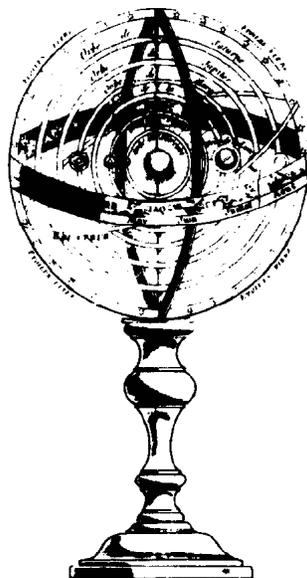


INNOVACIONES DIDÁCTICAS



LA SOLUCIÓN DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS: UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

GARCÍA GARCÍA, JOSÉ JOAQUÍN

Departamento de Enseñanza de las Ciencias y las Artes. Facultad de Educación.
Universidad de Antioquia Colciencias. Medellín. Colombia

SUMMARY

In this article we first describe a didactic strategy based on the model of troublesome teaching and then analyse the results of its experimental application to teaching chemistry, trying to establish the relations that there may be between the application of such a strategy and the development within the student of positive attitudes towards science, creative abilities, skills to solve problems, cognitive independence and conceptual assimilation.

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos propios del mundo contemporáneo, es decir, la revolución científica y técnica, el desarrollo de

las tecnologías informáticas, el impetuoso incremento de la información, el proceso de globalización y el

acercamiento de las ciencias naturales, técnicas y sociales, con la consecuente reconstrucción de la estructura lógica de los saberes (Stuart y Davies, 1995; Martínez Llantada, 1986; Majimutov, 1983) han generado, tendencias educativas globales tales como la modernización permanente del contenido de instrucción escolar, la informatización y telematización de los procesos educativos, la inclusión de las habilidades de pensamiento como aprendizaje esencial junto a las habilidades matemáticas y de lectoescritura y la redefinición de la escuela como el lugar donde se deben formar estudiantes efectivos, es decir, autónomos para dirigir sus procesos de aprendizaje en el futuro (Casey y Tucker, 1994; Pómez Ruiz, 1991). Este marco de condiciones culturales y tendencias educativas propicia la aparición del paradigma de «enseñar a pensar», paradigma en el que se entiende la educación como un proceso en el cual los estudiantes se hacen autónomos para interpretar, procesar, utilizar y crear la información, así como para producir los artefactos y «mentefactos» necesarios para el desarrollo de sus comunidades. Es dentro de este paradigma donde se ubica el modelo de enseñanza problemática y la línea de investigación en resolución de problemas y desarrollo de la creatividad.

La enseñanza problemática concibe el conocimiento como un proceso en el cual se desarrollan formas de pensamiento, es decir, formas de realidad, y en el que interviene y se desarrolla la creatividad. Este proceso consiste en «un sistema de procedimientos y métodos basado en la modificación del tipo de actividad a la cual se enfrenta el alumno, para producir la activación de su pensamiento» (Martínez Llantada, 1986; Majimutov, 1983), en el que se proponen al alumno situaciones problemáticas que lo conduzcan a la construcción del conocimiento y al desarrollo de sus habilidades de pensamiento básicas y superiores, en lugar de ejercicios de mecanización y aplicación de fórmulas; y se le exige pensar, participar, proponer y diseñar, es decir, activar su mente en lugar de callar, oír, escribir y memorizar, que es lo usual en la enseñanza tradicional. En el campo de la didáctica de las ciencias, la resolución de problemas ha sido estudiada desde diferentes enfoques, como estrategia para generar cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales y para superar la metodología del sentido común (Gil Pérez et al., 1988), como capacidad relacionada con la organización y estructuración de la información en la mente (Reif, 1983; Kempa, 1986; Palacios y López Rupérez, 1992), como proceso que puede ser enseñado a los novatos a partir del estudio de la forma en que resuelven problemas los expertos (Salvat, 1990; Bransford y Stein, 1993; Nickerson et al. 1990; Valenzuela Gonzales, 1992) o a través del diseño de heurísticos y herramientas heurísticas que los guíen en la resolución del problema (Frank et al., 1987; Kean et al., 1988; Mettes et al., 1980; Ryan, 1987; Kramers, 1982; Genyea, 1983; Asieba y Ebgua, 1993; Contreras, 1987; Langlois et al., 1995; Nickerson et al., 1990; Morales Aldana, 1992) y, finalmente, como una forma eficiente para desarrollar la creatividad en los estudiantes (Garret 1988, 1989; Fobes, 1996).

En este artículo se presentan, en primer lugar, los funda-

mentos de una estrategia didáctica basada en el modelo de enseñanza problemática y en los enfoques que estudian la resolución de problemas como una forma de desarrollar la creatividad y como un proceso que puede ser enseñado a través del diseño de heurísticos y herramientas heurísticas adecuadas; y, en segundo lugar, los resultados de su aplicación en la enseñanza de la química, concretamente en la enseñanza de la teoría sobre el comportamiento de los gases y de los conceptos relacionados con la misma.

UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA BASADA EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

La estrategia didáctica aquí propuesta se concreta teniendo en cuenta cuatro elementos básicos: *a)* diseño de situaciones problemáticas creativas; *b)* diseño de un ambiente creativo en el aula; *c)* diseño y utilización de un heurístico general; y *d)* utilización de un sistema de autodirección.

1. Diseño de las situaciones problemáticas creativas: Las situaciones problemáticas se diseñan de acuerdo con los siguientes criterios (Cuadro 1 y anexo 3):

1.1. Correspondencia entre las situaciones problemáticas y los conceptos a enseñar, de manera tal que la resolución de estos problemas permita la construcción de los conceptos.

1.2. Utilización como fuentes para el diseño de las situaciones problemáticas, de las objetivaciones técnicas y tecnológicas, de las situaciones de la historia de las ciencias y de los fenómenos pertenecientes a los sistemas y ambientes naturales, culturales o sociales, relacionados con los conceptos a enseñar.

1.3. Diseño y resolución inicial de problemas cualitativos, cuya resolución exija la elaboración de modelos y explicaciones, para luego sí proponer problemas cuantitativos, concibiendo la ciencia como un proceso de constante construcción de modelos con diferentes grados de poder de explicación, cuyo método por excelencia es la idealización (Niaz, 1995).

1.4. Carácter creativo, lúdico, imaginativo y contextualizado de los problemas. Para cumplir con este último requisito, los problemas diseñados deben estar relacionados con el medio socionatural y tecnológico en el cual viven los alumnos.

2. Diseño de un ambiente creativo en el aula: Un ambiente creativo en el aula está caracterizado por un clima de seguridad cognitiva para el alumno, en el que se apoya la crítica, la reflexión y la expresión y en el cual se concibe el error como una oportunidad, más que como una dificultad. Un ambiente creativo en el aula contempla las siguientes condiciones:

2.1. Condiciones comunicacionales que posibilitan la argumentación, el libre debate de las ideas, el desarrollo

Cuadro I
Problemas diseñados para construir la teoría sobre el comportamiento de los gases.

Unidades conceptuales	Conceptos, leyes o teorías	Problemas diseñados
Conceptos básicos	Volumen capacidad densidad	Un partido de fútbol. La crisis del agua. La corona del rey
Conceptos asociados a la presión	Presión atmosférica, presión de vapor, ebullición, producción de vacío	Los extraterrestres en la cocina. Accidente fatal en un barco. Una máquina para subir líquidos. Columnas de agua. Columnas de mercurio. Los hemisferios de Von Guericke. La volatilidad del espíritu del vino. Un cafecito en el Everest. El alunizaje. Hirviendo en frío. Reciclaje de latas. La bici está bajita de aire. Haciendo el vacío
Conceptos de termodinámica	Calor. Temperatura Escala termométrica	El medidor de fiebre de Galileo. Calculando temperaturas. El enigma del calor. Tremendo resfriado
Variables termodinámicas	Temperatura y presión: variables de estado	Fabricando materiales
Propiedades de los gases	Naturaleza material de los gases	El reloj de agua. Sumergiendo un vaso. Una suave caída
	Los gases pueden participar en reacciones químicas	La fabricación de cales. Un gas que arde. Calcinación de la magnesia alba por Joseph Black. Destructora de herrumbre. Una peligrosa lluvia. Pan recién horneado. La desaparición misteriosa
	Difusión	Una atmósfera maravillosa. Guerra química. La respiración de los peces
	Comprensibilidad	Los peces nadando en el agua. El planeta Prometeo
La teoría cinético-molecular	Carácter elástico de los choques entre las partículas	Pibotando el balón
	Relación entre energía cinética y la masa de las partículas	Simulando: movimiento de las partículas de un gas. El soplo mágico. Un frío muy útil
Leyes que explican el comportamiento de los gases	Ley de Avogadro (volúmenes de combinación)	El experimento de Gay Lussac
	Ley de Charles	La fiesta de Anita. Una curación milagrosa. Cuidado en la pista. El balón desinflado. Un globo para la libertad
	Ley de Boyle	Un tanque de cloro en el mar. Haciendo huecos. Inflando al vacío. Un paseo frustrado
	Ley de Amontons-Gay Lussac	La cena de Navidad. Un churrasco exquisito. En la oscuridad de una mina
	Ley de combinada de los gases	Una granja integral
	Determinación de la ecuación de estado para los gases ideales	Un experimento ejemplar
Experimento con los gases	Los gases participan en las reacciones químicas	Un gas comburente
	Obtención y recolección de gases	Fabricando gases con un grupo de materiales. Elaborando gas carbónico
	Cálculo: masa molar de un gas	El experimento de Víctor Meyer con un grupo de materiales

