



TRANSFERENCIA DE PROCESOS MATEMÁTICOS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA EN NIVEL SECUNDARIA

JULIO CUEVAS ROMO

UNIVERSIDAD DE COLIMA
jcuevas0@ucol.mx

ELIANET GUILLÉN PÉREZ

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA-CHIAPAS
jeldyn@live.com.mx

RESUMEN

Este aporte, parte de una investigación más amplia concluida en su primera fase en el año 2014. A partir de elementos constructivistas de clásicos como Vigotsky y Piaget, y reflexionando sobre posicionamientos pedagógicos actuales sobre las implicaciones de lo que requiere resolver problemas de Física y los procesos matemáticos involucrados, nos adentramos al análisis de las estrategias utilizadas por estudiantes de nivel secundaria, tomando como ancla el concepto de transferencia. Se coloca en el plano de lo visible las relaciones que se producen entre las habilidades matemáticas y los conceptos físicos, cayendo en cuenta de que las construcciones de ambos se dan en momentos paralelos y que detenernos a observar esto puede ayudarnos, tanto a nivel docencia como de investigación, a lograr aprendizajes más interdisciplinarios y significativos, dejando atrás visiones segmentadas de estos campos.

Palabras clave: Transferencia de modelos, Enseñanza de las Matemáticas, Enseñanza de la Física, Interdisciplinariedad, Constructivismo.

INTRODUCCIÓN

A partir de una serie de experiencias docentes a lo largo de ocho años con estudiantes de segundo grado de secundaria en un contexto semi-rural de Chiapas, se han observado, de forma empírica, algunas dificultades en la solución de problemas tanto en Matemáticas como en Física,





de tal manera que los estudiantes no logran tener un aprendizaje significativo, además de que se les dificulta vincular los conocimientos previos con la nueva información, y más aún, ubican ambos campos como elementos segmentados.

A partir de esta problemática surgió el interés por responder a las siguientes interrogantes: ¿Cómo se lleva a cabo la transferencia¹ de los conocimientos adquiridos en Matemáticas a la Física?; ¿Cómo se aplica esta transferencia en la solución de problemas? Lo anterior permitió explorar, sistematizar y analizar las dificultades procedimentales de los estudiantes y su repercusión en el aprendizaje de la Física. La investigación por lo tanto, se centró en la revisión de los contenidos procedimentales y conceptuales y su vinculación con el desarrollo de los procesos cognitivos, más allá de procesos de mecanización matemática.

DESARROLLO

En referencia al pensamiento científico, las bases teóricas piagetanas plantean un análisis de los procesos y estructuras para enfrentarse a la realidad, es decir, examinar cómo evoluciona el pensamiento o la inteligencia con el paso del tiempo; en el caso del aprendizaje de la ciencia, no se requiere únicamente conocer los cambios en los procesos o formas de pensamiento sino también las concepciones, ideas y conceptos que los alumnos utilizan para comprender los fenómenos que estudian.

Pozo y Gómez Crespo (1998) afirman que la epistemología genética piagetana intenta establecer los procesos y estructuras mediante los cuales las personas construyen el conocimiento, el cual se desarrolla a través de varios estadios de las formas de pensamiento y de las estructuras cognitivas. Aquí encontramos el concepto de equilibración. Se interpreta cómo la progresión de las estructuras cognoscitivas (el conocimiento y el desarrollo), llevada a través de dos procesos: asimilación y acomodación. En la asimilación, el sujeto interpreta la información que proviene del medio en función de sus esquemas (estructuras conceptuales disponibles) para luego ser modificados, dando como resultado la acomodación. Por lo tanto, la clave del aprendizaje significativo está en relacionar el material nuevo con las ideas ya existentes en la estructura cognitiva del alumno.





Todos estos elementos son sin duda un excelente marco de referencia para analizar procesos de construcción de conocimiento en la resolución de problemas, en este caso de Física, sin embargo el elemento clave que optamos por incluir para complementar esta base teórica es el de transferencia, entendido como la aplicación de conocimientos, y habilidades adquiridos con anterioridad para enfrentarnos a situaciones o problemas nuevos. Según Ormrod (2005), cuando lo que alguien aprende en una situación afecta al cómo aprende o rinde en otra situación, ha tenido lugar una transferencia. Es de suma importancia que los conocimientos adquiridos anteriormente sean aplicados y utilizados para la solución de diversas situaciones y favorecer la explicación de las ideas previas. Es decir, que dichos conocimientos sean transferidos a situaciones futuras.

Los teóricos han realizado diversas clasificaciones de los tipos de transferencia. Ormrod (2005) nos brinda la siguiente: transferencia positiva *versus* negativa, vertical *versus* horizontal, cercana *versus* lejana y específica *versus* general. Cuando el aprendizaje en una situación facilita el aprendizaje o la ejecución en otra situación, se dice que se ha logrado o tenido una transferencia positiva. Por el contrario, cuando dicho aprendizaje limita la capacidad de la persona para aprender o rendir en otra situación, tiene lugar una transferencia negativa.

