

La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje

María del Valle Coronel y María Margarita Curotto

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. E-mails: mcoronelar@yahoo.com.ar; curotto48@yahoo.com.ar

Resumen: El presente trabajo se encuadra en la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de la Resolución de Problemas de Ciencias Exactas y Experimentales en el ámbito universitario.

Los interrogantes se centran en los caracteres que se le otorgan al proceso resolutorio en el aula, tanto desde las perspectivas del docente y de los alumnos que lo justifican y validan desde una identidad donde predomina la operatoria algorítmica por sobre todo otro aspecto, propiciando el estudio y análisis del mismo in situ.

La muestra estuvo constituida por un docente y un grupo de sus alumnos, cursantes de la asignatura Química General de las carreras Profesorado y Licenciatura en Química.

Se apela al enfoque cualitativo con estudios de casos, observaciones de clases y entrevistas. Se establecieron las categorías emergentes y se utilizó la triangulación como fuente de confiabilidad de los resultados logrados.

Los procesos involucrados parecerían basarse en la formación de acciones mentales, etapa por etapa, y pretenden transformar los problemas en situaciones estándar que pueden resolverse mediante operaciones más o menos rutinarias, justificadas por el docente y reproducidas por los alumnos.

Palabras clave: Resolución de problemas, enseñanza, aprendizaje, Química

Title: Problem solving as a teaching and learning strategy

Abstract: This work is framed in teaching and learning research on Problem Solving in the Exact and Experimental sciences in the university level.

Questions as regards problem solving arise from the features the solving process is given in the classroom, from the teacher's as well as from the students' perspective, individuals who justify and validate the process from an identity where algorithmic operations prevail over any other aspect –of course, favoring in-situ study and analysis.

The sample was constituted by a teacher and a group of his students in General Chemistry, a subject belonging to the Chemistry Teacher Training and Licenciatura (equivalent to a BA, though not exactly the same) careers.

The study is carried through qualitative approach with case study, class observation and interviews. Emerging categories were established and triangulation was used as a source of reliability of the achieved results.

The processes involved seemed to be based on the forming of mental actions, step by step, and they intended to transform the problems into standard situations that could be solved by pseudo routine operations, justified by the teacher and reproduced by the students.

Keywords: problem solving, teaching, learning, Chemistry.

Introducción

La resolución de problemas resulta ser una de las problemáticas que en estos últimos tiempos está siendo abordada con gran interés y preocupación por la investigación educativa. Para Gaulin (2001) hablar de problemas implica considerar aquellas situaciones que demandan reflexión, búsqueda, investigación y donde para responder hay que pensar en las soluciones y definir una estrategia de resolución que no conduce, precisamente, a una respuesta rápida e inmediata.

La aparición del enfoque de resolución de problemas como preocupación didáctica surge como consecuencia de considerar el aprendizaje como una construcción social que incluye conjeturas, pruebas y refutaciones con base en un proceso creativo y generativo. La enseñanza desde esta perspectiva pretende poner el acento en actividades que plantean situaciones problemáticas cuya resolución requiere analizar, descubrir, elaborar hipótesis, confrontar, reflexionar, argumentar y comunicar ideas.

Surge así como necesaria la disposición en los alumnos de los conocimientos declarativos y procedimentales requeridos como indispensables para resolver el problema que se le ha planteado. Esto señala la búsqueda consciente de un modelo que potencie el desarrollo de un alumno independiente, que en interacción con el conocimiento y el mundo que lo rodea aprende y organiza su saber como parte de su construcción personal y profesional.

Por su parte, para Parra (1990)

un problema lo es en la medida en que el sujeto al que se le plantea (o que se plantea él mismo) dispone de los elementos para comprender la situación que el problema describe y no dispone de un sistema de respuestas totalmente constituido que le permita responder de manera inmediata.

Intención presente en la acepción establecida por Polya (1965) para quien un problema significa

buscar de forma conciente una acción apropiada para lograr un objetivo claramente concebido, pero no alcanzable en forma inmediata.

Es en esta búsqueda en la que subyace una idea derivada de los aportes de Newell y Simon (1972) que pone en evidencia en el marco de la psicología cognoscitiva que

un problema puede pensarse como una discrepancia entre un estado inicial y un estado final que constituye la meta a alcanzar.

El rol de los problemas en el currículo escolar, tanto en las ciencias exactas como en las naturales, no es nuevo. En algunos casos, tal como en la matemática, aparecen, según Stanic y Kilpatrick (1989) desde la antigüedad; en otros, tales como el caso de la Física y la Química, han acompañado la enseñanza de estas disciplinas asociados a situaciones de carácter comprobatorio.

Sin embargo los problemas, relacionados con una situación nueva que debe abordarse y cuya solución hay que encontrar, aparece junto a nuevas tendencias educativas que demandan el desarrollo de determinadas habilidades y destrezas de los alumnos a expensas de concepciones que contemplan de otra manera la educación en ciencias y en la escuela. Aparecen así otros significados que resultan congruentes con esta perspectiva: la necesidad de mostrar una ciencia recreativa que recupera problemas cotidianos y los pone a disposición de los estudiantes como una forma de mostrar que aprender ciencia puede resultar divertido.

