

Un estudio diagnóstico sobre Ecuaciones Diferenciales Ordinarias en estudiantes de Licenciatura en Química. Consecuencias en representaciones mentales

*A diagnostic study concerning Ordinary Differential Equations
for undergraduate chemistry students. Consequences in mental representations*

María del Carmen Rivalta Valladares, Facultad de Matemática y Computación, Universidad de La Habana

Herminia Hernández Fernández, Centro de Estudios para la Educación Superior (CEPES), Universidad de La Habana

Resumen

Un estudio diagnóstico fue realizado con la finalidad de investigar la representación mental que sobre ecuaciones diferenciales ordinarias tiene el estudiante después de un semestre de haberlas estudiado. El diagnóstico incluyó la resolución de un problema de carácter químico conducente a ecuaciones diferenciales ordinarias. Este estudio puso en evidencia falta de solidez en el conocimiento y, la necesidad de intervenir sobre las representaciones mentales durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los instrumentos aplicados y los resultados se expresan en el trabajo y justifican la siguiente interrogante: ¿cómo hacer que los estudiantes alcancen una representación mental sólida que les permita vincular la resolución de problemas químicos con sus correspondientes modelos matemáticos?

Además, se hace un análisis de los factores que atentan contra la solidez de los conocimientos, así como se argumenta acerca de la importancia de valorar las representaciones mentales de los estudiantes.

Palabras claves: Ecuaciones Diferenciales Ordinarias, valoración, representación mental, solidez del conocimiento.

Abstract

A study was aimed at investigating the student's mental representation dealing with Ordinary Differential Equations

after a semester of being graded. This diagnostic test involved a chemical problem to be solved through ordinary differential equations. This test made evident the lack of long lasting knowledge as well as the need of having hand in the way that mental representations go on during the teaching – learning process.

The test applied and the results are shown in this paper. This led us to the following question:

What to do to make students reach a sound mental representation aimed at providing ways to connect chemical problems with suitable mathematical models?

In addition, an analysis is made upon the elements that are raising difficulties to attain a long lasting knowledge. It is argued the relevance of an ongoing appraisal of the student's mental representation.

Key words: Ordinary Differential Equations, appraisal, mental representation, long lasting knowledge.

1. Introducción

A menudo los profesores de ciencias comparten una sensación de frustración, al comprobar que sus esfuerzos por lograr un "aprendizaje de calidad" en sus estudiantes, tienen un limitado alcance.

Investigaciones realizadas por Pozo y Gómez [1], en la educación secundaria en España y Cuba, Feria [2], Maza-

río [3], Cruz [4], Rebollar [5], Delgado [6], Llivina [7] —por solo citar algunos investigadores en matemática educativa— reflejan que los estudiantes presentan dificultades en la comprensión de conceptos y en el aprendizaje de procedimientos para resolver problemas, así como se evidencia que estos sostienen actitudes y creencias inadecuadas respecto a la naturaleza de las ciencias y su aprendizaje. Por otro lado, instrumentos que se han aplicado con relación a la solidez de los conocimientos asimilados, permiten corroborar la siguiente aseveración: «[...] usualmente los estudiantes olvidan lo que en un momento determinado demostraron haber aprendido, porque solo retuvieron en memoria los conceptos y procedimientos objeto de aprendizaje como hechos aislados y no inmersos en una organización o estructura lógica.»[8]

Es incuestionable que la falta de solidez o el olvido es consecuencia, no solo de dificultades que pueda haber en el proyecto curricular, sino en su proceso de realización. A continuación se analizan algunos de estos problemas.

Muchos profesores dominan la materia que enseñan pero, con frecuencia, desconocen cómo va transcurriendo la asimilación de estos contenidos en la cabeza de sus estudiantes. Existe también la creencia de que el aprendizaje es un proceso natural, que se produce de manera isomorfa a lo que el profesor enseña, preocupándose por lo que han aprendido los estudiantes solo cuando es tiempo de evaluaciones parciales o finales. Aunque ciertamente el aprendizaje es natural, en el sentido de que todas las personas están capacitadas para aprender algo, a partir de "otro" que enseñe, cabe cuestionarse: ¿cómo va ocurriendo ese aprendizaje?, ¿cómo se va representando mentalmente el estudiante, el contenido de aprendizaje?, ¿puede el estudiante resolver cualquier tipo de problema atinente al contenido que se le acaba de enseñar?, ¿pueden transferir conocimientos para resolver problemas relativos a otros contenidos matemáticos, así como problemas de otras disciplinas que requieran de la matemática?, ¿el conocimiento perdura al paso del tiempo, o el estudiante olvida lo que en un momento determinado demostró haber aprendido?

