

Aplicación de la estrategia de resolución de problemas en la enseñanza de Física, Química y Matemáticas en la USTA¹

*Jacqueline García Ballesteros**

RESUMEN

Recibido: 5 de abril de 2010
Revisado: 10 de junio de 2010
Aprobado: 10 de agosto de 2010

Este artículo informa acerca de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la estrategia de resolución de problemas matemáticos en Física, Química y Matemáticas, con estudiantes de Ingeniería de la Universidad Santo Tomás. Según las teorías de George Polya y Alan Schoenfeld, se establece que la habilidad de una persona para resolver problemas es susceptible de mejorar; para lograrlo, se utiliza una metodología basada en el diseño y aplicación de talleres y secuencias de aprendizaje en cada una de las áreas, durante diferentes sesiones de trabajo con los estudiantes. Las fuentes de información fueron la observación sistemática del trabajo en las sesiones de aplicación de los talleres y las actividades propias de la estrategia propuesta, y el análisis cualitativo de la transformación de las respuestas que han tenido los estudiantes con el uso progresivo de la estrategia.

Palabras clave: Resolución de problemas, fórmulas, ejercicios de lápiz y papel.

¹ Artículo basado en la investigación con el mismo título, financiada con recursos del Fondo de Investigación de la Universidad Santo Tomás y realizada por los docentes del Departamento de Ciencias Básicas: Mónica Rueda Pinto, William Becerra Salamanca, Edgar Rodríguez Ballesteros y Jacqueline García Ballesteros, con estudiantes de Ingeniería de la Universidad. En la segunda fase de la investigación se contó además con la colaboración de los docentes Aleyda Roa de Física de Materiales y Carlos Julio Escobar Caro del área de Química.

* Magister en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional; docente de Química de la Universidad Santo Tomás; docente de Bioquímica del Deporte en la Universidad de Cundinamarca, Sede Soacha. Correo electrónico: jgb1701@yahoo.es

Implementing the strategy of solving problems in teaching of physics, chemistry and mathematics at the USTA

Jacqueline García Ballesteros

ABSTRACT

This article reports the results from the implementation of a strategy for solving mathematical problems in physics, chemistry and mathematics with engineering students from the University of Santo Tomas. According to the theories of George Polya and Alan Schoenfeld, it is stated that a person's ability to solve problems is likely to improve; to achieve this, a methodology based on the design and implementation of workshops and learning sequences in each of the areas is used during different sessions with students. The sources of information were the systematic observation of the work in the application sessions of the workshops and the activities of the proposed strategy, and the qualitative analysis of the modification in the responses that students have had with the progressive use of the strategy.

Key words: Problem solving, formulas, pencil and paper exercises.

Recibido: 5 de abril de 2010
Revisado: 10 de junio de 2010
Aprobado: 10 de agosto de 2010

MARCO TEÓRICO

Cuando se habla del aprendizaje de Ciencias básicas como la Física, la Química y las Matemáticas, se piensa de manera inherente en la resolución de ejercicios y problemas para mecanizar y aprender a aplicar fórmulas. Esta idea es constante tanto para profesores como para estudiantes, por ello, consideran una actividad de aprendizaje y a la vez un instrumento de evaluación muy eficaz, la resolución de ejercicios; para algunos, ejercicios de lápiz y papel, ya que creen que si desarrollan un buen número de ejercicios, tendrán un mejor aprendizaje; pero la reflexión pedagógica y la experiencia han mostrado que muchas veces estos ejercicios se han abordado de manera mecánica, usando tal vez un único patrón de solución y sin que haya una verdadera comprensión del tema, porque cuando se presenta una situación ligeramente diferente que exija una recurrencia lógica y creativa al conjunto de conocimientos, el estudiante o abandona o fracasa.

Si el profesor enfatiza sólo en los resultados cuantitativos y se limita a explicar sólo una solución, la cual maneja con toda claridad, y luego propone a sus estudiantes la resolución de 10, 20, 50 o más ejercicios de la misma categoría, está favoreciendo la mecanización u operativismo mecánico, en detrimento del desarrollo de un análisis cualitativo de las situaciones, del pensamiento divergente, de la formulación de hipótesis, de la argumentación, de la síntesis, de la proposición de alternativas de solución, entre otros.

Cabe aquí resaltar, entonces, la gran diferencia que existe entre el desarrollo de ejercicios de lápiz y papel y la resolución

de problemas. Se entiende por ejercicios de lápiz y papel los tradicionales que empleamos los profesores y muestran los libros de texto, en los que hay un enunciado con los datos necesarios para ser aplicados en una fórmula o en un proceso ya conocido y que llevan a la obtención de un dato cuantitativo; es una mecanización de operaciones en las que el estudiante no pone a prueba su ingenio, ni se ve sometido a una situación que deba analizar, razonar y buscar solucionar.

Pero si estos ejercicios no son problemas, entonces, ¿qué se entiende por un problema? Algunos mencionan que un problema es una situación no resuelta o que por lo menos el estudiante no conoce su posible solución. Según Krulik y Rudnik (1999), "un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla". Según Shoenfeld (1992), "se refiere a aquellas cosas que son realmente problemáticas para las personas que trabajan con ellas, se asume que estas personas no tienen a mano un procedimiento de rutina para la solución". Para Calderón (1995), "los profesores deben preparar a los estudiantes para resolver problemas actuales y además para formar y desarrollar las particularidades que le permitan resolver, creadoramente, otros problemas en situaciones nuevas".

Un problema puede ser un enunciado tratado de manera cualitativa, incluso puede no tener datos numéricos, esto conlleva al estudiante el análisis cualitativo de la situación, la búsqueda de una solución diferente y, en cierta medida, pensar como lo hacen los científicos, es decir, actuar como *investigadores*.