Cuadro II
Heurístico general diseñado para la aplicación de la estrategia didáctica

PROCESOS PROBLÉMICOS	HERRAMIENTAS HEURÍSTICAS
<p><i>1. Formación del interés cognoscitivo</i></p> <p>Objetivo: Dar propósitos e intenciones al sistema cognitivo de acuerdo con la subjetividad de los estados mentales. Crear motivos de aprendizaje y disposición emocional para resolverlos.</p>	<p>Contextualización del problema en: medio ambiente, vida diaria, funcionamiento de las cosas, fenómenos naturales, historia de la disciplina, aplicaciones prácticas. Presentación de los problemas en diferentes formas. Selección del problema que se quiere resolver dentro de un grupo de situaciones.</p>
<p><i>2. Reconocimiento de patrones propios de resolución</i></p> <p>Objetivo: Tomar conciencia de los heurísticos personales, de sus carencias y fallas.</p>	<p>Escritura del heurístico personal. Elaboración de un manual de instrucciones para resolver problemas. Calificación y discusión del manual elaborado.</p>
<p><i>3. Reconocimiento del problema</i></p> <p>Objetivo: Tomar consciencia sobre lo desconocido y sobre lo que debe ser buscado.</p>	<p>Identificación de lo conocido y lo desconocido. Elaboración de interrogantes sobre el problema. Búsqueda de nuevos puntos de vista. Elaboración de anticipaciones suponiendo permanencia o cambio de condiciones físicas, temporales y espaciales, o de las magnitudes.</p>
<p><i>4. Planteamiento cualitativo y representación del problema</i></p> <p>Objetivo: Dar forma inteligible al problema y reestructurarlo cognitivamente.</p>	<p>Representación del problema: Gráfica: imágenes, diagramas, bocetos, planos, mapas, o maquetas. Simbólica: tablas, fórmulas y ecuaciones. Determinación de la información explícita, e implícita o extensa. Determinación de factores involucrados, selección de información relevante.</p>
<p><i>5. Formulación del problema</i></p> <p>Objetivo: Crear un espacio interno para el problema en la mente del alumno, estableciendo relaciones entre el problema y su conocimiento personal.</p>	<p>Reconsideraciones de los elementos y las formas de representación de datos. Eliminación de datos. Reconocimiento de las variables relacionadas con el problema y de las formas en que éstas pueden estar relacionadas. Determinación de las condiciones impuestas por el problema incluidos los límites a la transformación de las magnitudes o a la aplicación de ciertos procedimientos. Utilización de patrones de solución de problemas similares ya resueltos con transferencia de procedimientos a la solución del problema actual. Análisis por subobjetivos, dividiendo el problema en subproblemas para proceder a su resolución secuencial.</p>
<p><i>6. Formulación de hipótesis</i></p> <p>Objetivo: Establecer las posibles soluciones al problema y determinar, desde estas posibilidades, qué de la información que provee el problema puede ser considerada como datos necesarios para su resolución.</p>	<p>Establecimiento de analogías entre las relaciones implicadas en el problema y otras situaciones en contextos diferentes. Comparación de condiciones iniciales y finales del problema y proposición de instrumentos para hacer similares los dos estados. Establecimiento de dependencias causales entre los elementos del problema. Elaboración de cadenas de asociación, juicios y deducción a partir del estado inicial del problema. Formulación de múltiples formas de resolver el problema y selección de ideas para su aplicación práctica.</p>

Cuadro II (continuación)

<p><i>7. Diseño de estrategias de resolución</i></p> <p>Objetivo: Elaborar un procedimiento o una serie de procedimientos es decir, un sistema de operaciones coordinadas en un protocolo para resolver el problema, que pueden ser de tipo práctico, matemático o teórico (experimentación, formalización, modelación).</p>	<p>Interrogación gnoseológica: Preguntas sobre el estado inicial del problema: ¿Qué condiciones presenta el problema? ¿Qué información poseo sobre el problema? Preguntas sobre conocimientos y procedimientos requeridos: ¿Qué nueva información necesito? ¿Cómo puedo encontrar lo que necesito? ¿Cómo saber cuándo he resuelto el problema? ¿Qué hacer para...? ¿Qué objetos pueden utilizarse? ¿Se puede recurrir a...? ¿Qué puede asegurar el resultado y las condiciones óptimas en el experimento? Planeamiento ejecutivo de las decisiones principales basado en la representación cualitativa de los aspectos clave del problema. Generación acrítica de ideas y selección posterior de las mejores para el diseño de la resolución. Búsqueda de problemas similares al problema a resolver, por su enunciado, datos, formas de resolución o tipo de respuesta para transferir los patrones análogos de resolución. Replanteamiento distinto, nuevo y original del problema, cambiando la notación, considerando argumentos de resolución elaborados con contradicciones y contraejemplos. Establecimiento de subobjetivos, resolviendo el problema por partes de acuerdo con el plan ejecutivo. Simplificación y reducción de problemas complejos por eliminación de variables; reconversión a versiones simplificadas (sólo las características centrales) o abstractas para transferir luego el patrón de resolución al problema real; concentración en una situación concreta más sencilla; construcción de modelos y simulaciones a escala. Razonamiento inverso desde el estado final y hacia el estado inicial. Modificación transformando, reemplazando, recombinando, adicionando o sustrayendo información del enunciado del problema (variables y condiciones), o incluyendo diferentes formas y equivalencias para tratar esta información.</p>
<p><i>8. Solución de la situación problemática</i></p> <p>Objetivo: Cumplir con los pasos en el plan de acción y enfrentar las dificultades de la resolución.</p>	<p>Resolución fundamentada, explicando cada procedimiento utilizado. Verbalización del procedimiento anotando y comunicando cada paso seguido, para construir una memoria externa sobre el proceso de resolución del problema. Inventario y análisis de dificultades anotando y comunicando cada una y determinando sus causas para no volver a repetir los mismos errores. Verificación de cada paso, detectando errores de círculo o incompletitud en su realización. Selección de los procedimientos que fueron exitosos, para utilizarlos en la solución de otros problemas.</p>
<p><i>9. Control de procesos y de la solución del problema</i></p> <p>Objetivo: Regular la calidad de los procesos llevados a cabo en la resolución y de las soluciones dadas al problema. Tomar conciencia de los procedimientos realizados y de las posibles fallas presentadas.</p>	<p>Lista de interrogación: Sobre la respuesta: ¿Es razonable el valor? ¿Cuadra con las estimaciones y predicciones razonables? ¿Puede obtenerse de un modo diferente? ¿Puede compararse y reducirse a resultados conocidos? ¿Puede ser utilizada para producir algo que se conozca? Sobre el procedimiento: ¿Utiliza todos los datos pertinentes? ¿Tiene en cuenta el análisis de dimensiones y escalas? Verificación de implicaciones de la solución en otros contextos. Análisis de logros, de cuanto se obtuvo al resolver el problema y comparación con las perspectivas iniciales.</p>
<p><i>10. Elaboración de nuevos problemas</i></p> <p>Objetivo: Reconocer elementos y relaciones implicados en un problema, además de los conceptos y procesos necesarios para su resolución, desde la óptica del diseñador.</p>	<p>Consideración de perspectivas y preguntas abiertas por el problema resuelto. Abordaje del mismo problema en un nivel de mayor complejidad. Consideración de las implicaciones teóricas o prácticas de la respuesta dada al problema. Reelaboración de problemas resueltos en otros contextos y condiciones iniciales.</p>

de la imaginación y de la percepción, además de facilitar los procesos de autoevaluación.

2.2. Condiciones organizacionales que contemplan el trabajo de aula por equipos, identificados por un nombre y un símbolo; el reemplazo de las tareas repetitivas por actividades creativas e innovadoras; la posibilidad de decidir acerca de los temas y problemas a estudiar y el establecimiento de relaciones entre el trabajo y el juego, el arte y la ciencia.

2.3. Condiciones espaciotemporales que implican la flexibilización del tiempo, la asignación de espacios físicos y de recursos para el trabajo autónomo del estudiante y la utilización de modalidades de tutoría y orientación guiada.