Las autoras sostienen la hipótesis de que solo un aprendizaje organizado e instalado según redes jerárquicas, en

forma de sistema, donde el estudiante haga conexiones, desconecte, asocie, recupere información relevante para la resolución de problemas es realmente lo que se debe aspirar a lograr. Un aprendizaje con estas cualidades —salvo excepciones— es adquirido bajo la orientación, el estímulo y el rol regulador del profesor y de la interacción social en los contextos donde el proceso de enseñanza y aprendizaje (PEA) tenga lugar.

Por otra parte, el profesor resuelve problemas empleando su conocimiento organizado, en tanto experto, pero no siempre muestra los pasos que llevó a cabo para su resolución. A veces ofrece un resultado que el estudiante (novato) percibe como acto de magia, es decir, no siempre transparente ante los estudiantes su lógica, alternativas o método para resolverlo, a fin de ir acortando la distancia intelectual que existe entre el experto y el novato, al decir de la psicología cognitiva.

Para que el aprendizaje sea sólido, es menester hacer análisis diagnóstico frecuente, para influir y regular las representaciones mentales que sobre lo aprendido vaya conformando el estudiante. Sobre regulación y solidez en representaciones mentales y sobre los resultados de un estudio diagnóstico realizado, versan estas cuartillas.

2. Desarrollo

Sobre representaciones mentales

Según De Vega [9], una de las cuestiones generales, más polémicas, difíciles e interesantes de la psicología cognitiva es la relativa a las representaciones mentales. La experiencia intuitiva nos revela que pensamos con palabras e imágenes mentales.

Se podría decir que el despliegue de acciones, procedimientos, justificaciones que realiza un estudiante cuando resuelve un problema matemático, es un lado visible (externo) de su representación mental con relación a la temática relativa al problema a resolver (anexo 3) Asimismo, cuando se pide al estudiante que exprese gráficamente las conexiones entre conceptos, teoremas, procedimientos específicos, habilidades que se ponen en juego en el abordaje

y solución de un problema, se está ante otro lado visible de la representación mental (anexo 4). Se trata de exteriorizar el contenido de lo interno, que en el caso que nos ocupa se centra en el aprendizaje matemático y en particular en las ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO). Se hace visible para valorar su contenido y en consecuencia regularlo, en el sentido de ajuste y corrección.

Es así que especialistas en psicología cognitiva han tratado de explicar cómo acontece el aprendizaje del ser humano en el contexto en que se desarrolla. Al respecto Arbeláez en [10] afirma: «Los seres humanos, construyen representaciones mentales sobre el entorno que los rodea, sobre sí mismos, sobre la sociedad y sobre la naturaleza en la cual se constituyen como personas. Estas representaciones se organizan en estructuras conceptuales, procedimentales y actitudinales para darle sentido a la interioridad y exterioridad de su entorno, con miras al dominio, la intervención, el control y la transformación del mismo.» En este último aspecto es prudente añadir que cuando un individuo activa estas representaciones para "actuar en el entorno", (léase: resolver un problema productivo o creativo) integra todas estas estructuras, pues siempre se produce una conjunción del concepto, con la forma de proceder con él y a su vez con la relación afectiva que se establece acorde a lo que esa experiencia signifique para el estudiante, como resultado de una de las ideas centrales de Vigotsky: la unidad de los afectivo y lo cognitivo.

Desde la psicología cognitiva, existen diferentes enfoques para conceptualizar las representaciones mentales. Entre estos se distingue, el enfoque estructuralista de Piaget. Desde esta perspectiva, las representaciones mentales son elaboradas de manera individual y se conforman en el propio funcionamiento cognitivo, lo cual se traduce en que las personas construyen interpretaciones acerca de la realidad, dependiendo del desarrollo de su estructura mental, mientras que el medio social se concibe como un soporte mínimo de estimulación. Este enfoque estructuralista no concede al medio social toda la relevancia que tiene en el proceso de construcción de las representaciones.

