

La práctica de laboratorio en la asignatura Química General y su enfoque investigativo

The laboratory practice in the subject General Chemistry and its research approach

MSc. Luisel Hernández-Junco ^I, Dra.C.Ena Machado-Bravo ^{II}, MSc. Efreín Martínez-Sardá ^{II}, Dra.C. Nancy Andreu-Gómez ^{III}, Prof. Dr.C. Alfred Flint ^{IV}
luiselhj@uclv.edu.cu, embravo@uclv.cu, emsarda@uclv.cu,
nancya@uclv.cu, alfred.flint@uni-rostock.de

^I Departamento de Licenciatura en Química. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba; ^{II} Departamento de Ciencias Naturales. Sede “Félix Varela”. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba; ^{III} Departamento de Tecnología Educativa. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba; ^{IV} Department of Chemistry Didactics. University of Rostock, Germany.

Recibido: 3 de diciembre de 2017

Aprobado: 11 de enero de 2018

Resumen

En el trabajo se exponen procedimientos didácticos para contribuir al enfoque investigativo en las prácticas de laboratorio en la asignatura Química General. Estos se fundamentan en el enfoque metodológico al tratamiento del experimento en las Ciencias Naturales, la didáctica especial de la enseñanza de la Química respecto al experimento químico docente, sus formas de organización, la tarea experimental, los niveles de complejidad, las etapas para la formación de las habilidades experimentales y el acercamiento del experimento a la actividad investigativa. En los procedimientos didácticos propuestos se consideran requerimientos para la dirección (orientación, ejecución y control), la organización a partir de las relaciones objetivo-contenido-tareas experimentales, el desarrollo de las habilidades experimentales (etapas y niveles), evaluación y control. Los resultados expuestos constituyen una propuesta flexible, aplicable a las asignaturas Química General de carreras de las ciencias naturales, ya que permite perfeccionar la formación científica a partir de las prácticas de laboratorio.

Palabras clave: enfoque metodológico, habilidades experimentales, procedimiento didáctico, tareas experimentales.

Abstract

In order to contribute to the research approach in the laboratory practice in the subject General Chemistry, didactic procedures are exposed. These procedures are based on the following elements: the methodological approach to conduct experiments in the Natural Sciences, the special didactic for teaching Chemistry regarding the teaching of the chemical experiment, its forms of organization, the experimental task, the levels of complexity, the stages to train the experimental skills and the connection between the experiment and research. Within the didactic procedures proposed, the requirements for the direction (guidance, execution and control), the organization from the interaction objective-content-experimental tasks, the development of experimental skills (stages and levels), evaluation and control are considered. The results presented constitute a flexible proposal, applicable to General Chemistry in majors related to the natural sciences, since it allows improve the scientific training based on laboratory practices.

Keywords: methodological approach, experimental skills, didactic procedures, experimental tasks.

Introducción

La Química es una ciencia esencialmente experimental, por lo tanto, en su enseñanza la actividad práctica está íntimamente relacionada con el experimento químico docente vinculado a su objeto de estudio, las sustancias y sus transformaciones.

El experimento químico con carácter docente debe brindar a los estudiantes la posibilidad de desarrollar una actividad cognoscitiva que los convierta en investigadores, en las que puedan descubrir fenómenos, aparejado a lo cual deben desarrollar habilidades tanto teóricas como eminentemente experimentales, asociadas a esa actividad [1].

El experimento químico docente desarrolla un papel decisivo en determinados aspectos del proceso de enseñanza de esta ciencia:

- Como fuente de conocimiento.
- Como medio necesario y en ocasiones único para demostrar la validez o no de las hipótesis.
- Como uno de los medios fundamentales para la formación de habilidades y hábitos en esta ciencia.
- Como medio para formar intereses en los alumnos hacia el estudio de las ciencias, desarrollando en ellos el carácter observador, la curiosidad, la iniciativa, la laboriosidad, la creatividad y las aspiraciones para perfeccionar los conocimientos teóricos.

