

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN NIVEL MEDIO: UN CAMBIO COGNITIVO Y SOCIAL

(Problem solving at secondary school level: a cognitive and social change)

Consuelo Escudero¹

I.I.E.C.E. - F.F.H.A.

Universidad Nacional de San Juan

Av. J.I. de la Roza 230 (Oeste)

5400 - San Juan.

Sonia González de Flores

Colegio "Profesor Froilán Ferrero"

Furque y Picón. 5427 - Va. Aberastain, San Juan

Departamento de Física y de Química -F.F.H.A

Universidad Nacional de San Juan

Av. J.I. de la Roza 230 (Oeste)

5400 - San Juan.

Resumen

El presente trabajo muestra nuestros primeros estudios sobre la resolución de problemas en alumnos de nivel secundario con bajos rendimientos desde una integración de dos significaciones de la concepción constructivista: a) la construcción del significado y el papel del contenido y b) la integración de lo individual y lo social. En las clases de resolución de problemas en 3er año (15 años) aparecen signos de operacionalización muy elementales, mientras las fórmulas sólo aparecen cuando hay un cierto grado de escolarización. El escaso significado de la igualdad y su representación simbólica constituye otro núcleo importante de dificultad detectado en esta investigación. Estos análisis y su interpretación se usan para algunas sugerencias educacionales.

Palabras claves: resolución de problemas; cambio cognitivo y social; aprendizaje significativo.

Abstract

This paper reports our first studies on problem solving at secondary school level, with low performance students, under the framework of the integration of two meanings of the constructivist conception: a) the construction of meaning and content's role, and b) the integration of individual and social aspects. In classroom problem solving in 3rd year (15 years old) just very elementary signs of operationalism were observed; the use of formulae appeared only when students had a certain level of content mastery. The limited meaning students assign to the equality sign and its symbolical representation constitutes another important nucleus of difficulty detected in this research. This analysis and its interpretation are used for some educational suggestions. **Key-words:** problem solving; cognitive and social change; meaningful learning.

Introducción

La resolución de problemas es un tema clásico en investigación en enseñanza de la Física junto con el aprendizaje de conceptos y la enseñanza de laboratorio. Esto se debe tanto

¹ Becaria de CONICET, Argentina.

a la importancia que se le da a la resolución de problemas en el aprendizaje de las ciencias, como a la constatación del fracaso generalizado de los estudiantes en esta tarea. Es muy conocida por los docentes las dificultades que acarrea a no pocos alumnos esta actividad, principalmente en los cursos introductorios de Física.

La literatura sobre resolución de problemas ha mostrado esencialmente dos orientaciones teóricas tradicionales: la asociada a la observación de cómo resuelven los "expertos" y la que podríamos llamar "orientación algorítmica". La primera ha estado dedicada a comparar el modo de actuar de expertos y principiantes al resolver problemas científicos (Larkin y Reif, 1979; Finegol y Mass, 1985; citados en Gil Pérez et al, 1988; Reif, 1981; Mestre, 1991; Mestre y Touger, 1989) con el objeto de establecer las características de una buena resolución y extraer recomendaciones útiles para los alumnos.

La segunda orientación teórica se encuentra explicitada en los trabajos de Mettes et al (1980, 1981) y Van Weeren et al (1981; citados en Gil Pérez et al, 1988), quienes apoyándose en las ideas de Galperin, Talyzina y Landa sobre la formación de las acciones mentales "etapa por etapa", pretenden explícitamente transformar los problemas en situaciones standard, que puedan resolverse mediante "operaciones rutinarias" (Gil Pérez et al, 1988).

Más recientemente ha aparecido una tercera perspectiva en investigación en resolución de problemas que pone el énfasis sobre el estudio de eventos "ocurridos naturalmente" en la escuela, en lugar de mirar los procesos intrapsicológicos individuales de cognición. Mientras en las dos primeras, la resolución de problemas se considera una actividad en las mentes de los estudiantes (o expertos), una función cognitiva individual, aislada del contexto socio-cultural donde se desarrolla dicha actividad; en la mediación socio-cultural (Nespor, 1990; Contreras, 1992) la resolución de problemas se considera una actividad "repartida" o "distribuida" en la que el conocimiento es mutuamente construido por los participantes en tal actividad. Desde esta perspectiva el conocimiento se sitúa "en parte como un producto de la actividad, del contexto y de la cultura en el que se desarrolla y se usa" (Brown et al, 1989; como se cita en Contreras, 1992).

Algunos trabajos en esta línea describen por ejemplo, cómo los profesores de Física construyen socialmente la resolución de problemas en el ciclo superior de la enseñanza media en sus interacciones cotidianas con los estudiantes y materiales curriculares (Contreras, 1992). En este contexto social, aprender "física" en las clases observadas, consiste en copiar conceptos, leyes y principios relacionados con tópicos de Física y memorizar o archivar fórmulas asociadas con esos temas. Esas fórmulas eventualmente se convierten en el camino para pasar exámenes finales, dado que frecuentemente las evaluaciones se organizan alrededor de un conjunto de problemas numéricos similares a los previamente resueltos en clase. La consecuencia de esa alienante práctica es que la clase de Física se percibe como un ambiente para hablar acerca de las fórmulas necesarias para pasar la materia (Jones y Kirk, 1990; citado en Contreras, 1992).

Nosotros pretendemos avanzar desde este diagnóstico realizado en las aulas y de su subsiguiente reflexión. Hacemos una propuesta partiendo de que el cambio cognitivo es tanto un proceso social como individual y que no se trata de la simple cita de factores individuales y factores sociales como influencias separables en el cambio cognitivo. Pretendemos modestamente ilustrar la importancia de incluir el mundo social en una teoría de cambio cognitivo, en especial en una teoría que aspira a tener consecuencias prácticas para mejorar la educación.

El presente trabajo aún en elaboración ha emprendido el estudio de la resolución de problemas en alumnos de escuela secundaria con bajos rendimientos desde la integración de dos significaciones de la concepción constructivista: a) la construcción del significado y el papel del contenido y b) la integración de lo individual y lo social.

Nuestra principal contribución consiste (al menos lo pretende) en centrarnos en la interacción educativa como el lugar propio de la actividad constructiva que constituye el cambio cognitivo. Esto nos sitúa ante la misma práctica docente.

Metodología

La descripción realizada en este artículo se basa en un año y medio de estudio de la secuencia del programa de Fisicoquímica de 3er año del ciclo básico unificado en dos cursos de un Colegio ubicado en la villa cabecera de un departamento que dista 16 km de la capital de San Juan. Una misma docente se desempeña como profesora en Físicoquímica en los dos terceros años y como coinvestigadora del proyecto.

La pregunta de investigación que nos guió inicialmente estuvo relacionada con la naturaleza de la resolución de problemas en el nivel medio, específicamente en 3er año, usando una herramienta como la "V" de Gowin para ayudar a los alumnos a realizar un análisis epistemológico de los enunciados de los mismos.

A poco nos dimos cuenta que una condición necesaria para una resolución "significativa" era trabajar lo conceptual. Así cuando comenzó el ciclo lectivo ya comenzamos con ese énfasis. Su bajo conocimiento en herramientas matemáticas fue otro gran obstáculo. Pensamos en que podría ser útil intentar trabajar un poco con algo más puramente metodológico (geometría en este caso). Allí encontramos dificultades muy elementales y a la vez profundas. En nuestras primeras preguntas pensábamos que la resolución de problemas era muy mecanicista, simplemente aplicación de fórmulas y al introducirnos en la realidad del aula e intentar conceptualizar a partir de ella encontramos que los alumnos estaban en una etapa anterior. Todavía no operaban ciegamente con fórmulas. Nuestras preguntas fueron enriqueciéndose a lo largo del trabajo.