La resolución de problemas se ha estimado como una estrategia para favorecer en el estudiante la comprensión de los saberes y desarrollar las competencias específicas para enfrentar eficientemente los problemas que la sociedad o el mundo laboral le demande; por ende, los estudiantes deben entender la importancia de la resolución de problemas en su relación con la competencia propositiva, la necesidad de interrelacionar la vida cotidiana con el mundo académico y laboral, aprender a pensar para encontrar la aplicación, cambiar la tradición, encontrarse con algo diferente y asumirlo, fortalecer una cultura académica mediante el desarrollo de competencias específicas que involucren la interpretación, la escritura, la argumentación y la proposición de alternativas de solución a problemas disciplinares y profesionales.

La actividad de resolución de problemas es una estrategia que permite incorporar los conceptos de diferentes disciplinas al pensamiento del estudiante, construir relaciones significativas y que se reconozcan los procedimientos asociados. El marco conceptual proporcionado por el problema permite también adquirir, reforzar o adecuar esos conceptos, reglas, representaciones propias de la disciplina; exige ponerlos en uso en la situación particular en la que se pueden explorar diferentes alternativas para luego hacer un análisis y comparar las posibles diferentes soluciones. Hay que tener en cuenta que aquí está implícita la noción de competencia, uso apropiado y oportuno de unos conocimientos en un contexto particular.

La acción del profesor es no sólo resolver problemas sino proponer situaciones problemáticas bajo la forma de un contenido concreto, seleccionado y organizado para

favorecer aprendizajes significativos. Los problemas propuestos no deben ser ambiguos, enunciados muy generalmente, de tal manera que el estudiante deba delimitar, formular objetivos, inscribirlo dentro de un marco teórico, formular hipótesis, cuestionar; en resumen, investigar con la orientación del profesor.

La resolución de problemas favorece establecer vínculos entre los conceptos y los métodos de trabajo científico. Se parte de un enunciado, descripción del fenómeno sobre el que se quiere trabajar, el cual debe comprenderse para poder formular hipótesis y estrategias para contrastarlas.

La actividad científica es un proceso de resolución de problemas que, a partir de los conocimientos de que se dispone, permite inventar posibles respuestas a modo de hipótesis que requieren contrastación posterior. Pero, entonces, ¿cómo se abordaría la resolución de problemas para evitar el operativismo mecánico?

Ramírez, Gil y Martínez (1994, pp. 32-36) proponen un modelo de resolución de problemas como investigación que tiene las siguientes características:

- I. Considerar cual puede ser el interés de la situación problemática abordada.
- II. Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema, explicitando las condiciones que se consideran reinantes, etc.
- III. Emitir hipótesis fundadas sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando, en particular, casos límite de fácil interpretación.

- IV. Elaborar y explicitar posibles estrategias de resolución antes de proceder a ésta, evitando el puro ensayo y error. Buscar distintas vías de resolución para posibilitar la contrastación de los resultados obtenidos y mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos de que se dispone.
- V. Realizar la resolución verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, operativismos carentes de significación física.
- VI. Analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límite considerados.
- VII. Considerar la pertinencia de abordar la investigación con mayor complejidad.

Por otra parte, Polya (2005) propone una estrategia basada en cuatro pasos:

1. *Comprender el problema*: este paso implica que el estudiante *entienda* el problema, es decir, que sepa el significado de los términos empleados en el enunciado, que lo pueda parafrasear e identifique las incógnitas y los datos; además que tenga interés en resolverlo.
2. *Trazar un plan para resolverlo*: para trazar o idear un plan, es necesario tener un marco teórico previo, experiencia en resolver una situación similar. Una *gran idea* no se va a presentar si no tenemos ideas que se puedan relacionar y nos den luz a la resolución del problema. Por eso es válido preguntarse: ¿es este problema parecido a otro que ya conocemos?, ¿se puede abordar de otra manera?, ¿puedo convertirlo en subproblemas?
3. *Ejecutar el plan*: la ejecución no es lineal (caería en el mecanicismo), por tanto debe ser flexible y recursiva; en esta fase entran en juego los conocimientos

previos, los buenos hábitos de pensamiento, el análisis y la *buen suerte*. Es importante que el estudiante se ciña y verifique cada paso del plan, lo que será relativamente fácil si él mismo lo propuso; si, por el contrario, es una idea del profesor o de otra persona, es muy fácil desviarse del plan original y no obtener los resultados esperados.

4. *Comprobar los resultados*: se debe leer nuevamente el enunciado y verificar que la incógnita inicial ha sido resuelta, comprobar la viabilidad de la solución, pensar si hay otras maneras de resolver el problema, y analizar que otros problemas se pueden plantear y formular a partir de la resolución de éste.

Schoenfeld (1992) describe cuatro categorías que están envueltas en el aprendizaje de las matemáticas y en la resolución de problemas matemáticos:

1. *El conocimiento de base*: se relaciona con los preconceptos o conocimientos que posee quien va a resolver el problema; en otras palabras, son las “herramientas matemáticas” que posee: conceptos, fórmulas, algoritmos y, en general, todas las nociones que se consideren necesarias saber para enfrentarse a un determinado problema, para abordarlo y resolverlo, así como la manera en que las utiliza; es decir, cómo relaciona el conocimiento matemático con el problema por resolver. También es necesario que el profesor conozca el “inventario de recursos”, es decir, conocer qué conceptos posee el estudiante y como accede a ellos, ya que si no puede acceder a ellos no resolverá la situación problemática. Igualmente, el profesor debe conocer los recursos defectuosos: procedimientos

incorrectos, preconcepciones erradas, etc., ya que si el estudiante cree que puede usar un recurso y no es apropiado, no resolverá el problema.

