



DESARROLLO DE LA HABILIDAD INTERPRETAR PROBLEMAS QUÍMICOS CON CÁLCULO

MSc. Marianela Parra Aguilera^{1*}; Dr. Michel Enrique Gamboa Graus²; Dra. Juana López Toranzo³; MSc. Regla Ywalkis Borrero Springer⁴

¹Licenciada en Educación, Especialidad Química. Máster en Educación. Profesora Auxiliar. Jefa de Disciplina Química de la Universidad de Las Tunas, Cuba

²Licenciado en Educación, Especialidad Matemática-Computación. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular. Coordinador de Investigaciones del Centro de Estudios Pedagógicos de la Universidad de Las Tunas, Cuba. E-mail: michelgg@ult.edu.cu

³Licenciada en Educación, Especialidad Química. Doctora en Ciencias Pedagógicas. Profesora Titular. Jefa de Carrera Biología-Química de la Universidad de Las Tunas, Cuba. E-mail: juanalt@ult.edu.cu

⁴Licenciada en Educación, Especialidad Química. Máster en Didáctica de la Química. Profesora Auxiliar. Jefa de Departamento de Química-Biología-Geografía de la Universidad de Las Tunas, Cuba. E-mail: reglaywalkisb@ult.edu.cu

*Autor para la correspondencia. Email: marianelapa@ult.edu.cu

Recibido: 15-9-2016 / Aceptado: 11-10-2016

RESUMEN

Se presenta la contextualización de la habilidad para interpretar la resolución de los problemas químicos con cálculo matemático. En tal sentido se planteó como objetivo principal proponer un procedimiento didáctico en función de contribuir al desarrollo tal habilidad en la especialidad Biología-Química de la Universidad de Las Tunas. El mismo se caracterizó por establecer relaciones entre los diferentes tipos de cálculos y los procedimientos heurísticos de solución, desde la aplicación de reglas, estrategias y principios. Se integró la realidad contextual de manera que se incrementó el protagonismo de los estudiantes en la asimilación del contenido químico por estudiar. Mediante la implementación del mismo se demostró su factibilidad y eficacia, a partir del incremento de la calidad en los análisis, mostrándose mayores niveles de independencia en los razonamientos al comparar, valorar, y generalizar las relaciones que se establecieron para aplicar la teoría química en la resolución de problemas con cálculo matemático.

Palabras clave: Procedimiento, habilidades, problemas químicos, cálculo.

TEACHING PROCEDURE FOR INTERPRETING CHEMICAL PROBLEMS WITH CALCULATION

ABSTRACT

It is introduced the contextualization of the skill to interpret from solving chemical problems with mathematical calculation. The main objective was intended to propose a teaching procedure in order to the development of such skill in the students from the career Bachelor of Education majoring in Biology-Chemistry at the University of Las Tunas. The procedure is characterized by establishing relationships between different types of calculations and heuristic solution procedures, from the application of principles, rules and strategies. The contextual reality is integrated so that the role of students in the assimilation of chemical content is increased.

By implementing the procedure feasibility and effectiveness is found during the teaching-learning process, starting from the increment of the quality in the analyses, with higher levels of independence in reasoning when comparing, assessing and generalizing the relationships to apply the chemical theory in the resolution of problems with mathematical calculation.

Key words: Procedure, chemical problems, mathematical calculations.

1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la química en la formación de profesores de esta área, en las universidades cubanas, responde a los objetivos generales del sistema nacional educativo. En tal sentido, mediante esta asignatura se dota a los docentes en formación de los conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para su activa participación en el proceso de enseñanza-aprendizaje que se desarrolla en las escuelas.

Los conocimientos se adquieren, desarrollan y demuestran mediante un sistema de acciones o modos de actuación que regulan las relaciones del sujeto con el objeto de estudio. Ese modo de actuación, ese hacer y saber hacer, ese conocimiento puesto en acción es lo que se entiende por habilidad. Al respecto, el desarrollo de habilidades en la asignatura química constituye la esencia de su base gnoseológica. En Cuba estas comienzan a formarse en la secundaria básica, aunque tienen sus antecedentes en la educación primaria y se amplían en el resto de los niveles educacionales.

El desarrollo de las habilidades ha sido abordado por un número significativo de autores desde hace ya bastante tiempo. Entre ellos destacan A. V. Petrovski (1978), A.N. Leontiev (1981), N. F. Talízina (1987), y muchos otros que se han encargado de ir actualizando los fundamentos teóricos, prácticos y metodológicos. En el ámbito cubano se pueden destacar los estudios realizados por H. Brito (1984), F. González (1998), C. Álvarez (1999), U. Mestre (2002), J. G. Ballesteros (2010), si bien hay muchos otros que han aportado soluciones que han constituido indiscutibles pasos de avance.

Igualmente, la resolución de problemas ha sido tratada con profundidad en la literatura científica. Existe un número significativo de autores que comparten el criterio de que la misma ha de jugar un papel fundamental en la enseñanza. Estos ofrecen aportaciones teóricas, prácticas y metodológicas de reconocido rigor científico. Así G. Polya (1984), A. Schoenfeld (1985), W. Jungk (1986), A. Labarrere (1988), S. Ballester et. al. (1992), L. Campistrous y C. Rizo (1996), M. Ferrer (2000), J. Palacio (2003), M. De Guzmán (2007), O. A. Carmenates, M. Rodríguez y M. E. Gamboa (2014), J. L. Sabonete, M. E. Gamboa y U. Mestre (2016), presentan soluciones con métodos y procedimientos para el trabajo con

problemas que pueden ser muy útiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Al mismo tiempo, trabajos como el de Y. Castillo y M. E. Gamboa (2016) son beneficiosos para favorecer la interdisciplinariedad, aspecto esencial para un interés único que sea más prolongado, estable y profundo.

Asimismo, teniendo presente la importancia que reviste la enseñanza de la Química en la formación de las nuevas generaciones, se destacan algunos investigadores como C. Rojas, L. García, y A. Álvarez (1990), entre otros que en el último año han presentado sus puntos de vista, como N. M. Blanco, D. S. Tort, V. C. Rodríguez y D. Rodríguez (2016), V. V. Delgado, J. E. Palet y S. L. Olivares (2016), P. M. Salazar, B. R. Limia, e I. García (2016), y muchos más. Estos han aportado a la teoría y metodología referida al desarrollo de las habilidades y la resolución de problemas desde la Química.

En la licenciatura en Educación con especialidad en Biología–Química, una de las disciplinas que tiene mayor incidencia es la Química General. Esta persigue, como parte de sus objetivos declarados, consolidar y profundizar en los conocimientos básicos de química. Algunos de los temas básicos que se estudian en la disciplina Química General son la estructura del átomo, las leyes de las combinaciones químicas, las disoluciones, la cinética de las reacciones químicas, el estado de equilibrio químico, la disociación electrolítica y los procesos redox. Estos son contenidos sobre los que se fundamentan el desarrollo de otras disciplinas del plan de estudio como son la Química Inorgánica, la Química Física, la Química Orgánica y el Análisis Químico.