En cambio, el enfoque de la psicología social, esbozado por Moscovici y Jodelet, acepta «[...] que las representacio-

nes son construidas por cada persona. Sin embargo, no hay una infinita variedad de representaciones porque los individuos 'reproducen' las representaciones fundamentales de la sociedad en la cual viven del mismo modo que reproducen el lenguaje, las normas de comportamiento, entre otros.» (Arbeláez, ob.cit.)

Si bien esta postura legitima el carácter social en la construcción de las representaciones, solo reconoce el anclaje social, pues insiste en la regulación social del conocimiento, en contraposición con el enfoque estructuralista de Piaget que tiende más a reconocer la construcción individual de las representaciones.

Otra posición, es la desarrollada por Rodrigo Rodríguez y Marrero. En esta, se parte del supuesto

[...] que las representaciones son construcciones tanto individuales como sociales, pues el ser humano no construye su representación en solitario, ni sobre la base de experiencias idiosincráticas, sino a partir de las relaciones con los miembros de su cultura, es decir, las representaciones están fuertemente orientadas por la actividades (prácticas culturales) que el individuo realiza en su grupo y que suele tener lugar en un contexto de relación y de comunicación interpersonal (formatos), que trascienden la dinámica interna de la construcción individual. [10]

Esta postura, por su carácter integrador y por estar en armonía con el enfoque histórico-cultural asumido por las autoras de este trabajo, proporciona por el momento un marco adecuado para una caracterización de las representaciones mentales, si se identifica a las "actividades", con la dinámica que tiene lugar en las clases de matemáticas y las tareas que se desarrollan en ella y al "contexto de relación y comunicación interpersonal" con el lenguaje común y el lenguaje matemático, así como en las relaciones profesor-alumno, alumno-alumno y alumno-consigo mismo. Más adelante se hace referencia a formatos en el plano intrapsicológico, es decir, en el plano individual o plano de la subjetividad.

Se destacar la importancia que puede tener para el aprendizaje el problema de la estructura y organización del

conocimiento, como parte integrante del estudio de las representaciones mentales. Importante también para la comprensión del proceso de aprendizaje es tener en cuenta la «Ley Genética Fundamental del Desarrollo», de L. S. Vigotsky [11], la cual establece que toda función psíquica aparece en acción dos veces, primero en el plano social (interpsicológico). Luego, esa función psíquica se interioriza y pasa al plano de la subjetividad (intrapsicológico). Se entiende el plano interpsicológico como el plano de la comunicación donde la actuación del sujeto ocurre con la ayuda del prójimo (sea este otro estudiante o el profesor). Aquí se revelan las potencialidades del sujeto y del grupo en su interacción. En cambio, el plano intrapsicológico es el plano individual, que expresa el desarrollo alcanzado por el sujeto en un momento determinado. Aquí el estudiante dependiendo de su desarrollo utiliza "signos" que den sentido a su aprendizaje y conocimientos. Estos signos constituyen maneras de organizar estas representaciones mentales individuales, las cuales pudieran estructurarse mejor en la medida en que se sea consciente de la representación mental que se tiene acerca de algo.

La caracterización de representaciones mentales aceptada por el momento, condiciona a que se tenga otra concepción del aula, del grupo escolar y del aprendizaje. El hecho de considerar la influencia social en las representaciones mentales individuales, hace que se sustituya la comunicación de nuca a nuca entre los estudiantes por una comunicación cara a cara, con intercambios de logros y fracasos, de estímulos y desalientos. Esta comunicación que se da en el plano interpsicológico introduce de manera natural, el concepto de zona de desarrollo próximo (ZDP), noción cardinal en la obra de L. S. Vigotsky. La ZDP se define como la distancia que media entre lo que el sujeto puede hacer solo y lo que puede lograr mediante la guía o la cooperación del otro, en la solución de cierto problema o ejecución de una tarea.

A decir de una de las autoras de este trabajo en [8]: «La ZDP provoca una reestructuración en el concepto de aprendizaje, que se resume en lo siguiente:

- El aprendizaje no existe al margen de las relaciones sociales.

- El aprendizaje no ocurre fuera de los límites de la ZDP.
- El aprendizaje (sentido estricto) y la educación (sentido amplio) preceden al desarrollo, o conducen al desarrollo.»

