya sea basadas en el conflicto cognitivo y su superación o en el desarrollo de ideas previas consistentes con los modos científicos de conocer- Scott, Asoko y Driver (1991) han realizado una medulosa revisión de distintas estrategias que constituyen un valioso aporte para la práctica docente.

Rowell (1990) y Villani (1992) han desarrollado interesantes estrategias basadas en la "*familiarización*"

con las nuevas teorías, con importantes conclusiones para la enseñanza de la Física.

Por último mencionaremos otra importante línea que parece mostrar un fuerte paralelismo entre los modos en que los científicos construyen sus teorías y los procesos de aprendizaje de las ciencias (Piaget 1972 - 1982) - Hodson 1986 - Pesa et al 1993) que proporciona valiosas pistas para guiar la labor docente.

La resolución de problemas en situación de clase

Veremos en este parágrafo cómo se trata de integrar los elementos a que se refieren los parágrafos anteriores en una planificación concreta, referida al aprendizaje de Física básica en carreras de Licenciatura en Física y de Ingenierías.

Nos referiremos a "*solución de problemas*" como una práctica integradora; no analizaremos, como es habitual, clases teóricas - problemas de lápiz y papel - trabajos de laboratorios como estrategias independientes, consideraremos estas técnicas de enseñanza como complementarias y aceptaremos como hipótesis, que todos ellos pueden encararse como "*resoluciones de problemas*".

En un intento de aproximar el trabajo en el aula a las metodologías de la investigación científica, los trabajos se planifican en base a

- * el tratamiento de situaciones problemáticas abiertas, significativas, interesantes.
- * que puedan ser abordables por los estudiantes.
- * bajo la guía del profesor
- * y con el aporte colectivo del grupo de trabajo.

Este modelo implica una serie de condicionamientos para que sea eficaz en la generación de aprendizaje.

La situación problemática debe ser asumida como propia por el grupo. *A menos que el alumno no perciba un problema como problema y a lo que se ha de aprender como algo que merece la pena ser aprendido, no llegará a ser activo, disciplinado comprometido con sus estudios*" (Postman et al 1971).

Por ello lo ideal sería que sean los propios alumnos quienes sugieren los problemas. Los docentes sabemos que esta situación se presenta rara vez y cuando ocurre en general el planteo es difuso y poco claro. No basta detectar la inconsistencia, la incomprensión, la contradicción. En este proceso de aprendizaje dirigido, es muy difícil acertar en el centro si se ignora donde

está el blanco, de allí la importancia de delimitar el problema.

Para el caso en que no aparezcan espontáneamente cuestiones a resolver, nuestra estrategia es proponer un buen número de situaciones problemáticas para que ellos seleccionen la que más les interese, abriendo la posibilidad de modificarla parcial o totalmente a fin de optimizar las motivaciones.

Los temas se seleccionan teniendo en cuenta los intereses del grupo. Mucho se insiste en la motivación generada por problemas que apuntan a resolver necesidades prácticas, particularmente vinculadas con las orientaciones de las carreras elegidas. Esto es cierto pero también lo es que este campo no agota de ningún modo la curiosidad el interés y las valoraciones de los jóvenes estudiantes

Muchos autores han defendido los problemas que plantean situaciones vitales, tales como reducir costos, realizar menos esfuerzo, mejorar condiciones de vida. (de Rela 1994. Halbwachs 1985). Sin duda estos temas pueden ser altamente motivadores si se respeta el contexto en el que se plantean: la Física del horno de microondas ofrece tantas perspectivas para aprendizaje como las de un horno de barro, el interés dependerá del contexto.

Pero los docentes sabemos bien que los disparadores del interés de nuestros alumnos no se agotan en el “*para qué sirve*”. Son muchos los que plantean cuestiones teóricas basadas en respuestas a ¿cómo? y ¿por qué? que van desde ¿qué es la gravedad? a ¿por qué vemos los objetos de distintos colores? ¿qué es el color? Y cuando ya han avanzado en el aprendizaje de teorías científicas, con seguridad aparecen interrogantes de mayor nivel de abstracción y complejidad que buscan salvar inconstancias a incoherencias en la propia estructura de la disciplina.

La necesidad de cumplir con un programa dentro de un curriculum no puede ser un obstáculo. Todos y cada uno de estos temas pueden ser presentados como problemáticas a resolver. La Física no es sino ... resolución de problemas!