El presente trabajo pretende plantear de qué manera es utilizada la resolución de problemas como estrategia de enseñanza, desde perspectivas docentes, y de aprendizaje, desde las perspectivas de los alumnos. Las mismas se hacen presentes en las argumentaciones que justifican la naturaleza del proceso de resolución en las prácticas del aula, poniendo en evidencia los caracteres que se le otorgan y el lugar ocupado por dicho proceso.

Metodología

Se trata de una investigación-diagnóstica que trata de detectar concepciones de los docentes y de los alumnos respecto a la resolución de problemas. Corresponde a un estudio de casos: sujeto único (docente) y dos sujetos (alumnos) con registros construidos mediante datos provenientes de entrevistas, observaciones de clase y análisis de documentos curriculares.

En el caso del docente, se observó una clase que versó sobre el tema casos de hidrólisis; por su parte, la entrevista, concebida originalmente estructurada fue paulatinamente desestructurándose de acuerdo a las respuestas aportadas por el entrevistado. En cuanto a los documentos curriculares consistió en el análisis de un organizador de la clase elaborado por el docente. Se trataba de un esquema sucinto en el cual se presentaba el tema de manera general y a continuación se listaban una serie de cuestiones a resolver, algunas de las cuales fueron utilizadas como modelos-tipo mientras las otras se utilizaron para que los alumnos ejercitaran los conceptos involucrados en la clase.

En el caso de los alumnos, se realizó la observación de una clase práctica del mismo tema. La primera parte de la clase consistió en un interrogatorio planteado por el profesor y que los alumnos desarrollaron en un cuaderno destinado para ese fin. A continuación, los mismos realizaron el trabajo

práctico, momentos en los cuales los observadores se insertaron en los grupos de trabajo con el propósito de captar el proceso resolutivo llevado a cabo por los estudiantes in situ. Los observadores intervinieron con preguntas directas que fueron grabadas. A partir del análisis de esta observación se seleccionaron dos alumnos para entrevistar en función de los perfiles de aprendizaje detectados por el CEPEA (Cano y Justicia, 1994), y atendiendo las dimensiones emergentes en la observación.

La investigación está centrada en torno a las siguientes preguntas:

¿De qué manera es utilizada la resolución de problemas como estrategia de enseñanza?

¿Qué caracteres se le otorgan al proceso resolutivo y qué lugar ocupa el mismo en el salón de clases?

¿Qué perspectivas docentes se hacen presente en las argumentaciones que justifican la naturaleza del proceso de resolución en las prácticas de la enseñanza?

¿Cuáles son las relaciones entre las estrategias propuestas por el docente y las que aportan los alumnos?

Análisis de los datos

Dado que se trata de una investigación cualitativa, los objetivos perseguidos no intentan sólo centrarse en el acto de conocer sino que también se deposita el interés en las formas de intervenir (Peiró, 1996). De esta manera se pretende obtener un conocimiento directo de la realidad social que se estudia a fin de comprenderla, conocimiento no mediado por definiciones operativas prefijadas, ni anticipado por instrumentos de medida con alto grado de estructuración.

El análisis de la información proveniente de los distintos instrumentos utilizados demandó la triangulación de los datos provenientes de los mismos, así como también el establecimiento de categorías de análisis de acuerdo a los aspectos que van emergiendo desde la lectura. El esquema de análisis utilizado sigue lo planteado por Miles y Huberman (1994) para lo cual se realizó la selección de información relevante, categorización y codificación e identificación de unidades de significado. Es así que surgen las siguientes:

Categoría 1: El problema como recurso didáctico

Categoría 2: Modelos docentes asociados a la resolución de problemas

Categoría 3: Estrategias vinculadas al proceso de resolución

Categoría 4: Dificultades de los estudiantes.

Discusión de resultados

El problema como recurso didáctico

La estructura de resolución de problemas en el aula implica como acción principal una demostración por parte del docente, quien plantea un problema y desarrolla a continuación la solución del mismo como modelo. Los alumnos, por su parte, repiten la solución presentada por el profesor y luego aplican idénticos procedimientos a la solución de problemas similares. En este último caso, el profesor evalúa la respuesta de los alumnos y dice si ésta es correcta o no.

En las citas textuales siguientes, se reemplazan por letras a los actores de los diálogos: P es el profesor entrevistado y observado, O, el observador, D, L, N, Je, Jo, C son los alumnos que intervinieron en los trabajos.

En la práctica educativa analizada, la resolución de problemas suele confundirse con el desarrollo de ejercicios.

P: Con ejercicios yo les muestro a ellos cómo van a poder resolver los posibles problemas, les doy las pautas como para que ellos se ejerciten y entiendan lo que les estoy dando en el teórico. [...]. Ya en problema trato de dar uno semejante al ejercicio que les di, mientras en otro voy agregando otras cositas más complicadas como para que ellos piensen, razonen más...