Las representaciones mentales, en tanto vestiduras del aprendizaje —parafraseando a Vigotsky en *Pensamiento y Lenguaje*— siguen estos rasgos, en la medida en que se exterioricen, se diagnostiquen y se regulen.

Por otra parte, en la caracterización asumida, al decir que «[...] las representaciones mentales están fuertemente orientadas por las actividades (...) que el individuo realiza en su grupo [...]»[10], se hace necesario recurrir al concepto de actividad como uno de los puntos esenciales para argumentar sobre la importancia de valorar las representaciones mentales de los estudiantes.

La actividad mediatiza la relación entre el hombre y su realidad objetiva. A través de esta el hombre modifica la realidad y se transforma a sí mismo. Por lo que ningún conocimiento puede ser asimilado sin su inclusión en alguna actividad.

Una organización correcta del proceso de aprendizaje, desde esta perspectiva, debe garantizar los siguientes componentes funcionales de toda actividad: la orientación, la ejecución, el control y la regulación o ajuste.

Orientación: es este el momento de creación de una base de orientación para la acción, donde el estudiante debe apropiarse del plan de acción para la ejecución de la tarea propuesta o de resolución de un problema (planificación). Es aquí donde el estudiante debe recuperar información relacionada con el problema que se debe resolver, conectar una información con otra. Entiéndase en este caso información, como conocimientos y habilidades establecidas y en constante desarrollo. De forma tal que el estudiante pueda por sí mismo o con la ayuda de otros, planificar y de esta forma sentirse descubridor.

Ejecución: este es el momento de realización de la acción en el plano práctico mental, lo cual presupone variantes de ejecución en el plano material, verbal y mental. La ejecución de la tarea en los planos verbal y mental exige del estudiante justificar tanto los pasos o acciones a realizar como los criterios en que se basa su trabajo y ello contribuye a la

reflexión, a la defensa de posiciones y de criterios técnicos y científicos.

Control: este es el momento de asegurarse de la calidad de las decisiones tomadas y de recoger las señales de aviso en este sentido. Abarca tanto el control de la planificación como el de las operaciones, como el control según el resultado final de la tarea que se ejecuta.

Manifestaciones de control deben producirse tanto en el momento de orientación como en el de ejecución de la actividad.

Regulación o ajuste: el control es necesario, pero no suficiente, en tanto es menester una regulación de la acción que presupone aplicar correctivos y realizar ajustes; bien por el profesor, mejor por los propios estudiantes y tantísimo mejor si es por el propio estudiante, lo que se convertiría en una autorregulación.

Como puede apreciarse en cada uno de los componentes funcionales de la actividad, está presente la necesidad de hacer evidente las representaciones mentales que se vayan conformando sobre el objeto a aprender.

Se rememora a L. Morenza cuando dice en [12], que uno de los aportes más importantes del Paradigma del procesamiento de la información (PPI) es el haber planteado la existencia de representaciones mentales en la memoria a largo plazo e hipotetiza que los formatos o códigos de las representaciones mentales son de tres tipos fundamentales:

- El formato de las imágenes mentales, que posee una analogía estructural con la imagen perceptual, ya que codifica la información de modo tal que exige de una evocación visual que se inserte en el espacio.
- El formato verbal que se corresponde con las palabras que el individuo utiliza en su lenguaje.
- El formato proposicional que se corresponde con una representación de la información que puede formalizarse de acuerdo a una lógica de predicados.

Como se aprecia el PPI impulsa a transparentar el contenido del plano intrapsicológico, es decir, las representaciones mentales que sobre algún contenido tenga el estudiante.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta, que se toma del PPI es la relación entre expertos y novatos. Esta induce al experto (profesor) a adelantar en años las experiencias del novato (estudiante) poniendo a su disposición elementos que permitan entrenarlo en la solución de problemas y asimismo, el experto transparenta su estructura y organización de conocimientos, sus representaciones mentales, ante el estudiante.

Lo expuesto hasta aquí justifica la necesidad no solo de valorar las representaciones mentales, sino también fundamenta la necesidad de establecer un plan de acción para incidir, si es necesario en la corrección de estas representaciones mentales.

3. Solidez como una característica de la actividad de aprender

Se pretende otorgar significado a la solidez y al olvido, durante el aprendizaje, de la memoria, que como ya se ha expresado, los estudios sobre ella han estado vinculados a la hipótesis de las representaciones mentales.