2. *Las estrategias de resolución de problemas:* se relacionan con la forma o metodología que emplean las personas para resolver problemas matemáticos; se fundamenta en los cuatro pasos de Polya.
3. *Los aspectos metacognitivos:* se relacionan con la habilidad que tiene el estudiante de analizar el proceso efectuado, de autorregulación, de des-aprender y volver a aprender los conceptos necesarios para regular su actividad creadora; se requiere, por tanto, modificaciones de conducta que no se efectúan lógicamente de un día para otro, sino durante largos períodos de aprendizaje.
4. *Los aspectos afectivos y el sistema de creencias:* inciden aquí las creencias del estudiante, del profesor y de la sociedad en general.

Del estudiante:

- Por lo general, los estudiantes consideran que el problema solamente tiene una solución y que corresponde con la respuesta que da el profesor, es decir, si obtienen el mismo resultado que da el profesor el problema está bien resuelto.
- No relacionan los conceptos estudiados ni aprendidos con el problema; buscan un algoritmo que puedan utilizar y que relacione todas las variables que se presentan.
- No usan la argumentación para solucionar el problema.
- Dependiendo de la complejidad, le dedican el tiempo; consideran que saber matemáticas es dar una respuesta rápida a la pregunta planteada.

- Aunque no encuentran la solución con la forma como abordaron inicialmente el problema, no consideran que existan otras formas o mecanismos para resolver la situación, por ello, siguen insistiendo con la fórmula o proceso inicial.
- Hacer matemáticas se relaciona con seguir la metodología enseñada por el profesor, no consideran que existan otras formas, vías o mecanismos para resolver los problemas.
- La matemática no puede ser *entendida*; solamente hay que memorizar y aplicar las fórmulas que permitan resolver problemas.
- Las matemáticas que se emplean y aprenden en la escuela no tienen aplicación alguna en el mundo real.

Del profesor:

- Sus creencias dependen de la metodología empleada para enseñar y aprender matemáticas en sus estudios previos.

De la sociedad:

- El aprendizaje depende de la edad.
- Qué conviene aprender dependiendo de qué va aplicar en la sociedad.
- ¿Cómo se debe aprender? Esto delimita los libros de texto, los programas curriculares, los métodos empleados para el aprendizaje, etc.

En algunas culturas, por ejemplo los estadounidenses, consideran que el aprendizaje de conceptos matemáticos es rápido y debe hacerse basado en aplicaciones; por el contrario, para los japoneses, aprender conceptos es un proceso de decodificación y nueva codificación, situación que lleva años; de estas premisas depende el tiempo que el estudiante dedique a resolver un problema.

En la aplicación de la estrategia, Schoenfeld propone algunas actividades de control que permiten monitorear y evaluar el proceso:

- Hacer videos de las fases del trabajo.
- Cerciorarse de que el estudiante entienda el problema; esto implica manejar los términos que se encuentran en el enunciado, entender lo que se les pide y así proponer diferentes formas de resolver el problema.
- Trabajar en equipo: primero, uno de los estudiantes resuelve un problema; en voz alta lee el enunciado y hace explícita la forma en que va a resolverlo para discutirlo con sus compañeros y escoger el mejor método de resolución.
- El profesor debe orientar y moderar la resolución del problema: haciendo preguntas orientadoras y evaluando las estrategias de solución propuestas por el estudiante.
- El profesor debe resolver problemas como modelo y discutir con el grupo las soluciones dadas.

METODOLOGÍA

En la investigación participaron profesores de química, matemáticas y física, quienes realizaron talleres en los cuales las temáticas se abordaron como problemas por resolver por los estudiantes. Se tuvieron en cuenta las propuestas de Polya y Schoenfeld.

Se aplicó una entrevista (Anexo 1) a diferentes grupos de las tres disciplinas con un cuestionario orientado a determinar en los estudiantes los conceptos sobre sus habilidades y limitaciones para resolver problemas, así como sus expectativas acerca de la posibilidad de superar esas limitaciones. En las respuestas obtenidas se hizo evidente:

- Los estudiantes consideran como regular su habilidad para resolver problemas, pero esta capacidad es susceptible de mejorar.
- Presentan un alto interés y disposición por aprender estrategias para resolver problemas.
- Las mayores dificultades para resolver problemas radican en el planteamiento matemático de la situación.

Se diseñaron talleres y secuencias de aprendizaje en cada una de las áreas y se aplicaron en diferentes sesiones de trabajo con estudiantes. Además, se recopiló información por medio de entrevistas, encuestas y un video. Pero la principal fuente de información fue la observación sistemática del trabajo de los alumnos durante las sesiones específicas en que se desarrollaron los talleres y actividades propias de la estrategia propuesta.

A continuación, en la tabla 1, se muestra la aplicación de la estrategia:

Tabla 1. *Química*.

DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA/TALLERES	APLICACIÓN	COMENTARIOS DE LOS ESTUDIANTES
<p>Se aplicaron tres talleres en los temas de reacciones químicas, gases y soluciones. Además de resolver los <i>problemas</i>, en cada uno de ellos se incluyeron preguntas de argumentación, cuyo objetivo era indagar sobre la relación de las matemáticas con la resolución de problemas químicos y, por ende, con el aprendizaje de la Química.</p>	<p>¿Por qué se dice que balancear ecuaciones químicas es similar a resolver ecuaciones matemáticas? Argumenten de forma clara y concisa la aplicación que, según ustedes, tienen las matemáticas para desarrollar el taller en cada uno de los procedimientos indicados. ¿Qué diferencia encuentran entre un problema y un ejercicio de aplicación? Indique qué dificultades y fortalezas encuentran en el uso de los cuatro pasos de Polya para la resolución de problemas. Describa el papel que juega el profesor-investigador en la resolución del taller.</p>	<p>“Se dice que es igual ya que en una ecuación química se busca que los reactivos sean iguales en los productos; asimismo, en una ecuación matemática se busca que los factores de adición, multiplicación, etc., sean iguales al producto o resultado. Todo está para demostrar la conservación de la materia”.</p> <p>“Las matemáticas influyen en todos los aspectos de la vida y la ciencia por medio del taller, y a medida que lo desarrollamos, las vemos reflejadas; en el taller, efectuamos operaciones matemáticas como sumas y restas cuando balanceamos por óxido reducción; al asignar los estados de la oxidación en cada compuesto que conforma la ecuación, la suma de estos debe dar cero. También el taller nos pone a calcular porcentajes de sustancias por medio de distintos métodos como lo puede ser la regla de tres. En conclusión, las matemáticas no son ajenas a ninguna ciencia, debido a que desarrolla capacidad de análisis necesario para cualquier actividad académica como la química”.</p> <p>“Las matemáticas son unas ciencias básicas que se dividen en varias fases, pero si nos referimos o las aplicamos a la química, la matemática es una herramienta más, como lo es la tabla periódica, indispensable y fundamental en el desarrollo y aprendizaje de la química. Aunque son dos materias distintas, para dar solución a gran cantidad de problemas y ejercicios que se presentan en el transcurso del desarrollo y aprendizaje de la química, es fundamental el manejo de las matemáticas”.</p> <p>“Primeramente, se nos dificultaba entender los problemas y ejecutar las soluciones, en el momento que nos presentaron los pasos de Polya, se nos facilitó todo este proceso de aprendizaje”.</p> <p>El profesor es aquel que puede enlazar la mecánica y teoría de un tema con la vida real, la cual ayuda a fundamentar más lo ya conocido y abrir otra forma de conocimiento como lo es el empirismo.</p>

Análisis de resultados: algunos estudiantes presentan problemas de comprensión de lectura: cuando la instrucción dice graficar, describen, y viceversa. En algunas ocasiones, las gráficas no corresponden a las descripciones, son muy elementales; pero

cuando se les hace la reflexión sobre la clase de respuestas y gráficas que están construyendo son conscientes que pueden mejorar su conceptualización y representación gráfica, lo que incide en una mejor comprensión y análisis de los problemas.

Inicialmente presentan dificultades en el manejo correcto de unidades, el uso de factores de conversión y el despeje de fórmulas matemáticas; al hacer énfasis en la necesidad de resolver los problemas basados en un correcto análisis de las situaciones, en gráficas bien elaboradas y en un plan es-

tablecido previamente para dejar de lado el ensayo y error, mejora notablemente la comprensión, análisis y correcto desarrollo de los problemas y, por ende, la conceptualización de la asignatura y la habilidad para resolver problemas.

Tabla 2. *Física Eléctrica.*

DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA/TALLERES	APLICACIÓN	COMENTARIOS DE LOS ESTUDIANTES
<p>Los interrogantes que se deben explorar y resolver al aplicar la estrategia son:</p> <p>¿Favorecerá ese planteamiento el refuerzo de la competencia de los alumnos en la resolución de problemas de física, ya sean de naturaleza cualitativa o cuantitativa?</p> <p>¿Se conseguirá promover de ese modo el desarrollo de estrategias y procedimientos para la resolución de problemas?</p> <p>¿Favorecerá tal planteamiento el desarrollo de comportamientos, hábitos y actitudes que mejoren la habilidad para resolver problemas de física?</p> <p>¿Podrá contribuir a un cambio positivo de actitudes en relación con la Física y la resolución de problemas de física?</p>	<p>Comprensión de los enunciados y las situaciones.</p> <p>Análisis de los problemas. Reestructuración.</p> <p>Generación del plan de acción.</p> <p>Desarrollo del plan de acción.</p> <p>Estimación de la respuesta obtenida.</p>	<p>“Partiendo de los ejercicios propuestos por el maestro, se resuelven los problemas propuestos en la guía”.</p> <p>“Los ejercicios resueltos en clase tienen mucho mayor grado de dificultad a los propuestos, por lo tanto, la resolución de los mismos se facilita cuando nosotros completamos los datos con los dibujos y seguimos nuestro camino”.</p> <p>“Al resolver algunos ejercicios siempre surgen dudas que a veces no se aclaran simplemente con leer, por lo tanto, el apoyo del maestro fue clave para idearnos qué gráfica completar y aplicar algunos métodos algebraicos que no recordábamos”.</p> <p>“Debe realizarse la gráfica para comprender mejor el problema. No fue apropiado dibujar el sistema tridimensional habitual; por eso, se giraron las coordenadas”.</p> <p>“Se comparan los resultados cuando no actúa un protón sino un electrón y se ve que hay dificultades en el manejo de las unidades”.</p> <p>“Este tipo de talleres nos brindan un gran desempeño en el momento de analizar los fenómenos eléctricos que se puedan presentar en el futuro”.</p>

Análisis de resultados: para facilitar la comprensión de los enunciados, los problemas se presentaron en forma escrita con un lenguaje sencillo, algunos con diagramas explicativos, y se les pidió la reestructuración mediante la descomposición de los problemas en partes más pequeñas para reflexionar sobre los datos contenidos en los enunciados, las relaciones existentes entre los datos encontrados y precisar las incógnitas

por responder. Se exige también la reorganización de los elementos de los problemas.

La solución de los problemas exigió de los estudiantes, adicionalmente, completar la información con otra de tipo geométrico: ubicación de un sistema de coordenadas, rotación del mismo para poder encontrar las simetrías exigidas por las leyes en aplicación, trazado de líneas notables en trián-

gulos y relaciones de proporcionalidad entre los segmentos obtenidos en los mismos. Sumado a la secuencia concebida para la solución, los estudiantes debían reflexionar sobre las consecuencias del procedimiento, en orden a ratificar o modificar el plan de trabajo escogido desde el principio.