Tales temas contribuyen indiscutiblemente a la concepción dialéctico-materialista del mundo en los estudiantes. Al mismo tiempo, es amplia la aplicación de los mismos en diferentes asignaturas de la educación media y media superior, así como a la vida cotidiana del hombre y su entorno. Es imprescindible, entonces, contribuir al desarrollo de habilidades de los estudiantes para lidiar con ellos.

Las habilidades son entendidas como formaciones psicológicas mediante las cuales el sujeto manifiesta en forma concreta la dinámica de la actividad, con el objetivo de elaborar, transformar, crear objetos, resolver situaciones o problemas, actuar sobre sí mismo como expresión de autorregularse. En correspondencia, una de las habilidades de alta significación es la de interpretar. Al respecto, se han identificado insuficiencias en el desarrollo de la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo en los estudiantes de la carrera Biología- Química. Estas se manifiestan al:

- Analizar la información en los problemas por resolver.

- Encontrar la lógica de las relaciones del problema mediante la descomposición de sus elementos.
- Elaborar las conclusiones acerca de los elementos, relaciones y razonamientos que aparecen en cada ejercicio.
- Trabajar con números en notación decimal y científica.

En consecuencia, debido a las insuficiencias detectadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la disciplina química general, en este trabajo se planteó como objetivo principal desarrollar un procedimiento didáctico para desarrollar la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo matemático. Este permitió enseñar a los estudiantes procedimientos heurísticos adecuados para el desarrollo de esta habilidad en sus diferentes esferas de actuación profesional. El mismo es resultado del proyecto de investigación que se desarrolla en la Universidad de Las Tunas en función de la contextualización didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias física-química-matemática.

2. METODOLOGÍA

2.1. Consideraciones teóricas

La resolución de problemas químicos con cálculo como actividad cognoscitiva es cualitativamente más compleja que la formal solución de ejercicios, pues son situaciones más abiertas o novedosas que requieren una mayor demanda cognitiva y motivacional. Estos tienen una exigencia para actuar con una vía de solución que es desconocida para los estudiantes, quienes poseen los saberes relativos a la exigencia o son capaces de acceder a ellos a partir de la situación inicial para resolverlos, si están motivados para ello.

Algunas características para la identificación y el trabajo con este tipo de ejercicios, que los convierten en problemas, están fundamentalmente en que sean situaciones desconocidas, en las que no se conoce la vía de solución, sin embargo se desea trabajar en ellas y se tienen los conocimientos necesarios, o potencialmente se pueden alcanzar, para abordar la situación. De ahí la importancia, exigencia y necesidad de incorporar procedimientos al proceso didáctico que ayuden a lidiar con tales características.

El término procedimiento ha sido valorado por diferentes autores. C. Coll (1987) expresa que un procedimiento para el aprendizaje es un conjunto de acciones ordenadas y finalizadas, es decir, dirigidas a la consecución de una meta. Entretanto, M. Rodríguez y R. Bermúdez (1996), lo abordan como la acción encaminada al logro de una tarea

metodológica, a través del correspondiente sistema de medios que emplea la persona para la consecución de esa tarea.

R. M. Álvarez (1997) plantea que los procedimientos concretan las tendencias generales del método. Mientras C. Álvarez (1999) esboza que los procedimientos son los eslabones del método. El método está directamente relacionado con el objetivo, el procedimiento lo hace con las condiciones en que se desarrolla el proceso. El método está conformado por procedimientos. El primero depende de la intención a alcanzar y el segundo del contexto en que se desarrolla. Entretanto, para L. Campistrous y C. Rizo (1996), un procedimiento es la acción de proceder o el método de ejecutar algunas cosas. Se trata de una serie común de pasos definidos, que permiten realizar un trabajo de forma correcta.

Al hacer un análisis de varias definiciones, para este trabajo se asume el concepto propuesto por M. Silvestre y J. Zilberstein (2002), quienes sugieren que los procedimientos complementan los métodos de enseñanza. Ellos expresan que los procedimientos facilitan la aplicación de los métodos y concretan las acciones y operaciones a realizar por los estudiantes en correspondencia con las exigencias de los objetivos y las características de los contenidos. Estos constituyen herramientas didácticas que le permiten al docente orientar y dirigir la actividad del estudiante en la clase y en el estudio. De tal modo se propicia el desarrollo individual, estimulando el pensamiento lógico, el pensamiento teórico y la independencia cognoscitiva. Así, el estudiante se motiva a sentir, pensar y actuar en un clima favorable de enseñanza-aprendizaje.

En resumen, los procedimientos junto a los métodos de enseñanza deben constituir un sistema en correspondencia con el resto de las categorías didácticas. Su aplicación debe ser creadora en correspondencia con el contexto y garantizando que se manifieste la unidad entre la instrucción, la educación y el desarrollo. Tienen que estar en función de lograr la independencia cognoscitiva de los estudiantes, el dominio de sí, la identificación con su profesión, el deseo de ser formadores y de ser ejemplos de modos de actuación. Deben permitir tanto el desarrollo cognitivo como el de sentimientos, actitudes, valores y convicciones que estimulen la formación de la personalidad de los estudiantes, acorde con la realidad en que vive.

2.2. Procedimiento didáctico propuesto

El siguiente procedimiento didáctico se propone tomando como base lo planteado por los autores tratados en el apartado anterior. El mismo consiste en un conjunto de acciones dirigidas a los estudiantes, las que les permitieron involucrarse activamente en el proceso

de enseñanza-aprendizaje. Esto favoreció la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes requeridos para un aprendizaje duradero. Al mismo tiempo permitió tanto controlar el trabajo realizado como identificar los errores, sus causas y cómo eliminarlos mediante un proceso de regulación activa desde el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General.

El objetivo general del procedimiento didáctico está dirigido a orientar didácticamente a los estudiantes acerca del proceder para lograr el desarrollo de la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo en la disciplina Química General. Esto posibilitó estimular los procesos lógicos del pensamiento y la independencia cognoscitiva, a la vez que permitió recopilar información y trabajar con ella siguiendo la lógica del contenido químico, determinando las características, propiedades generales y particulares de cada proceso químico, cuya solución requería emplear cálculos químicos. De tal manera se brindó la posibilidad de trabajar en dependencia del tipo de cálculo químico y de su procedimiento de solución.

En sentido general, el procedimiento didáctico propuesto también promovió:

- La asimilación sistemática de los contenidos químicos según el nivel de complejidad y complementariedad.
- El papel activo del estudiante durante todo el proceso de resolución de los problemas químicos con cálculo.
- El desarrollo de intereses cognoscitivos de la química y profesionales pedagógicos desde su campo de actuación pre-profesional.
- El establecimiento de nexos entre conceptos empíricos y teóricos ya formados.
- Descubrir por parte de los docentes las contradicciones implícitas o encubiertas en el conocimiento y presentarlas ante los estudiantes para continuar el proceso de regulación.
- El trabajo sistemático e intensivo en la resolución de ejercicios de diferentes tipos.
- El trabajo individual y colectivo, con lo que se mejoran las relaciones profesor-estudiante y estudiante-estudiante sobre la base del respeto y la colaboración.

