



CONSTRUCCIONES TEÓRICAS SOBRE ACCIONES METODOLÓGICAS PRELIMINARES EN LABORATORIO DURANTE LA FORMACIÓN DE INGENIEROS QUÍMICOS

BUILDINGS ON THEORY METHODOLOGY FOR PRELIMINARY ACTIONS IN LABORATORY TRAINING OF CHEMICAL ENGINEERS

Claudio Raúl Bernal Bustos

Fundación Universidad de América, Bogotá (Colombia)

Resumen

El propósito principal de este artículo es presentar el resultado de la observación docente durante la experimentación científica y en compañía de estudiantes que se encuentran en formación como ingenieros químicos en su ciclo básico. Se estructuró un conjunto de acciones y operaciones, en las que la acción se corresponde con la finalidad de la tarea; y sus operaciones, con las condiciones de ésta. A partir de lo anterior, adquirieron gran importancia los métodos de enseñanza orientados a la actividad productiva de los alumnos, que se vincula con la formación de generalizaciones y abstracciones, con la aplicación autónoma de los conocimientos teóricos adquiridos durante la solución de las tareas de estudio cognoscitivas y prácticas.

Palabras claves: investigación educativa y pedagógica, enseñanza de la química, experimentos, ingeniería química.

Abstract

The main purpose of this report is to present the result of teaching for scientific experimentation and observation in the company of students undergoing training as chemical engineers in its basic cycle. Were structured a set of actions and operations, where the action relates to the purpose of the task; its operations, with the conditions of this. From the above, acquired great importance of teaching methods geared to the productive activity of the students, It is linked with the formation of generalizations, abstractions, with the stand-alone application of theoretical knowledge acquired during cognitive tasks of study and practice.

Keywords: research educational and pedagogical teaching chemistry, experiments, chemical engineering.

Introducción

El referente del proyecto más lejano en el tiempo es una serie de trabajos sobre actividades exploratorias en el entorno psicopedagógico acerca de la actividad intelectual que se promueve en los estudiantes durante la experimentación científica: fase I^o (Bernal y Espinosa (2008)). El interés de este proyecto estuvo alrededor del estudio de un fenómeno educativo que se manifiesta durante la transición por la que atraviesan los estudiantes del ciclo básico del programa de Ingeniería Química de la Universidad de América. Dicho fenómeno fue caracterizado como la “dificultad que presentan los estudiantes al momento de interactuar y resolver tareas, en situación problema (sean éstas naturales o artificiales) y cuya exigencia lleve a aplicar, en las áreas propias de la ingeniería en su ciclo básico o profesional, las experiencias y técnicas acumulados”. De la revisión crítica de estos trabajos, efectuada durante la fase inicial de la elaboración del proyecto, y muy especialmente del análisis de las dificultades encontradas para interpretar algunos resultados obtenidos en aquella ocasión, surgen unos principios cuya asunción ha sido determinada para configurar el marco teórico y delimitar la aproximación metodológica utilizada para el estudio empírico de los mecanismos de influencia educativa, que se manifiestan en o actúan mediante la interacción entre el docente y los alumnos, en el caso de la educación presencial, y la interacción entre los materiales docentes y el estudiante, en las situaciones no presenciales, fuera del aula de clase. No obstante, es de interés de este informe mostrar acciones metodológicas en la segunda situación y se refiere en particular a las construcciones teóricas sobre acciones metodológicas preliminares observadas en las prácticas experimentales, concebidas desde un principio como observaciones docentes sin configurar un estudio con los alumnos.

En las investigaciones anteriores el interés se centró en estudiar las formas y maneras empleadas por los estudiantes para resolver tareas en una actividad de estudio, en particular en las acciones experimentales en el laboratorio, a partir de situaciones problema; enseñanza de carácter problemático, en la cual los

conocimientos no se transmiten a los estudiantes sino que ellos los adquieren en el proceso de la actividad cognoscitiva autónoma en presencia de la situación problemática. La enseñanza de carácter problemático, como la actividad de estudio, está internamente ligada al nivel teórico de asimilación de los conocimientos y con el pensamiento teórico.

Así, la teoría de la actividad de estudio y la teoría de la enseñanza de carácter problemático se asemejan bastante a una serie de ideas y conceptos fundamentales (aunque esto no excluye algunas dimensiones importantes en la interpretación del contenido de varios conceptos).