Entonces, si bien es cierto, son considerados problemas aquellos que intentan desde su redacción la presentación de dificultades cognitivas mayores, reservándose la concepción de ejercicio para algo más trivial, de cálculo inmediato, los primeros de ellos no distan de ser un ejercicio avanzado que sólo suele implicar varios conceptos teóricos y su simple traducción numérica:

P: Se supone que ya tienen una base teórica para que ellos razonen y lo puedan resolver. Empiezo de lo más simple y lo voy complicando un poquito más, digamos al problema, todo para que ellos piensen, razonen, conecten cosas vistas con lo que están viendo ahora, que relacionen

Esta complejidad es percibida por los alumnos, quienes identifican diferencias en los problemas presentados en el trabajo práctico del profesor:

D- ... o a veces ponen el último, todos los ejercicios se basan en el último.

O- Ah, todos los ejercicios están, ¿a ver?

D- Por ejemplo el 17, si nos dan... el 17 contiene del uno al diecisiete, o a veces el 17 se parece al uno.

De cualquier manera el tratamiento de situaciones problemáticas resulta ser un medio antes que un fin, y es por ello que termina considerándose como tal a la mera aplicación de un contenido conceptual específico a una situación determinada. Si a esto se suma que el contenido de la situación planteada sólo requiera la mera identificación del algoritmo que se debe utilizar, el alumno no habrá enfrentado un problema, sino un ejercicio de aplicación, como por ejemplo cuando se solicita: Calcular el pH de una solución de acetato de sodio 0,10 M, K igual a 1,85 mol sobre litro

En este sentido, los alumnos buscan las fórmulas y los ejemplos que les da la profesora para resolver los ejercicios y guiarse para encontrar la solución.

a)

O- ¿Qué buscás en el cuaderno, Débora?

D- La teoría que nos dio el profesor.

O- ¿Para qué te sirve?

D- Para poder hacer el problema, o sea, él nos explica cómo vino la fórmula, el equilibrio de la solución, todo eso.

O- Y a vos, ¿para qué te sirve la fórmula?

L- eh... para hacerlo, resolverlo, para hacerlo llegar al resultado más fácil, con la teoría me guío más. Para... para resolverlo.

b)

N- Tengo que ver el carácter ácido, básico o neutro... son fórmulas, la mayoría de las fórmulas te dicen cuáles son las más ácidas, lo más ácido, lo más neutro. El cloruro.... Es cuestión de la fórmula,...

Otra regularidad advertida, como consecuencia de los caracteres infundidos a la práctica resolutoria, comprometen la inducción en el dominio de técnicas adquiridas por repetición sucesiva:

P: Eso es lo que tienen que observar siempre ustedes, de dónde proviene el catión y el anión. Acuérdense. Esto es lo que tienen que tener en cuenta.

Alternativa que deja de ser advertida por el profesor cuando afirma:

P: Ellos, por ejemplo, en hidrólisis vieron una sola sustancia, después, le agrego cuando se mezclan dos sustancias. Esto es para que entiendan el teórico que les di, como para que ellos no se mecanicen. Los primeros problemas son sencillos y fáciles, los demás van aumentando su complejidad, les voy agregando otras cosas como para que ellos no se mecanicen.

Por otro lado, un nuevo factor que viene a potenciar el automatismo en el trabajo de los estudiantes está centrado en el uso de problemas-tipo, a modo de modelos a seguir, el desarrollo de los cuales finaliza incentivando y promocionando el uso de reglas o esquemas prefijados:

P: El problema les da el valor de K_b o sino la buscan en tablitas. Entonces calculan la K_h , reemplazo y ésta sería la concentración que también les da el problema. Una vez que tengo la concentración de iones calculo el pH, recién ahí calculo el pH.

Los alumnos, atentos a las reglas del juego, se esfuerzan por cumplir con el mandato,

Je- Porque siempre pasamos un hidrógeno, y estamos trabajando con fórmulas que no tienen hidrógeno para pasar, así que no sé qué hay que hacer,

No pueden pensar desde una óptica conceptual, disciplinar, del tema, diferente de la proporcionada por el docente, sino que buscan otra regla que sirva para resolver:

Je- Y... buscando un poco los ejemplos que tenía, acá alguno tiene hidróxido... hay que pasar...

Entonces, el profesor explica y atiende el proceso resolutivo desde su lógica sin tener en cuenta la lógica de los alumnos, dejando marginada la posibilidad de que los alumnos incursionen por otros caminos de resolución posibles:

P: Entonces en lugar de hacer todo.....lo que yo hice anteriormente es para que Uds. lleguen a calcular la concentración de iones hidrógeno.[...]. Es decir todo lo otro era un planteamiento como llegar, no es que lo tengan que hacer cada vez que hagan un problema, directamente van a la fórmula. Lo que tienen que plantear Uds. es la hidrólisis para saber qué calcular.

La situación pasa inadvertida para el docente quien, al contrario, considera que brinda suficientes grados de libertad a sus estudiantes como para que aborden la resolución por sí solos y que si no lo hacen es porque no lo desean:

P: [...]...chicos, éste es mi razonamiento, si Uds. lo razonan por otro lado obtienen el mismo resultado. Yo trato de no imponer mi forma de razonar, mi forma de resolver problemas. Les digo: en tal libro sale así, en éste otro sale de esta manera...hay chicos que lo hacen de otra forma y vienen y me plantean: yo lo razoné así y les digo: perfecto. Yo no les coarto otra posibilidad. Pero son los menos.