En algunas materias, los temas siguen una estructura jerárquica; es decir se debe conocer primero un tema para pasar al siguiente, este tipo de transferencia se le denomina transferencia vertical. Cuando el conocimiento del primer tema no es esencial para aprender el siguiente, pero resulta útil para su aprendizaje, se dice que se tuvo una transferencia horizontal.

La transferencia cercana implica situaciones o problemas que se parecen tanto en las características superficiales como en las relaciones subyacentes. La transferencia lejana implica dos situaciones que son similares en sus relaciones subyacentes pero diferentes en las características superficiales. En la transferencia específica, la tarea original de aprendizaje y la tarea transferencia se solapan de algún modo. En la transferencia general, la tarea original y la tarea de transferencia son diferentes en contenido y estructura. Al hablar de transferencia también se hace referencia a los cambios que los alumnos realizan en cuanto a lo cognitivo.

En esencia estas perspectivas teóricas consideran al aprendizaje un proceso personal, activo y es propio de cada individuo ya que depende de las circunstancias, donde por supuesto el contexto social determina también la necesidad y el interés que se tenga por aprender; y para





esto se deben considerar las características biológicas, psicológicas y sociológicas del que aprende.

¿QUÉ ES UN PROBLEMA?

Polya (1961) define en su libro *Mathematical Discovery* un problema como una situación que requiere la búsqueda consciente de una acción apropiada para el logro de un objetivo concebido de forma clara y previa, pero que no es alcanzable de manera inmediata. Además, afirma que un problema debe permitirle al estudiante recurrir a problemas análogos, realizar conjeturas, y generalizar.

Al respecto, Schoenfeld (1985) sostiene que la resolución de problemas siempre implica un grado de complejidad que involucra más elementos que los evocados en primera instancia, los cuales pueden ser de carácter emocional-afectivo, psicológico o sociocultural, entre otros. Tomando como punto de partida la definición de estos dos autores clásicos, nos limitamos ahora, sin afán de ser exhaustivos, en varias clasificaciones sobre el concepto de problema según diversos autores contemporáneos.

Oñorbe (2010) agrupa los problemas en función de los objetivos que éstos persigan. Los problemas dirigidos a la adquisición de conocimientos conceptuales cuya principal función es el esfuerzo y la aplicación de la teoría; los ejercicios para el aprendizaje de modelos concretos de resolución, de técnicas de automatismos para algunas etapas básicas y las conexiones entre ellas y finalmente problemas para la adquisición de conocimientos procedimentales generales en relación con las metodologías de trabajo de la ciencia.

Respecto a estos dos últimos (problemas y ejercicios), muchos especialistas afirman que son términos con diferente significado, algo con lo que concordamos, pero si los situamos según los conocimientos (de conceptos y procedimientos) de quien los ha de resolver, como menciona Garrett (1988), coincidimos en que si el que los resuelve domina todos los conceptos y procedimientos necesarios se encontrará frente a un ejercicio, pero si los desconoce estará frente a un problema.





De esta forma, la solución de problemas está vinculada con los contenidos conceptuales y actitudinales y consisten no solo en saber hacer algo, sino también en saberlo comunicar y comprender. Además esto juega un papel esencial en el aprendizaje conceptual ya que el resolver se relaciona con la experiencia previa del sujeto, articulando las ideas previas y contrastándolas con las explicaciones científicas para llegar a la consolidación del cambio conceptual. Por ello es indispensable analizar cómo los alumnos llevan a cabo dicha solución.

En lo que respecta al área de las Ciencias, Oñorbe (2010) sostiene que la resolución de problemas es reconocida como parte esencial de los procesos científicos. Se encuentra en todos los currículos académicos y se considera instrumento fundamental de evaluación de los conocimientos adquiridos por los estudiantes. En este sentido, Pozo y Gómez Crespo (1994) proponen una clasificación para los problemas que se plantean en las clases de ciencias: problemas cualitativos, problemas cuantitativos y pequeñas investigaciones.

Los problemas cualitativos son aquellos en los que se presenta una situación abierta donde se debe predecir o explicar un hecho, analizar situaciones cotidianas y científicas e interpretarlas a partir de los conocimientos personales y/o del marco conceptual que la ciencia proporciona.