3. Diseño y utilización de un heurístico general: Un heurístico general es un método general que conduce al estudiante en el proceso de resolución del problema y que le ofrece probabilidades razonables de solución, método compuesto por procesos problemáticos secuenciales llevados a cabo con la ayuda de herramientas heurísticas, que son instrumentos técnicos que facilitan la resolución del problema a través de la transformación de una entidad en otra (Cuadro II).

4. Utilización de un sistema de autodirección: Un sistema de autodirección es una guía metacognitiva a través de la cual los estudiantes regulan sus propios procesos de aprendizaje. El sistema de autodirección diseñado para esta estrategia está basado en dos instrumentos:

4.1. Cartas de navegación para la resolución de problemas: Este instrumento es una guía de trabajo en las que se incluyen cada uno de los procesos problemáticos a desarrollar y se sugieren las herramientas heurísticas que pueden ayudar a llevarlos a cabo. Estas cartas pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo de acuerdo con la naturaleza del problema que se esté tratando de resolver.

4.2. Cuadernos de trabajo: Los cuadernos de trabajo son instrumentos para la sistematización de los procesos y actos cognitivos llevados a cabo durante la resolución del problema. En ellos se consignan las soluciones preliminares y finales, los pasos, algoritmos y cálculos realizados, descuidados o no realizados, pensados pero no ejecutados, las propuestas de corrección y las reflexiones globales sobre los aspectos de mayor interés y sobre los aportes metodológicos y conceptuales obtenidos a través del proceso de solución del problema.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación combina el enfoque de pretest-posttest con el estudio del proceso a través del seguimiento de las actividades. El grupo experimental está conformado al azar por 16 estudiantes de diferentes clases sociales (alta, media, popular), dos de ellos provenientes de la ciudad de Santafé de Bogotá y estudiantes del colegio Alvernia, y el resto provenientes de la ciudad de Medellín, cuatro del colegio Calazans, seis del Insti-

tuto Tecnológico de Castilla y cuatro del Colegio Piloto para el futuro de Belén Rincón. Todos ellos cursan el grado décimo de educación media técnica; este grupo se divide en cuatro equipos de trabajo, cada uno con cuatro integrantes. El tiempo de aplicación de la estrategia es de 30 horas, tiempo equivalente al trabajo realizado durante 4 semanas de labor académica regular (4 horas a la semana). Además de este tiempo se requieren 4 horas para familiarizar a los estudiantes con la estrategia y otras 4 horas para la aplicación de los tests al inicio y al final de la aplicación de la estrategia. Es importante anotar que, durante la aplicación de la estrategia, los estudiantes tienen la libertad, de acuerdo con sus propias motivaciones de retirarse voluntariamente, en forma total o temporal del trabajo académico.

Hipótesis y variables estudiadas

La hipótesis de partida de este trabajo supone que la implementación de una estrategia didáctica basada en un modelo de enseñanza problemática posibilita a los estudiantes el desarrollo de las capacidades creativas, la independencia cognoscitiva, las actitudes positivas hacia las ciencias y las habilidades para resolver problemas; además de facilitarles la asimilación conceptual de las teorías científicas, para el caso específico de esta investigación de la teoría sobre el comportamiento de los gases. Las variables estudiadas son:

1. Creatividad como acción y capacidad cognitiva general. Esta variable se estudia a través de la aplicación de una prueba para determinar el desarrollo de las capacidades creativas, en la que se combinan los tests de Torrance y de Wallach y Kogan (Torrance, 1973; Beaudot, 1980). La prueba indaga tres componentes de la creatividad (la flexibilidad, la fluidez y la originalidad), componentes definidos de la siguiente manera:

1.1. Flexibilidad: «Capacidad para cambiar los enfoques de un problema y para resolver series de tareas que exigen estrategias diferentes» (Guilford, citado por Meyer, 1986).

1.2. Fluidez: «Capacidad para producir palabras a partir de un mismo fonema o cantidad y tipo de letras, asociar términos, encontrar sinónimos, yuxtaponer palabras, conformar estructuras gramaticales y generar ideas en un tiempo limitado, es decir, ofrecer soluciones a problemas» (Torrance, citado por Arietti, 1993).

1.3. Originalidad: Capacidad para reunir materiales o conocimientos existentes y producir ideas, ocurrencias, preguntas y asociaciones nuevas, diferentes, no convencionales o insólitas.

Para analizar los resultados del test se determina el incremento porcentual en el valor del puntaje promedio obtenido por los estudiantes para cada uno de los tres criterios de evaluación.

2. Independencia cognoscitiva definida como la capacidad para realizar con autonomía las tareas cognitivas y

participar activamente en el trabajo académico, lo cual implica el compromiso y la autonomía durante la resolución de los problemas y la comprensión tanto de conceptos como de procedimientos (Majimutov, 1983). Esta variable se estudia tomando como base los protocolos de observación y las grabaciones de las actividades realizadas por los equipos de trabajo durante la resolución de nueve situaciones problemáticas. Para analizar el desarrollo de esta variable, se diseñan los siguientes indicadores:

2.1. Frecuencia en la presentación por parte de los alumnos de:

- a) dudas conceptuales;
- b) dudas sobre procedimientos;
- c) retiros temporales durante el trabajo: salidas del aula para realizar otro tipo de actividades diferentes a las académicas, que reflejan ausencia de interés por el trabajo académico;
- d) silencios: lapsos de tiempo en los cuales los estudiantes no participan en el trabajo del grupo aportando o discutiendo ideas.

2.2. Presentación y tipo de argumentaciones construidas por los estudiantes, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- a) ausencia de argumentaciones;
- b) presentación de argumentaciones inadecuadas, sólo cuando éstas son exigidas por integrantes de otros equipos de trabajo;
- c) presentación de argumentaciones inadecuadas sin que sean exigidas por integrantes de otros equipos de trabajo;
- d) presentación de argumentaciones adecuadas, pero sólo cuando éstas son exigidas por los integrantes de otros equipos de trabajo;
- e) presentación de argumentaciones adecuadas espontáneas, es decir, sin que sean exigidas por integrantes de otros equipos de trabajo.

3. Asimilación de conocimientos entendida como la capacidad de los alumnos para realizar «la transferencia de los conceptos y de las estrategias con el fin de resolver problemas» (Bransford, 1993) y así poder aplicarlos a la explicación de otros fenómenos y a la resolución de otros problemas pertenecientes a contextos diferentes a aquéllos que fueron utilizados para enseñarlos. Esta variable se estudia empleando una prueba en la cual se presentan dos listas: a) la primera, de fenómenos relacionados con desarrollos tecnológicos y sucesos naturales; y b) la segunda, de conceptos, principios, propiedades y leyes referidas a la teoría sobre el comportamiento de los gases (Anexo I), y en la que se pide a los estudiantes que identifiquen desde la segunda lista los conceptos necesarios para explicar cada fenómeno contemplado en la primera y que, además, justifiquen adecuadamente su elección.

rios para explicar cada fenómeno contemplado en la primera y que, además, justifiquen adecuadamente su elección.

4. Desarrollo de la facultad para resolver problemas, entendida como la capacidad para utilizar heurísticos y herramientas heurísticas y «elaborar autónomamente procedimientos para la obtención de un resultado» (Gascón Pérez, 1985). Esta variable se estudia a través de la aplicación de un test en el que se presenta al estudiante un problema y se le pide solamente describir las etapas que se deben seguir para resolverlo. Los resultados de este test permiten determinar los cambios y las transformaciones de enfoque generadas en los procedimientos propuestos por los estudiantes para la resolución de los problemas.

5. El desarrollo de las actitudes positivas hacia las ciencias, concebidas como disposiciones sociales a actuar positivamente frente a la ciencia, conformadas por tres componentes, el conductual, el cognitivo y el afectivo. Para el estudio de esta variable se utilizó el test CAME (Cognición, acción, metodología) (García, 1993; Salcedo; García, 1997). Este test fue sometido a validación interna con aplicación de prueba piloto y determinación de índices de correlación entre los resultados para cada pregunta y los resultados totales de la prueba. El test presenta 17 indicadores que comprenden los componentes cognitivo, conductual y afectivo de las actitudes hacia las ciencias (Cuadro III y Anexo II).

Cuadro III
Indicadores del test sobre actitudes hacia las ciencias.

Componente comportamental	
<i>Subcomponente de acción</i>	<i>Subcomponente metodológico</i>
1. Multicausalidad	6. Aborde: analítico-sintético
2. Enfoque teórico práctico	7. Planeación
3. Pensamiento divergente	8. Enfoque relacional
4. Multicontextualización	9. Carácter social del conocimiento
5. Apertura cognoscitiva	
Componente afectivo	
<i>Subcomponente personal</i>	<i>Subcomponente social</i>
10. Persistencia	12. Aceptación
11. Preferencia	13. Rol activo
Componente cognitivo	
14. Concepción sobre el origen de la ciencia desde el realismo no representativo	
15. Concepción sobre la función de la ciencia desde el realismo no representativo	
16. Concepción de la validez de la ciencia desde el racionalismo moderado	
17. Concepción de los límites de la ciencia desde el racionalismo moderado	

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del test se analizan de forma general y pregunta por pregunta, es decir, indicador por indicador. En primer lugar, se establecen tres niveles de actitud hacia las ciencias: bajo, medio y alto, que a su vez se dividen en dos categorías, bajo y alto. Y en segundo lugar, se compara el puntaje promedio en cada ítem, antes y después de haber aplicado la estrategia didáctica para determinar cuáles actitudes se desarrollan, cuáles no, y cuáles sufren evolución negativa.