Frente a un planteo estratégico que cercena la toma de decisiones y encasilla a los alumnos, resulta coherente la utilización de situaciones problemáticas directas evitándose aquellas que sean de difícil solución, problemáticas. Lo anterior resulta corroborado al analizar con el docente, en ocasión de la entrevista, las posibilidades didácticas de dos problemas de distinta naturaleza en cuanto a demandas cognitivas implicadas en sus resoluciones, pero comprometiendo idéntica temática.

El primero de ellos identificado como netamente cuantitativo, siguiendo el modelo tradicional de problemas usados en el ámbito de las Ciencias Experimentales, hace referencia al cálculo de la presión de una masa gaseosa a volumen constante utilizando la ley general de los gases. El segundo, identificado como cualitativo o no tradicional resulta de una adaptación del ideado por Nurrenbern y Pickering (1987) para contenidos iguales.

Las perspectivas asociadas a dichos problemas muestran una mayor identificación con el primero de ellos teniendo en cuenta la mayor o menor facilidad implicada en sus resoluciones:

P: En todos los casos veo el primer problema más directo, tiene más directo el chico lo que tiene que hacer. Es más directo. En el segundo van a perder más tiempo. No lo pueden hacer... Al primero lo van a resolver más rápido, aplico la fórmula directamente, al segundo... les va a costar porque no están acostumbrados a trabajar con este esquema de átomos y moléculas. El primero les va a ser más fácil.

De todos modos se reconoce que en función del aprendizaje el primero de los problemas es más mecánico y que en el segundo el alumno debería pensar más, ya que:

P: la idea de átomos o moléculas no la tienen bien; en cambio en el primero tienen todo, tienen los datos,

hecho que a su juicio implica que el primero de los problemas planteados tiene mayor valor educativo, consideración que pone en evidencia una justificación del uso de las estrategias docentes a las que se apela.

De esta manera la resolución de problemas resulta concentrada en encontrar un resultado y desaprovecha la oportunidad para favorecer el pensamiento divergente, el aprendizaje de conceptos o de determinados aspectos de la metodología científica.

Modelo docente asociado al proceso de resolución

La realidad de la práctica de la enseñanza investigada es coherente con un pensamiento docente derivado de un modelo de aprendizaje por transmisión-recepción, posición congruente igualmente con la resolución de problemas preparados por el docente o provenientes de textos completamente ajenos al alumno y a sus intereses.

P: busco los ejercicios que se adapten al teórico que estoy dando; es como que les traduzco a los alumnos lo que yo les estoy diciendo teóricamente a través de los ejercicios. Después busco otros ejercicios más que nada para saber si ellos relacionan con temas vistos.

Así, las variables significativas son seleccionadas por el docente, el enunciado contiene sólo los datos necesarios y suficientes para resolverlo, se proporcionan determinadas pistas que encasillan la solución y la reducen a ciertos temas del programa limitando la posibilidad de facilitar integraciones al menos parciales.

Las maneras de estudiar propiciadas en el grupo de alumnos no favorecen que los conocimientos se integren y que puedan explicarse los conceptos químicos, sino que lo que se favorece es que se comprenda a través de la repetición de esquemas donde los conceptos tratan de ubicarse convenientemente para producir una solución satisfactoria. Solución que poco tiene que ver con la comprensión conceptual de las leyes y propiedades químicas utilizadas, por lo que no pueden producirse las explicaciones de los fenómenos que se trabajan (Lin, Chen y Lawrenz, 2000).

De igual modo, las tradiciones docentes en la enseñanza de las Ciencias Experimentales dejan sentir su influencia en este sentido. Es por eso que las ideas que se tienen en relación a la resolución de problemas no están desprendidas de las concepciones que se tienen acerca de la ciencia y del conocimiento científico. Estas influencias también son determinantes para reforzar la visión que resolver problemas más bien favorece y refuerza aproximaciones que usan fórmulas y un aprendizaje superficial y confirman que el éxito en la resolución de problemas generalmente no es una buena medida de la comprensión conceptual (Leonard et al., 2000) .

Estos sucesos son coherentes con el uso de problemas-tipo, con aplicación directa de algoritmos y fórmulas, que suelen presentarse como modelo a

seguir en el abordaje de otras situaciones que no difieren demasiado en su nivel de dificultad. La resolución queda reducida de esta manera a una mera repetición mecánica de pasos que deben seguirse siempre que el estudiante se vea enfrentado a una situación de idéntica naturaleza.

P: Entonces la K_h tengo que hacer un paso previo de calcular K_w sobre K_b . El problema les da el valor de K_b o si no la buscan en tablititas. Entonces calculan la K_h , reemplazo y ésta sería la concentración que también les da el problema. Una vez que tengo la concentración de iones calculo el pH, recién ahí calculo el pH. Menos el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno y entonces ahí recién tengo el carácter de la disolución.

Por lo tanto, las cuestiones presentadas a los estudiantes remiten a concepciones inductivistas que restringe al alumno a la posibilidad de revisar sus concepciones y sobre todo a tomar decisiones acerca de qué camino seguir, lo que como consecuencia impide procesos reflexivos y la formulación de hipótesis, originando como consecuencia una orientación que conduce a un operativismo sin grandes consecuencia cognitivas (Ramírez et al., 1994). Se trata entonces de la sucesión de un conjunto de etapas que debe cumplir rigurosamente el estudiante, lo que de alguna manera se hace entender asegura una feliz resolución que únicamente promueve la ejecución de operaciones rutinarias (Mettes et al., 1980, 1981).