Se pretendió generar en los estudiantes un compromiso de evaluación, no sólo de la respuesta obtenida sino de la secuencia metodológica asumida y de otras alternativas de solución. La socialización de los diferentes procedimientos y la comparación de las estrategias y de las respuestas fueron orientadas por el docente.

Tabla 3. *Física de Materiales.*

DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA/TALLERES	APLICACIÓN	COMENTARIOS DE LOS ESTUDIANTES
Se recalcó en la necesidad del plan en la solución, iniciando con los diagramas y asumiendo los pasos lógicos; se le implementó la consulta de pares para la ratificación o reforma del plan trazado por el estudiante y, por último, el desarrollo del plan para la solución.	A cada grupo de estudiantes se les dio un taller con preguntas diferentes de la misma temática.	<p>“Me han enseñado a leer y analizar los problemas antes de empezar a usar las fórmulas”.</p> <p>“Sencillo, pero me faltó la comprensión del problema”.</p> <p>“La metodología implementada me ha servido para analizar mejor el problema e idear una estrategia de solución”</p>

Análisis de resultados: se presentó mucha dificultad en la comprensión de los enunciados de los problemas y una muy baja conceptualización en lo referente a las aplicaciones físicas, esto incide en la correcta resolución del problema. Para resolver esta situación, se recurrió a la lectura y análisis

de enunciados en forma colectiva, a la construcción de mentefactos y a la realización de gráficas para esclarecer y entender los problemas. Al comprobar que manejaban los conceptos y entendían que se les pedía la resolución de los problemas fue mucho más sencilla.

Tabla 4. *Matemáticas.*

DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA/TALLERES	APLICACIÓN	COMENTARIOS DE LOS ESTUDIANTES
<p>Se desarrollaron dos talleres con los problemas por resolver y las pautas recomendadas.</p> <p>El trabajo se realizó en grupo y el profesor actuaba como observador e intervenía solamente en caso extremo para dinamizar un trabajo por momentos estancado. También se reforzaba la importancia de tener en cuenta las heurísticas sugeridas.</p> <p>Específicamente, se hizo énfasis sobre los siguientes aspectos:</p> <p>Asignar variables para representar las cantidades desconocidas.</p> <p>Diseñar un diagrama que ayude a comprender la relación entre los datos conocidos y los que deben encontrarse.</p> <p>Revisar la teoría vista en clase o las fórmulas conocidas con el propósito de ejecutar el plan trazado.</p>	<p>Se presentaron problemas de tipo geométrico básico con el fin de permitir la representación gráfica y el uso de variables.</p> <p>Para reforzar la relación entre la manipulación algebraica y el análisis de una situación particular, se presentaron situaciones de carácter numérico.</p> <p>El trabajo con figuras geométricas conocidas como rectángulos, triángulos, cajas rectangulares y conos, permite vincular elementos tan importantes como las nociones de proporcionalidad, áreas, volúmenes y el adecuado manejo de las unidades correspondientes.</p> <p>Algunos estudiantes muestran desde el comienzo reservas y temores con respecto a su habilidad para resolver problemas. Recurren con frecuencia a estrategias tipo ensayo-error que, cuando se aplican, sin un criterio definido, resultan ser inútiles.</p> <p>Esperan que otro compañero tome la iniciativa. Un punto neurálgico es cómo arrancar.</p>	<p>“Resolver problemas es muy complicado”.</p> <p>“El uso de técnicas nos permite avanzar y darnos cuenta de que sí es posible”.</p> <p>“Con el álgebra también hay dificultades, falta un mejor manejo”.</p> <p>“No es bueno lanzarse a resolver un problema si en él hay términos desconocidos para nosotros; primero deben consultarse”.</p> <p>“La ubicación espacial no se logra con facilidad, dibujar puede ayudar”.</p> <p>“Cuando logro diseñar un plan para resolver el problema, debo tenerlo presente porque en cualquier momento me desubico”.</p> <p>“Cuando lo veo muy complicado prefiero dejarlo de lado y hacer otra cosa”.</p> <p>“La única forma de mejorar es teniendo la posibilidad de practicar contando con una buena asesoría”.</p> <p>“Cuando en un parcial tengo que resolver un problema, muchas veces no encuentro la relación entre éste y los temas que desarrollamos en clase”.</p> <p>“Cada vez que intentamos resolver un problema aún sin éxito, aprendemos cosas nuevas y ejercitamos nuestro intelecto. Cada vez que logramos resolver un problema con éxito adquirimos nuevas habilidades para resolver por analogía muchos otros”.</p> <p>“Un nuevo problema es un reto interesante, si mejoramos nuestra capacidad para resolver problemas somos personas más competentes”.</p>

Análisis de resultados: la lectura comprensiva del enunciado del problema le permite definir con precisión al estudiante cuál es la pregunta específica para idear un plan que permita dar respuesta a la misma (la búsqueda de información complementaria sobre el tema central del problema, por

ejemplo), alguna fórmula o teorema que se pueda aplicar, expresar algebraicamente en ecuaciones la información que el enunciado del problema proporciona, revisar en libros de texto o en Internet algún ejemplo similar que se encuentre resuelto, permite, por una parte, relacionar el conocimiento matemá-

tico y, por otro, dar puntos de apoyo para resolver el problema.

Al verificar la consistencia de la solución encontrada, si no cumple todas las condiciones establecidas en el enunciado, debe revisarse el procedimiento algebraico primero y la estrategia utilizada después.

CONCLUSIONES

1. La elaboración de los talleres es una actividad creativa e innovadora para los docentes-investigadores en el sentido que deben usar enunciados con las siguientes características:
 - Usar un lenguaje claro y sencillo.
 - Pueden no tener datos numéricos para favorecer el pensamiento analítico.
 - No mostrar evidentemente el camino que hay que seguir, razón por la cual se deben relacionar preconceptos, teorías, fórmulas, etc., para ser resueltos.
 - Quizás sea necesario resolver el problema en varias fases, lo que evita el operativismo mecánico de los estudiantes.
 - Tener un grado de dificultad tal que facilite el trabajo cooperativo y en equipo.