El procedimiento es aplicable a cualquier tipo de problema químico con cálculo. Así se puede emplear tanto para resolver los relacionados con fórmulas químicas y ecuaciones químicas, así como los que tratan las aplicaciones de las leyes de las combinaciones

químicas. El mismo está conformado por las siguientes acciones que deben realizar los estudiantes, las que permitieron lograr mayores niveles de calidad en la interpretación de problemas químicos con cálculo. Estas acciones son:

- **Acción 1:** Determinar los rasgos esenciales que aparecen en el problema químico.

Los estudiantes deberán comprender el problema, a partir de que es un ejercicio que refleja determinadas situaciones a través de elementos y relaciones del dominio de la ciencia o la práctica. Si se trata de un problema con texto en lenguaje común, estos deben leer detenidamente dicho texto varias veces, en función de determinar objetos, descomponer en elementos y establecer rasgos esenciales. Se trata de leer reflexivamente para poder comprender e interpretar lo leído. Es aconsejable que los estudiantes reproduzcan el contenido del problema con sus propias palabras, con lo que se verán exigidos a trabajar con partes lógicas del mismo. Al respecto, ellos deberán traducir ideas, oraciones, frases, no palabra a palabra. Esto les permitirá conocer los recursos que permitan decir un mismo enunciado de diferentes maneras. Así, estos podrán explicar el sentido del problema químico que deben resolver.

Los problemas se caracterizan por tener una situación inicial conocida (elementos dados, datos) y una situación final desconocida (incógnita, elementos buscados). Esta acción, por tanto, posibilita extraer la incógnita y los datos que proporciona el problema.

- **Acción 2:** Identificar, a partir de los datos que aporta el problema, los posibles datos auxiliares que no se explican en el problema, pero son del dominio químico y se necesitan para la solución.

Cuando los estudiantes enfrentan problemas químicos con cálculo, estos deberán estar en condiciones de separar lo dado de lo buscado. Sin embargo, en ocasiones esto no es suficiente para tener acceso a los datos que se necesitan para resolver el problema. En tales situaciones estos deben ser capaces de recordar conocimientos relacionados con lo dado y lo buscado, pues tendrán que utilizar fórmulas químicas, tablas, apéndices para buscar los datos o realizar los cálculos auxiliares (masas molares, cantidad de sustancia, entre otros ejemplos) que usualmente no se describen en el texto del problema químico.

En consecuencia, esta es una acción necesaria para luego poder hacer los análisis correspondientes. En ella es conveniente reformular el problema, con la incorporación de los datos auxiliares encontrados en el dominio químico.

- **Acción 3:** Analizar las posibles relaciones por utilizar a partir de la reflexión sobre la información ya obtenida.

En esta acción el estudiante se involucra en la búsqueda de la idea de la solución y elabora un plan para ello. Es importante destacar que la vía de solución para pasar de la situación inicial a la nueva situación exigida tiene que ser desconocida, porque cuando es conocida deja de ser un problema. Al mismo tiempo, es esencial recordar que esta se obtiene con ayuda de procedimientos y medios auxiliares heurísticos, a partir de la aplicación de principios, reglas y estrategias heurísticos. Aquí se determinan los problemas parciales que se deben resolver, se analiza y descompone la información, se plantean conjeturas y se justifican, se buscan ejemplos y contraejemplos, se establecen semejanzas y diferencias, se buscan argumentos y determinan las relaciones necesarias.

Es importante hacer conscientes a los estudiantes del empleo de los recursos de búsqueda empleados, de manera que se apropien conscientemente de los mismos. Aquí es esencial atender al principio de los impulsos descendentes, lo que ayuda a la independencia cognoscitiva de los estudiantes, y los prepara para resolver los problemas por sí mismos. En esta acción se recomienda la consideración de casos especiales y casos límites, la búsqueda de analogías, la generalización, la reducción a problemas ya resueltos, entre otros principios heurísticos. Es conveniente la utilización de figuras ilustrativas, esbozos o figuras de análisis, tablas en las que se reflejen las relaciones entre los datos, entre otros medios auxiliares.

- **Acción 4:** Calcular las operaciones matemáticas que quedan planteadas a partir de las relaciones determinadas.

Esta es una acción que se centra básicamente en la ejecución del plan de solución vislumbrado. Aquí el estudiante opera matemáticamente pues los problemas químicos con cálculo exigen de medios matemáticos para su solución. Este escribe las relaciones necesarias, despeja la incógnita, o incógnitas, sustituye por los valores, analiza las unidades de medida y la utilización de magnitudes auxiliares, determina el orden de realización de los cálculos y los resuelve. Esto puede llevarse a cabo de forma manual, mental, oral, escrita y mediante tablas o medios de cómputo. Al respecto, es aconsejable potenciar el cálculo oral pues contribuye esencialmente al desarrollo de capacidades mentales, de la memoria y de la capacidad de concentración.

Se debe reconocer la notación en la que se expresan los números y decidir la sucesión de pasos que se ha de realizar en cada operación, aplicando las reglas de cálculo establecidas. Es necesario incluir el control de los cálculos efectuados, porque en el desarrollo de la habilidad no interesa solo el resultado sino cómo se obtiene este de una forma consciente, a partir de la reflexión que insta a comparar, valorar, generalizar. No se puede considerar que se domine el cálculo matemático en problemas químicos cuando solo se posee el control mecánico y se aplica ciegamente sin interpretar su sentido. Las matemáticas están llenas de significados y no hay aprendizaje en los cálculos si no hay comprensión de estos significados.

- **Acción 5: Evaluar la solución y la vía.**

Esta acción se enfoca en la comprobación de la solución y la reflexión sobre los métodos empleados. Los estudiantes deben plantear y explicar los resultados, ¿cómo han llegado a la solución? o bien, ¿por qué no llegaron? Se trata de volver atrás una vez encontrada la solución, revisarla y discutirla. La idea es tratar de entender no solo que la vía funciona, sino por qué funciona, y si es posible encontrar un camino más simple. Así, estos comprueban si los resultados son confiables, si satisface las preguntas planteadas, si se corresponden con una lógica bien estructurada y si da cumplimiento a la teoría química.

Cuando se está sistematizando la habilidad se requiere su perfeccionamiento continuo. Por tanto, cada intento precisa que los estudiantes conozcan los resultados de sus esfuerzos, valoren los aciertos y errores, y si aparecen estos últimos que se involucren con determinados impulsos del profesor y otros compañeros de clase, procurando corregirlos correctamente. Esto debe realizarse haciendo conscientes a los estudiantes de las barreras que encontraron, cómo las vencieron, por qué se les presentaron y cómo podrían evitarlas. Esta acción se debe potenciar constantemente, de modo que el estudiante aprenda a utilizar conscientemente procedimientos heurísticos y pueda transferir los métodos de trabajo aprendidos a nuevas situaciones. Al respecto, pueden formularse nuevas preguntas sobre la situación resuelta, lo que constituye un aspecto tan importante como la propia resolución del problema inicial.