Con referencia a la memoria a largo plazo, R. Corral [13] expresa: «[...] el olvido no es deficiencia del sistema —falta de capacidad, limitación de las operaciones— sino un error causado por la selección inadecuada de las claves y puede evitarse a través de una práctica sistematizada.»

Si se analiza esta aseveración en clave pedagógica, se consideraría muy absoluta, aunque no se niega. Ahí se dice que el olvido puede no ser pérdida de la información almacenada, sino un error en las claves de recuperación. Sin desechar la idea de Corral, y con la mirada pedagógica, se podría añadir que el olvido puede deberse a diversos factores, por citar solo algunos.

- La información se instaló temporalmente con carácter reproductivo, memorístico, como segmentos discretos, sin un significado para el estudiante y sin una integración consciente en el entramado de conocimientos correspondientes.
- No hubo suficiente control, evaluación, retroalimentación sobre la representación mental del estudiante. En

fin, regulación por parte del profesor, de los otros, del propio estudiante, que favoreciera la corrección e instalación sólida de esa información.

- No se activó esa información ante la necesidad de resolver problemas, donde no solo entra en juego ese entramado de contenidos, sino que cualquiera sea el problema, exige buscar, y vincular con otros entramados o nodos de diferente cualidad.

Los dos primeros factores apuntan al título de este artículo, toda vez que se trata de valorar representaciones mentales para garantizar solidez del conocimiento. Ahora bien, ¿cómo fundamentar la solidez del conocimiento más allá de su antonimia con el olvido?

En lo expresado hasta ahora, se han empleado fundamentalmente categorías de la psicología cognitiva, en tanto hay un trabajo pretérito de H. Hernández, [8] que toma préstamos de ésta en conjunción con postulados de L. S. Vigotsky y sus seguidores. En lo sucesivo esta será la perspectiva teórico-metodológica.

Se concuerda con O. González [14], cuando dice que:

El aprendizaje es un proceso de construcción y reconstrucción (no solo de registro y observación) por parte del sujeto que aprende, de conocimientos, formas de comportamiento, actitudes, valores, afectos y sus formas de expresión; que se producen en condiciones de interacción social en un medio socio-histórico concreto [...]

Se sabe que el aprendizaje presupone desestructuración del conocimiento para luego volver a estructurarse bajo una condición espacio-temporal de equilibrio. Una de las palabras clave de esta disertación es solidez, de ahí que ahora se vuelva a la definición de aprendizaje para detenerse a pensar, que aprendizaje es proceso y todo proceso es generador de actividad y para valorar la calidad de la actividad de aprendizaje y de las acciones implicadas en ella, hay que conocer sus principales características. Estas características permiten diferenciar: las acciones de carácter reproductivo de las que no lo son, las que son reflexivas o conscientes de las que no lo son, así como las generales

de las particulares y las sólidas de las no estables. Características de la acción que el profesor debe poder diferenciar para la valoración y regulación de las sucesivas representaciones mentales del estudiante.

Corresponde el mérito a Galperin [15], haber determinado un conjunto de características, que se deben tomar en cuenta como parámetros cualitativos para asegurar la calidad de la acción y actividad de aprendizaje, además de, la calidad de ese entramado de conocimientos que se exterioriza y deja ver cómo va la representación mental sobre un contenido determinado (para un estudio de todas las características de la acción, consultar el texto de la referencia).

Se centrará el análisis sucesivo en dos de las características: reflexión y solidez.

La *reflexión* o grado de conciencia, es una característica de la acción que trata de la posibilidad que el estudiante tiene de poder expresar verbalmente el contenido del aprendizaje que posea; un grado de reflexión sobre lo que piensa y hace, que pueda explicar su lógica. La reflexión es inferida, se vale del lenguaje oral y escrito, pero lo más relevante es la conexión que se produce cuando el estudiante traduce la lógica de su acción a la lógica de los conceptos, con la que fundamenta su actuación y así le da significado real al discurso que emplea para ello.

La *solidez* es una característica muy dependiente de la forma (material o materializada), de la reflexión, del grado de generalización que se logre. La acción resulta más sólida en la medida en que transcurra de la forma material a la mental, con el control y regulación que proceda en cada caso, en cada ejercicio o problema a resolver. El aprendizaje será más sólido en la medida en que se proyecte un sistema de tareas que permita su inserción en una organización sistémica de los contenidos a aprender.