La aplicación de los talleres es una actividad dinámica y creativa que permite interactuar entre los docentes-investigadores y los estudiantes, que hace viable explorar las ideas previas, escuchar los argumentos de los muchachos, motivarlos y animarlos a buscar soluciones diferentes; crear *comunidad* en el sentido que ellos se identifican con aquellas personas que son más eficaces en la resolución de

problemas y empiezan a hacer grupos y esta es una actividad muy semejante a la conformación de equipos de trabajo investigativo.

2. Se hizo evidente que los estudiantes necesitan abordar los problemas desde una perspectiva más analítica y menos mecánica. Entendieron que las matemáticas no se limitan a memorizar procedimientos, teoremas y buscar la fórmula más apropiada para ser aplicada en la resolución del problema. Es por esto que la primera dificultad encontrada al desarrollar los talleres fue la comprensión del enunciado; fue necesario releer, graficar, relacionar, buscar situaciones problemáticas parecidas que ya habían sido resueltas, proponer sub-problemas, resolverlos y posteriormente solucionar el problema como un todo. En Física de Materiales, esta situación fue tan notoria que la docente-investigadora propuso una nueva investigación que será tratada por el Comité de Didáctica y Enseñanza de la Física del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Santo Tomás.
3. Dentro de los lineamientos curriculares del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Santo Tomás se incluye la resolución de talleres y existen cartillas para tal fin. Es por esto que cuando a los estudiantes se les proporcionaban los talleres hechos específicamente para el desarrollo de la investigación asumieron que eran talleres extra y complementarios. Pero al observar que los enunciados no correspondían a ejercicios de aplicación sino a problemas que debían leerlos detenidamente, entenderlos, proponer un plan de acción para

resolverlos, ejecutar el plan y verificarlo, su actitud cambió de manera positiva, dejaron de ser los sujetos pasivos que se limitan a copiar lo que está expuesto en el tablero, se convirtieron en sujetos activos, propositivos, artífices de su propio aprendizaje, como se hace evidente en los videos grabados de las sesiones.

4. Emplear este tipo de estrategias contribuye, tanto en profesores como en estudiantes, a desmitificar el conocimiento: por un lado, es claro que existen muchas formas de resolver los problemas y de buscar soluciones; no solamente es válida la que da el profesor; el docente ya no es el ser todopoderoso poseedor del conocimiento, y de la única solución viable del problema, se convierte en un orientador del proceso, que interviene para hacer reflexionar a los estudiantes, que analiza y trabaja hombro a hombro con ellos en la búsqueda del conocimiento; por otro, el papel del estudiante pasa de ser mecánico y pasivo a ser un individuo activo, propositivo, creativo; el hecho de crear un plan y de verificarlo lo hace artífice directo de su propio aprendizaje y le permite desarrollar la habilidad para resolver problemas que en el futuro no solamente serán matemáticos o aplicados a la química y la física, sino que puede utilizar esta habilidad en su entorno laboral, cultural y familiar.
5. La aplicación de la estrategia de Polya y Schoenfeld permite desarrollar la habilidad para resolver problemas, no solamente matemáticos sino de Ciencias Básicas, en las que hay que aplicar conocimientos matemáticos como la física y la química. Sin embargo, el camino iniciado con esta investigación da pie a continuar en esta línea y hacer que los docentes-investigadores, primero, puedan aplicar la resolución de problemas en todas sus asignaturas y en todas las temáticas, no solamente en grupos control y con algunas temáticas de la asignatura y, segundo, que sean multiplicadores a otros profesores del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Santo Tomás.

REFERENCIAS

- Azcue, M., Diez, M. L., Lucanera, V., Scandrolí, N. (2004, noviembre). Resolución de un problema "difícil" utilizando las leyes de los gases. *Revista Iberoamericana de Educación*, 34 (2).
- Calderón, R. (1995). *La enseñanza del cálculo integral: una alternativa basada en el enfoque histórico cultural y de la actividad* [Tesis doctoral en Ciencias Pedagógicas]. La Habana, Cuba: Centro Panamericano de Estudios Superiores.
- Krulik, S. y Rudnick, J. A. (1999). Innovative tasks to improve critical –and creative– thinking skills. En I. V. Stiff (Ed.), *Developing mathematical reasoning in grades K-12* (pp.138-145). Reston, VA, EE.UU: National Council of Teachers of Mathematics.
- Gil, D. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la escuela*, (6), 3-20.

Polya, G. (1954). *How to solve it*. Princeton, EE.UU.: Princeton University Press.

Polya, G. (2005). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Editorial Trillas.

Ramírez, J., Gil, D., Martínez, J. (1994). *La resolución de problemas de Física y de Química como investigación*. Madrid, España: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia - Corporación

Internacional para el Desarrollo Educativo, CIDE.

Schoenfeld, A. (1992). Learning to think mathematically: problem solving, metacognition and sense making in mathematics. En D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York, NY, EE.UU: Macmillan.