Los problemas cuantitativos, que son en los que se centra gran parte de esta investigación, ya que son los que con más frecuencia se utilizan en las aulas de ciencias, especialmente en el caso de la Física y la Química (Pozo y Gómez Crespo, 1994), suelen utilizarse para abordar técnicas de trabajo cuantitativo (efectuar cambios de unidades, manejar fórmulas, establecer relaciones entre diversas magnitudes, etc.) que le ayuden a comprender a quien los resuelve, modelos científicos a la vez que le proporcionen herramientas que le sirvan para enfrentarse a problemas más complejos. Los alumnos suelen convertir el problema en un simple ejercicio matemático reduciéndolo a identificar el tipo técnica (mecanización) y realizar de forma algorítmica los pasos que se siguieron en ejercicios similares, dejando de lado el problema científico que hay detrás.

Aunque los problemas cuantitativos son útiles para el aprendizaje de la Física, no es conveniente dedicar en medida desproporcionada a la enseñanza para poder resolver este tipo de actividades, aprender ciencia implica también aprender conceptos y analizarlos. La solución de problemas ayuda a que el alumno reflexione sobre sus conocimientos y sus propias teorías,





debido a que debe aplicarlos para analizar fenómenos concretos. De esta manera, los problemas se convierten en buen instrumento para desarrollar los conceptos en el aula sobre todo cuando se discuten en grupo.

Para acercarnos a estos procesos y tomando en cuenta gran parte del bagaje teórico anterior, construimos instrumentos de intervención a partir de las nociones básicas de Polya y Schoenfeld, aunado a la clasificación que Pozo y Gómez Crespo desarrollan.

METODOLOGÍA

La estrategia metodológica utilizada es cualitativa de carácter descriptivo – interpretativo, tomando elementos de la observación no participante y el estudio de caso. Se analizaron los instrumentos con técnicas de investigación documental (registro escrito) de los procedimientos utilizados por los estudiantes.

La investigación se llevó a cabo con estudiantes de segundo grado en el grupo “A” de la Escuela Secundaria “Rafael Ramírez Castañeda” ubicada en Libramiento Norte Oriente s/n Col. Francisco I. Madero de Tuxtla Gutiérrez; Chiapas. Fue un grupo integrado por 36 alumnos (18 hombres y 18 mujeres) entre 12 y 15 años de edad.

En la propuesta de actividades se presentó una serie de problemas que permitió a los estudiantes manipular y trabajar con información cuantitativa y datos numéricos para alcanzar una solución, aunque el resultado pueda no ser cuantitativo (Pozo, 2009). Los conceptos implicados en la resolución de los problemas que se abordaron son movimiento, velocidad, fuerza.

1ª. Etapa: Entrenamiento técnico, Fase declarativa. Identificación de los datos de un problema

Consistió en una serie de problemas donde los alumnos debían identificar los datos o la información del problema, aplicar fórmulas, realizar conversiones, despejes y operaciones para llegar al resultado. Este primer momento fue un tanto inducido, ya que se les presentó una tabla donde debían seguir las indicaciones, es decir, se estableció el formato y guía de solución.

2ª. Etapa: Entrenamiento estratégico y Fase generalización del conocimiento. Resolución de problemas de forma libre





En la segunda etapa se dio la libertad a los estudiantes para que aplicaran sus propios procesos de solución, con problemas un poco más complejos que los de la primera etapa, ya no se estableció el formato o la guía de solución. En esta ocasión no se les presentó la tabla donde debían ir siguiendo las indicaciones solicitadas, sino que ellos tenían que establecer sus propios procesos algorítmicos, con la finalidad de aplicar la segunda forma de entrenamiento procedimental, estratégico en la fase generalización del conocimiento que consistió en enfrentar al alumno a situaciones cada vez más nuevas y abiertas, de forma que se vio obligado a tomar cada vez más decisiones; y a la vez a la fase de transferencia del control que consistió en promover en el alumno la autonomía en la planificación, supervisión y evaluación de la aplicación de sus procedimientos.

3ª. Etapa: Representaciones lingüísticas o no-lingüísticas. Identificación de elementos presentes

En la tercera etapa, se les presentó un dibujo donde debían identificar los conceptos físicos presentes, siendo identificables la velocidad, trayectoria, dirección, fuerza, entre otros. Además se dejó a los estudiantes en libertad de anotar y describir algún concepto que consideraran estuviera presente pero no se especificaba en la lista que se les proporcionó.

De manera general, las dificultades que los especialistas afirman que presentan los alumnos en este nivel y que fueron encontradas en el grupo son:

1. Escasa aplicación de procedimientos adquiridos con anterioridad a nuevas situaciones, los alumnos se sienten incapaces de aplicar los algoritmos aprendidos con anterioridad en el momento en que el formato o el contenido conceptual del problema cambia (Pozo y Gómez, 2009).
2. Escaso significado que tiene el resultado obtenido por los alumnos, en muchos casos se limitan a encontrar la fórmula matemática y aplicar un algoritmo sin comprender lo que hacen (Pozo y Gómez, 2009).
3. Escaso control metacognitivo alcanzado por los alumnos sobre sus propios procesos de solución, al alumno solo le interesa el resultado ya que es lo que suele evaluarse y se olvida del proceso (Pozo y Gómez, 2009).
4. No reconocen las variables que pueden intervenir en una situación problemática (de Pro, 2010).