Se han registrado una variedad de datos a través del uso de observación participante y notas de campo, de entrevistas formales e informales con los participantes y de documentos (evaluaciones, mapas conceptuales de los estudiantes, etc.).

La descripción sobre la que se basa este trabajo, se deriva de 30 observaciones de clases. En cada sección registrada (de 80 min. de duración) se puso énfasis en cómo se organiza la materia a sí misma durante "la clase de fisicoquímica" y no en cómo el contenido se secuencia en el programa "oficial" o en los libros de texto. Las notas de campo contienen, en cambio, información específica acerca de temas reinterpretados (ampliados o suprimidos) así como lo que menciona el profesor durante el desarrollo de un tópico, incluyendo laboratorio y resolución de problemas, evaluaciones y tareas para la casa. Finalmente las notas de campo muestran reflexiones analíticas, teóricas y metodológicas del docente y del investigador y memos acerca de los acontecimientos observados y su pertinencia con las preguntas claves de la investigación y patrones emergentes, así como su interpretación.

Para reconstruir patrones de resolución de problemas en los ambientes observados, el investigador infirió rigurosamente desde descripciones detalladas de prácticas actuales en

resolución de problemas y desde la interpretación de una pequeña muestra de registros comportamentales.

El énfasis se puso en el flujo lógico del contenido establecido, su relación con el contenido previo y sobre la dinámica social de las actividades de resolución. Los datos recogidos a través de este proceso guían eventualmente al establecimiento de afirmaciones empíricas soportadas por "historias naturales" generales y detalladas (Erickson, 1982) o viñetas sobre actividades de resolución de problemas.

Siendo la resolución de problemas uno de los campos con mayores dificultades en la enseñanza de las ciencias y sin pretender agotar este asunto es que al comenzar esta investigación nos propusimos el siguiente enfoque para la resolución de problemas en el aula de nivel medio:

- ? Enfatizar la ocurrencia de aprendizaje significativo en el aula. En este caso en vez de simplemente intentar almacenar mecánicamente nuevos conocimientos se procuraría analizar la estructura de un problema a fin de relacionarlo significativamente con los conocimientos que ya posee. La idea que subyace es que los problemas tengan significado para el alumno. No se desprecia la memoria, sino que se avance un poco más.
- ? Proveer una herramienta, una "V de Gowin" simplificada, para ayudar al análisis epistemológico del enunciado de problemas en Física, es decir, para ayudar al alumno a comprender lo que es en esencia un problema. Por análisis epistemológico vamos a entender el examen de interrelación entre el dominio conceptual (conceptos, sistemas conceptuales, principios, teorías, ...) y el dominio metodológico (registros, transformaciones, afirmaciones de conocimiento y de valor, ...) implícito en un problema. Se lo entrenaría en este tipo de análisis como una manera de proveerle una "muleta" que lo auxilie en el análisis de situaciones problemáticas.
- ? Promover el corrimiento del aprendizaje escolar hacia el aprendizaje significativo a través de una tendencia en el aula hacia la resolución de una mayor proporción de problemas que de ejercicios.
- ? Enfatizar la integración entre la teoría y la práctica, "lo conocido" y "lo desconocido"; "el pensar" y "el hacer" como ayuda para reorganizar significados.
- ? Usar como punto de partida las actitudes hacia la resolución de problemas con que los alumnos llegan al aula. Promover la concientización/verbalización de esas actitudes por parte del alumno. Promover actitudes científicas y positivas hacia su resolución cuando esto fuese potencialmente significativo para los alumnos.
- ? Hincapié en el valor de las situaciones problemáticas propuestas que pueden relacionarse con el conocimiento mismo, su utilidad, lo social, lo económico, lo moral, lo tecnológico, etc.
- ? La evaluación coherente con el proceso constructivo de enseñanza y aprendizaje.
- ? Considerar que cuando interactúan personas con diferentes metas, papeles, recursos, las diferencias de interpretación proporcionan ocasiones para la construcción de nuevos conocimientos. Los cambios tienen lugar en interacciones socialmente mediadas.

Poco antes de la mitad del ciclo tuvimos que cambiar nuestra propuesta. No se aplicó explícitamente la "V" de Gowin a la resolución de problemas en el aula. Se pensó que iba a ser un "requisito" más para los alumnos. Ya el énfasis en lo conceptual y en algunos aspectos metodológicos eran bastantes exigencias. El "sistema" no estaba habituado a pensar,

representaba un esfuerzo muy grande para tan poco tiempo. Por ahora es como que la "V" de Gowin había quedado en el docente (en su mente) usándose para el diseño de otras actividades que permitiesen elevar a esos estudiantes hacia la misma (puentes) y esperando una mejor oportunidad.

En este informe sólo analizamos las observaciones realizadas en los cursos hasta la mitad del año lectivo 1993. Pero esto no ha sido un obstáculo para intentar construir algunas "categorías" de análisis emergentes en las clases de resolución de problemas.

Marco teórico

La resolución de problemas se describe en este artículo desde un lugar que intenta mostrar una relación y/o integración entre dos significaciones actuales de la concepción constructivista. De aquella que parte de la idea que la educación es un conjunto de experiencias (cognitivas, afectivas y psicomotoras) que contribuyen al "engrandecimiento" del individuo, de la cual la teoría del aprendizaje significativo es parte integrante (Novak, 1977; Ausubel et al, 1976; Gowin, 1981; Moreira, 1992, 1993) y de aquella otra que propone la integración de lo social y lo individual (Vy gotsky, 1978; Wertsch, 1985; Newman et al, 1991; Erickson, 1982; Contreras, 1992).

Partimos de que el cambio cognitivo es tanto un proceso social como individual. El "cambio cognitivo" caracteriza a un proceso que supone una interacción dialéctica entre el mundo social y el cambio individual. Una diferencia importante (con otros enfoques) estriba en que el individuo no es la única unidad de análisis.

Aquí intentamos una síntesis e integración de estos enfoques con algunas ideas, además con el convencimiento de que la síntesis que pretendemos se encuentra todavía en vías de realización.

Novak tiene una propuesta más amplia en la que la teoría del aprendizaje significativo es parte integrante. Partiendo de la idea de que la educación es un conjunto de experiencias (cognitivas, afectivas y psicomotoras) que contribuyen al "engrandecimiento" del individuo para lidiar con la vida diaria, él llega a lo que llama una teoría de la educación (Novak, 1977).

La premisa básica de la teoría de Novak es que los seres humanos hacen tres cosas: pensar, sentir y actuar (hacer). Cualquier acontecimiento educativo es entonces una acción para cambiar significados (pensar) y sentimientos entre el alumno y el profesor.

El enfoque sociohistórico de Vygotsky tiene para nosotros gran interés, en relación con el aprendizaje, puesto que trata el medio social en forma privilegiada como parte integrante del proceso de cambio cognitivo en vez de considerarlo como una fuerza no analizada que influye sobre el organismo individual.

De acuerdo a Vygotsky para comprender al individuo, primero se deben comprender las relaciones sociales en las que está inmerso. En este sentido la teoría de Vygotsky representa la perspectiva social del aprendizaje y desde esta perspectiva, el aprendizaje individual es el "casamiento" de las interacciones sociales en que una persona está inmersa. Vygotsky explica así esta relación:

"Cualquier función, presente en el desarrollo cultural del niño aparece dos veces o en dos planos distintos. En primer lugar aparece en el plano social, para hacerlo, luego, en el

plano psicológico. En principio aparece entre las personas y como una categoría interpsicológica, y luego dentro del niño como una categoría intrapsicológica. Esto es igualmente cierto respecto de la atención voluntaria, la memoria lógica, la formación de conceptos y el desarrollo de la voluntad." (Wertsch, 1985).