4. Análisis del diagnóstico realizado

Con el objetivo de valorar cuán estable era el conocimiento de un grupo de estudiantes de la carrera Licenciatura en

Química, después de concluida la última asignatura de matemáticas, Ecuaciones Diferenciales, cursada en el segundo semestre del segundo año de la carrera, fue aplicado un examen diagnóstico, seis meses después de haber realizado el examen final de esta asignatura (anexo 1). El diagnóstico contenía dos preguntas de este examen final, una de las cuales era un problema químico conducente a una ecuación diferencial, que nunca había sido tratado en clases de la manera presentada.

El instrumento fue aplicado a 26 estudiantes de una matrícula de 41, los cuales asistieron por propia voluntad y no seleccionados de manera intencional. De los 26 estudiantes diagnosticados, 16 habían realizado este examen final.

La pregunta relativa a conceptos básicos de ecuaciones diferenciales ordinarias y procedimiento para resolver una ecuación diferencial, sujeta a condiciones iniciales solo fue resuelta adecuadamente por dos estudiantes.

En la pregunta referente al problema químico conducente a una ecuación diferencial, diez de los examinados mostraron recordar total o parcialmente como transferir conceptos, procedimientos y modelos matemáticos al lenguaje químico. Cuatro de estos diez estudiantes, no habían mostrado este desempeño en el examen final, dos de ellos no habían realizado este examen. Esta pregunta la resolvieron perfectamente cinco estudiantes. Los cinco restantes, mostraron olvido en procedimientos.

En el procesamiento de la información para darle solución a un problema, el estudiante tiene que hacer uso del contenido aprendido, tanto el específico (conceptos, procedimientos y modelos), como el no específico (habilidades generales matemáticas y habilidades generales de estudio), de manera indistinta.

En el Anexo 2 se muestra una representación de experto sobre la forma de proceder para resolver la primera pregunta del diagnóstico aplicado. A la luz de este esquema, se puede inferir que la mayoría de los estudiantes olvidó establecer las condiciones de existencia y unicidad de la solución de un problema de Cauchy y por tanto, el modo de aplicar las mismas. Por otro lado, aunque diez de los estudiantes diagnosticados reconocen el método de resolución de la ecuación diferencial, olvidaron el procedimiento.

En el Anexo 3 se muestra la respuesta de un estudiante al instrumento aplicado, y en el Anexo 4 se expone una representación inferida, a partir de la respuesta a la primera pregunta, de este estudiante.

En la segunda pregunta, una representación de experto como la del Anexo 2, mostraría que el estudiante debería que accionar de manera análoga. Primeramente tendría que **interpretar**, para reconocer que la velocidad de reacción se corresponde con el modelo de derivada de la concentración respecto al tiempo (**modelar**) y **analizar** que esta velocidad es negativa porque la concentración va disminuyendo. Tendría que **identificar** el tipo de ecuación diferencial para **aplicar** en consecuencia el método adecuado que permita **resolverla**. Debería **expresar** la solución como una función que depende del tiempo y **calcular** en qué tiempo la concentración decrece hasta el valor establecido. Luego tendría que **interpretar** el resultado para darle respuesta al problema químico planteado.

Además respecto a los resultados del problema químico presentado en el examen, se puede conjeturar, que en este caso, no representó un obstáculo para los estudiantes, la conexión del concepto velocidad de reacción con la derivada como razón de cambio de la concentración respecto al tiempo, aunque este es un contenido químico que se formaliza en la asignatura Cinética Química que cursarían en el sexto semestre de la carrera.

El resultado de este diagnóstico corrobora la necesidad, no solo de inferir y describir cómo cada estudiante ha organizado sus conocimientos y la representación mental que se hace sobre un determinado concepto, procedimiento y habilidad, sino la necesidad de poder intervenir (el profesor, otro estudiante y el propio estudiante a modo de autorregulación) en estas representaciones.

Este diagnóstico reveló que los estudiantes olvidaron conceptos y procedimientos básicos para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias. Solo dos estudiantes demostraron tener un conocimiento sólido y en consecuencia una representación mental adecuada que les permitió resolver esos problemas exitosamente.