Los trabajos sobre la actividad exploratoria durante la enseñanza de la química partían de la distinción entre actividad de efectuación y actividad funcional establecida por Claparède a principios del siglo para dar cuenta del desigual valor pedagógico del concepto de actividad, según se entienda que el alumno simplemente actúa, hace cosas, se mueve o manipula—en cuyo caso estamos ante una actividad de efectuación—, o que la actividad desplegada por el alumno responde a su propio interés y está dirigida a la satisfacción de una necesidad —en cuyo caso estamos ante una actividad funcional—. Esta situación se enriquecía con la consideración de un tercer tipo de actividad inspirada en los planteamientos de Piaget y de la escuela de Ginebra, la actividad autoestructurante que designa más bien la desplegada por el alumno cuando, a partir de un objetivo, establecido autónomamente (Green et al., 1988) o siguiendo las pautas del docente o de los compañeros, organiza de manera independiente sus actividades para alcanzar el objetivo establecido (Cronbach y Snow, 1977; Coll, 1983).

En todo caso, la tarea de estudio programada y problemática puede ser resuelta por los alumnos mediante el cumplimiento de determinadas acciones, como las siguientes:

Acción I. Transformación de los datos de la tarea con el fin de poner al descubierto la relación universal del objeto estudiado (Davidov, V. 1988).

Esta acción inicial (puede decirse principal) es la transformación de los datos de la tarea de estudio con

la finalidad de poner al descubierto cierta relación universal del objeto dado, el que debe ser reflejado en el correspondiente concepto teórico. Es importante señalar que se trata de la transformación orientada a un fin de los datos de la tarea, dirigida a buscar, descubrir y distinguir una relación completamente definida de cierto objeto integral (Adréiev, 1984). La peculiaridad de esta relación consiste, por una parte, en que constituye el aspecto real de los datos transformados, y por otra, actúa como base genética y fuente de todas las peculiaridades del objeto integral, es decir, constituye su relación universal. La búsqueda de ésta conforma el contenido del análisis mental, el cual en su función de estudio aparece como el momento inicial del proceso de formación del concepto requerido. Al mismo tiempo, hay que tener en cuenta que la acción de estudio examinada, en cuya base se encuentra el análisis mental, tiene al comienzo la forma de transformación de los datos objetales de la tarea de estudio (esta acción mental se realiza, al comienzo, en forma objetal-sensorial).

Acción II. Modelación de la relación diferenciada en forma objetal, gráfica o por medio de otro instrumento (Davidov, 1988).

Es importante señalar que los modelos de estudio constituyen el eslabón internamente imprescindible en el proceso de asimilación de los conocimientos teóricos y de los procedimientos generalizados de acción. Además, no toda representación puede ser llamada modelo de estudio, sino sólo la que fija, justamente, la relación universal de cierto objeto integral y garantiza su análisis ulterior.

Acción III. Transformación del modelo de la relación para estudiar sus propiedades en “forma pura” (Davidov, 1988).

Esta relación, en los datos reales de la tarea, parece estar “oculta” por muchos rasgos particulares, lo que, en conjunto, dificulta su examen especial. En el modelo, en cambio, esta relación se hace visible y se puede decir que aparece en “forma pura”. Por eso, transformando y reconstruyendo dicho modelo, los alumnos tienen la posibilidad de estudiar las propiedades de la relación universal como tal, sin el “oscurecimiento” que producen las circunstancias

accesorias. El trabajo con este modelo aparece como el proceso por el cual se estudian las propiedades de la abstracción sustancial de la relación universal. La orientación de los alumnos hacia la relación universal del objeto integral estudiado sirve de base para formar en ellos cierto procedimiento general destinado a resolver la tarea de estudio y así formar el concepto sobre la “célula” inicial de este objeto. Sin embargo, la adecuación de la “célula” a su objeto se descubre cuando de ella se extraen las diversas manifestaciones particulares del objeto (Borodai, 1966). En relación con la tarea escolar, esto significa deducir sobre su base un sistema de diferentes tareas particulares, en cuya resolución los alumnos concretan el procedimiento general anteriormente hallado y, con ello, el concepto correspondiente (la “célula”).

Acción IV. Construcción del sistema de tareas particulares por resolver por un procedimiento general (Davidov, 1988).

Gracias a esta acción los alumnos concretan la tarea de estudio inicial y la convierten en la diversidad de tareas particulares que pueden ser resueltas por un procedimiento único (general), asimilando durante las anteriores acciones de estudio. El carácter eficaz de este procedimiento se verifica, justamente, en la solución de tareas particulares; los alumnos las enfocan como variantes de la tarea de estudio inicial e inmediatamente, como si fuera “de golpe”, se separan en cada una la relación general, y se orientan por la que pueden aplicar el procedimiento general de solución asimilado.

Acción V. Control sobre el cumplimiento de las acciones anteriores (Davidov, 1988).