El grado de dificultad de la situación que se plantea es otro importante aspecto a ser tenido en cuenta. Como vimos, el grado de desarrollo cognoscitivo del estudiante es una variable fundamental si se desea, por un lado que no se genere frustraciones ante cuestiones demasiado complejas y demasiado simples y por otro que el proceso de resolución genere un desarrollo de las potencialidades de los alumnos, enriqueciendo

su esquema de asimilación y produciendo, no solo nuevo conocimiento sino mayor capacidad de aprendizaje (Vigotski op cit - Piaget op cit). El docente en interacción con sus alumnos deberá proceder con flexibilidad, modificando la situación problemática para hacerla abordable y eficaz.

La idealización necesaria en la elección del modelo teórico más eficiente, la formulación de hipótesis respecto a magnitudes significativas, la selección de diseños experimentales, se irán delimitando por acuerdo colectivo.

El análisis crítico riguroso permitirá extraer conclusiones sobre si la solución hipotetizada era la solución buscada y sobre la manera de reformularla en caso de que no lo sea. Cuánto más crítica y rigurosa sea la contrastación más grande será la cantidad de nuevos problemas que aparecen, capaces de detonar nuevos ciclos de aprendizaje autogenerado.

Una labor de síntesis final que puede consistir en una exposición ante el resto de la clase de lo actuado por el grupo o en un informe redactado “a la manera” de una comunicación científica, es una excelente ocasión para integrar áreas temáticas y campos de aprendizaje y para promover una consideración explícita crítica y reflexiva sobre los procesos generadores de aprendizaje en los individuos y en el grupo (metacognición).

Este proceso es en general muy eficiente para sacar a luz las preconcepciones de los estudiantes no solo respecto a las concepciones en juego, sino también respecto a metodologías y valoraciones relacionadas con el quehacer científico. Estas ideas serán contrastadas por el grupo (del cual el docente es parte); como genuinos aportes que sirven de anclaje para la construcción del conocimiento en Física.

Esta contrastación de ideas previas con ideas alternativas planteadas por otros estudiantes, junto con los aportes del docente y de la bibliografía consultada, facilitarán la reestructuración de ideas necesarias para el logro de la solución buscada de un modo funcional y en un ambiente respetuoso que favorezca al libre juego de las ideas y valore las opiniones disidentes, con un tratamiento semejante al trabajo científico de investigadores noveles dirigidos por un director experimentado, en un proceso que tienda permanentemente al logro de la autonomía de los estudiantes (Cudmani 1991).

La solución del problema se entiende como un proyecto de acción, o un programa de investigación. Una vez formuladas la hipótesis y supuestos necesarios

será necesario controlar su validez y diseñar las estrategias experimentales conducentes a la solución.

Todo este proceso implica

* La necesidad de profundizar la conceptualización de leyes y principios físicos.

* La adquisición de técnicas experimentales, tanto para la recolección de datos como para su procesamiento.

* El uso de criterios científicos de validación para controlar los resultados, tanto desde el punto de vista de su coherencia interna, como de su consistencia con otros cuerpos de conocimientos aceptados (compatibilidad con teorías bien confirmadas, con observaciones y experimentos bien controlados, etc.).

Análisis evaluativo. Conclusiones

La propuesta que se describe en los párrafos anteriores es el resultado de una experiencia de más de veinte años de labor docente, guiada por investigaciones en el área. Si bien permanentemente se fueron incorporando elementos y reelaborando estrategias, los presupuestos iniciales -basar el aprendizaje de la Física en la resolución de problemás, aproximándose todo lo posible a los modos científicos de proceder- se mantuvieron como ejes vertebradores de la labor docente. Los resultados de la evaluación permanente apuntaban en ese sentido.

En particular, una propuesta en esta línea, centrada en trabajos de laboratorio, fue exhaustivamente analizada y evaluada sistemáticamente en una tesis doctoral (Salinas 1994) realizada y codirigida por docentes de nuestro equipo de trabajo.

Los resultados parecen mostrar que no solo es posible plantear el aprendizaje *“como tratamiento de situaciones problemáticas de interés para los alumnos, abordadas con estrategias coherentes con un tratamiento científico de las cuestiones”* sino que esta dinámica es positivamente valorizada por docentes y estudiantes.

En este párrafo nos proponemos destacar sin embargo algunos aspectos que consideramos más importantes para la transferencia de resultados.