Así una característica fundamental de la teoría de Vygotsky consiste en la integración de lo "interno" y lo "externo". Trata de la relación dialéctica entre lo interpsicológico y lo intrapsicológico y las transformaciones de un polo a otro. La cultura exterioriza la mente en sus herramientas, como el lenguaje escrito y las instituciones sociales. El cambio cognitivo lleva consigo las interiorizaciones y las transformaciones de las relaciones sociales en las que están envueltos los niños, incluidas las herramientas culturales que median las interacciones entre las personas y entre éstas y el mundo físico.

Una idea importante desde el punto de vista educativo consiste en que las habilidades se practican y las comprensiones se alcanzan en la interacción con los demás antes que los niños puedan hacerlo por sí mismos. Este es el fundamento del concepto de zona de desarrollo próximo de Vygotsky, quien definía la zona como la diferencia entre el nivel de dificultad de los problemas que el niño puede afrontar de manera independiente y el de los que pudiera resolver con ayuda de los adultos (Vygotsky, 1978).

El concepto de zona de desarrollo próximo se desarrolló en el seno de una teoría que da por supuesto que las funciones psicológicas más elevadas, característicamente humanas, tienen orígenes socioculturales. La interacción mediada por la cultura, entre las personas que se hallan en la zona se exterioriza convirtiéndose en una nueva función del individuo. Es decir, que lo interpsicológico se convierte en intrapsicológico. En la interacción educativa, el análisis del profesor "se apropia de" (adopta y hace uso de) las acciones del niño dentro de un sistema más amplio.

De acuerdo con la formulación teórica de Vygotsky, la realización de las tareas comenzaría a darse en la interacción entre experto y novato (alumno-alumno, docente-alumno, etc.). Gowin (1981) considera que un episodio de enseñanza-aprendizaje se caracteriza por compartir significados entre profesor y alumno al respecto de conocimientos viabilizados por materiales educativos del currículum. En ambas teorías se destaca la importancia de la interacción que existe en el acto educativo.

Entendemos que el alumno no sólo carece al principio de las destrezas necesarias para desarrollar la tarea independientemente, sino que - lo que es más importante - no comprende el objetivo. Con el fin de que se produzca el desarrollo, el experto debe asegurarse de que la tarea aparezca en la interacción entre el profesor y el alumno. Una consecuencia práctica que puede desprenderse de esto es fundamental: la relevancia del trabajo pedagógico del profesor.

Desde esta perspectiva social podemos examinar la organización escolar en la clase como una actividad compartida por profesores y estudiantes, conduciendo a una comprensión común.

En lo que sigue, primero describiremos el ambiente general donde se realizó el estudio, pintando el contexto sociocultural de la clase como un collage de piezas diferentes de eventos seguido por un estudio detallado de la resolución de problemas.

Los ambientes

Este estudio se realizó en una escuela secundaria del Gran San Juan cuya modalidad es bachiller. Una misma profesora enseña Fisicoquímica en los dos 3° años del turno mañana. Las edades de los estudiantes oscilan entre 14 y 16 años.

El Colegio posee su propio edificio, es cómodo y sus aulas son amplias. Aún no se construyen los laboratorios pero hay un salón en el que se pueden realizar algunas experiencias. La zona se caracteriza por su tranquilidad, resulta propicia para el funcionamiento de este centro cultural que es la escuela.

Los alumnos tienen bastante espacio para desplazarse y el entorno geográfico es muy agradable. En general no se producen incidentes que se destaquen por problemas disciplinarios. Existe una relación muy cordial entre el alumnado y el personal docente y no docente.

En 3° 1ª el idioma que se dicta es inglés y en 3° 2ª es francés. Siendo el primero de todos los años más numeroso que el segundo dadas las preferencias del alumnado. Los grupos son bastante uniformes en lo relativo a edad e intereses. Pero existe un desnivel en cuanto a: capacidad económica, medios de comunicación, servicios y rendimiento escolar. Los alumnos de 3° 1ª tienen acceso a mejores servicios que influyen en la información que diariamente reciben.

Habiendo detectado que los alumnos de 3° 2ª tienen mayor necesidad de apoyo para desarrollar sus capacidades, lo elegimos para aplicar el proyecto, aun que en ambos fueron observados y entrevistados sus integrantes. El otro curso quedó como testigo de la experiencia.

La visión de la profesora del grupo de 3° 2ª

El grupo elegido se caracteriza por tener un fuerte componente afectivo que los cohesionan y los hace actuar en forma colectiva frente a cada decisión. A comienzos del año se manifiestan como un grupo muy dependiente del docente. Los caracteriza la inmovilidad y cierta apatía ante las propuestas que se les van planteando. Al principio no cuestionan los mapas conceptuales. Después sí. Aceptan en forma acrítica todas las actividades, aunque reclaman que "...se trabaje tanto..." durante todo el módulo.

Están habituados a dialogar sobre temas de índole personal en algunas asignaturas. En ese aspecto ejercen una presión sutil, aunque persistente. Habituarlos a un ritmo más exigente de trabajo se transformó en una tarea adicional.

Pocos de ellos tienen aspiración de continuar estudios superiores. En general sus expectativas giran en torno a conseguir trabajo al terminar el bachillerato para pensar después en otras alternativas. Por eso reclaman frecuentemente la justificación de los contenidos que se trabajan. "Para qué sirve esto?" se les escucha decir.

Ninguno se destaca en el plano intelectual. Pero sí es importante relevar que hay: tres alumnos que no han alcanzado el nivel de desarrollo esperado, de acuerdo a su edad y un alumno con un comportamiento errático que distrae en cualquier momento a todo el curso con

sus manifestaciones extemporáneas, aunque sus capacidades son normales. El número total de alumnos es de 18, en cambio en 3º 1ª hay 42.

El currículum de Físicoquímica

El currículum de Físicoquímica está estructurado con pocos conceptos que se desarrollan a lo largo de siete unidades didácticas que desarrollan cuatro ejes con ceptuales: A) Impacto socio-económico de las ciencias físicoquímicas y sus aplicaciones tecnológicas; B) Propiedades físicas de materiales y su relación con el modelo atómico y molecular; C) Liberación de energía - reacciones químicas, nucleares y corriente eléctrica - y su aprovechamiento y D) Las moléculas bioquímicas y algunas de sus funciones vitales. En una apretada síntesis podríamos decir que los macro conceptos claves son: materia y energía.

Mientras que las unidades didácticas que propone dicho programa oficial son: 1) Impacto social de la ciencia y la tecnología; 2) Comportamiento molecular de la materia; 3) Naturaleza eléctrica de la materia; 4) Las propiedades de los materiales y los modelos de unión química; 5) Reacciones químicas y liberación de energía; 6) Las moléculas bioquímicas y 7) Energía nuclear.

Físicoquímica es el primer y el último contacto con la resolución de problemas que tienen los alumnos del ciclo básico unificado, antes de elegir especialidad. Esta única oportunidad tendría que ser muy bien aprovechada, al menos en el sentido de no crear un rechazo hacia la misma.