El control consiste en determinar la correspondencia de otras acciones de estudio a las condiciones y exigencias de la tarea de estudio. Le permite al alumno cambiar la composición operacional de las acciones, poner al descubierto su relación con unas u otras peculiaridades de los datos de la tarea por resolver y del resultado obtenido. Gracias a ello, el control asegura la requerida plenitud en la composición operacional de las acciones y la forma correcta de ejecución.

Acción VI. Evaluación de la asimilación del procedimiento general como resultado de la solución de la tarea de estudio dada (Davidov, V. 1988).

Con esta acción se determina si se ha asimilado o no (y en qué medida) el procedimiento general de solución de la tarea de estudio dada, si el resultado de las acciones de estudio corresponde (y en qué medida) o no a su objetivo final. Al mismo tiempo, la evaluación no consiste en la simple constatación de estos momentos, sino en el examen cualitativo sustancial del resultado de la asimilación (del procedimiento general de acción y del concepto correspondiente), en su confrontación con la finalidad (Omelianovsky, 1965). Es justamente la evaluación la que “informa” a los alumnos si han resuelto o no la tarea de estudio dada. Cada una de estas acciones está compuesta por las correspondientes operaciones, cuyo conjunto cambia según las condiciones concretas en que se resuelve una u otra tarea de estudio (como es sabido, la acción se corresponde con la finalidad de la tarea; sus operaciones, con las condiciones de ésta).

Metodología

Los alumnos, al comienzo, naturalmente están a la expectativa de que se les formulen las tareas de estudio, insinuando que de manera autónoma no es posible hacerlo así como tampoco realizar las acciones para resolverlas. Los ayuda, hasta cierto momento, el docente, pero paulatinamente los alumnos adquieren las correspondientes capacidades (justamente en este proceso se forma en ellos la actividad de estudio realizable autónomamente, la capacidad de resolver).

Las construcciones teóricas sobre las acciones metodológicas preliminares en laboratorio fueron observaciones del docente sin aún formular una acción programada con los estudiantes, lo que resulta en la elaboración conceptual de un instrumento que será aplicado en el futuro.

Acción I. Transformación de los datos de la tarea con el fin de poner al descubierto la relación universal del objeto estudiado

Ejemplo práctico:

En este ejemplo, la temática se relaciona con el estudio de la conducta o comportamiento químico de las sustancias, sea que se encuentren en forma pura o de compuestos, durante la reacción química. La conducta de las sustancias está definida por variables atómicas que forman parte de las propiedades microscópicas de la materia; es decir, la tarea de estudio podría estar centrada en establecer relación o relaciones entre las propiedades macroscópicas y las microscópicas de la materia.

Identificación de las temáticas que rodean la tarea de estudio:

Propiedades macroscópicas de la materia en su conjunto: entropía, energía interna, capacidad calorífica, tensión superficial, constante dieléctrica, viscosidad, conductividad eléctrica y velocidad de reacción química. Propiedades microscópicas de la materia en el ámbito molecular: Pesos moleculares, geometría molecular, fuerzas intramoleculares que determinan las frecuencias moleculares de vibración, las fuerzas intermoleculares, etc. Propiedades microscópicas de la materia en el ámbito atómico: carácter de onda de las partículas como el carácter de probabilidad de las medidas, formas de las orbitales y energías atómicas, relaciones de tamaño, volúmenes atómicos, radios atómicos, radios iónicos, potenciales de ionización, electroafinidades, electronegatividades, propiedades magnéticas, la valencia y la posibilidad del enlace, atracciones electroestáticas.

Para iniciar el estudio de los sistemas macroscópicos (Bernal, 2004¹, Leontiev, 1959²), caso en cuestión,

¹ Vectores de correlación en acciones de pensamiento. Apuntes de clase, sin publicar. (...) la utilización de instrumentos de trabajo presupone el planteamiento de una finalidad y que ésta, como imagen ideal del producto requerido, cumpla una función de guía.

² Obras psicológicas escogidas, t. I, p. 131. La actividad de estudio tiene lugar cuando los alumnos realizan las correspondientes acciones. Según la ley general de interiorización, la forma inicial de las acciones de estudio es su cumplimiento desplegado en objetos exteriormente representados. “El dominio de las acciones mentales que están en la base de la apropiación, de la “herencia” por el individuo de los conocimientos, de los conceptos elaborados por la humanidad, requiere indispensablemente el pasaje del sujeto desde las acciones desplegadas externamente a las acciones en el plano verbal y, finalmente, la paulatina interiorización de estas últimas, como resultado de lo cual adquiere el carácter de operaciones mentales replagadas, de actos mentales.