Además de las dificultades más conocidas y a las que ya hicimos referencia, que plantea la reestructuración en el ámbito de las concepciones, esta dinámica pone claramente de manifiesto los problemás de aprendizaje vinculados con aspectos procedimentales, quizás como consecuencia de los malos hábitos que los estudiantes tienen ya internalizados. Acostumbrados a recibir

“adiestramiento” en la adquisición de hábitos no reflexivos (Cudmani et al 1981), con los cuales se aseguraba la aprobación de sus evaluaciones, se resiste a aceptar este proceso más lento y profundo. En particular, etapas como la delimitación del problema, la selección del modelo, la planificación de la experiencia, el análisis crítico de sus resultados le exigen un intenso trabajo intelectual de alto nivel para el que no está preparado ni acostumbrado.

Los estudiantes sienten que cuando piensan *“pierden el tiempo”*. Quieren *“hacer”*: *“medir”*, *“calcular”*, *“graficar”* sin profundizar en el cómo ni en el por qué ni en el para qué. Sin embargo, un trabajo guiado de reflexión grupal permite superar estas situaciones.

El problema no es sólo de hábitos sino también de comprensión del significado de términos referidos a operaciones intelectuales. En general el estudiante sabe qué se espera de él cuando debe *“integrar”* o *“calcular el gradiente”*. No pasa lo mismo cuando necesita *“analizar”*, *“comparar”*, *“sintetizar”*, *“establecer analogías”*. Aparecen confusiones triviales tales como no poder diferenciar entre *“resumir y sintetizar”*, o entre *“inducir y deducir”*, comparar métodos se reduce a describirlos, etc.

Se ve claramente la necesidad de reestructurar el significado de estas operaciones dentro de la connotación que ellas tienen en el contexto de la ciencia.

Si bien en el plano de lo procedimental se logran finalmente buenos niveles de respuestas, el proceso lleva tiempo y está muy ligado al campo actitudinal.

Es necesario ir avanzando desde la mera aceptación de la situación problemática hasta el compromiso que surge de motivaciones intrínsecas.

Para favorecer este proceso es necesario dosificar el grado de participación del docente guía. Así, partimos de planificaciones bastante estructuradas para ir retirando cada vez más la guía, favoreciendo la producción autónoma. Por cierto que la planificación nunca es rígida, ella debe ser flexible a fin de que esté al servicio de los objetivos propuestos.

Podríamos caracterizar tres categorías de actividades [Cudmani et al 1996] que se generan en la resolución de problemás:

a) **Actividades de iniciación:** generan la motivación, sensibilizan sobre el tema, proporcionan un hilo conductor a la tarea y frecuentemente explicitan y sacan a luz las preconcepciones y modelos alternativos.

b) **Actividades de desarrollo:** Apuntan a la construcción y manejo significativo de los conceptos y

a la familiarización con los aspectos claves del trabajo científico a desarrollar en el abordaje de situaciones problemáticas (formulación de un problema, emisión y fundamentación de hipótesis, manejo bibliográfico, análisis e interpretación de resultados, etc.)

c) **Actividades de síntesis**: abarcan la elaboración de síntesis finales, referencias al hilo conductor del tema, evaluación del aprendizaje alcanzado, explicitación de nuevos problemás,

Por razones de brevedad no es posible incluir en este trabajo los ejemplos de estas situaciones -pero muchos de ellos están descriptos en publicaciones de estos últimos años (Pesa et al 1993, Jaen et al 1991, Cudmani et al 1988, Cudmani et al 1996, Salinas 1994.. .)

Uno de los aspectos que nos preocupó durante algún tiempo fue el temor que este trabajo en profundidad nos condujera, al cabo de los dos años en que se enmarca el estudio de la Física básica, a que quedaran sin cubrir áreas importantes de contenidos. Aceptamos inicialmente ese costo en aras de los otros logros que esperábamos alcanzar pero nos propusimos controlar durante varios períodos qué ocurría con los ámbitos abarcados.

El resultado fue muy alentador -la profundización en la resolución de problemás, al llevar a la necesidad de controlar supuestos, analizar métodos alternativos, evaluar resultados, -hacia imprescindible elaborar y reestructurar conocimientos conceptuales en los más diversos temás. Los programás clásicos de contenidos se cubrían, así, en más de un 90% de temás.

Algo similar ocurrió con los tiempos de aprendizaje. Inicialmente el proceso de avance, de acuerdo a los cánones evaluativos tradicionales, es lento y penoso, pero se acelera rápidamente y los logros finales son satisfactorios.

Es necesario destacar que esta forma de trabajar con nuestros alumnos hizo necesario elevar en gran medida los niveles de preparación de los docente involucrados.