P: Es decir de las dos formas lo pueden sacar. Es más larguito que los otros. Tienen que fijarse bien qué es lo que se está liberando. Entonces en forma general les va a quedar que vuelve a la expresión (señala la que figura como 1) de la pizarra. Les doy un ejemplo: Calcular el pH de una solución de acetato de sodio 0,10 M, K igual a 1,85 moles sobre litro. Justo es la sal que Uds. tienen, ya está la hidrólisis, Uds. tienen que calcular directamente como expliqué.

Esta situación finaliza desconociendo muchas veces la lógica de los alumnos:

P: Entonces en lugar de hacer todo....lo que yo hice anteriormente es para que Uds. lleguen a calcular la concentración de iones hidrógeno.[...]. Es decir todo lo otro era un planteamiento como llegar, no es que lo tengan que hacer cada vez que hagan un problema, directamente van a la fórmula. Lo que tienen que plantear Uds. es la hidrólisis para saber qué calcular.

Consecuentemente, sólo algunos estudiantes pueden terminar conectando con lo que el docente espera de ellos. Esta operación pretende desproblematizar los problemas transformándolos en ejercicios estándar con lo que elimina la posibilidad que pudieran poseer de favorecer la conceptualización disciplinar y la creatividad, fomentando el tratamiento operativista. Esta orientación se concentra sólo en encontrar un resultado – aunque no se sepa bien cómo – y desaprovecha el extraordinario potencial de la resolución de problemas para favorecer el pensamiento divergente, el aprendizaje de conceptos o de determinados aspectos de la metodología científica (Ramírez et al., 1994).

Estrategias vinculadas al proceso de resolución

En la práctica, la resolución de problemas en el aula investigada incluye, sobre todo, el dominio de técnicas que adquiridas por repetición sucesiva finalizan induciendo la mecanización de los procesos involucrados.

P: Eso es lo que tienen que observar siempre Uds. de dónde proviene el catión y el anión. Acuérdense. Esto es lo que tienen que tener en cuenta entonces pongan abajo: ni el anión ni el catión experimentan hidrólisis, la disolución de la sal es neutra, el pH es igual a 7.

Posición que revela visiones que privilegian un carácter aplicativo desde el que se intenta justificar la enseñanza de la ciencia con el convencimiento implícito o explícito de que favorecerán el aprendizaje de un determinado contenido de manera significativa.

P: Ellos, por ejemplo, en hidrólisis vieron una sola sustancia, después, le agrego cuando se mezclan dos sustancias. Esto es para que entiendan el teórico que les di, como para que ellos no se mecanicen.

Esta práctica de todos modos termina induciendo los mecanismos que se anuncian eludidos, es decir, que los alumnos al final sólo ponen el interés en la identificación de los algoritmos apropiados que les facilite la obtención del resultado, la resolución paso a paso transferida desde otras disciplinas :

O- Vos Jeremías, ¿tenés alguna metodología especial para resolver los problemas?

Je- Empiezo a buscar las fórmulas.

O- ¿En base a qué buscás las fórmulas?

Je- Según lo que me pide el problema [...]

O- ¿Y después?

Je- Lo resuelvo o reemplazo

O- Reemplazás y resolvés. ¿...Es parecido resolver problemas en química y resolver problemas en matemática o... con alguna cosa de matemática?.

Je- Sí, mas o menos lo mismo, o en física también, hay que buscar los valores y reemplazar, hay que más o menos entender la mecánica del problema.

Aunque las cuestiones conceptuales constituyen conocimiento en grado diferente en los alumnos entrevistados, es reiterada y constante la búsqueda de esquemas de solución que les den pistas de cuál es la respuesta correcta o el bosquejo apropiado para resolver el ejercicio. Tal vez es por eso que uno de los estudiantes expresa que los problemas y ejercicios del tipo planteado en el trabajo práctico son más sencillos y posibles de resolver que los problemas conceptuales, situación derivada y provocada, sin duda alguna, por el diseño didáctico al que se apela:

Jo – Mm..., Sinceramente... para... desde mi punto de vista, si me dan a hacerlo, hacerlo, hacerlo... así, yo elegiría éste, porque tengo los datos, (el problema 1)

O- Sí... ¿Cuál te obliga a pensar más?

Jo- Este, el problema dos.

La búsqueda de esquemas de solución, no propicia actitudes independientes en el aprendizaje, sino que esquematiza las maneras de mirar los problemas y, lógicamente, no son cualquier problema el que puedan resolver a partir de estas concepciones. Los ejercicios y problemas que se puedan presentar deben responder a las características especificadas, se resuelven con una ecuación y/o una fórmula, la respuesta suele ser única y no producen conflictos importantes favoreciendo la memorización de algoritmos sin comprensión (Mazur, 1997):

a)

Jo- Yo lo que hago en este... en esta problema... yo primero anoto los datos que tengo... tengo el valor de la concentración de la sal, me da igual a cero coma cero un molar [...]