se tomarán dos formas básicas. La primera está relacionada con el enfoque más antiguo empleado principalmente en la primera mitad del siglo XIX por Carnot, Clausius, William Thomson (Lord Kelvin), Robert Mayer y Joule, entre otros, ha sido la termodinámica clásica. Se basa en un reducido número de principios fundamentales, las leyes de la termodinámica, que son inferencias y generalizaciones de múltiples experimentos realizados con sistemas macroscópicos. Se trata de leyes fenomenológicas, justificadas por un buen éxito en la descripción de los fenómenos macroscópicos. Evitan el uso de conceptos atómicos (microscópicos) y operan exclusivamente con variables macroscópicas medibles, tales como volumen, presión y temperatura, y describen las propiedades de los sistemas en función de tales variables. La segunda manera de abordar el estudio de los sistemas macroscópicos es el propuesto por la mecánica estadística. Parte de la constitución atómica de la materia y trata de obtener las leyes de los sistemas macroscópicos a partir de las propiedades atómicas o moleculares (microscópicas). Este tipo de estudio se originó en la teoría cinética de los gases de Maxwell, la cual condujo a los trabajos de Boltzmann y Gibbs. La mecánica estadística tiene dos objetivos. El primero es derivar rigurosamente las leyes termodinámicas de los objetos materiales a partir de las leyes que gobiernan el comportamiento atómico de las partículas que los constituyen. Es una tarea muy difícil, y aun cuando hoy día hay una razonable comprensión del problema, la mayoría de los estudiosos que se ocupan del tema tal vez estén de acuerdo en que no hay unas verdaderas pruebas de tales leyes. El segundo objetivo de la mecánica estadística es deducir las propiedades características de un sistema macroscópico, por ejemplo, su ecuación de estado, de sus propiedades microscópicas.

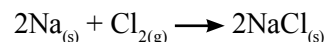
Objeto integral de estudio: 1) Establecer una correlación entre la conducta química del elemento (propiedad macroscópica) y su distribución electrónica (propiedad microscópica). 2) Establecer la correlación entre la conducta química de los átomos que conforman la molécula (propiedades macroscópicas) y su distribución electrónica en el enlace que éstas forman (propiedades microscópicas). *Relaciones del objeto integral:* 1) Derivar rigurosamente las

leyes termodinámicas de los objetos materiales a partir de las leyes que gobiernan el comportamiento atómico de las partículas que los constituyen. 2) Deducir las propiedades características de un sistema macroscópico de sus propiedades microscópicas. Esto se hará esencialmente mediante promedios de las coordenadas microscópicas no observables, exceptuando solamente coordenadas macroscópicas, tales como temperatura, calor específico, etc.

Conceptos requeridos: propiedades de la materia en su conjunto, molecular y atómica; teorías termodinámicas, mecánicas y cuánticas.

Título de la tarea de estudio: comprobación experimental de la distribución periódica de los elementos químicos a partir de la probabilidad combinatoria en una muestra representativa de elementos.

Acciones objetales-sensoriales: las acciones primarias se dan al analizar una representación de la reacción química que actuaría como ecuación química fundamental (modelo) de todo el sistema químico en estudio (Bernal, 2004³). Puede considerarse como una muestra representativa de los elementos que conforman la tabla periódica.



Según la distribución de los elementos químicos en la tabla periódica, las sustancias que participan como reactivas poseen unas particularidades específicas en cuanto a sus propiedades tanto macroscópicas como microscópicas: elementos alcalinos y halógenos.

Acción II. Modelación de la relación diferenciada en forma objetal, gráfica o por medio de otro instrumento

Ejemplo práctico:

A partir de los juicios elaborados por el estudiante en su etapa primaria y en las acciones previstas

³ (...) la fórmula química es un modelo semiótico, la relación y la secuencia de cuyos elementos transmiten el carácter de la relación química real, la estructura de la sustancia. Claro, como en cualquier otro tipo de modelos, es una reproducción aproximada, simplificada del objeto real (sistema microscópico).

por el maestro, para realizar una transición a una etapa siguiente: la modelación Shtoff (1966)⁴, hay que realizar un primer análisis de las sustancias que participan en la reacción y de las condiciones de reacción. Primero que todo, el sistema de reacción química está conformado por:

Alcalino + Halógeno \longrightarrow Sal

De la muestra representativa de los alcalinos disponibles, ahora se trata de seleccionar el alcalino con mayor posibilidad de reacción y sobre esto, la mayor probabilidad de producir la sal en condiciones de laboratorio.

La selección del alcalino se produce en la medida en que se comprendan algunas propiedades de éstos: estado físico, tendencia del potencial o energía de ionización, tendencia del tamaño atómico, energía de enlace, potenciales de los electrodos, etc.