ANEXOS

Anexo 1. Entrevista

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS COMITÉ DE INVESTIGACIÓN	
Apreciado estudiante: Este cuestionario hace parte de un proyecto de investigación que pretende mejorar la enseñanza de las Ciencias Básicas de la USTA. Por favor marque con X una sola opción por pregunta.	
Nombre:	Área:
1. Su desempeño en la solución de problemas de _____ ha sido: a) Exitoso b) Con dificultades superables c) Deficiente	
2. En su experiencia resolviendo problemas, el apoyo por parte de sus profesores ha sido: a) Eficiente y oportuno b) Basado sólo en ejemplos resueltos c) Escaso	
3. En cuanto a estrategias específicas para la resolución de problemas la información que posee es: a) Suficiente b) Limitada c) Nula	

<p>4. En cuanto a su habilidad para convertir la información de un problema al lenguaje matemático podría decir que es:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Buenab) Regularc) Muy limitada
<p>5. Considera que la habilidad de una persona para resolver problemas</p> <ul style="list-style-type: none">a) Puede mejorarb) No cambiac) Tiende a disminuir
<p>6. Su interés para aprender estrategias que mejoren la habilidad para resolver problemas es:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Altob) Medioc) Bajo
<p>7. Dada una situación problemática, lo más difícil para usted ha sido:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Plantearlab) Reconocer la información y organizarlac) Solucionar algebraicamente las ecuaciones planteadas
<p>8. La trascendencia que en su vida profesional pueda tener la habilidad para resolver problemas es:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Altab) Mediac) Baja
<p>9. Su aporte para ayudar a que otros compañeros puedan resolver problemas es:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Significativob) Regularc) Escaso
<p>10. Si está comprobado que la habilidad para resolver problema es susceptible de mejorar, usted estaría dispuesto a:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Optimizar su capacidadb) Intentar mejorarc) Dejar así

Análisis en porcentajes

PREGUNTA No.	TOTAL DE ESTUDIANTES			PORCENTAJE %			COMENTARIOS
	A	B	C	A	B	C	
1	35	288	16	10.32	84.96	4.72	Los estudiantes creen que pueden superar las dificultades en la solución de problemas.
2	233	99	7	69.23	41.60	2.07	Los estudiantes han encontrado un apoyo valioso para solucionar los problemas en el aporte de sus docentes.
3	192	141	6	56.64	41.59	1.76	Creen tener suficiente información para resolver los problemas.
4	144	178	17	42.48	52.51	5.01	Consideran como regular su habilidad para transformar la información de un problema al lenguaje matemático.
5	313	21	5	92.33	6.19	1.48	Casi unánimemente se considera que la capacidad para resolver problemas es susceptible de mejorar. Esto fundamenta nuestra hipótesis.
6	219	115	5	64.60	33.91	6.19	Es marcado el alto interés para aprender estrategias que redunden en la solución de problemas.
7	154	124	61	45.43	36.58	17.99	Las mayores dificultades para resolver problemas radican en el planteamiento matemático de la situación.
8	228	102	9	67.26	30.09	26.55	Se considera que la trascendencia en la vida profesional de la capacidad para resolver problemas matemáticos es alta.
9	133	184	22	39.23	54.28	64.89	La colaboración para que otros compañeros resuelvan problemas matemáticos se considera regular.
10	246	91	2	72.57	26.84	5.89	La disposición para mejorar la capacidad para resolver problemas es alta.

Anexo 2. Talleres aplicados

Matemáticas

- Un tanque cónico (invertido) de 5 m de radio y 20 m de altura se está llenando con agua. Al respecto se desea saber lo siguiente:
 - ¿Cuál es la profundidad del agua en el momento en que el radio de la parte llena del cono es $R=2.25$ m?
 - ¿Se puede establecer alguna relación entre el radio y la altura del cono en cualquier momento?

2. Una persona invierte 15.000 dólares en dos tipos de acciones que pagan al 7% y al 9%. El interés anual esperado es de 1.230 dólares. Determinar cuánto invirtió en cada tipo de acción.
 - Si es necesario, hacer un diagrama o dibujo.
 - Tener muy presente cuál es la pregunta (objetivo).
 - Fijar una estrategia de solución, digamos un plan de acción.
 - Seguir el plan teniendo en cuenta que muchas veces es necesario formular ecuaciones que relacionen la información conocida con la que se desconoce.
 - Si se cuenta con una solución, verificar que ésta cumpla con todas las condiciones dadas en el enunciado del problema.
 - Si el plan falló, leer de nuevo, discutir con los compañeros pensando en alguna nueva relación que no se haya tenido en cuenta y trazar un nuevo plan fortalecido con las nuevas consideraciones. Seguramente esta vez sí tendrá éxito.
3. Una caja rectangular tiene las siguientes dimensiones:
Largo: 20 cm. Ancho: 15 cm. Altura: 5 cm. Con esta información calcular: área, volumen y longitud de la diagonal que cruza la caja de la base a la tapa.
4. Si se tiene una lámina rectangular de 18 cm por 12 cm y en cada esquina se recortan cuadrados iguales de lado x , se marcan los pliegues y se dobla hacia arriba, se forma de esta manera una caja rectangular sin tapa.
 - a. Utilizar una hoja de papel y seguir el procedimiento para verificar si éste se comprendió bien.
 - b. ¿Cuál es el máximo valor que puede tomar x ?
 - c. Construir una fórmula para calcular el área de la caja en función de x .
 - d. Construir una fórmula para el volumen de la caja.
5. Un Boeing 737 tiene una velocidad de crucero de 500 mph. La velocidad de crucero de un Havilland Dash es de 300 mph. Si el Havilland Dash arranca de un punto A hacia B y después de una hora parte en la misma dirección el Boeing 737, ¿al cabo de cuánto tiempo lo alcanza?

Física: Guía sobre el manejo de factores de conversión

Objetivos:

- Utilizar correctamente los factores de conversión en la transformación de diversas unidades físicas.
- Observar cómo el estudiante lleva a cabo inferencias de su experiencia cotidiana al campo de la Física.

Asuntos:

El desarrollo de nuestras actividades diarias requiere del uso de energía. Nuestro organismo la acumula de diversas formas, fruto del consumo de alimentos y de la radiación calórica y luminosa.

En la interacción con el ambiente hay transferencias permanentes de energía en una y otra dirección; por ejemplo, el consumo doméstico de energía eléctrica que nos factura

Estrategias sugeridas:

- Leer muy bien el problema.
- Si hay términos desconocidos discutirlos con los compañeros o consultar al profesor.

la empresa está determinado por la potencia consumida en cada hora de utilización del servicio.