Por su aspecto organizativo se consideran como formas básicas del experimento químico docente: las demostraciones, los experimentos de clase, las prácticas de laboratorios, y los experimentos y observaciones extra docentes. Nuestro trabajo investigativo incluye la práctica de laboratorio por ser la más utilizada en la Educación Superior.

En el Reglamento para el Trabajo Docente y Metodológico en la educación superior[2], la práctica de laboratorio aparece como una forma organizativa de la clase y al respecto se plantea:

“...es el tipo de clase que tiene como objetivos que los estudiantes adquieran las habilidades propias de los métodos y técnicas de trabajo y de la investigación científica; amplíen, profundicen, consoliden, generalicen y comprueben los fundamentos teóricos de la disciplina mediante la experimentación, empleando

para ello los medios necesarios. (...) Como norma, en este tipo de clase se deberá garantizar el trabajo individual de los estudiantes en la ejecución de las tareas previstas.”

En esta definición se precisa su acercamiento a la actividad científica y la forma de organizar el trabajo del alumno. Por ende, la actividad experimental está íntimamente relacionada con el enfoque metodológico en el tratamiento del experimento en las Ciencias Naturales, el cual ha transitado desde un enfoque ilustrativo hasta el investigativo [3].

Trabajos realizados por autores cubanos y extranjeros han tenido como propósito la elaboración de nuevos modelos de enseñanza – aprendizaje y estrategias que apuntan a la utilización del enfoque investigativo [4-6].

En el tratamiento específico del sistema de prácticas de laboratorio como forma del experimento docente y de la clase, utilizando el enfoque investigativo, se reportan resultados para las carreras de ciencias naturales de la Universidad de la Habana [6], en la Sede “Félix Varela” de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas [3], en la carrera de Licenciatura en Educación Química de la Universidad de Holguín [1], entre otros [7-10]. Estos autores han realizado valiosos aportes investigativos centrando su atención en las etapas generales de las estrategias y metodologías propuestas, lo cual presupone un acercamiento a la actividad científica y a la utilización de los métodos de investigación. Por tal razón, es importante potenciar el enfoque investigativo con la utilización de estrategias de aprendizaje y procedimientos didácticos que permitan la relación entre los componentes del proceso de enseñanza – aprendizaje.

En este trabajo se proponen procedimientos didácticos diseñados para contribuir al enfoque investigativo en las prácticas de laboratorio de la asignatura Química General en las carreras de ciencias naturales de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. En la propuesta que se hace se consideraron, para su formulación, requerimientos para la dirección (orientación, ejecución y control), la organización a partir de las relaciones objetivo – contenido – tareas experimentales, el desarrollo de las habilidades experimentales (etapas y niveles) y su evaluación y control.

Fundamentación teórica

El estudio de los fenómenos en las condiciones propias del aula y de los laboratorios, separándose de la naturaleza circundante, constituye un arma valiosa del poderoso método experimental de las ciencias naturales. Rojas Arce en su libro Metodología de la

Enseñanza de la Química [11] consigna la siguiente definición del experimento químico docente:

“Es la reproducción con ayuda de determinados instrumentos especiales de un fenómeno químico, en las condiciones más apropiadas para su estudio con fines docentes”, y más adelante continúa: “sirve a su vez como método de enseñanza y como medio”.

En esta definición se evidencia la diferencia que existe entre el experimento científico y el docente en cuanto al objetivo que ambos persiguen y al proceso al cual se dirigen. En el caso del docente está dado en su aplicación al proceso docente educativo vinculado con los componentes didácticos método – medio (procedimiento).

En el experimento químico docente la observación está dirigida hacia variables relacionadas con el sistema químico, lo cual permite estudiar sus transformaciones referidas a cambios cualitativos en el sistema, como son: cambio de color, formación o desaparición de sólidos, desprendimientos gaseosos, etc., o cuantitativas, relacionadas con magnitudes físicas medibles como masa, concentración, presión, conductividad eléctrica, entre otros [3].