Parece natural inferir que, cuanto mayor sea el tamaño atómico, tanto menor será su potencial de ionización. A un elemento químico que tiene cuatro niveles de energía se le deberá aplicar un potencial de ionización menor que uno que tenga dos niveles. Sin embargo, este hecho se ve afectado si se comprende que en los sistemas de reacción las partículas (electrones) que entren a reacción son las que están ubicadas en el nivel de reacción o capa de valencia y que cada vez que se encuentran más electrones en este nivel, la tendencia del potencial de ionización aumenta. Ahora sí queda el primer nivel de inferencia: cuanto mayor sea el tamaño atómico, tanto menor será su potencial de ionización. Se debería comprender que para el caso de los elementos alcalinos, no existe

efecto sobre la carga de electrones en el nivel externo, sino un distanciamiento del electrón con respecto al núcleo. Por lo tanto, se podría pensar que el hecho se puede evidenciar por la actividad química del o los elementos en condiciones controladas.

Acción III. Transformación del modelo de la relación para estudiar sus propiedades en “forma pura”

Ejemplo práctico:

Objeto de investigación: de lo expresado anteriormente se deduce que el problema no consiste en comprobar la reactividad de los elementos químicos alcalinos, sino de la posibilidad de que éstos reaccionen con el halógeno, siempre y cuando las condiciones de este elemento lo permitan. La posibilidad de reaccionar se relaciona con el estado en el cual los elementos puedan aceptar y donar electrones. Por lo tanto, el objeto de investigación sería:

Describir el sistema de reacción química que se encuentra involucrado en la fractura del enlace entre cloro y cloro del cloro molecular Cl_2 mediante acción directa de energías producto de reacciones químicas. *Problema de investigación:* correlacionar y determinar experimentalmente las energías liberadas, producto de reacciones químicas de tipo exotérmico, con las energías de enlace, establecidas como producto de la asociación de orbitales atómicos en los orbitales moleculares para romper dichos enlaces.

Hipótesis de trabajo: una energía liberada en un sistema de reacción deberá ser mayor a la energía del enlace que se ha establecido entre los orbitales asociados con un conjunto de dos o más núcleos atómicos.

Definición del marco teórico-conceptual: 1) Sustancias químicas (como elementos químicos) en estudio: litio, sodio, potasio y cloro. 2) Sustancias químicas (como compuestos químicos) en estudio: cloruro de sodio. 3) Propiedades macroscópicas de la materia: desde el punto de vista macroscópico, la descripción de la condición física de un sistema se realiza mediante un conjunto de atributos denominados parámetros o variables termodinámicas, tales como presión, volumen, temperatura, tensión, energía, campo eléctrico, etc.,

⁴ (...) por modelo se comprende un sistema representado mentalmente o realizado materialmente el cual, reflejado o reproducido el objeto de investigación, es capaz de sustituirlo de manera que su estudio nos dé una nueva información sobre este objeto”. Se pueden diferenciar tres tipos: primero, los modelos que reflejan las particularidades espaciales de los objetos (maquetas, etc.); segundo, modelos que tiene un parecido físico con el original (modelo de una represa, etc.) y tercero, los modelos matemáticos y cibernéticos que reflejan las propiedades estructurales de los objetos. Los modelos mentales se dividen en dos, primero, en imágenes icónicas (diseños, dibujos, globos, barras, etc.) y los segundos, modelos semióticos (por ejemplo, la fórmula de la ecuación algebraica, química, etc.). Los modelos semióticos requieren una interpretación especial, sin la cual pierden la función de modelos.

que puede ser medido experimentalmente. El estado termodinámico de un sistema está determinado por el conjunto de valores que asumen sus variables termodinámicas. Propiedades macroscópicas de la materia: entropía, energía interna, capacidad calorífica, tensión superficial, constante dieléctrica, viscosidad, conductividad eléctrica y velocidad de reacción química. 4) Propiedades microscópicas de la materia. Moleculares: pesos moleculares, geometría molecular, fuerzas intramoleculares (que determinan las frecuencias moleculares de vibración) y fuerzas intermoleculares, etc. Atómicas: el carácter de onda de las partículas como el carácter de probabilidad de las medidas, formas de las orbitales y energías atómicas, relaciones de tamaño, volúmenes atómicos, radios atómicos, radios iónicos, potenciales de ionización, electroafinidades, electronegatividades, propiedades magnéticas, valencia y posibilidad del enlace, atracciones electrostáticas, etc.

Esta primera parte del proyecto está limitado a la mecánica estadística del equilibrio (llamada también termodinámica estadística) que trata de sistemas en equilibrio termodinámico. La segunda parte se dedicará a la mecánica estadística del no equilibrio que versa sobre propiedades de transporte y velocidades de reacción química.