Es mucho más simple y requiere menos formación e información, guiar a los alumnos en la resolución de los problemás tradicionales, cerrados, estereotipados, por caminos bien conocidos por nosotros. Aceptar las preguntas y cuestionamientos en situaciones abiertas, cuyas soluciones no conocemos de antemano requiere del docente no solo una mayor capacitación sino una buena dosis de humildad para aceptar esta pérdida de "control" y de "poder" que requiere seguridad y madurez, no siempre fáciles de alcanzar. La formación docente es una tarea permanente, sería y preocupante

que no puede descuidarse ni darse por concluida o acabada.

Nuestro aprendizaje en esta difícil tarea también se mide, como en el aprendizaje de los alumnos, *más por el número de problemás que somos capaces de plantearnos que por el de los que podemos resolver.*

Referencias Bibliograficas

- * AIKENHEAD G.S., 1992, How to teach the epistemology and sociology of science in a historical context, *Proceedings of the Second International Conference on History and Philosophy of Science in Science Education* (Toronto, Ontario, Canadá, may 1992), Vol. I, 23-34.
- * AUSUBEL D., NOVACK J. D., HENESIAN D., 1978, *Education Psychology: a cognitive view* Ed. Holt Reinhart and Weston N. Y.
- * BACHELARD G., 1972, *La Formación del espíritu científico*. De. Siglo XXI. Bs. Aires.
- * BODNER G. M., MC MILLEN T. L. B., 1986, "Cognitiva restructuring as an aerly stage in solv. prob.". *Jom of Res in Science Teach* **23**(8) 727-737.
- * CABRAL da COSTA S., MOREIRA M. A., 1995, Resolución de problemás Y. diferencias entre novatos e especialistas. Memorias de REF IX. Salta, setiembre 1995. Argentina.
- * CLEMENT J., 1988, *Observed Methodes for Generating Analogics in Scientif Prob. Sol..* *Cognitiv Science* (12). 563-586.
- * CLEMENT J., 1989, "Learning via Model Construction an Crit.. " *Hand book of ceativity.* p 341-381. New York. Plenum (cap. 20).
- * CLEMENT J., 1982, "Student preconceptions in introductory Mechanics". *Au J. Phys* **50**(1) pp 66-71.
- * CUDMANI L. C. de, 1992, Importancia del contexto en la conceptualización científica: implicancia para el aprendizaje. Serie Investigación y desarrollo. Revista de la Facultad e Ciencias Exactas y Tecnología CET, Noviembre.
- * CUDMANI L. C. de, FONTDEVILLA P., 1990, concepciones previas en el aprendizaje significativo del electromagnetismo, *Revista de Enseñanza de la Física.* Vol. 1 (1).
- * CUDMANI L. C. de, LEWIN A. M. F. de, 1984, La epistemología y la Historia de la Física en la