La labor del profesor es de gran importancia como guía del proceso educativo. Su preparación es indiscutiblemente esencial para dirigir procesos de enseñanza-aprendizaje con las exigencias que se piden en este procedimiento didáctico que aquí se presenta. Se

recomienda que, a largo plazo, desde su formación inicial se realicen acciones como las que ofrecen R. Y. Borrero y M. E. Gamboa (2015). Entretanto, a corto plazo se pueden seguir las siguientes sugerencias:

- Diagnosticar el estado del aprendizaje de los estudiantes para determinar cuáles son las potencialidades y debilidades con las que debe trabajar para que estos se enfrenten a la resolución de un problema químico con cálculo. En el caso de la formación de profesores, este debe diseñar el sistema de clases teniendo en cuenta los resultados del diagnóstico inicial, según los tipos de clases de la educación superior.
- Orientar actividades dirigidas al aprendizaje de procedimientos algorítmicos y heurísticos útiles para resolver un problema químico con cálculo. Al respecto este debe familiarizar previamente a los estudiantes con los procedimientos que deben aprender, así como seleccionar ejemplos apropiados para introducirlos. Asimismo, este debe hacerlos conscientes de las ventajas que ofrece el empleo de los procedimientos heurísticos para propiciar la generalización de su uso. Igualmente, debe capacitarlos para aplicar independientemente reglas, estrategias y principios heurísticos.
- Motivar a los estudiantes sobre la necesidad de resolver problemas químicos con cálculo para la solución de problemas de las diferentes disciplinas de la especialidad, de su práctica pre-profesional y de la vida práctica.
- Desarrollar reflexiones que permitan, partiendo de las experiencias previas de los estudiantes, potenciar el establecimiento de relaciones y aumentar las posibilidades de que el aprendizaje sea duradero.
- Planificar una ejercitación variada, donde se presenten ejercicios por niveles de desempeño cognitivo y ejercicios integradores.
- Orientar la autoevaluación y la co-evaluación de los estudiantes durante la realización de las diferentes actividades.
- Evaluar el aprendizaje a partir del desempeño de los estudiantes.
- Valorar la actuación de cada estudiante, respetando los juicios y criterios emitidos por los mismos a partir de propiciar un clima favorable para el aprendizaje.

Al aplicar el procedimiento didáctico para el desarrollo de la habilidad interpretar de problemas químicos con cálculo se contribuyó al desarrollo del pensamiento lógico, se elevó

el aprendizaje de la química hacia posiciones reflexivas y se motivó a los estudiantes en la necesidad de la correcta interpretación de los problemas para encontrar la vía adecuada de solución. De esta forma se logró que sus estados de ánimo hacia la solución fueran positivos, y se sintieran seguros de aplicar el procedimiento exitosamente. Esto les permitió resolver los problemas propuestos, además de otros de su vida familiar, social o laboral.

2.3. Desarrollo de ejemplo de aplicación del procedimiento

En este apartado se muestra un ejemplo de problema químico con cálculo resuelto en detalles siguiendo el procedimiento didáctico propuesto. Los estudiantes pudieron resolverlo exitosamente transitando por las acciones presentadas, con la guía contextualizada del profesor. El problema es el siguiente:

En el laboratorio de Química General de la Universidad de Las Tunas se realiza un experimento de gran importancia para la especialidad. Los estudiantes necesitan determinar la masa de la sal y de las demás sustancias que se obtienen de la reacción al mezclar 25g de carbonato de calcio con 21,9g de ácido clorhídrico, a partir de condiciones adecuadas para esta reacción. ¿Cuáles son las masas de estas sustancias productos de la reacción indicada?

Acción 1: Determinar los rasgos esenciales que aparecen en el problema químico.

En la primera acción se recomienda utilizar el medio heurístico auxiliar de *lenguaje ventajoso* y reformular el problema en función de sus partes lógicas, este sería algo como:

Al reaccionar carbonato de calcio (25g) con ácido clorhídrico (21,9g) se obtiene una sal y otras sustancias. ¿Cuál es la masa de la sal producto de la reacción? ¿Cuál es la masa de las demás sustancias que se obtienen?

Una vez que se ha comprendido el problema se debe aplicar la regla heurística general de *separar lo dado de lo buscado*, y así extraer la incógnita y los datos que le proporciona el problema.

Dado:

- Masa de carbonato de calcio: 25g
- Masa de ácido clorhídrico: 21,9g

Buscado (incógnita):

- Masa de la sal obtenida: ?
- Masa de las demás sustancias que se obtienen: ?

Acción 2: Identificar los posibles datos auxiliares.

Luego de la primera acción se debe aplicar la regla heurística general de *recordar conocimientos relacionados con lo dado y lo buscado*. Así se deben identificar, a partir de los datos que aporta el problema, los posibles datos auxiliares que no se describen en el texto y que son necesarios. En este caso se debe tratar con la escritura de la ecuación química para lo que se deberán tener presente conocimientos acerca de varios aspectos.

A partir del nombre de las sustancias que aparecen en el texto se deben escribir las fórmulas químicas correspondientes, las que se componen de símbolos y subíndices numéricos que luego serán muy útiles para establecer las relaciones necesarias y realizar los respectivos cálculos para el ajuste de la ecuación. Así, entonces, los reactivos son:

- Carbonato de calcio: $CaCO_3$
- Ácido clorhídrico: HCl

Otros de los datos auxiliares es la identificación de los productos que se obtienen de la reacción de estos dos compuestos. Es cardinal entonces identificar la propiedad química que se presenta en el texto del problema. En este caso reacciona una sal con un ácido y por tanto, a partir del intercambio iónico que se produce en la reacción, se forma otra sal con otro ácido. Las fórmulas químicas de las sustancias se obtienen aplicando las reglas de nomenclatura y notación química en correspondencia con la función química a la que pertenecen (en este ejemplo: sal ternaria e hidrácido), con lo que se puede aplicar el principio heurístico de *analogía*. De tal forma, los productos de la reacción serían:

- Sal → Cloruro de calcio: $CaCl_2$
- Otro ácido → Ácido carbónico: H_2CO_3 Sustancia altamente inestable, la cual se descompone de manera inmediata con la presencia de moléculas de agua que catalizan su descomposición en agua y dióxido de carbono, siendo estas sustancias producto las otras que se buscan en el problema. Así entonces:
 - Agua: H_2O
 - Dióxido de carbono: CO_2

En este momento se podría reformular el problema, con la incorporación de los datos auxiliares encontrados. Este sería algo así como:

Al reaccionar 25g de $CaCO_3$ con 21,9g de HCl se obtiene $CaCl_2$, H_2O y CO_2 .