Jo- k ácida me da igual a uno coma setenta y cinco por diez a la menos cinco

O- Bien

Jo- Y después anoto las incógnitas que me pide

O- ¿Qué te pide?

Jo- Me pide iones hidrógeno, la... la... concentración de oxidrilo [...] y el PH

O- bien

Jo- Y acá me está diciendo que halle la hidrólisis, la concentración de acetato

O- Después qué hacés

Jo- Acá existe una formulita, que cuando nosotros queremos sacar el PH, la concentración de la sal y la k ácida que vendría a ser del ácido, acetato, podemos sacar la concentración, la k de hidrólisis vendría a ser. Sacando la k de hidrólisis que es igual a k_w , k_w es una constante sobre k... k_a , como tenemos y k_w es igual a uno por diez a la menos catorce

O- uhu

Jo- Bueno, ahora sacamos la k de hidrólisis, la k de hidrólisis, reemplazamos los valores sacamos los valores y sacamos el valor de k de hidrólisis

O- esa es la única,.. en base a estos datos que tenés, a estos únicos datos, ¿ es el único camino que podés seguir? ¿ No tenés otra alternativa?

Jo- Y... sí

b)

O- Vos que hacés normalmente, vos una vez que tenés identificado los datos y las incógnitas, qué buscás entonces? Qué es lo que vos hiciste acá

Jo- Claro, yo busco el camino para seguir... para después ya tengo k de hidrólisis, hay otra formulita en la cual aparecen los grupos oxidrilo

O- Ajá

Jo- Y ahí despejamos grupo oxidrilo, ya tengo k de hidrólisis, sacamos grupo oxidrilo

O- Bien, y qué diferencia un ácido fuerte de un ácido débil, por ejemplo, o una base...

Jo- La diferencia es el PH, el PH es la diferencia, la diferencia si tiene PH básico o PH ácido o si tiene neutro. Cuando son las dos, las dos bases y ácido fuertes se dice que el PH es neutro, porque no se hidroliza ninguno de los dos, pero cuando tenemos nosotros ahí hay casos tenemos e...

c)

O- ¿Qué significa para vos, qué significa para vos que no se hidrolice?

Jo- Que no se le puede em... que al aumentarle agua no reacciona, bah...

d)

O-¿Por qué querés Débora tener los ejercicios bien hechos?

D- Porque yo primero los hago, acá en clase para que me salgan bien, cuando viene la evaluación yo los vuelvo a realizar de nuevo, o sea después de mucho tiempo vuelvo a hacer todas las guías, así práctico para la evaluación.

O- Y a vos, Luciana ¿te parece importante tener el ejercicio bien hecho?

L- Sí, porque lo que hago ahora en clase después lo corroboro yo cuando lo hago de vuelta.

Esta mirada sobre el aprendizaje está claramente ligada al éxito, al logro por aprobar el parcial o el examen final, a cumplir con lo que la profesora espera de ellos, o sea a responder de todas maneras al mandato docente al que se le otorga en la práctica el poder total para decidir acerca del abordaje de las cuestiones problemáticas planteadas.

De todos modos, en los procedimientos utilizados por los alumnos en el proceso de resolución están comprometidas, según el caso, una mezcla de estrategias entre las que se cuentan algunas de asociación, de elaboración y de organización. La técnica que se induce desde el desarrollo de los problemas-tipo refuerza sobre todo las últimas ya que se organiza la información a partir del enunciado del problema, se toman en cuenta los datos, se seleccionan incógnitas, se procede por pasos, y, en su mayoría, se llega al resultado correcto, aunque no se advierte que se evalúe el resultado o se formulen hipótesis. Este accionar produce que, en general, no se busquen los contenidos necesarios para elaborar las respuestas, ni las relaciones conceptuales, sino el esquema que pueda funcionar para tener los ejercicios bien hechos. Tal es así que, según describen dos alumnos:

D- Lo normal en la resolución de problemas es colocar los datos, las incógnitas, buscar la fórmula y encontrar el número que corresponde para la solución del ejercicio.

Jo- Yo leo el enunciado, anoto los datos, las incógnitas y depende de las incógnitas que tenga, utilizo la fórmula adecuada para resolver.

Dificultades de los estudiantes

El fracaso de los alumnos en la resolución de problemas se atribuye generalmente a carencias en estrategias y habilidades de resolución, pero

también a la ausencia de conocimientos necesarios para abordar este proceso. El modelo de enseñanza y aprendizaje, donde el profesor plantea los problemas, desarrolla la solución como modelo y los alumnos repiten la solución que presentó el profesor y la aplican a problemas similares, provoca la aparición de dificultades inherentes al proceso resolutivo.

Las mismas están asociadas a varios factores entre los que se cuentan los obstáculos producidos por razonamientos escasos. A ese respecto es frecuente encontrarse con expresiones del docente tales como la siguiente:

P: Yo veo que les cuesta mucho razonar.

cuando en realidad los esquemas de resolución que se propician difícilmente puedan movilizar el pensamiento más allá del recuerdo del planteo utilizado habitualmente.

De igual manera se sostiene que otro aspecto que influye en la generación de problemas para resolver está vinculado a una lectura escasamente comprensiva del enunciado:

P: Deben leerlo al problema porque a veces preguntan por ejemplo: aquí no me da el volumen, y en el problema dice: en un litro de solución....Yo veo errores al leer, no lo leen bien al problema.