La resolución de problemas en la clase de Físicoquímica

A) Desde el punto de vista de un docente

Entendiendo como problema "aquella" situación nueva cuya resolución exige creatividad, ingenio y algunos conocimientos básicos, los alumnos de 3º año, en su mayoría, no son capaces de elaborar caminos para resolverlos.

No porque no sean capaces de hacerlo, sino simplemente porque la escuela ha ido creando en el alumno límites internos y externos que les impiden trazar propuestas, enunciar hipótesis, contrastar resultados, etc.

Los límites externos están dados por la negativa permanente para que usen libros, apuntes, material de laboratorio, etc. como si los recursos fueran dañinos. Cuando en realidad si cualquier ser humano se enfrenta a un problema, una de sus primeras acciones debe ser la contabilización de medios a su alcance para poder optimizar su empleo.

Los límites internos los ha ido contruyendo a partir de la aplicación continua del sistema de premios y castigos que lleva a pensar al alumno que todo problema (matemático, físico, social, etc.) tiene una sola solución, y que si él no la encuentra, lo que ha hecho está mal.

Este sistema tan perverso puede hacer que los profesores y maestros rechacemos propuestas de gran valor que por no figurar dentro de nuestras concepciones optemos por descartarlas.

Hay diversas propuestas metodológicas originadas en distintas corrientes pedagógicas que tratan de sistematizar la resolución de problemas. Pero quizás sea el punto discutible en la cuestión a abordar. ¿Cómo queremos promover la creatividad si estamos estructurando acciones?

Refiriéndonos estrictamente a los problemas que se pueden plantear en Física y en Química, tenemos que rescatar la importancia de:

- ? Graficar las situaciones . No sólo el gráfico analítico de una velocidad en función del tiempo, sino de la dramatización (quizás caricaturesca) informal.
- ? Describir conceptualmente las situaciones para ubicar la temática. Destacar que cuando se pasa de una situación a otra, hay que tratar de hacerlo de a poco, con una variable por vez.

Para mis alumnos, al trabajar en *Temperatura*, el hecho de expresar una temperatura Celsius en absoluta, representa un problema. ¿Por qué?

1. Porque para ellos sólo existe una escala "la centígrada". Les provoca risa pensar que podemos decir sin lugar a duda que la temperatura de hoy es de 298 k.

Aquí empleo analogías. Por ejemplo: si tengo \$ 10, puedo decir que tengo 100.000 australes, o ... \$ chilenos; de tal forma que el valor sustentado sea el mismo.

2. ¡Porque es la primera vez que una ecuación pueden emplearla como modelo matemático!
Aquí empiezan a tomar sentido físico los símbolos de una ecuación:

$$T = t + 273$$

Esto requiere una amplia explicitación de símbolos y abundantes representaciones.

3. Porque la terminología científica comienza a tomar sentido.

¿Por qué le llamamos centígrada a la escala Celsius? ¿No es centígrada también la absoluta?

4. Porque todavía cuesta el empleo fluido de números enteros.

La experiencia en este tema es muy importante. Modelizamos la graduación del termómetro con una tirita de papel.

5. Porque independientemente del significado que posea la ecuación, todavía les cuesta el "manejo" del signo "=".

Una buena medida es hacer aflorar estas dificultades durante el trabajo en clase. Esto significa ser cuidadoso con la variedad de ejercicios, asumir el control permanente de los

trabajos de clase, interrogar con el vocabulario adecuado, admitir el uso del diccionario sin necesidad de pedir autorización, etc.

B) Desde el punto de vista de un investigador

En estas próximas secciones describiremos con más detalle la aparición en la clase de Físicoquímica de signos de operacionalización muy elementales en alumnos de bajos rendimientos cuando resuelven ejercicios y/o problemas acompañada de una resistencia muy grande ante una propuesta de trabajo no convencional sobre todo al comienzo del año. Algunos de estos signos son los que los participantes llaman "cuentas". Esas "cuentas" en ese contexto pueden estar significando que el ha hecho el planteo de un problema, y si los valores son pequeños hasta las resuelven mentalmente. Mayormente no trabajan con números enteros, en particular con números negativos. El grado de formalización es muy bajo.

Primeramente describiremos un constructo que denominamos "nivel de ayuda" requerido por los alumnos al resolver problemas, derivado del análisis retrospectivo de las notas de campo y de la reflexión y experiencia docente en enseñanza media y básica universitaria. La referencia a una expresión sistemáticamente usada que puede tomar distintas formas tales como: "*Tenemos que sumar*", "*Ahora se resta*", "*Es dividiendo!, no multiplicando*", "*¿se suma o se resta?*" aparece en el con texto sociocultural de la clase de Físicoquímica de los dos cursos observados. Mientras que no aparecieron significativamente las fórmulas. Estas expresiones o similares frecuentemente las usan los participantes en sus interacciones diarias al organizar la clase de resolución de problemas. Es el nivel de ayuda que solicitan y brindan a sus compañeros. Este nivel indicaría la ubicación y la profundidad de sus dificultades, señalándonos una dirección en la que quizás podemos ayudarles a construir, sin dejar de lado tampoco el dominio conceptual.

En segundo lugar presentaremos una narración, extraída de notas de campo que describe cómo esas operaciones se presentan en las acciones y verbalizaciones de los alumnos puestos en la situación de resolver "problemas" en este caso de geometría bajo la denominación de "Una cuenta como planteo de un problema". Al parecer "las cuentas" afloran antes de que los estudiantes trabajen con fórmulas, aunque este "trabajo" sólo se reduzca a un operativismo ciego entre datos, incógnitas y ecuaciones.

Primeras clases en Físicoquímica

Para mostrar las condiciones de los alumnos al comenzar el cursado de Físicoquímica, y en particular las dificultades con que se encuentra el profesor cuando tiene que enseñar a resolver problemas, miremos la siguiente historia acerca de una clase sobre escalas termométricas donde se resuelven unos ejercicios. La viñeta describe una clase en la que estuvieron presentes dieciseis alumnos. La escena tiene lugar inmediatamente después de que el profesor trató de que sus alumnos participaran en "ver" cómo se gradúa la escala de un termómetro y de mencionar la existencia de otras escalas. La primera columna contiene la verbalización de los profesores y de los estudiantes y la segunda muestra las acciones; seguidamente se continúa con una pequeña interpretación de lo que se hizo según el punto de vista del observador.

Transcripción extractada: resolución de ejercicios sobre escalas de temperatura
(P: profesor / E: estudiante / (...): pequeña pausa)