Veamos cómo podemos establecer relaciones entre la energía eléctrica que utilizamos y las unidades energéticas asociadas al consumo de alimentos:

1. El contenido energético de una chocolatina de 25 gramos es de 110 calorías. Si la energía adquirida al consumir chocolatinas se transformara directamente a energía eléctrica, ¿cuántas chocolatinas debería consumir un estudiante para encender un bombillo de 60 vatios (conectándolo a una roseta instalada en su oído) durante una hora?

Datos:

1 caloría = 4.18 julios.

1 kilovatio-hora = 3.6×10^6 julios.

Otra situación:

Una persona, a buen paso, puede caminar a razón de 5 kilómetros/hora. ¿Cuántas horas tendría que caminar a ese ritmo para consumir igual energía a la reportada en la última factura de la empresa de energía eléctrica? ¿Cuántas chocolatinas debería consumir para ello?

Dato:

Caminando a 5 kilómetros/hora, se consumen 150 calorías en 20 minutos.

Recurso: fotocopia de una factura de la empresa de energía eléctrica.

1. ¿Cómo calificas la dificultad para resolver el cuestionario?
 - a. Máxima

- b. Media
 - c. Mínima
2. Las dificultades encontradas se basan
 - a. en interpretación
 - b. en conceptos
 - c. en operaciones.

Química: Reacciones químicas

Nombre: _____

Con base en la descripción de las siguientes reacciones químicas, realizar los procesos indicados:

1. En el estómago reaccionan los jugos gástricos con una tableta de antiácido.

Graficar la reacción efectuada.
Representar la reacción química y balancearla.
¿Por qué se dice que balancear ecuaciones químicas es similar a resolver una ecuación matemática?

2. La formación de la lluvia ácida se produce por la reacción del trióxido de azufre con agua y el óxido nítrico con agua.

Graficar las reacciones efectuadas.
Representar las reacciones químicas y balancearlas.
Describir los pasos efectuados para balancear las ecuaciones químicas.

3. El polietileno es un polímero empleado en la elaboración de geosintéticos y geomallas utilizadas en la construcción de vías, el manejo de escorrentías, rellenos sanitarios, etc. El monómero utilizado para producir este polímero es el etileno o eteno, que se obtiene en el laboratorio mediante la descomposición térmica del etanol en presencia de ácido sulfúrico que actúa como catalizador del proceso.

Representar la ecuación química y balancearla.

Realizar en hojas de papel milimetrado, las curvas de solubilidad a partir de los siguientes datos:

Temperatura	Solubilidad	Temperatura	Solubilidad
%C	g st/100 g H ₂ O	%C	g st/100 g H ₂ O
0	13,9	50	83,5
10	21,2	60	135
20	31,6	70	167
30	45,3	80	203
40	61,4	90	245

El polietileno es un polímero muy contaminante del medio ambiente. Describir dos posibles soluciones para disminuir el uso de este producto a nivel industrial y personal.

4. El octano es uno de los componentes de la gasolina que proporciona energía cuando se lleva a cabo el proceso de combustión.

Representar la reacción química y balancearla.

El octano está constituido por una mezcla de isoctano (2,2,4-trimetilpentano) y por el heptano. Representar la fórmula de estos hidrocarburos.

En Colombia, la mezcla de hidrocarburos es del 75% de isoctano y el 25% de heptano. El índice de octanaje de una gasolina indica el grado de pureza y, por ende, de rendimiento de la gasolina en el motor de combustión interna.

Si un vehículo es tanqueado con 12 galones de gasolina y cada galón cuenta con 5 L de gasolina, ¿cuántos L corresponden al isoctano y cuántos al heptano?

5. *Balanceo de ecuaciones por el método de oxido-reducción*

Este método se emplea cuando dos o más de las sustancias envueltas en la reacción ganan o pierden electrones.

Para balancear ecuaciones químicas por el método de oxido-reducción, se lleva a cabo una serie de pasos explicados a continuación, con el desarrollo de la siguiente ecuación:



Asignar estados de oxidación a cada uno de los elementos presentes. Recordar que la suma algebraica para cada compuesto debe ser cero.
KI HNO ₂ H ₂ SO ₄ NO I ₂ K ₂ SO ₄ H ₂ O
Identificar los elementos cuyo estado de oxidación cambió.
Sabiendo que la sustancia que pierde electrones se oxida, la sustancia que gana electrones se reduce. Escribir las semi-reacciones para identificar la sustancia oxidada y la sustancia reducida.
Identificar agente oxidante y agente reductor.
Igualar electrones.
Hallar los coeficientes que corresponden al agente oxidante y al agente reductor.
Colocar los coeficientes en la reacción general. Terminar de balancear por tanteo.

6. Aplicación de las matemáticas al aprendizaje de la química

Argumenten de forma clara y concisa la aplicación que, según ustedes, tienen las matemáticas para desarrollar el taller en cada uno de los procedimientos indicados.

Talleres desarrollados por los estudiantes

II. PROBLEMAS DE GASES

1. Con base en la teoría cinético molecular, describir y graficar el estado gaseoso de la materia.

1. Entender el problema

2. Configurar un plan

3. Ejecutar el plan

4. Probar el resultado

II. PROBLEMAS DE GASES

1. Con base en la teoría cinético molecular, describir y graficar el estado gaseoso de la materia.

1. Entender el problema

2. Configurar un plan

3. Ejecutar el plan

4. Probar el resultado

$$P_T = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

$$P_1 V_1 T_0 = P_2 V_2 T_1$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1 T_2}{T_1} = P_2 \Rightarrow \frac{10 \text{ Atm} \cdot 300 \text{ K}}{200 \text{ K}} = P_2 \Rightarrow P_2 = 15 \text{ Atm}$$