- a. ¿Cuál es la masa de $CaCl_2$?

b. ¿Cuál es la masa de H_2O y CO_2 ?

Así se puede extraer lo dado y lo buscado con mayor precisión para ayudar a establecer las relaciones numéricas, de tal forma quedaría como sigue:

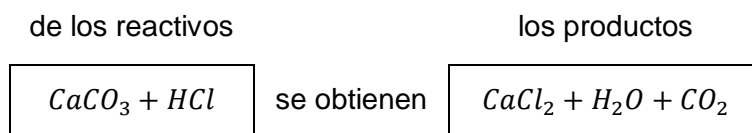
Dado:

- $m(CaCO_3) = 25g$
- $m(HCl) = 21,9g$

Buscado:

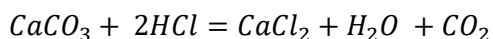
- $m(CaCl_2) = x$
- $m(H_2O) = y$
- $m(CO_2) = z$

Ya se podría estar en condiciones de aplicar la regla heurística general de *buscar relaciones entre los elementos dados y lo buscado*. De tal forma se puede escribir la ecuación de la reacción, para lo que se podría comenzar por la siguiente relación entre los reactivos y los productos:



Aplicando el principio heurístico de *analogía* se pueden utilizar semejanzas de contenido y forma con prototipos de ejercicios ya conocidos sobre el ajuste de la ecuación, así como la información cualitativa y cuantitativa que brinda la misma. Se puede resolver esta escritura de la ecuación utilizando los aspectos comunes a otras ya balanceadas con anterioridad, variando la vía de solución de acuerdo con las particularidades encontradas en esta. Así es posible emplear el método de tanteo inteligente, el algebraico, o algún otro para balancear la ecuación estequiométrica.

De tal manera, la ecuación es como sigue:



Acción 3: Analizar las posibles relaciones por utilizar

Posteriormente, la tercera acción le posibilitará la búsqueda de la idea de la solución, determinando las relaciones necesarias y esbozando los pasos del respectivo plan por seguir. Este ejemplo puede resolverse mediante el cálculo de las relaciones entre las masas, o mediante el cálculo del rendimiento molar o si lo hará al establecer una relación de combinación teórica y experimental.

En este caso se puede aplicar la estrategia heurística de *trabajo hacia adelante*. Así se podría pasar por una serie de pasos intermedios de manera que se obtenga la cadena de ideas que permite elaborar el plan de solución. Es extremadamente importante este análisis en lugar de comenzar a escribir fórmulas o ecuaciones y realizar cálculos como reflejo de la tendencia a la ejecución que reina tanto en estudiantes como docentes al enfrentar problemas con cálculos matemáticos. De tal forma, en este ejemplo se puede hacer como sigue:

Pasos del plan de solución

- 1 *Determinar la sustancia limitante en la reacción:* Es necesario comenzar por precisar cuál es el reactivo que determina, o limita, la cantidad de producto formado. Esto es resultado de la relación entre reactivo y producto, y se puede obtener en función de la ecuación balanceada. En este caso se hace el trabajo a partir del cálculo de la cantidad de sustancia en equivalente, y para ello se deben hacer los pasos intermedios 1.1, 1.2 y 1.3.

- 1.1 *Introducir magnitudes auxiliares:* Hay que utilizar esta regla heurística como paso intermedio que surge de la necesidad de estas magnitudes en el paso siguiente 1.2. Los estudiantes deben determinar si los datos son suficientes o no para resolver el problema. Así es preciso introducir los números de equivalencia y las masas molares de los compuestos que reaccionan. Para ello se podrán buscar los datos respectivamente en la ecuación ajustada y en una tabla de masas molares respectivamente. En caso de no tener a disposición esta última, también se podrían calcular las masas fórmulas relativas a partir de las masas atómicas relativas de los elementos que constituyen las sustancias, las que aparecen en la tabla periódica de los elementos químicos. Con esta información se estaría en condiciones de realizar los cálculos auxiliares.

- 1.2 *Calcular la cantidad de sustancia en equivalente de cada reactivo:* Se realizan los cálculos para luego compararlos entre sí.

$$n\left(\frac{\text{CaCO}_3}{z^*}\right) = \frac{m(\text{CaCO}_3) \cdot z^*}{M(\text{CaCO}_3)}$$

$$n\left(\frac{\text{HCl}}{z^*}\right) = \frac{m(\text{HCl}) \cdot z^*}{M(\text{HCl})}$$

- 1.3 *Identificar la sustancia limitante de la reacción:* La menor cantidad en 1.2 se referirá a la sustancia limitante.
 Si $n\left(\frac{\text{CaCO}_3}{z^*}\right) < n\left(\frac{\text{HCl}}{z^*}\right)$ entonces la sustancia limitante es CaCO_3

Si no, si $n\left(\frac{HCl}{z^*}\right) < n\left(\frac{CaCO_3}{z^*}\right)$ entonces la sustancia limitante es HCl

- 2 *Calcular la masa de $CaCl_2$* : Esto se puede hacer mediante una relación de combinación másica con la sustancia limitante:

Si la sustancia limitante fuera $CaCO_3$ entonces: $\frac{m(CaCl_2)}{m(CaCO_3)}$

Si no, si la sustancia limitante fuera HCl entonces: $\frac{m(CaCl_2)}{m(HCl)}$

- 3 *Calcular la masa de H_2O* : Esto también se puede hacer mediante una relación de combinación másica con la sustancia limitante. Aquí se puede aplicar el principio heurístico de *analogía* para mostrar la relación con el paso anterior.

Si la sustancia limitante fuera $CaCO_3$ entonces: $\frac{m(H_2O)}{m(CaCO_3)}$

Si no, si la sustancia limitante fuera HCl entonces: $\frac{m(H_2O)}{m(HCl)}$

- 4 *Calcular la masa de CO_2* : Esto también se puede hacer mediante una relación de combinación másica con la sustancia limitante. Aquí igualmente se puede aplicar el principio heurístico de *analogía*.

Si la sustancia limitante fuera $CaCO_3$ entonces: $\frac{m(CO_2)}{m(CaCO_3)}$

Si no, si la sustancia limitante fuera HCl entonces: $\frac{m(CO_2)}{m(HCl)}$

Asimismo, el principio heurístico de *generalización* es posible, a partir de establecer una relación de combinación másica entre el producto buscado y el reactivo limitante: $\frac{m(\text{producto buscado})}{m(\text{reactivo limitante})}$.

- 5 *Dar respuesta al problema*: Esto debe ser en función del problema original y no de las reformulaciones que fueron hechas para comprenderlo en un lenguaje más ventajoso.

