

Del ejercicio con cálculo al problema: ¿el algoritmo Intelectual-operativo?

**Autores: MSc. Sergio García Bertot, Ms.C. Ariel Díaz Loaces
y Ms.C. Roberto I. Morejón.**

**Instituto Superior Pedagógico “Rafael M. De Mendive” Pinar del Río.
E-mail ergio@isppr.rimed.cu**

Resumen: La propuesta que aquí se hace (que hemos dado en llamar algoritmo Intelectual-Operativo) es coherente con la idea de que por ser la resolución de problemas una actividad de alta demanda cognitiva y por lo tanto compleja, su implementación en el aula de ciencias requiere de un entrenamiento previo basado en la solución de ejercicios, que aborde la enseñanza-aprendizaje del método de solución y no la solución por ejercicios tipos y donde simultáneamente se potencie el desarrollo de las habilidades intelectuales de los estudiantes.

Abstract: This article is about problem resolution which is an activity with a high cognitive and complex demand. Its implementation in science classroom requires of a previous training based on the solution of exercises that treat the teaching-learning process of the solution method and not the solution guided by exercise types and where it is simultaneously promoted the development of the students' intellectual abilities.

- Ejercicios con cálculos y problemas ¿continuo o dicotomía?

La importancia de utilizar ejercicios y problemas en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, es resaltada por numerosos especialistas. Son recursos tan importantes que difícilmente puedan desaparecer de cualquier transformación curricular.

Numerosos especialistas (Mesa, 1984; Orejov y Osova 1980; Misiunas, sin fecha) consideran que el aprendizaje de la ciencia requiere además del estudio teórico y de la actividad experimental, de una adecuada ejercitación mediante la solución de ejercicios con cálculos, que permitan el desarrollo de habilidades y la posibilidad de adquirir conocimientos sólidos y duraderos para poder aplicarlos a las situaciones que se producen en la vida diaria y en los estudios de cursos posteriores

En cuanto a la importancia de la resolución de problemas bastaría decir que entre los muchos propósitos que animan en nuestro país las actuales transformaciones educacionales, se reconoce como uno de los objetivos generales que debería alcanzarse.

El saber resolver problemas es para Jómchenko (1988) el principal criterio de asimilación creativa de las ciencias y el método idóneo para comprobar los conocimientos en el proceso de estudio y un medio importante para consolidarlos. Es además uno de los vehículos más asequibles en las diversas etapas y áreas y muy especialmente para llevar a los estudiantes a aprender a aprender (Novak, 1991 ; Pozo, 1994).

Sin embargo, la resolución de problemas como actividad cognoscitiva es cualitativamente más compleja que la solución de ejercicios pues son situaciones más abiertas o novedosas que requieren una demanda cognitiva y motivacional mayor (Pozo, 1994).

Desde la perspectiva de la adquisición de conocimientos se destaca la necesidad de que los estudiantes adquieran habilidades y estrategias que le permitan aprender por sí mismos nuevos conocimientos (Pozo, 1994).

La diferencia entre ejercicios y problemas además de conceptual es metodológica (García, 1999) aunque no siempre es dicotómica pues en ocasiones los límites son difíciles de determinar. Una y otro tipo de actividad se sustenta en modelos teóricos diferentes que abarcan un continuo desde ejercicios, problemas-ejercicios y problemas.

Como problema se entiende aquella situación cuantitativa o no, que pide una solución para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla (Krulik y Rudnik, 1980; Lester 1983).

De acuerdo con Polya (1945) cuyos trabajos son clásicos dentro de la temática que nos ocupa, la solución de cualquier tarea llámese ejercicio o problema, transita de forma general por cuatro fases o etapas:

- I. Comprensión de la tarea.
- II. Concepción de un plan.
- III. Ejecución del plan.
- IV. Visión retrospectiva.

En esta concepción se sustenta la mayoría de los modelos teóricos propuestos para la solución de ejercicios o resolución de problemas, cuyas diferencias esenciales están en los puntos de vista de los diferentes autores para cumplimentar cada una de las etapas.

La solución de ejercicios con cálculos se lleva a cabo mediante la utilización de algoritmos que llevan, de forma más o menos inmediata, a la solución y que presuponen el uso de habilidades que pueden automatizarse como consecuencia de una práctica continuada. Sin embargo tal como se infiere de la propia definición, la resolución de problemas requiere la utilización estratégica de habilidades previamente ejercitadas (Postigo, 1993, citado por Pozo).

La enseñanza-aprendizaje de ejercicios con cálculos de los tipos que aparecen en el nivel de Secundaria Básica y de Preuniversitario según el currículum actual de estas enseñanzas en nuestro país, se basa en un "algoritmo" que responde a la lógica de una simplificación realizada mediante una doble reducción: la de toda situación a ejercicios y de estos, sólo aquellos que se solucionan mediante fórmulas analíticas.