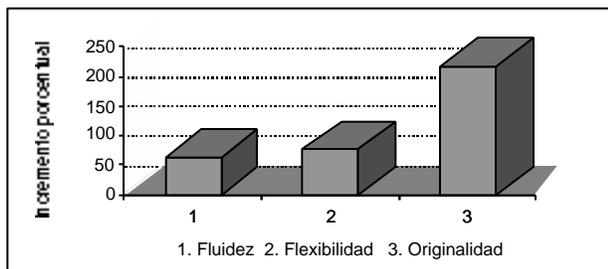
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

Sobre el desarrollo de las capacidades creativas

El significativo incremento porcentual en el puntaje promedio obtenido por los estudiantes para cada uno de los tres indicadores puede sugerir que la solución de problemas creativos en el aula promueve de manera significativa los procesos de producción de ideas y de utilización de las mismas en varios contextos y desde diferentes puntos de vista, además de ayudar a la producción de ideas originales, es decir, con un alto nivel de diferenciación y singularidad. La diferencia encontrada en relación con el criterio de originalidad puede ser interpretada como una relación positiva entre la solución de problemas no usuales y la producción de ideas no usuales para su resolución, es decir, que, para lograr producir ideas originales, primero habría que plantear problemas igualmente originales (Gráfica 1).

Gráfica 1

Incremento porcentual luego de la aplicación de la estrategia en el puntaje promedio obtenido por los alumnos en tres criterios usados para medir la creatividad.

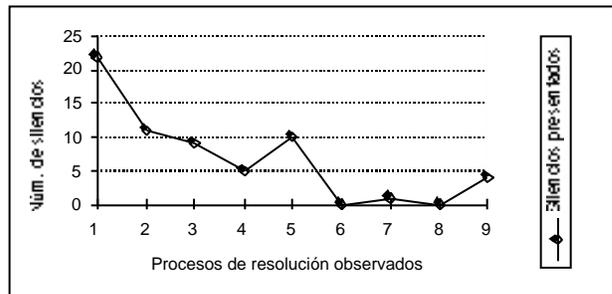


Sobre el desarrollo de la independencia cognitiva

La disminución progresiva presentada en el número de silencios y de dudas, así como en el de retiros durante el proceso de resolución, puede indicar un aumento progresivo en el compromiso y la autonomía en el trabajo, en los niveles de comprensión de los conceptos y de los procedimientos y en el interés cognoscitivo de los estudiantes, conforme la estrategia didáctica era aplicada y se avanzaba en la resolución de los problemas

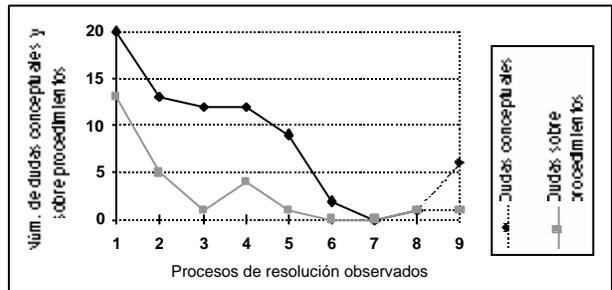
Gráfica 2

Comportamiento en el número de silencios presentados durante la aplicación de la estrategia.



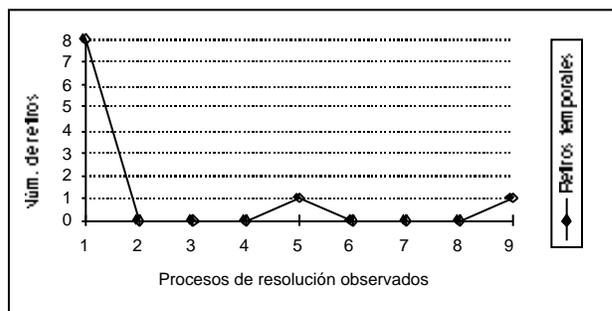
Gráfica 3

Comportamiento del número de dudas conceptuales y sobre procedimientos presentadas durante la aplicación de la estrategia.



Gráfica 4

Comportamiento en el número de retiros temporales de integrantes del equipo durante la aplicación de la estrategia.

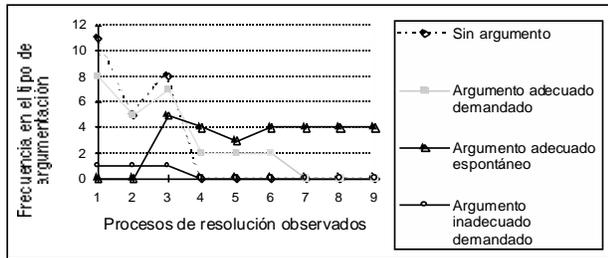


(Gráficas 2, 3 y 4). De otra parte, el cambio progresivo en la presentación y en el tipo de argumentación acerca de sus resultados, desde la no-construcción de argumentaciones hasta la presentación de argumentaciones adecuadas y espontáneas (Gráfica 5), hace pensar, en primer lugar, que la estrategia aplicada no ofrece efectos inmediatos en términos de independencia cognoscitiva, sino que éstos se producen de manera gradual y, en segundo

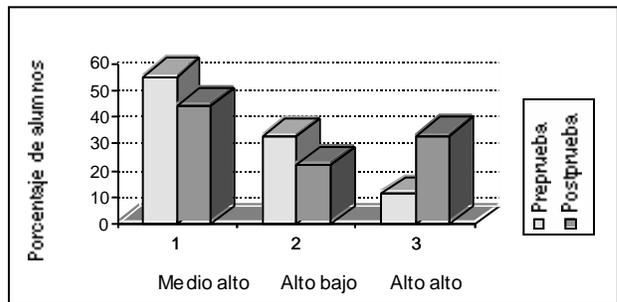
Cuadro IV
Etapas descritas por los estudiantes como necesarias para la solución de problemas.

Etapas descritas tanto antes como después de la ejecución de la estrategia	
L: Lectura previa del problema	SD: Selección de los datos relevantes
CO: Comprensión del problema	C: Consulta de lo que no se sabe
A: Análisis de los elementos del problema	SM: Selección de métodos adecuados
CP: Comprobación del problema	R: Resolución del problema
G: Diseño de la gráfica	
Etapas descritas únicamente antes de la ejecución de la estrategia	
BF: Búsqueda de fórmulas	
AF: Aplicación de fórmulas	
BM: Búsqueda de métodos de solución	
Etapas descritas únicamente después de la ejecución de la estrategia	
MA: Establecimiento de motivos para resolver el problema (de aprendizaje)	DI: Determinación de interrogantes
ER: Establecimiento de relaciones claves	RP: Replanteamiento usando relaciones clave
DG: Discusión en grupo sobre el problema	CA: Comunicación adecuada de solución
FH: Formulación de hipótesis	AP: Aplicación de la solución a otras situaciones

Gráfica 5
Tipo de argumentaciones presentadas durante la aplicación de la estrategia.



Gráfica 6
Porcentaje de alumnos por nivel de actitud hacia la ciencia antes y después de la aplicación de la estrategia.



lugar, que, una vez que el estudiante logra compenetrarse con la estrategia de solución de problemas, se hace capaz de construir argumentaciones adecuadas y espontáneas para explicar los resultados obtenidos y las soluciones que construyó para el problema.