<p>13-P: Lo que tienen que hacer es sólo un pasaje de términos... Vamos a ver si es cierto. Coloquen ejercicio: 1-Transformen las siguientes temperaturas expresadas en °C a la escala absoluta: a) 25°C b) 178°C c) -32°C</p>	<p>Ella menciona el procedimiento a realizar y propone una ejercitación que inmediatamente dicta. Los alumnos la copian en silencio.</p>
<p>14-P: A ver la primera. 15-E: 50? 16-P: ¿Por qué 50? Si tienen $T=t+273$ 17-E: Tenemos que sumar.</p>	<p>La profesora intenta que participen en la resolución y que relacionen su respuesta con la ecuación antes vista. Ella la señala en el pizarrón.</p>
<p>18-P: A ver cuánto les da el segundo valor. 19-E: 451 K. 20-P: ¿Y el tercero? 21-E: 241 K... Como es una temperatura negativa la restamos. 22-P: Ahora hacemos al revés. 23-E: Espere... Me da -241. 24-P: No, queda 241 porque fíjese el número mayor tiene signo positivo</p>	<p>Entre la profesora y algunos alumnos se establece un corto diálogo y aparecen algunas de sus dificultades. Los otros alumnos escuchan. En la tercera temperatura les explica porque no da un valor negativo, marcando en la ecuación.</p>
<p>25-P: Expresen las siguientes temperaturas absolutas en °C. a) 10 K b) 195 K c) 400 K 26-E: ¿Ay, Dios mío, ahora se resta! 27-E: Hay que restarle a 273, eso.</p>	<p>El profesor dicta el segundo ejercicio y al terminar dos estudiantes expresan la necesidad de restar, inclusive al revés.</p>
<p>28-P: Fíjense bien en la formulita... A ver, Vera, pase.</p>	<p>Vera se traslada al pizarrón.</p>
<p>29-P: ¿Cuál es la cantidad que queremos averiguar? 30-Vera: "t". 31-P: Entonces... la tenemos que despejar. 32-Vera: Hay que restar.</p>	<p>La profesora intenta hacer que la alumna trabaje; nuevamente sugiere el nombre del procedimiento. Ella insiste en restar.</p>
<p>33-P: ¿No, nada de restar, hay que hacer pasaje de términos!</p>	<p>Vera escribe en el pizarrón: $t=T-273$</p>
<p>34-P: ¿Si a 273 le restan T, es un problema muy serio! Tendrían que volver a 1º año. Uds. deben usar la técnica que les han enseñado... Muy floja esa Matemática.</p>	<p>La profesora destaca que no es lo mismo hacer "273-T" que "T-273". Vera regresa a su banco.</p>
<p>35-E: Voy a anotar la fórmula para que no me olvide.</p>	<p>Algunos alumnos anotan en sus cuadernos la "nueva" expresión.</p>
<p>36-P: El primero, ¿cuánto da? 37-E: -263°C. 38-P: ¿Y el segundo? ... Hermosilla, ¿cuánto le dio? 39-Hermosilla: 138°C. 40-P: ¿Así de simple? 41-Hermosilla: -138°C 42-P: Ahí sí lleva el signo negativo.</p>	<p>La profesora va preguntando a la clase el resultado de cada una de las transformaciones y controlando los resultados, haciendo notar y analizando las dificultades.</p>
<p>43-P: A ver este ejercicio: En un laboratorio de investigación, un científico midió la temperatura a la cual cierto gas se licúa encontrando un valor muy bajo. ¿Cuál de los siguientes valores puede ser? a)-327°C b)-15 K c) -253°C</p>	<p>La profesora les dicta otro ejercicio más y los alumnos lo copian en sus cuadernos en silencio.</p>
<p>44-E: 15 K es muy mucho. 45-P: Muy mucho qué... 46-E: Está muy cerquita de 0?</p>	<p>Desde sus bancos varios estudiantes van respondiendo.</p>
<p>47-P: A ver. Yo les expliqué recién que en la práctica no se ha llegado al 0 absoluto. Entonces a) y b) no existen. Fíjense dónde tienen el límite las dos escalas.</p>	<p>La profesora procura orientarlos en este caso recordándoles lo dicho. Al final se los resuelve indicándoles con qué tienen que relacionar, hacia dónde tienen que "mirar".</p>
<p>48-P: Ahora con tiempo vamos a decidir la fecha de la evaluación... La semana que viene, el viernes.</p>	

(Notas de campo, 27 de abril de 1993, 3º 2ª)

En este extracto bastante largo sobre resolución de ejercicios al comenzar el año lectivo, el profesor primero dicta lo que acababa de explicar sobre la existencia de varias escalas termométricas, principalmente Celsius y Kelvin (1). A continuación intenta con sus alumnos representar esas dos escalas y señalar su equivalencia, procurando enraizar en ello la

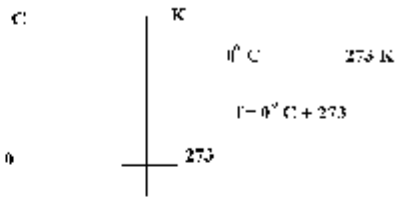
transformación de escala (2, 3, 4, 5, 6, 7) y luego presentar la relación en lenguaje matemático (8, 10). En general hay un clima de silencio los alumnos tienen alguna que otra intervención a pesar de los intentos del profesor por incrementar su participación.

Ante la pregunta de la profesora acerca de la transformación de temperaturas de la escala absoluta a la Celsius, sólo unos pocos alumnos responden y lo hacen con una operación elemental, en este caso la "resta" (12) y no con la técnica de pasaje de términos que "ven" en primer año. Ella intenta que lo relacionen con dicha técnica (13, 31) y propone distintos ejercicios (13, 25, 43) para ir afianzando dicha transformación por un lado y brindando ocasión para que las dificultades se expliciten y se analicen en el momento. La profesora promueve la participación de los estudiantes (14, 18, 20, 28, 29, 36, 38, 40) y los ayuda a relacionar la respuesta que van dando con la expresión que la simboliza (16, 22, 24, 28, 34). Al ir resolviendo los ejercicios los alumnos permanentemente en la clase aluden a la operación elemental que hay que realizar para transformar la escala de temperaturas (12, 17, 21, 26, 27, 32) a pesar de los esfuerzos del docente por superarla (13, 16, 22, 24, 28, 31, 33, 34, 40, 42).

Durante la clase se indicó una sola fórmula (10) y cuando se necesitó derivar otra expresión la profesora insistió en despejarla de la original. A pesar de esto, algunos alumnos decidieron anotarla para que no se les olvide (35). En el último ejercicio intenta que sus alumnos seleccionen una temperatura en base a un criterio fundamentado en sus conocimientos (43, 45, 47). (Esto lo sigue trabajando a lo largo del año de distintas maneras).

En la clase siguiente la profesora sigue trabajando la relación entre la representación de las dos escalas y su equivalencia como una manera de que ambas vayan adquiriendo significado y no simplemente sean memorizadas. Como ilustración presentamos a continuación la siguiente viñeta derivada del conjunto de notas de campo. La profesora propone para esta clase la revisión de la unidad N° 2 con actividades que ha preparado y que va dictando a sus alumnos. Una vez que se resuelve la primera y se clarifica si fuese necesario, dicta la segunda y así sucesivamente.

1-P: 5. La temperatura normal del cuerpo humano es de aproximadamente 37°C. Expresa esa temperatura en K.	La profesora dicta el ejercicio 5 y los alumnos lo copian en silencio.
2-E1: ¿Se debía restar? 3-P: Ahí lo tienen. 4-E2: ¿Se sumaba 273 más lo que nos daban? 5-E3: 310°C. 6-E4: ¿No! 236.	Los alumnos comienzan a resolver y sus primeras preguntas apuntan hacia la operación a realizar. La profesora les señala las notas en sus cuadernos. Algunos alumnos tienen dificultades en la transformación.
7-P: A ver esta tareita. 6 a) Seleccione los conceptos fundamentales vistos hasta el momento de la unidad n° 2. b) Jerarquice los según su criterio. c) Establezca relaciones entre ellos... Bueno, ahí tienen una señora tarea.	La profesora dicta la tarea siguiente y los alumnos en silencio la copian en sus cuadernos.
8-E1: Señora, ¿qué es un concepto? 9-P: Por ejemplo, cambios de estado de la materia.	Los alumnos preguntan sobre la tarea 6. Ella les responde con un ejemplo.