Históricamente se ha abordado la enseñanza de la solución de ejercicios con cálculos desde una posición que pudiéramos llamar "tradicional", enfoque que obliga a ubicarse en áreas específicas del currículum y trata de convertir los problemas en ejercicios. Coincidimos con Albaladejo (1999) en cuanto a que esta es una concepción errada.

Cualquier propuesta que entienda que la solución de ejercicios con cálculos y su enseñanza-aprendizaje deben ser abordadas en el contexto de las áreas o contenidos específicos del currículum es poco efectiva, porque por una parte, la solución de ejercicios con cálculos por ser un contenido escolar generalizable, independiente de las áreas específicas del currículum, requerirá en el proceso de enseñanza-aprendizaje de un enfoque general, basado en la adquisición de habilidades que una vez adquiridas puedan aplicarse con pocas restricciones a cualquier tipo de ejercicio, o sea, más que a la

enseñanza de ejercicios "tipos" hay que ir a la enseñanza del método de solución de ejercicios (García,1999) y por otro lado es absurdo pretender algoritmizar para su enseñanza, todos los tipos y variantes de ejercicios con cálculos que se estudian o se pueden construir en cualquier ciencia.

Se sustenta el criterio de F. González Rey (González,1989) en cuanto a que el planteamiento de ejercicios en el proceso de enseñanza debe estimular los procesos de análisis, síntesis, generalización y otras operaciones activas del educando, que no limiten la acción del alumno a la reproducción. Se coincide con este autor cuando expresa: "Hay que acabar con los problemas tipos que el alumno debe dominar y promover la definición de operaciones tipos, que tengan en cuenta las potencialidades del educando en las distintas etapas de su desarrollo".(González,1989).

En la línea de la enseñanza-aprendizaje de ejercicios tipos se enmarcan los algoritmos propuesto recientemente por Oñorbe (1992) y Capote (1999) para la solución de ejercicios químicos con cálculos relacionados con la concentración de las disoluciones y las relaciones este-quiométricas respectivamente.

La propuesta de Oñorbe adiciona una herramienta que en forma de código fácilmente memorizable por el estudiante le exige realizar un esquema con todos los pasos y etapas que ha seguido en el proceso de solución y analizar en cada una de ellas los conocimientos que han sido necesarios para su realización.

Lo valioso a nuestro juicio de este método de trabajo es que refuerza la tesis de que una pauta muy importante en el aprendizaje, en la enseñanza y en el conocimiento de las causas de las dificultades que presentan los estudiantes en la solución de ejercicios con cálculos, se encuentra en el análisis del propio pensamiento, en la comprensión de "cómo se piensa lo que se hace".

Capote (1999) en el marco de los problemas-ejercicios propone un algoritmo que es esencialmente contradictorio.

En primer lugar partiendo de un hecho experimental (reacción química) los estudiantes deben elaborar el problema. Hay suficientes resultados de investigaciones que demuestran que elaborar un problema es más complicado que resolverlo (Pozo,1994 ; Oñorbe, 1999). Elaborar un problema presenta la complejidad adicional de captar la contradicción en el proceso de dominio del material docente (Llantada, 1984).

En segundo lugar a partir del 4 to paso propone construir y fundamentar hipótesis, para inmediatamente caer en un 5 to paso que es la más pura expresión de las restricciones que impone un algoritmo al existir sólo tres posibilidades de continuación: cálculo de la masa $m(X)$ o el volumen $V(X)$; o la extensión $x(X)$.

Si la solución de problemas mediante algoritmos tiene como finalidad desproblematizarlos, estandarizarlos (Gil, 1988), es cuestionable entonces la efectividad de un modelo que contemple la elaboración de hipótesis (algo tan ajeno a la desproblematización o estandarización) que no podrán en definitiva ser contrastadas después en toda su amplitud y diversidad.

Sin embargo, como ya se fundamentó, no menospreciamos el papel de la solución de

ejercicios, al contrario los consideramos de mucha importancia, pero concebidos como entrenamiento previo para la resolución de problemas.

Coincidimos con Oñorbe (1989) para quien la solución de ejercicios permite el dominio de las técnicas que constituyen la base para la resolución de problemas, que chocaría con dificultades insalvables sin ese entrenamiento previo y la algoritmización de tareas más sencillas. Es la algoritmización de la resolución de problemas la que consideramos una propuesta inadecuada. Se comprende entonces que materializar en los estudiantes la perspectiva de resolver problemas pasa por reconocer que la solución de ejercicios con cálculos constituye no más que una fase preliminar de entrenamiento.