Sobre el desarrollo de las actitudes positivas hacia las ciencias

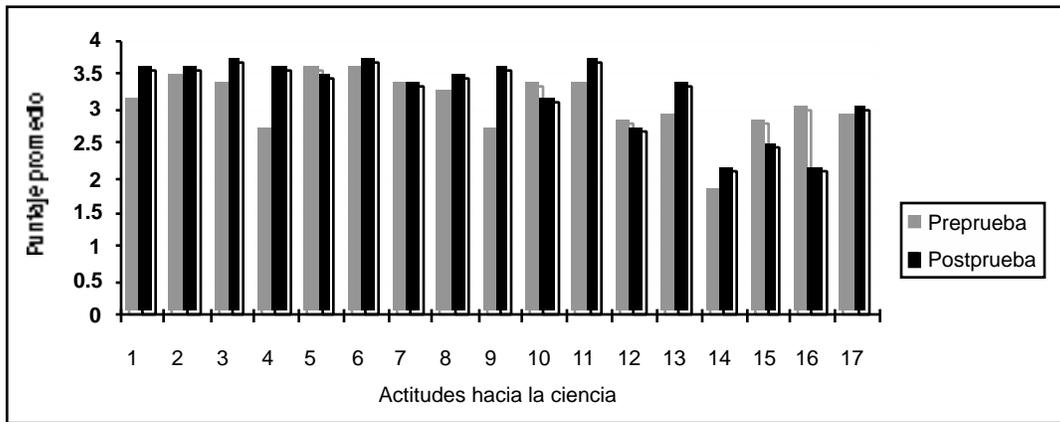
El significativo aumento en el porcentaje de alumnos clasificados en el nivel alto-alto de actitud hacia las ciencias y el crecimiento positivo en 11 de las 17 actitudes medidas puede estar revelando que la resolución de problemas creativos en las clases de ciencias es eficaz para desarrollar positivamente las actitudes de los alumnos hacia las ciencias. De otra parte, los pequeños crecimientos negativos en los ítems referidos a las acti-

tudes de apertura cognoscitiva y persistencia pueden ser un indicador de la resistencia generada por el modelo didáctico tradicional basado en la competencia y en el menor esfuerzo. De igual manera, los crecimientos negativos en los ítems referidos a las concepciones sobre función y validez de la ciencia pueden sugerir que, en los estudiantes, persiste una visión instrumentalista en el primer aspecto y un modelo de validez empirista en el segundo (Gráficas 6 y 7).

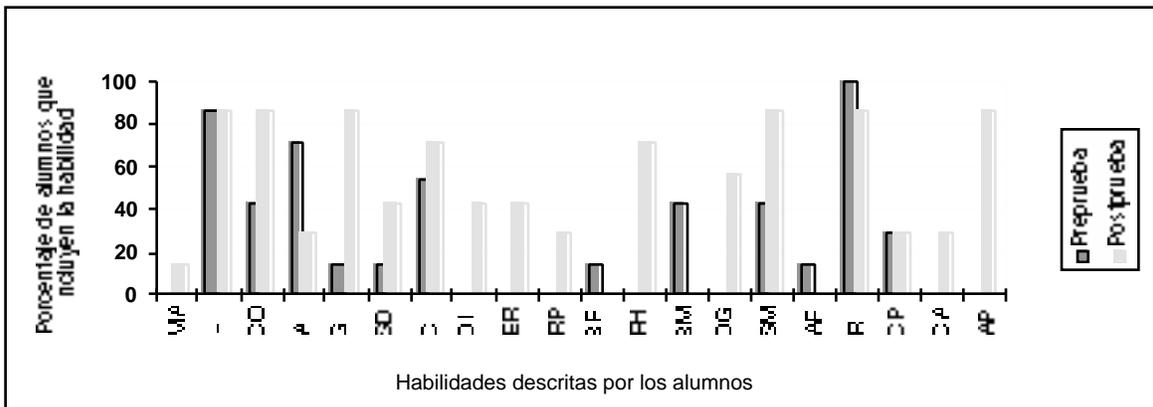
Sobre el desarrollo de las habilidades para resolver problemas

Las etapas descritas por los estudiantes como necesarias en el proceso de resolución de problemas pueden suge-

Gráfica 7
Puntaje promedio para cada actitud hacia la ciencia antes y después de la aplicación de la estrategia.



Gráfica 8
Porcentaje de alumnos *versus* habilidades incluidas en la descripción del proceso de resolución de problemas.



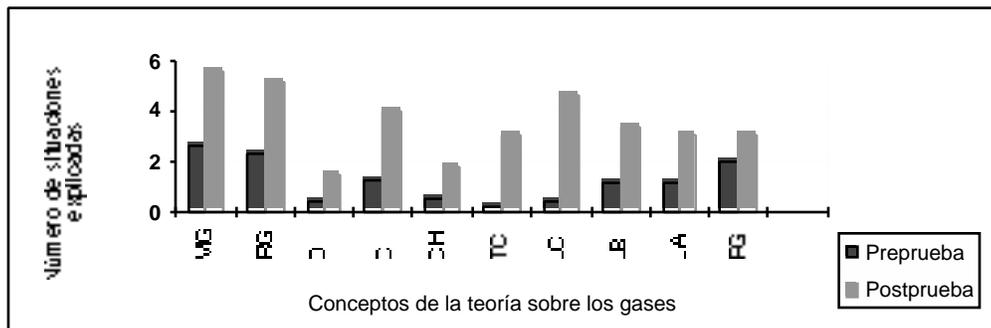
rir, en primer lugar, que los estudiantes luego de la aplicación de la estrategia muestran un afianzamiento general de las habilidades que poseen inicialmente para acometer los procesos de resolución de problemas. En segundo lugar, que ellos mismos luego de enfrentarse a la solución de problemas creativos ya no piensan tanto en manipular datos e informaciones y en resolver el problema sino en comprenderlo, en formular hipótesis y en buscar la aplicabilidad de las soluciones obtenidas a otros contextos y situaciones. En tercer lugar, que ellos cambian su concepción competitiva y solitaria del trabajo científico por el reconocimiento de su carácter social y colectivo. Este análisis hace posible creer que la resolución de problemas creativos en la clase de ciencias

influye positivamente para que los estudiantes abandonen las concepciones empiristas y el enfoque operativista con el que regularmente enfrentan la solución de problemas (Cuadro IV y gráfica 8).

Sobre el desarrollo de la asimilación conceptual

El aumento de más del 100 % en el número de fenómenos que pueden ser explicados adecuadamente utilizando cada uno de los conceptos contemplados en la teoría sobre el comportamiento de los gases permite pensar en que la resolución de problemas creativos en las clases de ciencias puede ser eficaz para la asimilación de los conceptos científicos (Gráfica 9)

Gráfica 9
Promedio de situaciones explicadas con los conceptos de la teoría sobre los gases.



CONCLUSIONES

Los resultados de la aplicación de la estrategia didáctica basada en el modelo de enseñanza problemática, en la que se propone la solución de situaciones problemáticas creativas y no usuales (diferentes a los ejercicios numéricos tradicionales y con enunciados que indican novedad y utilidad e incitan a su resolución), permiten adelantar algunas conclusiones, conclusiones que deben ser matizadas, teniendo en cuenta dos aspectos. En primer lugar, estos resultados son obtenidos bajo condiciones experimentales; es decir, en condiciones de aula y ambientes de trabajo óptimos, o sea, más adecuados que los ambientes de clase habituales. Y en segundo lugar, que el tiempo de aplicación de 30 horas es bastante reducido, para que las conclusiones aquí expuestas gocen de total validez. Esta salvedad deja la tarea de replicar la aplicación de la estrategia durante un período de tiempo mucho mayor.

1. Los resultados obtenidos a partir de la labor de seguimiento muestran que se puede lograr el desarrollo de la independencia cognoscitiva, en términos de capacidad argumentativa, autonomía, persistencia en el trabajo y nivel de comprensión de conceptos y procedimientos, pero también que el desarrollo de cada uno de estos indicadores es de carácter progresivo. Esto deja en claro que el aprendizaje es un proceso y que su naturaleza es progresiva. Lo anterior es importante en la medida que permite comprender varios fenómenos que se presentan cuando el estudiante aprende a través de una estrategia basada en la solución de problemas.

En primer lugar, cuando los estudiantes aprenden a argumentar, se presentan cambios progresivos en los niveles de reflexión y de consciencia sobre las hipótesis planteadas y las tesis construidas. Estos cambios implican generación de confianza en sí mismo y en el equipo de trabajo, adquisición de consciencia sobre las operaciones y las tareas cognitivas llevadas a cabo y sobre las elaboraciones cognitivas construidas; es decir, las hipótesis planteadas, los procedimientos propuestos y los resultados obtenidos, la toma de responsabilidad sobre

los resultados alcanzados y las conclusiones construidas, dándoles el estatuto de tesis, o sea, enunciados dignos de ser «puestos» en común, además de la argumentación propiamente dicha, que implica hacer explícitos y comprensibles los nexos entre hipótesis y tesis, relacionar estas últimas con otros fenómenos que pueden ser explicados por ellas y compararlas con las tesis de los demás equipos de trabajo, a través del debate y la discusión crítica.

En segundo lugar, los procesos de motivación que surgen en los estudiantes están relacionados con la importancia que ellos atribuyen a los problemas planteados, importancia que depende de que éstos sean reconocidos como solucionables y de interés y, además, con el grado de utilidad que el estudiante confiera a la metodología propuesta para resolver los problemas, es decir, al heurístico general, como instrumento que facilita pensar y construir niveles de significado cada vez más altos sobre el problema.

En tercer lugar, la consecución de un buen nivel de comprensión de los procedimientos, que facilite la utilización eficaz y eficiente del heurístico, requiere del reconocimiento y la comprensión de cada uno de sus pasos y herramientas heurísticas, de la posterior automatización de los mismos y, finalmente, de la transformación de procedimientos por enriquecimiento, simplificación, integración o supresión de pasos y de herramientas heurísticas, para producir versiones heurísticas autónomas.