- Formación de los licenciados en Física, Memorias de REF IV, Tucumán, Argentina.
- * CUDMANI L. C. de, SALINAS J., 1991, Modelo y realidad. Importancia de la exactitud en Física Implicancias para el aprendizaje. Caderno Catarinense de Ensino de Física, **8 (3)**.
 - * CUDMANI L. C. de, PESA M., 1990, El histograma, una herramienta de aprendizaje constructivista, Caderno Catarinense de Ensino de Física, Vol. **12**.
 - * CUDMANI L. C. de, PESA M., 1995, La integración de saberes en la formación de formadores en física, enviado a publicación.
 - * CUDMANI L. C. de, LOZANO S. R. de, LEWIN A. M. de, 1981, El problema de aplicación como instrumento de aprendizaje operativo, Revista Brasileira de Física, **11(1)**.
 - * CUDMANI L. C. de, SALINAS J., PESA M., 1991, La generación autónoma de "Conflictos cognitivos" para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la Física, Enseñanza de las ciencias, **9 (3)**, 237-242.
 - * CUDMANI L. C. de, SALINAS J., PESA M., 1994, El aprendizaje, ¿implica sólo un cambio conceptual? Memorias del II Simposio de Investigadores en Educación en la Física, Buenos Aires.
 - * CUDMANI L. C. de, SALINAS J., JAEN M., 1991, Relación entre modelo y realidad en la Enseñanza de la Física, Congreso de Epistemología, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
 - * CUDMANI L., PESA M., SALINAS J., 1996, "Propuesta de un curso de optica para carrera de profesores de Física dentro del marco del Proyecto PUFFAL", Rev. Bras. de Ens. de Fís. Vol. **18** nº 1 março 1996.
 - * CUDMANI L. C. de, PESA M., SALINAS J., 1996, Un modelo integrador para el aprendizaje de las Ciencias. Enviado a Revista de Investigación en Enseñanza de la Física - Porto Alegre. Brasil.
 - * DRIVER R., OLDHAM V., 1986, "A constructivist approach to Curriculum development in Science" Stud in Science Educ. **13** (1986) 105-122.
 - * DRIVER R., 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de la Ciencia. **4(1)** 3-15.
 - * DRIVER R. 1989, "Student's conceptions and the Learning of science". Int. Journ. of Scien. Ed. **11** 481-4990.
 - * DUSCHL R., 1995, Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante cambio conceptual, Enseñanza de las Ciencias, **13(1)**.
 - * GARRET R. M., 1987, "Issues in Science Education: problem solving, creatintg and originality" Int. Jour. Sci. Educ. Vol. **9(2)**. pp 125-138.
 - * GIL PEREZ D., CARRASCOSA J., FURIO C., MARTINEZ TORREGROSA J., 1991, La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria, (Ed. ICE-HORSORI: Barcelona).
 - * GIL PEREZ D., TORREGROSA J., 1988, "El fracaso en la resolución de problemás en Física: ..." Ens. de las Ciencias **6(2)** pp 131-146.
 - * GIL PEREZ D., TORREGROSA J., 1984, Problem Solving en Physics... Research on Phys. Educ. Edition du CNRS. París.
 - * HALBWACHS F., 1985, "La Física del profesor entre la Física del físico y la Física del alumno". Rev. de Ens. de la Física. **1(2)** 77-89. Rosario, Argentina.
 - * HELLER, HOLLABANGH, 1992, "Teaching Problem solving though cooperative group" Am. Journal. Vol. **60** p 637.
 - * HAYES J. R. . 1981, "The complet problem solver" The Franklin Inst. Prevs. Philadelphia.
 - * HEWSON P. W., THORLEY R., 1989, The condition of conceptual change in the classroom, International Journal of Science Education, **11(5)**, 541-553.
 - * HODSON D., 1988, Towards a philosophical more valid science curriculum, Science Education, **72(1)**, 19-40.
 - * HODSON D., 1992, In search of a meaningfull relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education, International Journal of Science Education, **14(5)**, 541-562.
 - * HODSON D., 1993, Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science, Studies in Science Education, **22**, 85-142.
 - * HODSON D., 1986, "Filosofía de la Ciencia y Educación científica. "Constructivismo y enseñanza de las Ciencias", compilada por Porlam, García y Caffal. Sevilla 1986.
 - * JAEN M., CUDMANI L., COLOMBO E., 1991, "Optica Física básica: cap introductorio..." Cart. cat. de Ens. de Fis. Vol **8(3)** Cudmani et al.