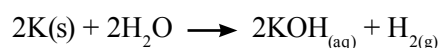
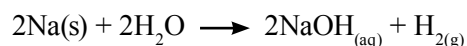
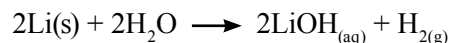
Acción IV. Construcción del sistema de tareas particulares por resolver por un procedimiento general

Ejemplo práctico:

Sistema de tareas: se iniciará el estudio considerando un sistema de reacción química que determine la reactividad de los elementos alcalinos en el estudio. Éste involucra un experimento controlado que dé luces sobre la reactividad. Para ello se busca una sustancia con la cual los alcalinos exciten su configuración de valencia, es decir, que el electrón que se remueve tenga, por un lado, energía cinética cero, y por otro, esté a una distancia infinita del ion resultante. Con esto se pretende determinar cuál de los alcalinos se encontraría en estado iónico en mayor concentración al punto de establecer relación con el cloro, cuando éste se someta a la fractura del enlace.

Se sugiere revisar otros aspectos teóricos, entre ellos: iones hidratados, entalpías de hidratación, dilución infinita, entalpías de disolución, efectos de la temperatura y la presión sobre la solubilidad, ecuaciones cinéticas y constantes de equilibrio en reacciones elementales, reacciones en disoluciones líquidas, etc. Al describir las necesidades mencionadas se sugiere realizar un experimento cuya condición sea esa, obtener iones resultantes, entonces el agua (H₂O) puede ser el medio adecuado.

Procedimiento experimental: 1) Como experimento controlado habría que realizar una simulación en la cual la cantidad de sustancia de elemento alcalino por hacer reaccionar con el agua deberá ser equivalente, no en términos de masa sino de átomos; es decir, partir de una cantidad base desde el elemento químico menos pesado y transformar a equivalentes atómicos a los otros elementos. 2) El elemento químico menos pesado es el litio (Li), cuyo peso atómico es de 6,939 g. Para esto se requiere encontrar el número de átomos contenidos en la cantidad que sea base. 3) Realizar cálculos de reacciones químicas elementales (no se presentan en este informe). 4) Pesar las cantidades establecidas de cada elemento. 5) Se establece(n) la(s) ecuación(es) química(s): alcalino (Li, Na y K) + agua (H₂O), por ejemplo:



La relación de las sustancias en reacción es de 1:1 lo que hace pensar que podría reaccionar una cantidad de átomos del elemento alcalino con una cantidad de moléculas de agua. Entonces se debería tomar una cantidad de agua en la equivalencia atómica, es decir, $8,68 \times 10^{20}$ moléculas de agua. En términos de masa sería (no se presentan los cálculos). 5) Relaciones teóricas. 6) En tres tubos de ensayo se adicionan las cantidades establecidas y se observa. Es necesario disponer un instrumento que permita medir la temperatura desprendida durante la reacción. Se adiciona el agua, se introduce el termómetro y se deposita el elemento alcalino.

Las acciones V y VI son acciones de control y no se consideran hasta cuando el instrumento se aplique.

Resultados

Acción I. Transformación de los datos de la tarea con el fin de poner al descubierto la relación universal del objeto estudiado

Con el estudiante se realiza un examen empírico de la ecuación en relación con la siguiente pregunta: ¿En condiciones normales (a temperatura y presión ordinaria), este tipo de reacción es posible que se realice?

La observación externa de la ecuación y algún tipo de dependencia empírica o teórica se describe verbalmente como resultado, no de las observaciones sensoriales directas sino producto de la información y de su correlación con los aspectos teóricos previos que el estudiante posee.

Explicaciones encontradas:

Dependencia teórica: (mayor grado) “todos” los elementos químicos tratan de completar el octeto; (menor grado) el potencial de ionización varía (Bernal, 2003⁵).

Dependencia empírica: sobre la base de las designaciones verbales dadas a las representaciones generales y a los resultados de las observaciones directas, el estudiante ha estructurado el siguiente juicio: “si los elementos alcalinos tienen un (1) electrón y los halógenos siete (7), entonces estos dos elementos se pueden unir para reaccionar y de esta manera completar el octeto”.

Acción II. Modelación de la relación diferenciada en forma objetual. Gráfica o por medio de letras

Cuando se encuentran estas relaciones en discusión con el estudiante, se empieza a generar los primeros supuestos. Algunos de ellos sostenían:

⁵ En las explicaciones dadas y mediante las dependencias teóricas encontradas, no se encuentra ninguna explicación que garantice la existencia de los conceptos involucrados. Se opera con representaciones y no con conceptos. Esto último significa que si se expresa el objeto en forma de representaciones no se comprende la esencia del objeto.