En cuarto lugar, el desarrollo de la comprensión conceptual también implica un aumento progresivo en el nivel de significado de los conceptos, para lo cual el alumno debe aprender a determinar los conceptos necesarios para resolver el problema, a especificar las regularidades y las relaciones encontradas en el interior de los fenómenos representados por estos conceptos, a utilizar adecuadamente para resolver el problema, a transferirlos para explicar y predecir otros fenómenos. Además también implica aprender a integrar los conceptos construidos en las estructuras conceptuales preexistentes

para que puedan ser utilizados en la construcción de conceptos más complejos.

2. Aunque en términos generales el desarrollo de las actitudes hacia las ciencias es positivo, es importante reflexionar sobre aquellos indicadores (actitudes) que presentaron resultados catalogados como anómalos (Gráficas 6 y 7). En primer lugar, el crecimiento negativo en las actitudes de apertura cognoscitiva y de persistencia en el trabajo académico (indicadores 5 y 10 del test CAME) puede estar relacionado con la tradición metodológica y didáctica de la cual proviene el estudiante. Esta tradición no reconoce el carácter socialmente contingente de la ciencia ni de la clase de ciencias como un espacio para el libre debate de las ideas acerca de los fenómenos naturales, estimula la competencia y el trabajo individual, valorando muy poco el trabajo en equipo y, además, deja de lado los elementos axiológicos propios de la cultura juvenil que no consideran la ciencia como una prioridad en el campo de intereses de los estudiantes. Esto hace que los estudiantes presenten bajos niveles en sus capacidades de escucha, de participación activa en las discusiones académicas y de motivación intrínseca por las ciencias, lo cual provoca en ellos una resistencia a considerar las argumentaciones e ideas de sus compañeros y una baja tenacidad para la realización de las tareas cuando son partícipes de una estrategia didáctica que requiere de estos elementos.

En segundo lugar, el cambio en la concepción sobre la función de la ciencia desde una visión basada en el realismo no representativo hasta una visión basada en el instrumentalismo (indicador 15, opciones B y C test CAME) y el cambio de concepción sobre la validez del conocimiento científico desde una visión racionalista moderada hasta una visión empirista (indicador 16, opciones C y B test CAME) pueden estar relacionados con las características particulares de la estrategia didáctica utilizada. Desde este punto de vista, la tendencia hacia la concepción instrumentalista sobre la función de la ciencia pudo haber sido originada por la proposición de problemas que sólo exigían explicar situaciones pero no crear artefactos o «mentefactos» y por el énfasis que hacía el heurístico general en la construcción de modelos cada vez más elaborados sobre la situación problema. Igualmente, y teniendo en cuenta que la mayoría de las situaciones problemáticas planteadas durante la aplicación de la estrategia surgen de la experiencia, el cambio hacia la concepción empirista sobre la validez del conocimiento científico pudo haber sido originado en una posible confusión conceptual por parte del estudiante, que hace que iguale o haga equivalentes los datos ofrecidos por la experiencia a los problemas que surgen de la experiencia, problemas que por su naturaleza ya se constituyen en una racionalización de la experiencia.

3. En lo referente al desarrollo de las capacidades creativas, es posible inferir que la resolución de situaciones problemáticas creativas y el diseño de ambientes creati-

vos en el aula de clase posibilitan el desarrollo de la creatividad en los estudiantes. De otra parte, para explicar las diferencias y los contrastes encontrados entre los crecimientos de fluidez y de flexibilidad y de originalidad, pueden formularse dos hipótesis: *a*) en primer lugar, es posible que la naturaleza adolescente de los jóvenes, caracterizada por una constante búsqueda de originalidad, pueda haber influido en el mayor aumento de la originalidad en relación con los otros dos indicadores; *b*) en segundo lugar, el menor crecimiento en la fluidez y en la flexibilidad puede haber sido originado en la influencia sobre el estudiante de las prácticas escolares habituales de las cuales es sujeto, prácticas caracterizadas por ser autoritarias y poco democráticas y, por ende, poco propicias para producir y expresar nuevas ideas; es decir, poco adecuadas para el desarrollo de la fluidez y, además, por tener un enfoque uniforme y disciplinar (no interdisciplinar) de los programas académicos, enfoque que dificulta al estudiante el establecimiento de nuevas relaciones entre los conceptos y entre estos y otros contextos y situaciones, desfavoreciendo de esta forma el desarrollo de la flexibilidad.

4. Las habilidades desarrolladas para resolver los problemas muestran que la estrategia didáctica está orientada hacia el mejoramiento de la comprensión del problema más que hacia la consecución de su solución. Esto se refleja en: *a*) el desarrollo de la habilidad para la elaboración de gráficas, que mejora los niveles de representación del problema; *b*) en el desarrollo de las habilidades para establecer las motivaciones a fin de resolver el problema y comprender los enunciados, lo cual favorece el aumento de los niveles de significado sobre el problema; y finalmente, *c*) la disminución de la tendencia a resolver de manera mecánica y operativa los problemas, disminución que indica el desarrollo de los niveles de consciencia cognitiva en los estudiantes. A partir de estos resultados es posible afirmar que la resolución de situaciones problemáticas cualitativas y abiertas favorece la comprensión conceptual, es decir, la construcción de los conceptos científicos más que el aprendizaje de procedimientos operativos de tipo algebraico o matemático para operar sobre cantidades y datos referidos a los conceptos científicos.

5. Por último, es importante recalcar que la utilización como parte de la estrategia didáctica, de un sistema de autodirección basado en las cartas de navegación para la resolución de los problemas y los cuadernos de trabajo, cumple con dos cometidos básicos: el primero, proporcionar saber metacognitivo al estudiante, proveyéndole de una guía para pensar, que a la vez lo entrena en las diferentes habilidades requeridas para resolver problemas y mejora su capacidad para aprender; el segundo, facilitar al estudiante llevar a cabo los procesos de regulación metacognitiva, proporcionándole elementos para el reconocimiento y la valoración autónoma de su trabajo académico, y elevando de esta manera el nivel de consciencia sobre sus propios procesos de aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASIEBA, F.O. y EGBUGARA, O.U. (1993). Evaluation of secondary pupils chemical problem-solving skills using a problem-solving model. *Journal of Chemical Education*, 70(1), pp. 38-39.
- BEAUDOT, A. (1980). *La creatividad*, pp. 227-235. Madrid: Narcea, SA.
- BRANSFORD, J.D. y STEIN B.S. (1993). Solución ideal de problemas, pp. 13-38. Nueva York: Labor, SA.
- CASEY, B.M. y TUCKER, E. (1994). Problem-Centered Classrooms: Creating lifelong learners. *Children and Thinking*, octubre, pp. 139-143.
- CONTRERAS, L.C. (1987). La resolución de problemas, ¿una panacea metodológica? *Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), pp. 49-52.
- FRANK, D.V., BAKER, C.A. y HERRON, J.D. (1987). Should students always use algorithms to solve problems? *Journal of Chemical Education*, 64(6), p. 514.
- FOBES, R. (1996). Creative Problem-solving. *The Futurist*, January-february, pp. 19-22.
- GASCÓN PÉREZ, J. (1985). El aprendizaje de la resolución de problemas de planteo algebraico. *Enseñanza de las Ciencias*, pp. 18-27.
- GARRET, R.M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), pp. 224-230.
- GARRET, R.M. (1989). Resolución de problemas, creatividad y originalidad. *Revista Chilena de Educación Química*, 14(1-2), pp. 21-28.
- GARCÍA, J.J. (1993). Diseño de un modelo pedagógico de aprendizaje por investigación. Tesis de maestría en docencia de la química. Departamento de Química. Facultad de Ciencia y Tecnología. Santa Fe de Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- GENYEA, J. (1983). Improving students' problem-solving skills; a methodical approach for a preparatory chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 60(5), pp. 478-482.
- GIL PÉREZ, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. y SENENT PÉREZ, F. (1988). Investigación y experiencias didácticas: El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 131-146.
- GUILFORD (citado por Meyer, R.) (1986). *Pensamiento resolución de problemas y cognición*, p. 376. Barcelona: Paidós.
- GUILFORD (citado por Ariete, S.) (1993). *La creatividad: la síntesis mágica*, p. 303. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- KEAN, E., HURT MIDDLECAMP, C. y SCOTT, D.L. (1988). Teaching students to use algorithms for solving generic and harder problems in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 65(11), pp. 987-990.
- KEMPA, R.F. (1986). Investigación y experiencias didácticas: resolución de problemas de química y estructura cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), pp. 99-100.
- KRAMERS, H., PALS, J., LAMBRECHE, P.J. y WOLF. (1982). Recurrent difficulties: solving quantitative problems. *Journal of Chemical Education*, 59(6), pp. 509-513.
- LANGLOIS, F., GRÉA, J. y VIARD, J. (1995). Influencia de la formulación del enunciado y del control didáctico sobre la actividad intelectual de los alumnos en la resolución de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), pp. 179-191.
- MAJIMUTOV, M.I. (1983). *La enseñanza problémica*, p. 16. La Habana: Pueblo y Educación. Ministerio de Educación.
- MARTÍNEZ LLANTADA, M. (1986). *Categorías, principios y métodos de la enseñanza problémica*, p. 9. La Habana: Pueblo y Educación.
- METTES, A., PILOT, H.J., ROSNICK, H., KRAMERS, H. y PALS, J. (1980). Teaching and learning problem solving in science. *Journal of Chemical Education*, 57(12), pp. 882-885.
- MORALES ALDANA, L. (1992). Inteligencia artificial y resolución de problemas. *Educación Matemática*, 4(3), pp. 9-18.
- NÍAZ, M. (1995). Progressive transitions from algorithmic to conceptual understanding in student ability to Solving Chemistry Problems: a Lakatosian Interpretation. *Science Education*, 79(1), pp. 19-36.
- NICKERSON, R.S., PERKINS, D.N., SMITH, E. (1990). Enseñar a pensar, aspectos de la aptitud intelectual, pp. 85-135, 432. Barcelona: Paidós Ibérica, SA.
- PALACIOS, C., LÓPEZ RUPÉRES, F. (1992). Resolución de problemas de química, mapas conceptuales y estilo cognoscitivo. *Revista de Educación*, pp. 293-314.
- POMÉS RUIZ, J. (1991). La metodología de resolución de problemas y el desarrollo cognitivo: un punto de vista postpiagetiano. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 78-82.
- REIF, F. (1983). How can chemists teach problem solving?: suggestions derived from studies of cognitive process. *Journal of Chemical Education*, 60(11), pp. 948-953.
- RYAN, J. N. (1987). The name of the game: problem solving. *Journal of Chemical Education*, 64(6).
- SALCEDO TORRES, L.E., GARCÍA GARCÍA, J.J. (1997). Los suelos en la enseñanza de la teoría ácido-base de Lewis. Una estrategia didáctica de aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), pp. 59-71.
- SALVAT, B.G. (1990). Investigación y experiencias: la enseñanza de estrategias de resolución de problemas mal estructurados. *Revista de Educación*, 293, pp. 415-433.
- STUART, M. y DAVIES, P. (1994). *Aprender a pensar, pensar en aprender*, pp. 249-279. Barcelona: Gedisa.
- TORRANCE, E.P. (1973). Test de pensamiento creativo de Torrance, manual de normas y técnicas. Traducido de *Test of creative thinking norms technical manual*. XEROX Personnel press/ginn and company XEROX education company.
- VALENZUELA GONZALES, R. (1992). Resolución de problemas matemáticos: un enfoque psicológico. *Educación Matemática*, 4(3), pp. 19-29.