Esta cuestión revela que los estudiantes no pueden por sí mismos solucionar un problema cuando se ha producido aunque sea una leve modificación en la presentación de la información proporcionada en la situación problemática.

Por otro lado, la pobreza en el manejo de los conceptos involucrados en los problemas y las relaciones entre éstos, pone en evidencia esfuerzos estudiantiles que se despliegan en el vacío ya que la existencia de un necesario bagaje de contenidos previos resulta imprescindible para abordar cualquier situación de esta naturaleza, hecho de lo que es consciente el docente:

P: les cuesta conectar temas, es como que dicen: 'no, eso ya lo ví no lo puedo estar viendo de nuevo. El alumno tiene que tener un conocimiento previo.

Planteo al cual se le agregan conflictos asociados al uso de herramientas de otras disciplinas:

P: yo noto muchas dificultades en Matemática. Cosas que para mí son básicas, ellos tienen muchos errores. Notación científica no saben, no tienen noción, eso debería venir del secundario.

Esta escasa relación conceptual del modelo químico que se debería estudiar con los ejercicios y problemas propuestos muestra, entonces, que la teoría no está disponible y por lo tanto no puede ponerse en juego en el proceso. En la práctica, la teoría es, en realidad, una guía de solución, una escueta y esquematizada lista de fórmulas y ecuaciones con algún sentido del orden de dificultad y del concepto a estudiar que no facilita la comprensión del funcionamiento del modelo sino que lo esquematiza, tal como se plantea en la observación realizada durante el trabajo de un alumno:

a)

O- ¿Y qué rescatás de la teoría habitualmente?

Jo- De la teoría rescato, acá, en el caso de las sales, como acá dice las disoluciones, tenemos que saber si es ácido fuerte o base fuerte todo eso nos enseña la teoría y nos enseña que hay cuatro casos, ácido fuerte, base fuerte; base fuerte, ácido débil, base débil y ácido débil y ácido fuerte y base débil.

b)

Je- Estoy buscando otro listado que nos había dado el profesor ayer en el teórico, de los ácidos fuertes y débiles

O- ¿Un listado diferente de éste que tenés acá?

Je- Sí tiene algunos más, algunos menos

Jo- Claro, agregado algunos más, alguno nos ha agregado el profe.

De esta forma tampoco se facilita la independencia de pensamiento de los alumnos, sino que los ata a la certeza de poder encontrar de esta manera la solución, que es única e indiscutible:

Je- al disociarse el ion, tenía que estabilizarse con el agua, y si era, un ácido, pasaba un hidrógeno al agua, entonces quedaba el agua, H tres o y sino, pasaba del agua a la base un hidrógeno, y quedaba o hache más la base más un hidrógeno pero ahora estoy trabajando con ácidos que no tienen hidrógeno para pasar y entonces no se qué hacer,

solución que el docente posee, al que hay que recurrir para salvar la duda:

O- ¿Y qué van a hacer ahora si les faltan los datos?

D- Y, esperamos que venga el profe y hasta eso adelantamos con el punto dos,...

También, en muchos casos, no se distinguen convenciones de conceptos

L- Sí, pero siempre se pone el no metal adelante del sodio

D- ¿Qué?

L- Siempre se coloca el metal delante de la sal

O los conceptos se tergiversan por un mal uso del lenguaje:

a)

N- Sí, lo que ganó del agua, el ión agua, y el cianuro,... acá necesito.

b)

L- Si,... sino que el PH calcula el índice, si es ácido o básico, o neutro, directamente, el grado de disociación que tiene el compuesto.

c)

Jo- no, no, pero por los prefijos que tiene, depende la cantidad de valencias si es hipo, cuando es la menor valencia, per con mayor valencia, acá dice clorato, así que está al medio de los dos.

d)

Je- Porque me está pidiendo que diga si es ácido ó básico y como esta ecuación depende de la concentración de las dos sales, no se puede saber hasta que se calcula la cantidad de PH. Si es mayor de 7 va a ser básico y si es menos que 7 va a ser ácido.

O porque efectivamente se están comprendiendo en forma incorrecta:

a)

D- Y... el PH mide la cantidad de hidrógenos que se encuentran en una... una ecuación

b)

Je- No, porque en esa época, estaba,... estaba.... no, era,... era medir la parte aerodinámica. Leer la temperatura absorbida o despedida por la reacción.

Todos estos factores constituyen así inconvenientes que conflictúan el proceso de resolución y terminan poniendo en duda la efectividad de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje.

Conclusiones

Los resultados obtenidos a través de esta investigación ponen en evidencia que la enseñanza y el aprendizaje de la Resolución de Problemas desde la perspectiva de los actores de la muestra, se encuentran fuertemente ligados a procesos que incentivan mecanismos de repetición y a acciones que validan este proceso resolutivo.