-La enseñanza-aprendizaje del método. Una visión Galperiana.

La enseñanza-aprendizaje de la solución de ejercicios con cálculos soportada en modelos algorítmicos transcurre mediante la repetición por parte del estudiante de un procedimiento preestablecido por el profesor, por lo tanto, la actividad externa del maestro tiene que ser interiorizada al plano mental por el alumno.

Según la teoría de Galperin resulta muy importante determinar cuáles son las acciones cognoscitivas que se seleccionan por el profesor en cada momento porque de ello depende la adquisición de conocimientos, su aplicación en la práctica y los próximos pasos del desarrollo del pensamiento (actividad mental).

Desde la teoría de Galperin (Galperin, 1965) se comprende la necesidad de determinar las habilidades intelectuales relacionadas con las etapas generales de la solución de ejercicios basados en algoritmos, para poder durante el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje desplegar de forma extensa, amplia, teniendo en cuenta todas las operaciones, las acciones mentales que serán posteriormente reducidas en la fase de resolución de problemas.

Las investigaciones han demostrado que el papel decisivo en la formación de las acciones lo desempeña la parte orientadora que determina la rapidez de la formación y la calidad de la acción (Galperin 1958, Talízina 1988) por estar dirigida a la construcción correcta y racional de la parte ejecutora (Galperin 1968) y asegurar la elección racional de uno de los posibles cumplimientos.

La base orientadora de la acción es el sistema ramificado de representaciones de la acción y de su producto, de propiedades del material de partida y de sus transformaciones sucesivas, además de todas las indicaciones de la que se sirve prácticamente el sujeto para ejecutar la acción (Galperin, 1968), lo que al decir de Gloria Fariñas (1997) es el sistema de indicadores necesarios y suficientes del concepto y las acciones que orientan la ejecución de las tareas de aprendizaje.

En la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales la generalización se considera como una de las características fundamentales de cualquier acción que depende del carácter de las acciones orientadoras (Zaporózhets, 1964; Podiákov, 1977), en otras palabras, la generalización de la acción se realiza únicamente según las propiedades que forman parte de su base orientadora (Talízina, 1988).

Es obvio entonces que en la enseñanza-aprendizaje de la solución de ejercicios con

cálculos basada en el modelo algoritmo, sea el análisis y caracterización del tipo de orientación que realiza el maestro la clave para penetrar en la esencia de esta problemática

Según Talízina (1988) las investigaciones psicológicas experimentales y teóricas han permitido identificar 8 tipos diferentes de base orientadora de la acción, caracterizadas según su carácter generalizado, su plenitud y el modo de obtención.

Considerando que es necesario abordar la enseñanza-aprendizaje de la solución de ejercicios con cálculos desde una perspectiva amplia para transitar de éstos a la resolución de problemas, (lo que se corresponde con la enseñanza-aprendizaje del método de solución y no con la enseñanza-aprendizaje de la solución por ejercicios tipos desde posiciones específicas del currículo) el desarrollo de una base orientadora de la acción que facilite la transferencia es imprescindible.

Con esta expectativa se identifica la base orientadora del tipo III. Una base orientadora del tercer tipo se caracteriza por su composición completa donde no sólo se enseñan las acciones a realizar sino también las operaciones, los orientadores se representan en su forma generalizada lo que facilita la transferencia a otras situaciones.

El sujeto que se entrena en la solución de ejercicios con una base orientadora de este tipo será capaz de orientarse mejor e independientemente en cada caso concreto por medio del método de generalización que se le da.

Bajo estas consideraciones salta a la vista que es imprescindible profundizar en el estudio teórico de la actividad de solución de ejercicios para identificar las invariantes generalizables y conexiones esenciales que sustentarán el cambio de su enseñanza-aprendizaje.

Entendemos como invariantes generalizables los aspectos sobre los que deben sustentarse la orientación durante la enseñanza-aprendizaje de la solución de ejercicios con cálculos. Sobre la base de las invariantes generalizables se producirán las transferencias para la solución de cualquier tipo de ejercicios o variantes en la enseñanza media. Las conexiones esenciales son aquellos aspectos que permiten conectar lógicamente las invariantes generalizables.

Coherente con esa concepción es la propuesta del modelo del algoritmo intelectual-operativo que aparece en el Cuadro # 1.