[Artículo recibido en abril de 1998 y aceptado en septiembre de 1999.]

ANEXO I

PRUEBA PARA DETERMINAR LA ASIMILACIÓN CONCEPTUAL SOBRE LA TEORÍA ACERCA DEL COMPORTAMIENTO DE LOS GASES BASADA EN LA CAPACIDAD DE TRANSFERENCIA

NOMBRE: _____

GRUPO O EQUIPO DE TRABAJO: _____

A continuación encontrarás, en primer lugar, una lista de conceptos y, en segundo lugar, una lista de fenómenos, problemas, situaciones, objetos, inventos o hechos. Lo que debes hacer es señalar los conceptos que estén relacionados con cada una de las situaciones y explicar por qué estás estableciendo la relación, ya sea porque los conceptos relacionados expliquen el fenómeno o sean la base para que el objeto funcione. Tienes un máximo de dos minutos para escribir los conceptos presentes en la lista relacionados con cada uno de los fenómenos, eventos, problemas o inventos.

Lista de conceptos

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Los gases tienen masa | 2. Los gases participan en las reacciones químicas |
| 3. Difusión | 4. Compresibilidad |
| 5. Choques intermoleculares elásticos | 6. Teoría cinética molecular |
| 7. Ley de Charles | 8. Ley de Boyle |
| 9. Ley de Amontons - Gay Lussac | 10. Fabricación de gases |

Lista de fenómenos, objetos, problemas o inventos

- | | |
|---|--|
| 1. El hielo se derrite | 2. Esta lloviendo |
| 3. La formación de las rocas | 4. Un pan recién horneado |
| 5. Una vela encendida | 6. La bici a la interperie se ha enrojecido |
| 7. El estaño cuando se calcina aumenta de peso | 8. Se abre la llave del cilindro, el gas sale frío |
| 9. La explosión de la caldera | 10. El congelador enfría los alimentos |
| 11. Se eleva un globo por los aires | 12. Una explosión en lo profundo de una mina |
| 13. Los neumáticos estallan por la gran velocidad | 14. Inflando el balón con el sol de mediodía |
| 15. Respirando aire puro | 16. Un lanzamiento en paracaídas |
| 17. Al sacar el vaso sumergido boca abajo no ha entrado agua en su interior | 18. La campana de buzo: para estar bajo el agua durante largo tiempo sin tanque de oxígeno |
| 19. Saltando sobre los neumáticos | 20. El colchón inflable de seguridad en el auto |
| 21. Un tanque de cloro explotó en el fondo del mar | 22. La fotosíntesis |
| 23. Durante la fabricación del aguardiente | 24. La combustión de un motor |
| 25. Reconozco tu perfume cuando estás llegando | 26. La naftalina ha reducido su tamaño |
| 27. La cantimplora ha demorado en llenarse | 28. Hay oxígeno en el agua |

Si se te ocurren otros fenómenos, objetos, inventos o problemas relacionados con alguno de los conceptos que se encuentran en la lista inicial, anótalos aquí, explicando, desde luego, por qué estableces la relación:

ANEXO II
TEST CAME PARA EVALUAR LA ACTITUD HACIA LA CIENCIA

El siguiente test tiene por objeto recolectar información acerca de lo que piensas sobre la ciencia y los conocimientos científicos. Para cada una de las afirmaciones y, según tu criterio, puedes marcar: A, si estás totalmente de acuerdo; B, si estás de acuerdo; C, si estás en desacuerdo; y D, si estás totalmente en desacuerdo

- | | | | | |
|--|---|---|---|---|
| 1. Los fenómenos naturales pueden ser explicados por un múltiple número de causas. | A | B | C | D |
| 2. Dos personas ante los mismos datos y hechos pueden hacer observaciones diferentes. | A | B | C | D |
| 3. Existen diferentes formas de dar solución a los problemas que el profesor propone en las clases y a los problemas que nos presentan los libros. | A | B | C | D |
| 4. Los conceptos científicos pueden y deben ser aplicados para explicar e interpretar situaciones y problemas de la vida diaria. | A | B | C | D |
| 5. Dos equipos de investigación diferentes trabajando sobre el mismo problema pueden llegar ambos a resultados bastante concluyentes, pero totalmente diferentes; por eso, sus miembros deben admitir enfrentarse a la confrontación con los otros resultados. | A | B | C | D |
| 6. El estudio de los fenómenos debe tener en cuenta con la misma importancia los elementos que componen el fenómeno y las características generales del mismo. | A | B | C | D |
| 7. Una investigación no puede cambiar su metodología y las actividades que se han planeado cuando son reportados, en el proceso investigativo, nuevos hechos y descubrimientos. | A | B | C | D |
| 8. Los fenómenos y las situaciones deben ser estudiados teniendo en cuenta las relaciones entre éste y los demás objetos. | A | B | C | D |
| 9. El trabajo en grupo es mucho más productivo para el aprendizaje y la producción de conocimiento que el trabajo individual. | A | B | C | D |
| 10. Los obstáculos y las dificultades que se encuentran al realizar una tarea o solucionar un problema en clase de ciencias no son causas suficientes para abandonar el trabajo y preferir preguntar al profesor. | A | B | C | D |
| 11. El estudio de las ciencias naturales puede ser mucho más agradable que el estudio de las otras asignaturas. | A | B | C | D |
| 12. Las ciencias naturales en el colegio deberían tener más importancia y ser tomadas más en serio de lo que usualmente se toman. | A | B | C | D |
| 13. Cuando se soluciona un problema en clase de ciencias, es conveniente reunir otros datos diferentes a los dados por el problema y a los solicitados por él. | A | B | C | D |

En los siguientes enunciados debes marcar la opción de respuesta que te parezca más correcta (sólo una).