Acción 4: Calcular las operaciones matemáticas planteadas

Procederá a realizar el cálculo siempre interpretando cada resultado que obtiene particularizando en el sentido químico de cada uno de los valores numéricos. Aquí se pueden aplicar las reglas heurísticas de *determinar el orden de las operaciones de cálculo*, así como de *realizar el cálculo aproximado o estimación* y de *analizar unidades de medida*.

Pasos del plan de solución

- 1 *Determinar la sustancia limitante en la reacción*: Es necesario realizar primero los pasos intermedios 1.1, 1.2 y 1.3
- 1.1 *Introducir magnitudes auxiliares*: Los números de equivalencia (z^*) se obtienen de los coeficientes estequiométricos en la ecuación ajustada. Entretanto las masas molares se introducen en función de los recursos con los que se tenga a disposición (tabla de masas molares o tabla periódica de los elementos químicos).

Vía 1

Vía 2

En tabla de masas molares:

- $M(\text{CaCO}_3) = 100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $M(\text{HCl}) = 36,5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Calculando las masas fórmulas relativas:

$$Mr(\text{CaCO}_3) = Ar(\text{Ca}) + Ar(\text{C}) + 3Ar(\text{O})$$

$$Mr(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100$$

$$\text{Por tanto: } M(\text{CaCO}_3) = 100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Aplicando el principio de analogía se obtiene:

$$M(\text{HCl}) = 36,5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1.2 Calcular la cantidad de sustancia en equivalente de cada reactivo:

$$n\left(\frac{\text{CaCO}_3}{z^*}\right) = \frac{m(\text{CaCO}_3) \cdot z^*}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{25\text{g} \cdot 2}{100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,5\text{mol}$$

$$n\left(\frac{\text{HCl}}{z^*}\right) = \frac{m(\text{HCl}) \cdot z^*}{M(\text{HCl})} = \frac{21,9\text{g} \cdot 1}{36,5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,6\text{mol}$$

1.3 Identificar la sustancia limitante de la reacción: Como $0,5\text{mol} < 0,6\text{mol}$ entonces la sustancia limitante en la reacción es CaCO_3 (carbonato de calcio)

2 Calcular la masa de CaCl_2 :

Como la sustancia limitante es CaCO_3 entonces es momento de aplicar la regla heurística de *recordar conocimientos del dominio químico dado* para establecer la siguiente relación: $\frac{m(\text{CaCl}_2)}{m(\text{CaCO}_3)} = \frac{n(\text{CaCl}_2) \cdot M(\text{CaCl}_2)}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)}$

$$m(\text{CaCl}_2) = \frac{n(\text{CaCl}_2) \cdot M(\text{CaCl}_2)}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \cdot m(\text{CaCO}_3) \quad \text{despeja la incógnita}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = \frac{1\text{mol} \cdot 111\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1\text{mol} \cdot 100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 25\text{g} \quad \text{sustituye los valores}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = 27,75\text{g} \quad \text{calcula y analiza unidades de medida}$$

3 Calcular la masa de H_2O :

Como la sustancia limitante es CaCO_3 entonces:

$$\frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{CaCO}_3)} = \frac{n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \quad \text{principio heurístico de analogía.}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \cdot m(\text{CaCO}_3) \quad \text{despeja la incógnita}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1\text{mol} \cdot 18\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1\text{mol} \cdot 100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 25\text{g} \quad \text{sustituye los valores}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 4,5\text{g} \quad \text{calcula}$$

4 Calcular la masa de CO_2 :

Como la sustancia limitante es CaCO_3 entonces:

$$\frac{m(\text{CO}_2)}{m(\text{CaCO}_3)} = \frac{n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \quad \text{principio heurístico de generalización.}$$

$$m(\text{CO}_2) = \frac{n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \cdot m(\text{CaCO}_3) \quad \text{despeja la incógnita}$$

$$m(\text{CO}_2) = \frac{1\text{mol} \cdot 44\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1\text{mol} \cdot 100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 25\text{g} \quad \text{sustituye los valores}$$

$$m(\text{CO}_2) = 11\text{g} \quad \text{calcula}$$

- 5 *Dar respuesta al problema:* Las masas de las sustancias productos de la reacción indicada son 27,75g, 4,5g y 11g de cloruro de calcio, agua y dióxido de carbono respectivamente.

Acción 5: Evaluar la solución y la vía

Por último, aquí se deben hacer consideraciones retrospectivas donde se retomen los procedimientos utilizados para el plan de solución. Se debe comprobar si los resultados son confiables, si satisfacen la pregunta planteada, si se corresponden con una lógica bien estructurada y si dan cumplimiento a la teoría química. En este caso el procedimiento propone volver sobre el problema para comprobar los resultados obtenidos para lo cual pueden realizar comprobaciones aplicando la ley de conservación de la masa. Además, es importante valorar la vía de solución utilizada con otros como forma de socialización de los conocimientos.

Pasos para la comprobación de la solución

- 1 *Enunciar teoría química que se quiere comprobar:* En toda reacción química se conserva la masa; esto es, la masa total de los reactivos es igual a la masa total de los productos.

$$\sum m(\text{reactivos}) = \sum m(\text{productos})$$

- 2 *Calcular la masa individual de los reactivos:* Es crucial destacar que la masa total que reacciona no será $25g + 21,9g = 46,9g$ como parecería a simple vista por el texto del problema. Ya se sabe la masa del reactivo limitante y se debe calcular la masa real de la otra sustancia que reacciona (reactivo en exceso). Esto se hace en 2.1, 2.2 y 2.3.

- 2.1 *Identificar el reactivo limitante y su masa:* $m(\text{CaCO}_3) = 25g$

- 2.2 *Calcular la masa real del reactivo en exceso:* Cuando el reactivo limitante se consume, la reacción se detiene y el otro reactivo solo se consume parcialmente. Esto se puede hacer mediante una relación de combinación másica aplicando el principio de analogía con el trabajo realizado en la resolución del problema.

Como la sustancia limitante es CaCO_3 entonces:

$$\frac{m(\text{HCl})}{m(\text{CaCO}_3)} = \frac{n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl})}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)}$$

$$m(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl})}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \cdot m(\text{CaCO}_3)$$

$$m(\text{HCl}) = \frac{2\text{mol} \cdot 36,5g \cdot \text{mol}^{-1}}{1\text{mol} \cdot 100g \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 25g$$

$$m(\text{HCl}) = \frac{73}{100} \cdot 25g = 18,25g$$

- 2.3 *Calcular la masa total que reacciona:*

$$\sum m(\text{reactivos}) = m(\text{CaCO}_3) + m(\text{HCl}) = 25g + 18,25g = 43,25g$$

- 3 Calcular la masa total de los productos:

$$\sum m(\text{productos}) = m(\text{CaCl}_2) + m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{CO}_2) = 27,75g + 4,5g + 11g = 43,25g$$

- 6 Comprobar la igualdad de la masa total de los reactivos y la masa total de los productos resultantes: Ambas masas totales son iguales a 43,25g. Luego se cumple la ley de conservación de la masa y la respuesta está correcta.

$$\sum m(\text{reactivos}) = \sum m(\text{productos}) = 43,25g$$

Se determinó la importancia de reflexionar sobre la existencia de otras vías de solución. Aquí fue primordial llamar la atención sobre las limitaciones de no determinar la sustancia limitante. Si un estudiante no lo hizo, y a priori consideró establecer una relación de combinación másica con CaCO_3 entonces este tuvo los mismos resultados. Sin embargo, no había interpretado correctamente el problema dado e incrementaba la posibilidad de errar si utilizaba la vía escogida en la resolución de problemas análogos.