De los elementos alcalinos, el de mayor reactividad es el potasio (K) en relación con los elementos químicos obtenidos como muestra representativa de los alcalinos, si se tiene en cuenta la distancia mayor que tiene el electrón con respecto al núcleo en comparación con los otros elementos en cuestión. Esta distancia se reflejará en la reactividad que como calor de formación deberá ser emitida al sistema de reacción, la cual podrá ser interpretada por una variación de temperatura, la cual se tendrá que percibir por un instrumento, por ejemplo el termómetro.

En síntesis, sugieren los estudiantes, habrá un mayor incremento en la temperatura cuando el potasio reaccione en el sistema de reacción.

¿Cómo se evidencia este hecho (Bernal, 2004)⁶? La intención es formalizar la teoría química que dice sobre la tendencia del potencial de ionización (o energía de enlace del electrón): la energía necesaria para remover un electrón de un átomo, tal que el electrón removido tenga energía cinética cero y esté a una distancia infinita del ion resultante. De igual manera, se requiere comprender la teoría que dice sobre la tendencia del tamaño atómico: cuando varía el número cuántico principal de los electrones de valencia (aumentando o disminuyendo), mientras la configuración de valencia permanece constante, varía el tamaño atómico (aumentando o disminuyendo). Son relaciones directas; mientras aumenta el número cuántico principal y permanece constante la configuración de valencia, el tamaño atómico aumenta y si el número cuántico principal disminuye, manteniendo la configuración de valencia, el tamaño atómico disminuye. Para ello, la primera hipótesis que se impone es que los resultados de una colección de experimentos aleatorios se puede describir por medio de un conjunto S que se llamará espacio muestral. Sin embargo, se requiere, en primer lugar, definir el objeto de la investigación,

⁶ (...) cada fenómeno del mundo que nos rodea se halla entrelazado más o menos estrechamente con un conjunto infinito de otros hechos. En principio es imposible llegar a conocer toda la diversidad de relaciones existentes en un fenómeno dado, así que basta con incluir en los modelos que intentan describir su comportamiento, sólo un número finito de ellos, y dejar sin estudiar una multitud de vínculos propios de dicho fenómeno. En consecuencia, cada regularidad sólo refleja un número finito de relaciones fundamentales, debido a lo cual las leyes se cumplen sin precisión con ciertas desviaciones. Éstas representan la interacción de los factores no tenidos en cuenta en la formulación de las leyes que rigen el fenómeno.

el problema científico y la(s) hipótesis(s) de trabajo. En segundo lugar, se requiere establecer el marco teórico-conceptual; en tercer lugar, los requerimientos de la investigación en términos de procedimientos, equipamiento, materiales y reactivos; y por último, los mecanismos (instrumentos) requeridos para las observaciones experimentales, la captura de datos, el análisis de datos, la puesta a punto de las conclusiones resultantes y las preguntas vinculadas o relacionadas que mediatizan hacia problemas de investigación posteriores.

Acción III. Transformación del modelo de la relación para estudiar sus propiedades en "forma pura"

Analizando algo más a fondo el objeto de la mecánica estadística, se encuentra que intenta vincular las propiedades macroscópicas del sistema, que se expresan en términos de conceptos termodinámicos, tales como temperatura, presión, entropía, cantidad de calor, calor específico, etc., con las propiedades microscópicas de los elementos constituyentes, que se expresan en términos esencialmente mecánicos tales como la posición, masa, fuerza, etc. Media en consecuencia un abismo que habrá que salvar si se quiere hallar el vínculo entre las propiedades macroscópicas del sistema y las microscópicas de los elementos que las conforman. Tender un puente sobre tal abismo es esencialmente el objeto de este trabajo. Con el propósito de buscar el vínculo deseado estudiaremos las analogías posibles entre propiedades termodinámicas, mecánicas y cuánticas.

Acción IV. Construcción del sistema de tareas particulares por resolver por un procedimiento general

Las acciones de estudio examinadas están dirigidas en esencia a que, mediante su realización, los alumnos descubran las condiciones de surgimiento del concepto que ellos van asimilando (para qué y cómo se separa su contenido, por qué y en qué se fija éste, en qué casos particulares se manifiesta después). Es como si los propios alumnos construyeran el concepto, aunque con la dirección sistemática del maestro (al mismo tiempo, el carácter de esta dirección cambia paulatinamente y crece, también paulatinamente, el grado de autonomía del alumno).

Discusión

Uno de los aspectos fundamentales para tener en cuenta está relacionado con los tópicos o temas de estudio. Ellos no se pueden organizar como en los estudios de química teórica (organización jerárquica), su organización es de tipo semántico y suceden en la medida de la explicación y la profundización a que se quiera llegar. En realidad, depende del investigador y de la exigencia de la explicación teórica o experimental sugerida por un problema de investigación.