<p>10-P: Para hacer esa tarea uds. tienen que recordar.... Y no sólo si es tal se suma y si es tal se resta</p>	<p>La profesora vuelve sobre la tarea 5 y escribe en el pizarrón:</p>  <p>explicando nuevamente la relación entre las escalas termométricas. Los alumnos observan.</p>
<p>11-P: La tarea 6 es bastante gruesita y no los veo preocupados... Saquen todos los conceptos... 12-E2: Señora, ¿cómo hay que sacar los conceptos? 13-E3: El criterio, ¿es de lo que se trata? 14-E4: Señora, ¿moléculas es un concepto?</p>	<p>Ahora ella vuelve sobre la actividad n° 6. Los alumnos tardan un poco en ponerse a resolverla. Revisan los cuadernos. La profesora camina por toda el aula controlando la ejecución de la tarea y guiándolos. Se escuchan algunas preguntas.</p>

(Notas de campo, 30 de abril de 1993, 3º 2ª)

En este corto pero revelador extracto sigue apareciendo en los alumnos la mención a las "cuentas" (2, 4). Trascendiendo la dificultad que esto significa podría mos también interpretarlo como el "nivel de ayuda" que los alumnos solicitan a poco de comenzar el año lectivo en Físicoquímica.

A pesar de la insistencia de la profesora por sacarlos de la simple identificación de la operación a realizar, ellos ofrecen una gran resistencia (3, 10). Ella primero los deriva a sus notas para que las consulten (para que usen los materiales), copien la expresión, despejen en caso de ser necesario y reemplacen obteniendo el valor con la unidad correspondiente. Luego intenta ayudarles a relacionar, para eso les da la clave, pero ellos observan pero no "ven" que a través de la representación puede cobrar sentido la ecuación:

$$T = 0^{\circ}\text{C} + 273$$

La docente ayuda pero no resuelve y en todo momento trata de evitar que el alumno se pase al otro extremo, es decir, tome una fórmula y "encaje" los datos conocidos. Pero las fórmulas sólo aparecen cuando hay cierto grado de escolarización. Entendiendo como Halbwachs (1975) que un modelo es un sistema teórico construido de tal forma que puede ser puesto en correspondencia con una "situación" física real y derivado de una determinada axiomática, los alumnos de nuestro estudio aún no modelizan.

En esta clase las actividades que se han propuesto no han dejado de lado lo conceptual como puede apreciarse en la actividad n° 6. Aquí también aparece una gran resistencia al esfuerzo que implican actividades de este tipo. Este punto toda vía no lo hemos analizado, se lo hará en un próximo informe, al igual que la síntesis que puede lograrse de la reunión de todos los trabajos y conclusiones parciales sobre la experiencia en los dos terceros años.

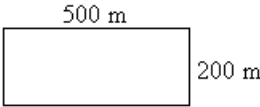
Por otro lado las tareas como la 6 quedan propuestas para continuarse en las próximas clases. Estas actividades de mayor complejidad relativa se dejan pendientes, volviendo una y otra vez sobre ellas si es necesario. Esta es una característica pedagógica que se ha mantenido durante todo el año... La "apertura al futuro" como la llaman Newman et al (1991) del marco temporal del profesor, es decir que las actividades o procedimientos propuestos o impartidos en una clase tendrán aplicación o continuación en las clases próximas y/o en la siguiente fase de la misma clase. Ella planifica para ese futuro inmediato y se refleja claramente en la estructura que da a la clase.

Una cuenta como planteo de un problema

Como expresáramos anteriormente pensamos en la geometría como la primera ciencia relacionada con la Física a la que ya tuvieron acceso. En pocas palabras es la primera Física. Buscábamos tierra firme para desde ahí comenzar a construir. Queríamos "ver" cómo trabajaban con perímetros, superficies, volúmenes de cuerpos regulares, etc. Pretendíamos observar cómo operaban con fórmulas para buscar la manera de acompañarlos hasta la ecuación general del calor y su significado en una primera instancia.

La siguiente viñeta muestra la primera clase de esta serie donde se puso el énfasis en herramientas matemáticas elementales aplicadas a algunas situaciones más o menos cotidianas. La profesora comienza su clase haciendo una introducción sobre la importancia de la resolución de problemas también en la vida diaria, ya sean éstos de ciencias exactas, naturales, sociales, etc.

<p>1-P: Vamos a formalizar algunas situaciones cotidianas usando algunas cosas vistas en geometría. Coloquen resolución de problemas. 1- Un agricultor desea cercar su finca con tres vueltas de alambre grueso. El terreno tiene una forma rectangular bastante aproximada a un rectángulo cuyos lados diferentes miden 500m y 200m. ¿Cuál debería ser la mínima cantidad de alambre que tenía que comprar? 2-E1: ¡Qué chiquito! 3-E2 y E3: 1400 x 3, 4200m.</p>	<p>La profesora dicta un problema que pudiera ser del interés de los alumnos (zona de significados). Inmediatamente dos alumnos respondieron.</p>
<p>4-P: Pero ¿cómo se plantea?... A ver, Pelletant... Quiero que atiendan. 5-Pelletant: Calculo el perímetro. 6-P: ¿Qué se imagina Ud. primero?... Primero un dibujo que represente en alguna medida la situación.</p>	<p>La profesora pregunta por el planteo de la situación. Llama a un alumno y pide atención especial al resto de la clase. Ella le solicita que explicito lo que ha hecho e intenta profundizar en la resolución.</p>

<p>7-Pelletant: ... 1400m.</p>	<p>En un primer momento el estudiante no responde. Ante la sugerencia de la profesora, Pelletant escribe en el pizarrón:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>verbaliza el resultado.</p>
<p>8-P: Bien, pero ¿cómo hizo?</p> <p>9-P: ¿Todos iguales?... Veamos. Todavía no vamos a sustituir los valores... Fijense en la expresión que tienen en común ¿qué pueden hacer?</p>	<p>Nuevamente Pelletant responde escribiendo en el pizarrón:</p> $\text{Perim } \square = 1 + 1 + 1 + 1 = 41$ <p>pero sin decir palabra.</p> <p>Ahora la profesora va escribiendo</p> $\begin{aligned} \text{Perim } \square &= L + L + L + L \\ &= L_1 + L_1 + L_2 + L_2 \\ &= 2 L_1 + 2 L_2 \end{aligned}$ <p>y señalando en la figura del terreno. Los alumnos permanecen en silencio.</p>
<p>10-P: Sacar... factor... común... La sacan de la vida y no de la matemática... y llegan a la matemática.</p>	<p>La docente va respondiendo y escribiendo</p> $\text{Perim } \square = 2 (L_1 + L_2)$
<p>11-E: Puede ser. 12-Vera: Conmutativa.</p>	<p>Algunos estudiantes responden.</p>
<p>13-P: ... Respuesta: La cantidad mínima que necesita de alambre es 4200m.</p>	<p>Vera continúa con la solución, escribiendo:</p> $\begin{aligned} P \square &= 2(200 + 500) \text{ m} \\ &= 700.2 \text{ m} \\ &= 1400 \end{aligned}$ <div style="text-align: right;"> $\begin{array}{r} 1400 \\ \times 3 \\ \hline 4200 \end{array}$ </div> <p>La docente completa escribiendo la respuesta en el pizarrón.</p>
<p>14-P: Tenemos que hacer el planteo... Sí, todo para que se acuerden de dónde viene la fórmula del problema... Se dan cuenta que hicieron rápidamente la "cuenta". ¿Se puede formular!</p> <p>15-E: ¿Se complica!!</p> <p>16-P: Parece que se complica, no. Pero si tenemos una situación más compleja este camino resulta más sencillo... La respuesta que Uds. han redactado no es la única manera de presentarla.</p>	<p>La profesora explica las bondades de realizar un planteo más general que ayude a resolver mayor cantidad de situaciones y más complejas. Los alumnos sólo "ven" que se complica.</p>