El aprendizaje generado, donde lo que se busca es la regla para encontrar la solución, la fórmula, la ecuación, sin relacionar las cuestiones conceptuales o sin mirar desde los modelos químicos que expliquen las reacciones que se producen, limita al estudiante a la mera repetición de pasos que impiden la verdadera comprensión de los fenómenos químicos. Es así que los modelos de situaciones problemáticas planteadas, permiten sólo que se apliquen las reglas de la disciplina, que se van repitiendo en todos ellos con mínimas variaciones que son de tipo operatoria y no proveen de discusiones a partir de las cuales el alumno pueda confrontar el conocimiento adquirido con el conocimiento científico. El conflicto cognitivo está ausente, o, por lo menos, muy relegado a ultimísimo plano, no aparece como cuestión principal en la clase, no aparece la comprensión de los fenómenos químicos, sino la explicación a través de ecuaciones y fórmulas.

La independencia de estudio, el juicio crítico no tienen sustento si el estudiante no modifica estas formas, esta búsqueda de repeticiones, de salir bien a costa del aprendizaje. Es el docente el que debe propiciar, dar herramientas y elementos para que el alumno desarrolle sus propias estrategias de aprendizaje, y elementos metacognitivos que le ayuden a aprender.

Las concepciones docentes emergentes a este respecto no difieren demasiado de las que nos muestran los resultados de investigaciones

educativas con profesores de Ciencias. En ese sentido se revelan coincidencias con caracterizaciones puestas en evidencia en otros contextos (Drewes, Iuliani, Caamaño, 2001) en relación con la noción de problema, sus objetivos y su aplicación en el aula. Las mismas ponen en situación la relación con fracasos estudiantiles en los aprendizajes disciplinares asociados en buena medida al trabajo con problemas-ejercicios, los que descontextualizados y escasamente motivadores alejan de los alumnos la posibilidad de enfrentarse con desafíos que supone el abordaje de auténticas situaciones que plantean interrogantes y dificultades para las cuales no hay una solución única y preestablecida (Hayes, 1981; Bodner y Mc Millen, 1986).

Existe así ausencia en el cumplimiento de lo que se supone se espera de los alumnos respecto a la resolución de problemas: una enseñanza basada en la comprensión de los razonamientos de los estudiantes y la detección de las causas que originan sus dificultades. Es el profesor le corresponde orientar su discurso y las actividades que promueve para conseguir que el alumnado pueda identificar otras formas de ver los fenómenos, y de pensar y de hablar sobre ellos más acordes con los de la ciencia actual. Sin embargo, para ello es necesario un cambio profundo en la forma de entender qué es enseñar y, muy especialmente, en la forma de conceptualizarla.

Referencias bibliográficas

Bodner G.M. y Mc Millen T.L.B. (1986). Cognitiva restructuring as an early stage in solving problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 8, 727-737.

Cano, F. y Justicia, F. (1994). Learning strategies, styles and approaches: an analysis of their interrelationships. *Higher Education*, 27, 239-260.

Drewes, A., Iuliani, L. y Caamaño, A. (2001). Experimentación y adaptación del Proyecto Química SALTERS en Argentina: una investigación en contexto CTS en cursos de química de nivel medio España: Universitat Autònoma de Barcelona, Argentina: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, 105-109 En: <http://webs.uvigo.es/educacion.editora/volumenes/Libro201/C15.20Iulianetal.pdf>.

Gaulin, C. (2001). Tendencias actuales de la resolución de problemas. *Sigma*, 19, 51-63.

Em: http://www.berrikuntza.net/edukia/matematika/sigmaaldizkaria/sigma_19/TENDENCI.PDF

Hayes, J.R. (1981), *The complet problem solver*, Philadelphia: The Franklin Inst. Prevs.

Leonard, J., Gerace, J. y Dufresne, R.J. (2000). Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física. *Enseñanza de las ciencias*, 20, 3, 387-400.

Lin, H.S., Cheng, H.J. y Lawrenz, F. (2000). The Assessment of Students and Teachers' Understanding of Gas Laws. *Journal of Chemical Education*, 77, 2, 235-238

Mazur, E. (1997). *Peer Instruction*. Prentice Hall.

Mettes, C.T.C.W., Pilot, A., Roosink, J.H. y Kramers-Pals, H. (1980). Teaching and learning problem solving in Science. Part I: A general strategy. *Journal of Chemical Education*, 57, 882-885.

Miles, M.B. y Huberman, A. (1994). *Qualitative data analysis: an expanded sourcebook*. Newbury Park, CA: Sage.

Newell, A. y Simon, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Nurrenbern S.C. y Pickering, M. (1987). Concept Learning versus Problem Solving: Is There a Difference?. *Journal of Chemical Education*, 64, 6, 508-510.

Parra, B., (1990). Dos concepciones de resolución de problemas, *Revista Educación Matemática*, 2, 3, 22-31

Peiró, J.M. y Prieto, F. (dirs.) (1996): *Tratado de Psicología del Trabajo*. Vols. I y II. Madrid: Síntesis.

Polya, G. (1965). *Mathematical discovery: On understanding, learning and teaching problem solving*. 2. New York: Wiley.

Ramírez, J.L., Gil, D. y Martínez Torregosa, J. (1994). *La resolución de problemas de física y química como investigación*. Madrid: CIDE/MEC.

Stanic, G. y Kilpatrick, J. (1989). Historical perspectives on problem solving in the mathematics curriculum. En R. Charles & Silver (Eds.) *The teaching and assessing of mathematical problem solving* (pp. 1-22). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.