Condiciones para aceptar las explicaciones: con ayuda de estas representaciones generales y los juicios expresados a partir de ellas, el estudiante está en condiciones de hacer razonamientos bastante complejos. Por ejemplo, apoyándose en sus bases preliminares, puede deducir, según la comparación de la actividad química de una serie de elementos del mismo grupo (verbigracia, los alcalinos) y el análisis de las sustancias en reacción, caso del Cl_2 (cloro en estado gaseoso), el estado imposible de este halógeno para que reaccione en condiciones normales. Deducirá que se requieren condiciones especiales de reacción, cuya condición deberá centrarse en la fractura del enlace del Cl_2 (Cl-Cl), para que el sistema reaccione y se produzca el respectivo compuesto representado en la ecuación química fundamental.

Conclusiones

Se estructuró un conjunto de acciones y operaciones en el que la acción se corresponde con la finalidad de la tarea; sus operaciones, con las condiciones de ésta. A partir de lo anterior, adquirieron gran importancia los métodos de enseñanza orientados a la actividad productiva de los alumnos, que se vincula con la formación de generalizaciones, abstracciones, con la aplicación autónoma de los conocimientos teóricos adquiridos durante la solución de las tareas de estudio cognoscitivas y prácticas.

Una de las dificultades más importantes es cuando se va a profundizar en la comprensión de lo que hacen los estudiantes, en particular, si no disponen de guía de laboratorio y, sin diferencia, si cuentan con material guía de laboratorio estructurado en secuencias de tipo algorítmico.

No es posible identificar lo que aprenden o no los alumnos, lo que se modifica o no en su comprensión de la situación tradicional de trabajo en el laboratorio, analizando únicamente sus actuaciones. En otros términos, para captar la dinámica de tal o cual actividad de estudio de los estudiantes, no bastaba con prestar atención a sus actuaciones; era necesario, además, prestar atención en los materiales que

se elaboraban y actuaban en la comprensión del fenómeno.

Agradecimientos

A la Fundación Universidad de América por facilitar o ampliar los espacios de aprendizaje de los docentes en tiempos de la normalidad académica.

Referencias

- Andréiev, I. (1984). *Problemas lógicos del conocimiento científico*. Moscú: Editorial Progreso.
- Bernal, C. (2003). Sistemas químicos experimentales-experimentos de constatación, formación y control – química y fisicoquímica experimental. (Apuntes de clase sin publicar). Bogotá.
- Bernal, C. (2004). Vectores de correlación en acciones de pensamiento. (Apuntes de clase sin publicar). Bogotá.
- Borodai, Y., (1966). La imaginación y la teoría del conocimiento, Moscú. pp. 35, 97.
- Coll, C. (1983). Interactividad e interacción. Bases para el análisis psicoeducativo de la gestión del proceso de enseñanza/aprendizaje. Documento interno no publicado. Departamento de Psicología Evolutiva y Diferencial. Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación. Universidad de Barcelona.
- Cronbach, L., & Snow, R. (1977). *Aptitudes and instructional methods: a handbook for research on interactions*. New York: Irvington.
- Davidov V. (1988). *La modelación como medio del pensamiento científico. La enseñanza y el desarrollo psíquico*. Moscú. p. 132.
- Estany, A. (1990). *Modelos de cambios científicos*. España: Editorial Crítica, S. A.
- Green, L., Weade, R. & Graham, K. (1988). *Lesson construction and student participation: a sociolinguistic analysis*. In J. L. Green & J. Harker (eds). *Múltiple perspectives analysis of classroom discourse*. Norwood, New Jersey: Ablex, pp. 11-47.
- Omelianovsky, M. (1965). *La dialéctica y los métodos científicos generales de investigación*. La Habana: Editorial de Ciencias Sociales.
- Shtoff V. (1966). *Modelación y filosofía*. Leningrado, p. 154.
- Vygotsky, L. (1982). Obras escogidas (tomo 3). *Problemas del desarrollo de la psique*. pp 47-96.

Sobre el autor

Claudio Raúl Bernal Bustos

Director del Laboratorio de Pedagogía y Didácticas de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas de la Universidad de América. Máster en Nutrigenómica y Nutrición Personalizada, y en Seguridad y

Biotecnología Alimentaria. Estudiante del doctorado en Avances en Ciencias y Biotecnología Alimentaria. Estudios en Ciencias Pedagógicas del Instituto de Ciencias Pedagógicas de La Habana, Cuba.
claudio.bernal@investigadores.uamerica.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.