<p>17-E: La cuenta también. 18-P: Veamos la cuentita... Se puede resolver por regla de tres simple directa. 19-E: Uhm... ¡Mucha matemática!!</p>	<p>Los alumnos insisten en que es suficiente con hacer la cuenta. La profesora escribe en el pizarrón: $1 \text{ v } \frac{\quad}{\quad} 1400\text{m}$ $3 \text{ v } \frac{1400\text{m} \cdot 3\text{v}}{1\text{v}} = 4200\text{m}$ Algunos alumnos se quejan.</p>
<p>20-P: Ahora van a responder estas preguntitas referidas al mismo problema... 1-¿Cuáles son las herramientas matemáticas que se han empleado? 21-E: Se ha empleado una figura. 22-P: ¿Qué fórmula se usó?... A ver Vallejo pase... Uds. dentro de la matemática, este tema, ¿dónde lo ubicaría?</p>	<p>La profesora propone continuar el análisis del problema para lo que dicta algunas preguntas. Los alumnos las copian en sus cuadernos y algunos van respondiendo en voz alta. Hace pasar a un alumno.</p>
<p>23-P: Geometría. 24-E: Números, signos. 25-P: Sí... 1) Propiedad asociativa, 2) Propiedad conmutativa, 3) Factorio, 4) Unidades de longitud. 26-P: Aparte de las operaciones: suma, resta,... ¿qué otra han usado? 27-E: Regla de tres simple directa. 28-P: Para cada problema que resuelvan vuelvan a hacer lo mismo, saquen el tema y las herramientas que han usado.</p>	<p>La profesora también la escribe en el pizarrón. Algunos alumnos agregan unos pocos vocablos. Ella escribe: L1+L2+L1+L2 Va señalando $L1+L2+L1+L2$ Luego pregunta por las técnicas utilizadas y les sugiere realizarle a cada problema que tengan que resolver ese análisis.</p>
<p>29-P: Fórmulas... perímetro del rectángulo. 30-E: ¡Pucha!... Yo creía que era más fácil.</p>	<p>La docente lo va escribiendo en el pizarrón: <u>Fórmulas</u> Perím del rectángulo: $2(L1+L2)$ Un alumno expresa en voz alta su sentir y representó el sentir del aula.</p>

(Notas de campo, 7 de mayo de 1993, 3º 2ª)

Lo revelador de esta viñeta es que nos abrió los ojos respecto del nivel de operacionalización en que se encontraban nuestros alumnos. Entendida una "cuenta" como un cálculo u operación aritmética es lo que primero aparece (3) en el plano metodológico de alumnos de bajos rendimientos cuando tienen que resolver un problema. Sin embargo, no aparecen las "fórmulas". Es más aún si los números permiten un cálculo sencillo hasta los resuelven mentalmente. Es decir que estamos en un nivel más rudimentario. Esto puede dar pie a pensar que antes de una modelización, hay otros niveles metodológicos más elementales en el aula de 3º año como por ejemplo éste de las "cuentas". Todo esto es muy importante tanto para la investigación como para la didáctica.

La profesora les propone un planteo superador de la mera "cuenta" (9,13, 18). Insiste en que redacten la respuesta del problema como una forma de relacionar el resultado con lo que se preguntaba y no se queden sólo con el cálculo. No hay manera de enseñar que no implique un esfuerzo del profesor y del alumno. Se negocian significados también. El docente acerca los significados trabajando en una zona de desarrollo potencial (17, 18, 19).

Al ser interrogados sobre las herramientas matemáticas que empleó en la resolución de problemas, sólo aportaron algunos vocablos muy específicos (24). Hasta el lenguaje usado por los estudiantes es revelador de su conocimiento ele mental. El punto 28 pretende ser un camino intermedio, un puente tendido hacia la aplicación de la "V" en la resolución de problemas. La docente sugiere la realización de un protoanálisis epistemológico como una manera de ir comprendiendo la esencia de un problema y de su resolución.

La igualdad

La siguiente es una historia de vida redactada por una profesora a propósito de una situación que le ocurrió en una clase de Fisicoquímica en la que se resolvían ejercicios y problemas sobre el tema de calor. Acontecía a mediados de junio. Ella recorría el aula ayudando a sus alumnos que estaban trabajando en la tarea, individualmente o en grupos. Escuchemos su experiencia sobre las dificultades de una alumna:

Hubo un hecho profundamente significativo para mí, en el que una alumna me "regaló" una de las "pistas" más importantes para la búsqueda de "cómo aprenden mis alumnos". A partir de él me dí cuenta que muchas veces damos por sentado que los chicos han aprehendido todos los conceptos y operaciones que figuran en el curriculum, y seguimos trabajando en cimientos inexistentes, hablando un lenguaje carente de sentido y usando símbolos de los que nunca tuvimos la precaución de averiguar qué significado les asignan al operar con ellos.

El diálogo y las acciones fueron las siguientes:

Prof.: Tenemos que leer el enunciado del problema, para saber cuál es la pregunta. Si bien la ecuación general que estamos empleando es:

$Q = C_e \cdot m \cdot D \cdot t$, quizás la pregunta sea ¿cuál es el valor del calor específico?

Alumna: ¿Y qué se hace en ese caso?

Prof.: Tiene que despejar de la fórmula el calor específico. Fíjese, si va a dejar solo el calor específico, ¿qué debe hacer con la masa y la variación de temperatura?

Alumna: "Pasarlos" al otro miembro dividiendo, queda así:

$$\frac{Q}{m \cdot t} = C_e$$

Prof.: Ya está. Ahora calcule el valor del C_e .

La alumna levanta la cabeza y me mira con los ojos brillantes y sorprendidos...

Alumna: ¿Ud. quiere decirme que esto - (señala con el dedo el primer miembro) -, es igual a esto? (señala con el dedo el segundo miembro).

Prof.: Sí, efectivamente, esa combinación de operaciones que hay en el primer miembro, le dan como resultado el C_e .

La alumna siguió mirándome con el dedo puesto en el segundo miembro de la ecuación, con la sorpresa de haber descubierto el significado de esa igualdad. Después pude verificar que había descubierto el significado de la igualdad.

Esta historia por demás reveladora nos muestra un núcleo muy importante en el que se tendría trabajar interrelacionadamente profesores de matemática y de física. Tenemos que empezar a construir puentes no a derribarlos.

Discusión y conclusiones parciales

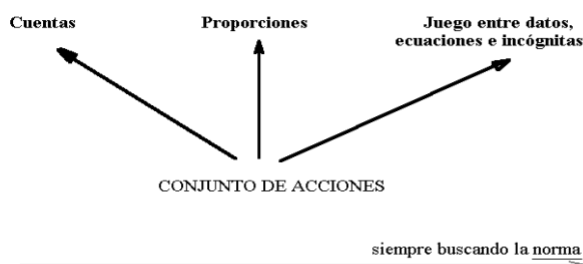
Pretendemos con este proyecto acercarnos a la comprensión de nuestro objeto, la resolución de problemas en la clase de fisicoquímica, y a la posibilidad de actuar sobre el mismo.

A lo largo de este estudio hemos mostrado nuestros primeros análisis, reflexiones, dificultades, contramarchas, resultados, categorías emergentes, etc. Reorganizamos algunas tendencias parciales que mostramos a continuación y que pueden ser de interés tanto para la investigación como para la didáctica de las ciencias.