5. Conclusiones y recomendaciones

No siempre, como profesores, estimulamos que el estudiante sea reflexivo o consciente de las representaciones mentales que va conformando con relación a su aprendizaje y lo expresado en esta ponencia apunta a la necesidad de exteriorizarlas a los efectos de su valoración y regulación.

Las representaciones mentales pueden ayudar a transparentar el funcionamiento del plano intrapsicológico. Asimismo, conocer y comprender las representaciones mentales de un estudiante permite al profesor y al resto de los estudiantes adentrarse en su epistemología personal, en sus creencias, en sus teorías implícitas y posibilita incidir en ellas, en aras de lograr un aprendizaje sólido. En esta dirección, el desarrollo de las habilidades generales matemáticas por parte de cada estudiante, pudiera formar parte de los indicadores para establecer la calidad de su representación mental.

Hacer explícitas las representaciones mentales trae de hecho un cuestionamiento al sujeto y también al contexto del cual hace parte, generando de alguna manera transformaciones en uno y otro ámbito, pues no se podría transformar aquello que es desconocido.

El estudio diagnóstico puso en evidencia la necesidad de proponer acciones conducentes a incidir en las representaciones mentales —entre otras— con estrategias de acceso, búsqueda y recuperación de la información almacenada.

Identificar o seleccionar problemas químicos conducentes a modelos matemáticos que permitan activar y transferir, conceptos y procedimientos, así como fijar modos de actuación, propiciaría un aprendizaje reflexivo y sólido, siempre que de manera sistemática se haga valoración y regulación de las representaciones mentales de los estudiantes.

Referencias bibliográficas

- [1] J. I. POZO MUNICIO y M. Á. GÓMEZ CRESPO, 1998, *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, Madrid: Ediciones Morata, S. L.
- [2] F. F. FERIA VELÁZQUEZ, 2003, *El perfeccionamiento de la dinámica del proceso docente educativo en la disciplina Metodología de la Enseñanza de la Matemática*, Tesis Doctoral.
- [3] I. MAZARÍO TRIANA, 2002, *La resolución de problemas en la Matemática I y II de la carrera de Agronomía*, Tesis Doctoral.
- [4] M. CRUZ RAMÍREZ, 2002, *Estrategia metacognitiva en la formulación de problemas para la enseñanza de la Matemática*, Tesis Doctoral.
- [5] A. REBOLLAR MOROTE, 2000, *Una variante para la estructuración del proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática, a partir de una nueva forma de organizar el contenido, en la escuela media cubana*, Tesis Doctoral.
- [6] J. R. DELGADO RUBÍ, 1999, *La enseñanza de la resolución de problemas. Dos elementos fundamentales para su eficacia: la estructuración sistémica del contenido de estudio y el desarrollo de las habilidades generales matemáticas*, Tesis Doctoral.
- [7] M. J. LLIVINA LAVIGNE, 1999, *Una propuesta metodológica para contribuir al desarrollo de la capacidad para resolver problemas matemáticos*, Tesis Doctoral.
- [8] H. HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, 1998, *Vigotsky y la estructuración del conocimiento. Experiencia cubana*, de *Cuestiones de didáctica de la matemática*, Homo Sapiens, pp. 33-54.
- [9] M. DE VEGA, 2005, *Introducción a la Psicología*, vol. I, Felix Varela.
- [10] M. C. ARBELÁEZ GÓMEZ, 2010, *Las representaciones mentales*, <http://www.utp.edu.co/~chumanas/revistas/revistas/rev29/arbelaez.htm>. [Consultado: 19 agosto 2012].
- [11] L. S. VIGOTSKY, 1968, *Pensamiento y lenguaje*, La Habana: Edición Revolucionaria.
- [12] L. MORENZA PADILLA, 2001, *Enseñar a aprender y aprender a enseñar*, Pueblo y Educación.
- [13] R. CORRAL, 1991, *El estudio de la memoria en la psicología cognoscitiva contemporánea*, Impresos Universidad de la Habana.
- [14] O. GONZÁLEZ PACHECO, 1994, *Aprendizaje e instrucción*, Impresos Universidad de La Habana.
- [15] P. Y. GALPERIN, 1986, *Sobre el método de formación por etapas de las acciones mentales*, de *Antología de la psicología pedagógica y de las edades*, La Habana, Pueblo y Educación, pp. 114-117.