5. Dificultades con las relaciones inversas y con las multivariabes (de Pro, 2010). En el problema 3 del segundo instrumento los estudiantes presentan serias dificultades con la relación inversa entre la presión y el área a la que se aplica una fuerza.

CONCLUSIONES

Ambos contenidos, conceptuales y procedimentales, se relacionan entre sí y no son, al menos desde lo analizado, un requisito previo de uno sobre otro, sino una red paralela de construcción de conocimientos que se afianzan entre sí. Lo anterior en términos generales mas no totales, pues algunos estudiantes que reportaron resultados “muy buenos” en la resolución algorítmica, tuvieron serios problemas para contestar un instrumento que saliera de esta lógica, algunos dijeron que “no se parece” a lo que normalmente hacen en Física o Matemáticas

A pesar de haber resuelto problemas con el mismo contenido conceptual, muchos de los estudiantes se mostraron incapaces de aplicar los procedimientos adquiridos con anterioridad a nuevas situaciones, sobre todo si eran problemas abiertos donde el formato cambiaba y que implicaban el análisis y la argumentación, situación que nos hace reflexionar sobre el abuso de “problemas-receta” o “problemas-pasos secuenciados” en estas materias.

Nuestra postura, después de una intervención y un análisis de este tipo, es que por lo general y por múltiples causas previas, el estudiante de secundaria tiende a mecanizar todo proceso de solución, sin comprender lo que hace. Por ello es indispensable poner el acento sobre los procesos de resolución y no solamente sobre los cálculos y las soluciones, ya que es el proceso lo que el estudiante transfiere cuando se enfrenta a otra situación similar en el futuro. Cuando un estudiante describe el procedimiento que siguió para resolver un problema, está valorando las estrategias utilizadas, lo que le permite conocer sus procesos mentales.

Es importante que el estudiante aprenda a razonar los problemas, es decir que comprenda el problema, analice, elabore un plan y se cuestione cómo verificar el resultado. Una forma de ayudarlos en este proceso es plantearles preguntas que les ayuden a reflexionar lo que están haciendo, favorecer la metacogición; “¿Por qué haces lo que estás haciendo? ¿Se obtiene la misma respuesta por otro medio diferente de resolución?” De esta forma el estudiante analiza las decisiones tomadas durante el proceso de resolver problemas y lograría aprender a aprender.





Por otro lado, nuestros estudiantes no aprenden por partes, es decir, los contenidos procedimentales aparecen al mismo nivel que los conceptuales y, aunque se ha hecho una diferenciación entre los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales es debido a la necesidad de clarificar qué es lo que debemos enseñar, la ciencia es una estructura cohesionada donde los conceptos están relacionados entre sí (no hay conocimientos aislados) y, a su vez, forman parte de sus métodos de trabajo (procedimientos y actitudes). Es indispensable dejar atrás las visiones de construcción de conocimiento lineal.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Cuevas, J. (2008). El aprendizaje de las matemáticas en un contexto de diversidad de la Región Altos de Chiapas: una aproximación a los procesos de construcción conceptual de recta, circunferencia y elipse. Tesis doctoral. Universidad de Guadalajara.
- De Pro, A. (2010). Cap. 8. La enseñanza y el aprendizaje de la Física. En Enseñar ciencias, (pp. 175-202). Barcelona: Editorial Graó.
- Oñorbe, A. (2010). Cap. 4. Resolución de problemas. En Enseñar ciencias (pp. 73-93). Barcelona: Editorial Graó.
- Ormrod, J. E., (2005). Aprendizaje complejo y cognición. Aprendizaje humano. Madrid: Pearson edición.
- Piaget J. e Inhelder B. (1971). Psicología del niño. Madrid: Morata.
- Polya, G. (1961). Traducción española: Cómo plantear y resolver problemas. México: Trillas.
- Pozo, J. I., y otros. (1994). La solución de problemas. Madrid: Editorial Santillana.
- Pozo, J. I. y Postigo, (2009). Los procedimientos como contenidos escolares. Uso estratégico de la información. Barcelona: Paidós.
- Pozo, J. I., (1989). Teorías cognitivas del aprendizaje. Madrid: Ediciones Morata.
- Schoenfeld, A. (1985). Mathematical Problem Solving. New York: Academic Press.
- Vasco, C. E., (1996). La enseñanza de la Física y de las Matemáticas desde la epistemología piagetana. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vigotsky, L.S., (1984), Obras escogidas Tomo 5, Moscú.