Cuadro #1

ETAPAS	RESULTADOS ESPERADOS.	INVARIANTES GENERALIZABLES	CONEXIONES ESENCIALES	HABILIDADES INTELECTUALES
I. Comprensión del enunciado. ¿Qué ocurre?	Escribir los datos y la (s) incógnita (s).	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento de campo. • Determinación de partes. • Fundamento del ejercicio. • Condicionalidad teórica o exp. • Posibilidad y realidad del suceso. • Identificación de estado. • Composición de estado. • Fijar la(s) incógnita(s). • Determinar información esencial y no esencial. • Datos esenciales básicos. • Tipificar ejercicios. 	<p>Los conceptos</p> <p>Estado inicial y final.</p> <p>Nexos entre las partes</p> <p>Composición de estados.</p> <p>Determinar nexo fundamental.</p> <p>Desarrollo de los conceptos.</p> <p>Nexo fundamental.</p>	<p>Analizar y sintetizar.</p> <p>Analizar y sintetizar</p> <p>Interpretar.</p> <p>Relacionar.</p> <p>Interpretar.</p> <p>Abstraer.</p> <p>Comparar y Generalizar.</p> <p>Clasificar.</p>
II. Elaboración y/o ejecución del plan de solución. ¿Por qué ocurre?	Organizar la secuencia de determinación de la(s) incógnita(s).	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de precedencia. • Establecimiento de relaciones causa - efecto. • Modelar. 	<p>Derivar reglas lógicas.</p> <p>Evaluar contexto</p> <p>Conocimientos precedentes a largo plazo.</p>	<p>Identificar y Argumentar.</p> <p>Explicar.</p> <p>Modelar.</p>
III. Valoración de los resultados.	Comprobar la solución.	12. Estimar los ordenes de magnitud.	Considerar las unidades de las magnitudes.	Valorar.

Bibliografía:

- Albaladejo, M.C. (1999). La Resolución de Problemas. Material monográfico publicado

por el ISPLA. Ciudad de la Habana.

- Capote,R.(1999).La resolución de problemas químicos con cálculos estequiométricos. Una nueva propuesta de enseñanza-aprendizaje. Tesis de Maestría. Universidad de Pinar del Río.
- Fariñas,L.O.(1997). Maestro, una estrategia para la enseñanza. Colección PROMET. Editorial Academia. La Habana.
- Gil,D.; Dumas,A.;Martínez Torregrosa, y J. Ramírez. (1988). La resolución de problemas de Lápiz y papel como actividades de investigación. Investigación en la Escuela.(6).
- Galperin, P.Ya.(1958). Tipos de orientación y tipos de formación de las acciones y de los conceptos. Informe a la Academia de la RSFSR. #(2)
- Galperin, P.Ya.(1965). Dirección del proceso de estudio. Moscú.
- Galperin, P.Ya.(1968). Ensayo sobre la formación por etapas de las acciones y de los conceptos. Impresora Universitaria. La Habana.
- García, B.S.(1999). El algoritmo Intelectual-Operativo: una vía metodológica para la enseñanza de la solución de ejercicios químicos con cálculos.(Material no publicado). Instituto Superior Pedagógico de Pinar del Río.
- González,R.F.(1989) y Martínez,M.A.La Personalidad. Su educación y desarrollo.Editorial Pueblo y Educación.La Habana.
- Jómchenko,Y.N.(1988).Problemas de Química General. Editorial MIR. Moscú.
- Lester,F,K.(1983). Trends and issues in mathematical problem solving research.En R.Lesh y M.Landau (Eds.), Acquisition of mathematical concepts and processes. Nueva York. Academic Press.
- Llantada,M.M. (1984). La enseñanza problémica: sistema o principio ? Revista "Varona".Año VI. Número 12.
- Mesa, F.M.(1984). Ejercicios, tareas experimentales y problemas de química para 8vo y 9no grado. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- Oñorbe, A.M. (1989). "Solo ante el problema". Cuadernos de Pedagogía.
- Oñorbe, A.M. (et.al). (1992)."Resolución de problemas de química y física: Enseñanza Secundaria Obligatoria. Una propuesta metodológica de enseñanza-aprendizaje. ALCAL. Ediciones Educativas.
- Oñorbe, A.M.(1999).En revista Alambique # 5. Monográfico sobre Resolución de Problemas.
- Orejov,V y Osova,A.(1980). Metodología de la Enseñanza de la Física. Tomo II. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- Podiákov,N.N.(1977).El pensamiento de los escolares. Moscú.
- Polya,J. (1945). How to solve it. Princeton . Princeton University .
- Pozo,I.J. (1994).La Resolución de Problemas. Editorial Santillana S.A.Madrid.España. Pag.1.
- Pozo,I.J.(1994). Aprendizaje de las ciencias y pensamiento causal. Ediciones gráficas Rógar. Fuenlabrada.Madrid. España.
- Talízina, N.(1988).Psicología de la Enseñanza. Editorial. Progreso. Moscú.
- Zaporózhets,A.V.(1964). Psicología de los niños de edad preescolar. Desarrollo del pensamiento. Moscú.