14. El surgimiento de los conocimientos científicos puede explicarse desde:
 - a) la teorías, sus fórmulas y principios;
 - b) lo que decidan por consenso los científicos destacados;
 - c) los hechos y los datos que por observación aporta la experiencia;
 - d) el pensamiento sobre la realidad, que permite transformarla y elaborar modelos de ella.
15. La tarea que realizan los hombres de ciencia va dirigida hacia:
 - a) determinar las leyes que rigen el mundo;
 - b) crear nuevas realidades mediante el estudio de la naturaleza;
 - c) idear modelos que nos permitan entender los fenómenos naturales.
16. Las soluciones propuestas por la ciencia a los problemas son válidas para usted porque:
 - a) siempre pueden ser reemplazadas por otras mas acertadas;
 - b) provienen de la obtención de muchos datos y de la realización de varias observaciones y experimentos;
 - c) explican de manera más adecuada los fenómenos naturales y dan la posibilidad de proponer alternativas para el desarrollo de la ciencia vigente.
17. El progreso de la ciencia puede ser:
 - a) limitado, debido a que el mundo tiene un orden perfecto y, al determinarlo, ya no se produciría más conocimiento.
 - b) ilimitado, ya que, según la cultura y la historia de los pueblos, las teorías podrían ser interpretadas de muchas formas diferentes.
 - c) ilimitado, porque, cada vez que la ciencia resuelve un problema, aparece un nuevo problema cuya resolución hará crecer el conocimiento.

ANEXO III

ALGUNOS DE LOS PROBLEMAS DISEÑADOS PARA LA APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

1. EL PLANETA PROMETEO (Tema: Compresibilidad y otras propiedades de los gases. Fuentes: Ficción y problemas ambientales)

En el siglo xxvi hay gran contaminación atmosférica, los gases no permiten que entre la luz a la tierra y el aire se ha vuelto irrespirable. Se avecina la segunda guerra nuclear y los científicos han estado investigando posibles planetas hacia donde poder llevar los sobrevivientes que queden de esta guerra. En una galaxia cercana a la vía láctea, y a donde es fácil llegar, han encontrado un planeta de tamaño similar a la Tierra para colonizarlo, al que llaman *Prometeo*. Este planeta posee una atmósfera de nitrógeno y fuerza gravitacional suficiente para mantenerla; pero no hay oxígeno, hidrógeno, gas carbónico ni agua. Un grupo de científicos suramericanos trabaja en la forma de envasar estos gases y de llevarlos al nuevo planeta. ¿En qué condiciones se podrían envasar los gases y transportarlos para que ocupen el mínimo volumen en los contenedores y que, una vez estén en la atmósfera del planeta Prometeo, puedan ocupar un espacio considerable en esa atmósfera? ¿Qué habría que provocar en la atmósfera de Prometeo para producir agua? ¿Cuál sería la causa que provocaría la explosión de los contenedores? ¿Qué propiedades de los gases permitirían realizar el experimento que los científicos están diseñando?

2. UNA PELIGROSA LLUVIA (Tema: Participación de los gases en reacciones químicas. Fuentes: Fenómenos de contaminación)

Hace poco tiempo, en una pequeña ciudad que basaba su economía en la producción de pinturas y en la venta de cueros, se presentó una extraña epidemia a la que se llamó con mucho humor negro la *epidemia de los desentejados*. Día a día acudían al centro de salud decenas de hombres, mujeres y niños que se quejaban de la extraña caída de sus cabelleras, así como de la pérdida de brillo y lucidez en las mismas. Durante ese tiempo, la venta de gorras, sombreros y todo tipo de accesorios para la cabeza fue el mejor negocio. Lo más extraño era que los pacientes no presentaban señales de hongos en el cuero cabelludo o de caspa, que son las causas más comunes en la caída del cabello. Las calvicies prematuras tampoco podían achacarse al estrés o las crisis nerviosas, porque el pueblo era un pueblo tranquilo, donde todos hacían la siesta después del almuerzo y en el que se mantenían las puertas abiertas de las casas porque todos se conocían, y los únicos ladrones que había eran aquéllos que se dedicaban a robar el corazón a las muchachas casaderas. La gravedad de la epidemia llegó a ser tal que el alcalde decidió pedir a la capital un equipo de científicos para que vinieran a estudiar el fenómeno y así poder dar con la solución. Lo primero que hizo el grupo fue analizar las muestras de cabello de los paisanos del pueblo; la sorpresa fue grande cuando informaron al alcalde del pueblo de que la caída del cabello era producida por un exceso de ácidos en el agua, exceso al que llamaron lluvia ácida. Como recomendación pidieron a la población portar un paraguas y un sombrero para protegerse de la lluvia y además que, en un tiempo prudencial se trasladaran las fábricas de pintura y los curtiembres a una zona lo suficientemente alejada del pueblo. ¿De dónde provienen los ácidos encontrados en la lluvia? ¿Que tipos de ácidos crees que son y por qué? ¿Con qué compuesto químico pudo haber reaccionado el agua para producir ácidos en la lluvia? ¿Qué otras consecuencias produciría la lluvia ácida además de la caída del pelo? Elabora un diagrama que represente la forma cómo se origina la lluvia ácida desde los compuestos que la pueden formar hasta su producción. Reelabora tus explicaciones y diagramas utilizando los conceptos de *gas* y *reacción química*. ¿Qué puedes concluir acerca de la participación o no de los gases en las reacciones químicas?

3. UN GLOBO PARA LA LIBERTAD (Tema: Sobre la ley de Charles. Fuentes: Tecnología e historia universal)

La familia Menuhen había sido capturada en 1941 por el ejército nazi en Berlín y llevada a un campo de concentración alemán. Ellos eran muy conscientes de que allí posiblemente encontrarían la muerte. El hijo menor de la familia, Rahit, había leído en los libros de Julio Verne que a la tierra se le podía dar la vuelta en ochenta días utilizando un globo. Rahit le comentó a su padre y le propuso construir un globo para escapar del campo de concentración. Los Menuhen procedieron a conseguir los materiales para construir el globo: con las sábanas armaron el cuerpo del globo, utilizando tablas de los camarotes hicieron la cesta y con hilos de alambre desenredado de las mallas del campo de concentración fabricaron las cuerdas. De la cocina, la señora Rebeca tomó prestado un quemador, un pequeño cilindro de gas y una manguera corta. En septiembre de 1942, cuando estuvo listo el globo y con ocasión de una inspección del Führer y sus generales al campo de concentración, la familia Menuhen pensó que los oficiales y soldados estarían haciendo honores a sus superiores, y que ésta podría ser la oportunidad para escaparse. Ese día las corrientes de aire iban hacia el norte y era muy probable que, escapándose en el globo, pudieran llegar a Suiza. A las 12 de la noche, la familia Menuhen subió al techo y estiró la tela envolvente del globo, prendió el quemador y sopló aire hacia el interior; una vez inflado, se acomodaron en la cesta, sacaron de ella unos sacos de arena que tenían como lastre y así comenzaron su ascenso elevándose por el aire rumbo a Suiza. Después de tres horas de viaje, el globo no se elevó más sino que conservó una altura determinada; sin embargo, siguió desplazándose aprovechando las corrientes de aire que seguían hacia Suiza. La familia Menuhen siguió su travesía cuidando siempre que el quemador no se apagara. Al divisar los Alpes Suizos, Rahit cerró la llave del cilindro de gas y así hizo que el quemador se apagara. De esa forma el globo comenzó a descender rápidamente hacia territorio suizo. Una vez la canasta tocó el suelo, Rebeca, la madre de Rahit, descosió un parche que había colocado en la tela del globo para que éste se desinflara rápidamente. Días después, los héroes judíos que habían escapado del campo nazi fueron recibidos en la embajada suiza. El gobierno alemán negó todo lo sucedido. ¿Por qué era necesario prender el quemador para que el globo iniciara el ascenso? ¿Por qué el globo al alcanzar cierta altura no subió más y siguió desplazándose a esa altura? ¿Por qué, para que el globo pudiese descender, Rahit tuvo que apagar el quemador? Vuelve a formular tus explicaciones a las preguntas dadas utilizando los conceptos de *presión*, *temperatura*, *densidad de un gas*, *volumen* y *energía cinética o molecular*. De acuerdo con tu explicación, describe las posibles relaciones que hay entre los factores contemplados en la pregunta anterior. Expresa con símbolos a manera de fórmulas las relaciones que creas que existen entre los diferentes factores. Piensa en otras situaciones en las cuales estas relaciones puedan ser observadas.

4. INFLANDO AL VACÍO (Tema: Sobre la ley de Boyle. Fuente: Historia de las ciencias)

En el siglo XVIII, el físico e investigador Robert Boyle realizó el siguiente experimento: colocó una vejiga de cordero semiinflada en una campana de una bomba de vacío y observó que la vejiga se hinchaba a medida que se hacía el vacío. ¿Qué fuerza es la que provoca el aumento de volumen de la vejiga? ¿Está relacionado el vacío exterior con la vejiga con el fenómeno que se observa? Trata de representar con un modelo lo que ocurre por dentro y por fuera de la vejiga que se encuentra en el interior de la campana de vacío. Reelabora el modelo utilizando los conceptos de *presión, fuerza, vacío, volumen, expansibilidad y energía cinética*. Establece posibles relaciones entre los conceptos enunciados. Expresa estas relaciones empleando símbolos a manera de fórmulas. De ser posible, enuncia otras situaciones en las que se puedan aplicar estas relaciones.