Es conveniente señalar que la sustancia limitante se puede determinar por varias vías, por ejemplo a partir de calcular el rendimiento molar. Las masas que se buscaron también se podían encontrar por diferentes vías, especialmente la última a partir de la ley de conservación de las masas. Es ventajoso utilizar una vía única para el cálculo de las masas, incluso para la comprobación de la solución del problema, con la aplicación de los principios de analogía y generalización. Esto es así porque es esencial la racionalización del trabajo mental y práctico de los estudiantes.

Con el ejemplo desarrollado en este apartado se pudo apreciar que el procedimiento didáctico presentado en este trabajo se distingue del utilizado tradicionalmente al ser:

- Una contextualización del desarrollo de la habilidad interpretar al contenido químico y de manera especial a un contenido con un alto nivel de esencialidad como son los problemas químicos con cálculo matemático.
- Se diferencia en su estructura del procedimiento convencional que se ha utilizado por los docentes tanto en el nivel medio, como en la formación inicial del docente, basado en procedimientos algorítmicos: realizar la lectura del ejercicio, extraer los datos y la incógnita, plantear las relaciones, operar y resolver.
- Constituye un modelo a emplear en la enseñanza de este contenido al estar diseñado para docentes en formación inicial.
- Favorece el empleo de métodos como el trabajo independiente.

- Permite que se establezca una estrecha relación entre el contenido matemático y la teoría química estudiada, lo que permite la sistematización y consolidación del contenido.
- Al aplicar el procedimiento en la práctica como está diseñado favorece la relación entre elementos cualitativos y cuantitativos de la enseñanza a partir del empleo de procedimientos heurísticos, así como lo interno y lo externo de los procesos y fenómenos químicos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra seleccionada estuvo compuesta por los 16 estudiantes de la carrera Licenciatura en Educación con especialidad en Biología-Química de la Universidad de Las Tunas. Aunque pudiera parecer un tamaño pequeño de muestra, y que se hubiera podido usar un número mayor de estudiantes, estos fueron los seleccionados porque representaban la matrícula total de estudiantes de esa carrera en la universidad. De ellos nueve eran hembras y siete varones, 15 provenían de la Educación Preuniversitaria y uno de una Escuela de Iniciación Deportiva (EIDE). El promedio de notas en el examen de ingreso a la Educación Superior en Matemática, una asignatura básica para interpretar problemas con cálculos, fue de un adecuado 89%. Otro dato interesante es que 10 de los estudiantes optaron por la carrera en su primera opción, tres en la segunda y tres en la cuarta, lo que dio la medida del adecuado nivel de motivación que estos tenían por la especialidad.

Para evaluar la efectividad de la propuesta se seleccionó la disciplina Química General, pues sirve de base a otras disciplinas de la especialidad. Al mismo tiempo, esta constituye la base conceptual que subyace a los contenidos de la educación media básica, media superior y la universitaria. Igualmente, esta favorece el desarrollo y consolidación de habilidades, hábitos, capacidades, cualidades, convicciones y actitudes en la resolución de problemas con un nivel de dificultad y complejidad igual o superior a los que se enfrentaron en los niveles de enseñanza precedentes.

Se estableció como variable el desarrollo de la habilidad interpretar los problemas químicos con cálculo. A partir de esta, se delimitaron como indicadores:

- Grado con el que determina objetos y objetivos que contiene el problema químico con cálculo.

- Grado con el que percibe objetos y fenómenos relacionados con el contenido químico.
- Grado con el que representa la información sobre el objeto de resolución de forma mental y /o gráfica.
- Grado con el que determina criterios para el análisis del contenido del problema químico con cálculo, descompone en elementos y establece rasgos esenciales, lo que posibilita extraer del texto la incógnita y los datos que le proporciona el problema.
- Grado con el que descompone en elementos, rasgos, aspectos, la información, establece semejanzas y diferencias acerca del objetivo a resolver y determina las relaciones necesarias.
- Grado con el que establece generalizaciones según el objetivo del problema químico con cálculo.
- Grado con el que explica, según el objetivo, los procedimientos estructurados en correspondencia con el objetivo de la explicación según la teoría química.

Las categorías para evaluar la variable fueron alto, medio y bajo. Esto se hizo a partir de un procedimiento que se explica en M. Parra (2015), donde igualmente se puede encontrar un análisis en detalles de los resultados del experimento pedagógico formativo implementado. De manera general se evaluó inicialmente la variable de bajo, a partir de los resultados obtenidos en la prueba pedagógica, el análisis del programa, la observación del desempeño de los estudiantes y la entrevista a profesores. Esto indicó un bajo desarrollo de la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo, fundamentalmente por la insuficiente sistematicidad con que se desarrollan las acciones y operaciones para su desarrollo. No obstante, se reconocieron como aspectos favorables que la mayoría de los estudiantes estuvieron dispuestos a ampliar sus conocimientos sobre las acciones y operaciones de la habilidad.

Al respecto, se determinó como causa empírica del problema que los estudiantes se basan fundamentalmente en procedimientos algorítmicos para interpretar problemas químicos con cálculo. De tal forma, como regularidad estos no son conscientes de las ventajas que ofrece el empleo de los procedimientos heurísticos y no están capacitados para aplicar independientemente reglas, estrategias y principios heurísticos.

Como consecuencia, las acciones del procedimiento didáctico propuesto fueron llevadas a la práctica mediante un experimento pedagógico formativo con la finalidad de comprobar

su efectividad. Así, se aplicaron varios instrumentos (M. Parra, 2015) que permitieron tener un punto de referencia inicial del nuevo proceder. Igualmente, como parte de la orientación y preparación para las clases prácticas se procedió a presentar y ejemplificar el procedimiento concebido. Al mismo tiempo, un control permanente permitió hacer valoraciones críticas vivenciales de los resultados que se fueron obteniendo, lo que favoreció el proceso de regulación en la investigación.

Por ejemplo, al resolver problemas relacionados con las leyes de las combinaciones químicas, se hizo uso de las operaciones matemáticas en estrecha relación con lo planteado en el contenido de las leyes estudiadas. Tal situación facilitó la resolución de los mismos desde diferentes vías de solución, aspecto que fue debatido entre los estudiantes y los llevó a elaborar sus propias tablas de datos y fórmulas auxiliares. Así, al identificar la sustancia limitante, el cálculo de la masa de la sustancia en exceso, lo hacían por diferentes vías. Esto contribuyó al desarrollo de la habilidad, así como al intercambio oportuno y sistemático del profesor.