Hemos construido categorías de análisis emergentes relacionadas con el dominio metodológico de la resolución de problemas que muestran un nivel más rudimentario de los alumnos que las encontradas por otros autores (Gil Perez et al, 1988, 1992; Contreras, 1992). Ellos básicamente hacen referencia a lo frecuente que es encontrar que la resolución de problemas en Física se reduzca a un simple juego de datos, fórmulas e incógnitas. En nuestros alumnos esta situación no se presentaba. Pero sí existía algún tipo de "automatización" en sus mentes, para ellos una "cuenta" era el planteo de un problema.

En el caso de cursos superiores o en estudiantes de rendimientos más altos el constructo émico que aparece más generalizadamente es "'Cuál es la fórmula?" (como herramienta cultural y signo de un desarrollo superior) que en el fondo no es otra cosa que una forma más sofisticada culturalmente de referirse a las "cuentas" de las que hablan los alumnos de nuestro estudio.

Si representamos a lo largo de un eje horizontal la evolución que creemos pueden tener las categorías emergentes sobre aspectos procedimentales en la resolución de problemas que muestran alumnos de 3º año de nivel medio nos queda lo siguiente:



La cultura exterioriza la mente en sus herramientas, como el lenguaje escrito, las instituciones sociales, las fórmulas. Los objetos elaborados culturalmente, por ejemplo, las fórmulas, tienen una historia y unas funciones sociales que no se des cubren a través de las exploraciones que el estudiante efectúa sin ayuda. La acción pedagógica juega aquí un rol protagónico. No se debe olvidar que el currículo se organiza en un espacio y en un tiempo

reales de una disciplina escolar. La labor pedagógica realizada reúne características tales como anticipación, sistematicidad, racionalidad y por sobre todo lentitud como la gota que cava la roca.

Habiendo fórmulas para todo, mayormente los estudiantes prefieren memorizar varias fórmulas antes que derivarlas de una. Se resisten a tener que hacer pasaje de términos. Parece ser que esto representa un salto cualitativo muy grande en su desarrollo. Un punto crucial de ese salto lo constituye la igualdad. Y no sólo su significado en álgebra sino también el significado en las definiciones, por ejemplo, de capacidad térmica:

$$C_T = \frac{Q}{m \cdot t}$$

Esta ecuación no les significa nada. Además no tienen oportunidad de verificarlo directamente como sería el caso de trabajar con números. Si logran dar ese salto quizás ya podrían entrar a modelizar.

Como participantes practican roles claramente definidos mientras el trabajo se va cumpliendo. En este contexto el profesor desempeñó varios papeles diferentes durante el desarrollo de las clases. Detectó confusiones, dificultades, llenó vacíos de comprensión, desarrolló razonamientos. Es quien decidió cuando "comenzar" y "finalizar" un problema como también la naturaleza de su contenido. Mientras el rol del estudiante al comienzo del año fue copiar paso a paso, buscar la aprobación de su trabajo, participar esporádicamente y resistirse al esfuerzo (en clase y en tareas extraclase). Esta es la "dinámica" de la resolución de problemas en alumnos de bajos rendimientos y con una "historia previa". Los cambios son lentos. Esta perspectiva permite no sólo incorporar las interacciones sociales sobre las que la resolución de problemas se funda sino la dirección en que el conocimiento escolar se manifiesta a través de sus interacciones.

Es importante destacar el trabajo en equipo de grupos de docentes e investigadores genuinamente preocupados y comprometidos con la educación de ciudadada nos. El mejoramiento de la calidad de la educación es una tarea de toda la sociedad. La investigación en el aula es fuente generadora de nuevas propuestas. En nuestro país se evidencia una ausencia de trabajos en esta área, un vacío de producción. Es de vital importancia promover este tipo de trabajos ya que las proyecciones de su aplicación son altamente positivas.

Bibliografía

AUSUBEL, D. P. (1976); *Psicología educativa*. México, Ed. Trillas.

CONTRERAS, A. (1992); "*Physics problem solving and its social context in secon dary school*". Paper presented en la 65 Reunión Anual de la National Association for Research in Science Teaching, USA.

ERICKSON, F. (1986); *Qualitative methods in research on teaching*". En M. C. Wittrock (ed), *Handbook for Research on Teaching* (pp. 119-161). Tercera Edición, New York; Macmillan.

ERICKSON, F. (1982); "Taught cognitive learning in its immediate enviroments: a neglected topic in the Anthropology of Education". *Anthropology and Education Quartely*, 13 (2), 149-180.

- ESCUADERO, C. (1995); 'Resolución de problemas en Física: herramienta para reorganizar significados'. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 12, N? 2.
- GALLAGHER, J. J. (1990); "Métodos cualitativos para el estudio de la educación". Conferencia en Panamá.
- GIL PEREZ, D.; DUMAS CARRE, A.; CAILLOT, M.; MARTINEZ TORRE GOSA, J. y RAMIREZ CASTRO, L. (1988); "La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación". *Investigación en la escuela*, 6: 3- 20.
- GIL, D.; MARTINEZ TORREGOSA, J; RAMIREZ, L.; DUMAS CARRE, A.; GOFARD, M. y PESSOA, A. M. (1992). "Questionando a didáctica de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo". *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 9 (1): 7-19.
- GOWIN, D. B. (1981); *Educating* (Ithaca, N. Y., Cornell University Press). (Traducción castellana: *Hacia una teoría de la educación*. (1985). Ediciones Aragón. Argentina.
- HALBWACHS, F. (1975); "La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'élève". *Revue Française de Pédagogie*, 33:19-29.
- MESTRE, J. (1991); "Learning and instruction in pre-college physical science". *Physics Today*, septiembre 1991, pp. 56-62.
- MESTRE, J. & TOUGER, J. (1989); "Cognitive research - what's in it for physics teachers?". *The Physics Teacher*, septiembre 1989, pp. 447-456.
- MINISTERIO DE EDUCACION: Programa de Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias y la Difusión de la Tecnología. (1988); Convenio DINEM-ORT- FUNDACION ANTORCHAS.
- MOREIRA, M. A. (1992); "Aprendizaje significativo, conocimiento científico y cambio conceptual". Conferencia dictada en la V RELAEF, Porto Alegre, Brasil.
- MOREIRA, M. A. (1993); "A teoria de educação de Novak e o modelo de ensino-aprendizagem de Gowin". Conferencia en II ELAPEF, Porto Alegre (Canela), Brasil.
- NESPOR, J. (1990); "The jackhammer: a case of study of undergraduate physics problem solving in its social setting". *International Journal of Qualitative Studies in Education*, 3 (2), pp. 139-155.
- NEWMAN, D.; GRIFFIN, P.; COLE, M. (1991); "La zona de construcción del conocimiento". Ed. Morata.
- NOVAK, J. D. (1977); "A theory of education". Cornell University Press.
- REIF, F. (1981); "Teaching problem solving. A scientific approach". *The Physics Teacher*, mayo 1981, pp. 310-316.
- SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A. y AXT, R. (1992); "Habilidad en preguntas conceptuales y en resolución de problemas". *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1), pp. 58-62.
- SIRVENT, M. T. (1993); "Reflexiones y diálogos sobre el campo de la investigación educativa". Encuentro de Investigación Educativa, noviembre 1993, Mar del Plata. Argentina.
- VYGOTSKY, L. S. (1979); "El desarrollo de los procesos psicológicos superiores". Barcelona, Crítica.
- WERTSCH, J. (1988); "Vygotsky y la formación social de la mente". Ed. Paidós.

Recebido em 03.01.95

Revisão recebida em 11.08.95

Aceito em 13.11.95