- 1988.
- * LARKIN J. H., REIF F., 1979, "Unders tanking and Teaching Problem solving in Physics" Europ. J. of Sci. Ed.
 - * LARKIN J., MC DEMOTT, et all 1980, 1-191-203 "Models of competence in solving physics problems". Cognitive Science 4-317-345.
 - * LAKATOS Y., 1983, La metodología de los programas de investigación científica, (Alianza Editorial, Madrid).
 - * MESTRE R. DUFRESNE J., et all, 1988, Promoting Expert-like Behavior Among Beginning Physics Students. Paper submitted to the Americ. Jour. of Phys.
 - * LOCHHEAD J., WHIMBEY A., 1987, Teaching Analytical Reasoning Through Thinking Aloud Pair Problem Solving". Developing criticals Thinking and problem solving abilities..." n. 30. San Francisco C. A. p 73-92.
 - * NIEDERER H., SHECKER H., 1991, Towards an explicit description of cognitive system for research in physics learning. Procc. of an Int Work shop in Physics Learning - Bremen, Germany.
 - * PESA M., CUDMANI L., SALINAS J. (1993), Transferencia de resultados de la investigación educativa al ap. de la óptica. Rev. Brasileira de Ensino de Física. Vol. 15 n. 1 a 4 p 42-52.
 - * PESA M., CUDMANI L., BRAVO S., 1995a, Formas de razonamiento asociadas a los sistemas pre-conceptuales sobre naturaleza y propagación de la luz" aceptado para publicación en el Caderno Catarinense de Ensino Física-Brasil.
 - * PESA M., CUDMANI L. C. de, SALINAS J., 1993, Transferencia de resultados de la Investigación Educativa al aprendizaje de la optica, Revista Brasileira de Ensino de Física, 15 n. 4.
 - * PERALES PALACIOS F. J., 1993, La resolución de problemás: una revision estructurada". Ens. de las Ciencias. 11(2) 170-178.
 - * PESA M., CUDMANI L., 1993, " Paralelismo entre los modelos científicos e históricos en la óptica:" Cad. Cat. Ens. Fís. Vol. 10, pp 128-136.
 - * PIAGET J., 1972, *Introducción a la epistemología genética*. Ed. Emece. Buenos Aires.
 - * PIAGET J., GARCIA, R., 1982, *Psicogénesis e Historia de la Ciencia*. Ed. Siglo XXI. Buenos Aires.
 - * POZO J. Y., 1989, *Teorías cognitivas del aprendizaje* Ediciones Morta (1989), Madrid. pp 229-230.
 - * PIAGET J., 1936, "La naissance de l'intelligence chez l'enfant" Delachaux y Niestlé- Neuchatel.
 - * POSTMAN N., WEINGARTNER L., 1971, "Teaching as a subversive activity", Hammonds worth Peng... p.90.
 - * QUIROGA A., 1985, *Matrices de Aprendizaje. Constitución del sujeto en proceso de conocimiento*. Ediciones Cinco. Buenos Aires.
 - * ROWELL J. A., DAWSON C. J., LYNDON H., 1990, "Changing Mis conceptions: A challeng to science educations". Proceeding of First Int. Conference Tallahasee. Florida State University, p 102-110.
 - * SALINAS J., 1994a, Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios, Tesis Doctoral, Universitat de Valencia, España.
 - * SALINAS J., CUDMANI L. C. de, 1994 a, Los desencuentros entre método y contenidos científicos en la formación de los profesores de física, Revista de enseñanza de la Física, 7 (1), 25-32.
 - * SALINAS J., CUDMANI L. C. de, 1994 b, Concepciones epistemológicas de estudiantes de ciclo básicos de carreras de ingeniería, Memorias del Segundo Simposio de Investigación en Educación en Física (Buenos Aires).
 - * SALINAS J., CUDMANI L. C. de, JAEN M., 1995, Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas, Revista Brasileira de Ensino de Física, 17 (1), 55-61.
 - * SALINAS J., CUDMANI L. C. de, PESA M., 1993, Modos espontáneos de razonar: un análisis de su incidencia sobre el aprendizaje del conocimiento físico a nivel universitario básico, *Memorias de la Octava Reunión Nacional de Educación en la Física* (Rosario, Argentina), 321-338.
 - * SALINAS J., 1994, "Las prácticas de Física básica en laboratorios universitarios". Tesis doctoral. Universidad de Valencia, España.
 - * SEROUSSI, D. E., 1995, Heuristic Hypotheses in Problem Solving: ... " 1995 Scien. Educ. 79(6) 595-609.
 - * SCHWAB J. J., 1968, Problemás tópicos y puntos en discusión, en *La educación v la estructura del conocimiento* (complicación de S. Elam) (Ed. El ateneo, Buenos Aires).
 - * SCOTT H., ASOKO H. M., DRIVER R. H., 1991, "Teaching for conceptual change: a serview of

Strategies". Research in Phys. Learning: Theoretical issues and Empirical Studies. Proceedings Int. Workshop. University of Bremen.

- * TIBERGHIE A., DELACOTE G., 1976, Manipulation et representations de circuits électriques simples par des enfants "Revue Française de Pédagogie" 34-32-34. Preconceptos en óptica-Física.
- * VIENNOT L., 1985, Analyzing students' reasoning: tendencies in interpretation, American Journal of Phys., **53**, pág. 432-436.
- * VIENNOT L., 1979, "Spontaneous reasoning in elementary dynamics". Ens. Journ. of Sc. Educ. EEW.
- * VIENNOT L., 1985, "Analyzing student's reasoning: ... Tendencies in interpretation" Am. J. Phys. **53(5)**.
- * VIGOTSKY L. S., 1989, *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores* (Ed. Crítica, Barcelona).
- * VILLANI A., 1992, conceptual change in science and science education, Science Education, **76(2)**, 223-237.
- * WHITE T. R., GUNSTONE F. R., 1989, Meta-learning and conceptual change, International Journal of Science Education, **11**, 577-586.