De manera sistemática se continuó aplicando el procedimiento en los temas relacionados con Sistemas dispersos y Equilibrio químico, donde también se evidenció que los estudiantes hacían uso sistemático del mismo. De tal forma se pudo constatar que el procedimiento didáctico propuesto es aplicable a los diferentes tipos de problemas químicos con cálculo, a partir de la realización de una ejercitación variada basada en la selección y organización de ejercicios por niveles de desempeño cognitivo y ejercicios integradores.

En correspondencia con los resultados obtenidos (M. Parra, 2015), utilizando los mismos indicadores y la misma escala, la variable desarrollo de la habilidad interpretar los problemas químicos con cálculo se evaluó de alto. Los resultados obtenidos indicaron un adecuado incremento respecto al dominio del procedimiento didáctico propuesto. Al comparar los resultados iniciales y finales, para el desarrollo de dicha habilidad, se aprecia una transformación positiva en el dominio de los procedimientos.

En los siete indicadores analizados se percibe un avance, tanto cuantitativo como cualitativo. Seis indicadores evaluados de bajo pasan a alto, a la vez que un indicador evaluado de bajo en la caracterización inicial pasa a medio en la validación. Sin embargo, los principales resultados estuvieron centrados en aspectos humanos del cambio. Con la implementación del procedimiento se elevaron, indiscutiblemente, tanto la motivación de los estudiantes como su activo protagonismo e independencia cognoscitiva. Esto se tradujo

en un proceso de enseñanza-aprendizaje que potenció, además de conocimientos y habilidades, actitudes de confianza, empeño, seguridad, interés y autoestima.

4. CONCLUSIONES

El procedimiento didáctico le permitió a los profesores controlar el trabajo realizado, identificar los errores y potencialidades, sus causas y cómo lograr optimizarlos en el proceso didáctico. Al mismo tiempo, este brindó la posibilidad de estimular la participación activa, consciente y creadora de los estudiantes, así como el intercambio estudiante-estudiante logrando la unidad entre lo cognitivo y lo afectivo-valorativo. Igualmente, proporcionó oportunidades para fomentar la independencia cognoscitiva y la formación de valores, actitudes y formas de conductas acorde con su formación general integral.

El procedimiento didáctico se basó en la simplificación didáctica para que el aprendizaje se produzca de lo sencillo a lo complejo, de lo conocido a lo desconocido, de lo fácil a lo difícil, de lo concreto a lo abstracto. Esto se hizo partiendo del diagnóstico sistemático, la asequibilidad de la enseñanza, el aprendizaje activo y el trabajo cooperativo y creador. Se cumplió así con el principio de la unidad de lo instructivo, lo educativo y lo desarrollador.

La validación del procedimiento didáctico, mediante el análisis de los resultados de los diferentes instrumentos que midieron los mismos indicadores utilizados en la caracterización, evidenció que este favorece el desarrollo de la habilidad interpretar los problemas químicos con cálculo matemático y eleva la eficiencia del proceso de enseñanza-aprendizaje de la disciplina química general. Al respecto, los estudiantes se involucraron en un proceso de regulación activa, individual y colectiva, estimulando el pensamiento lógico, el pensamiento teórico y la independencia cognoscitiva.

5. REFERENCIAS

- Álvarez, C. (1999). *La escuela en la vida*. La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.
- Álvarez, R. M. (1997). *Hacia un currículo integral y contextualizado*. La Habana, Cuba: Editorial Academia.
- Ballester, S. y otros (1992). *Metodología de la enseñanza de la Matemática*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Ballesteros, J. G. (2010). Aplicación de la estrategia de resolución de problemas en la enseñanza de Física, Química y Matemáticas en la USTA. En *Revista Hallazgos*. 7(14), 129-148.

- Borrero, R. Y. y Gamboa, M. E. (2015). La formación laboral investigativa de los profesionales de la Educación en las carreras de ciencias naturales y exactas. *Revista Órbita Pedagógica*. 2(1), 23-40.
- Brito H. (1984). *Psicología para los Institutos Superiores Pedagógicos*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Campistrous, L. y Rizo, C. (1996). *Aprender a resolver problemas aritméticos*. Ciudad de la Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Carmenates, O. A., Rodríguez, M. y Gamboa, M. E. (2014). Recursos didácticos para favorecer la resolución de problemas matemáticos. En *Didácticas de las Ciencias. Nuevas perspectivas* (Quinta parte). 11-38. La Habana, Cuba: Educación cubana.
- Castillo, Y. y Gamboa, M. E. (2016). Relaciones interdisciplinarias de las ciencias a partir de la Matemática en la Educación Preuniversitaria. En *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*. 7(5), 131-154.
- Coll, C. (1987). *Psicología y Currículum*. Barcelona, España: Editorial Laia.
- De Guzmán, M. (2007). Y la matemática. *Revista Iberoamericana de Educación*. (43), 19-58.
- Ferrer, M. (2000). La resolución de problemas en la estructuración de un sistema de habilidades matemáticas en la escuela media cubana. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias. Santiago de Cuba, Cuba.
- González F. (1998). *Personalidad, su educación y desarrollo*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- González, V. y otros. (1996). *Psicología para Educadores*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Jungk, W. (1986). *Conferencias sobre Metodología de la Enseñanza de las Matemáticas*. 3T. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Labarrere, A. (1988). *Cómo Enseñar a los alumnos de primaria a resolver problemas*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Leontiev A. N. (1981). *Actividad, Conciencia y Personalidad*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Mestre, U. (2002). La formación de habilidades en estudiantes de Ingeniería a través de la resolución de problemas de Física. En *Revista Pedagogía Universitaria*. 7(1). 67-78.
- Palacio, J. (2003). *Colección de problemas matemáticos para la vida*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Parra, M. (2015). Procedimiento didáctico para desarrollar la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo, desde la disciplina Química General. Tesis en opción al título académico de Máster en Educación. Universidad de Las Tunas, Cuba.
- Petrovski, A. V. (1978). *Psicología pedagógica y de las Edades*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Polya, G. (1984). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Trillas.
- Rodríguez, M. y Bermúdez, R. (1996). *La Personalidad del adolescente*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.

- Rojas, C., García, L., y Álvarez, A. (1990). Metodología de la enseñanza de la Química. Ciudad de la Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Sabonete, J. L., Gamboa, M. E. y Mestre, U. (2016). Propuesta didáctica para el diseño de problemas matemáticos en escuelas angoleñas de segundo ciclo. En Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación. 7(5), 155-164.
- Schoenfeld, A. (1985). Mathematical Problem Solving. New York, USA: Academic Press.
- Silvestre, M. y Zilberstein, J. (2002). Hacia una didáctica desarrolladora. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Talízina N. F. (1987). Procedimientos iniciales del pensamiento lógico. Moscú, URSS: Editorial Progreso.