Existen diversas clasificaciones de los experimentos docentes teniendo en cuenta el contenido, las condiciones materiales y las formas en que se organiza la actividad del profesor y del estudiante, siendo esta última la de mayor aceptación. De las formas en las cuales se pueden organizar el experimento químico docente, es la práctica de laboratorio la más empleada en la educación superior en Cuba.

La práctica de laboratorio, al ser una forma de organización de la clase, responde a un objetivo y contenidos determinados. Las tareas experimentales de este tipo de actividad tienen un mayor nivel de complejidad al compararlas con las tareas experimentales empleadas en las otras formas del experimento químico docente, ya que integran contenidos de un tema o varios temas, suelen ser abiertas o semiabiertas, requieren de una búsqueda de información más amplia para proponer diferentes alternativas de solución y exigen una mayor independencia por parte del estudiante tanto en su preparación como en la ejecución, así como contribuyen a la formación y desarrollo de habilidades lógicas generales, investigativas y experimentales (de autodirección, planificación del experimento, ejecución, control y análisis de los resultados).

Materiales y métodos

Para la formulación de los procedimientos didácticos propuestos en este trabajo se emplearon, como métodos de investigación teóricos, el analítico – sintético para el procesamiento de la información asociada al tema a tratar y el histórico – lógico para la identificación de las insuficiencias, regularidades y tendencias del proceso de enseñanza – aprendizaje de la Química General en la carrera Licenciatura en Química de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Como métodos empíricos de investigación fueron empleados la observación sistemática a las actividades experimentales desarrolladas por los estudiantes, entrevistas a profesores y estudiantes y el análisis de los documentos rectores del proceso de enseñanza aprendizaje de la asignatura Química General en la carrera Licenciatura en Química de la universidad antes mencionada.

Resultados y discusión

Procedimientos didácticos para contribuir al enfoque investigativo de las prácticas de laboratorio en la asignatura Química General

Durante la elaboración de los procedimientos didácticos propuestos, para contribuir al enfoque investigativo de las prácticas de laboratorio de la Química General de la carrera Licenciatura en Química, están incluidos los aspectos que a continuación se mencionan.

1. Requerimientos para la dirección (orientación, ejecución y control en las prácticas de laboratorio.

En los requerimientos propuestos se asumen los postulados de la teoría de formación por etapas de las acciones mentales [12], aportes sobre la base orientadora de la actividad [13] y el tratamiento para la solución de problemas y tareas haciendo énfasis en la orientación, ejecución y control [14-16].

La práctica de laboratorio es una forma de organización de la clase y por lo tanto incluye introducción (predomina la orientación y el control), desarrollo (ejecución, orientación y control) y conclusiones (control). Las tareas experimentales son más complejas e integran contenidos de un tema o varios temas, además suelen emplearse tareas abiertas que tienen diversas vías de solución teórica – experimentales, por lo que requieren de una etapa de preparación previa y un control de la misma la cual puede realizarse en una consulta o en la introducción, utilizando una variante escrita u oral.

La experiencia ha demostrado que cuando la consulta se efectúa de forma oral (por pareja o individual), se produce un intercambio con el estudiante que facilita la adecuación de su diseño y aclarar las dudas que pudiera presentar, se siente más responsable con su propuesta, pero tiene como limitante el tiempo disponible tanto como del estudiante como del profesor.

Durante la introducción el profesor comprueba la preparación previa, realiza un intercambio con los estudiantes mediante preguntas, precisando el objetivo de la práctica, la importancia profesional, su vínculo con la vida, los contenidos con los cuales se relaciona (mapa conceptual), las dificultades presentadas con la preparación, el diseño experimental, las condiciones de trabajo en el laboratorio (medidas de seguridad e higiene) y realiza aclaraciones con respecto a la organización de la actividad. En esta etapa el estudiante participa en el intercambio con el profesor, reajusta su diseño y aclara las dudas que le pudieran surgir.

En la figura 1 se detallan acciones a realizar por el profesor y los estudiantes durante la

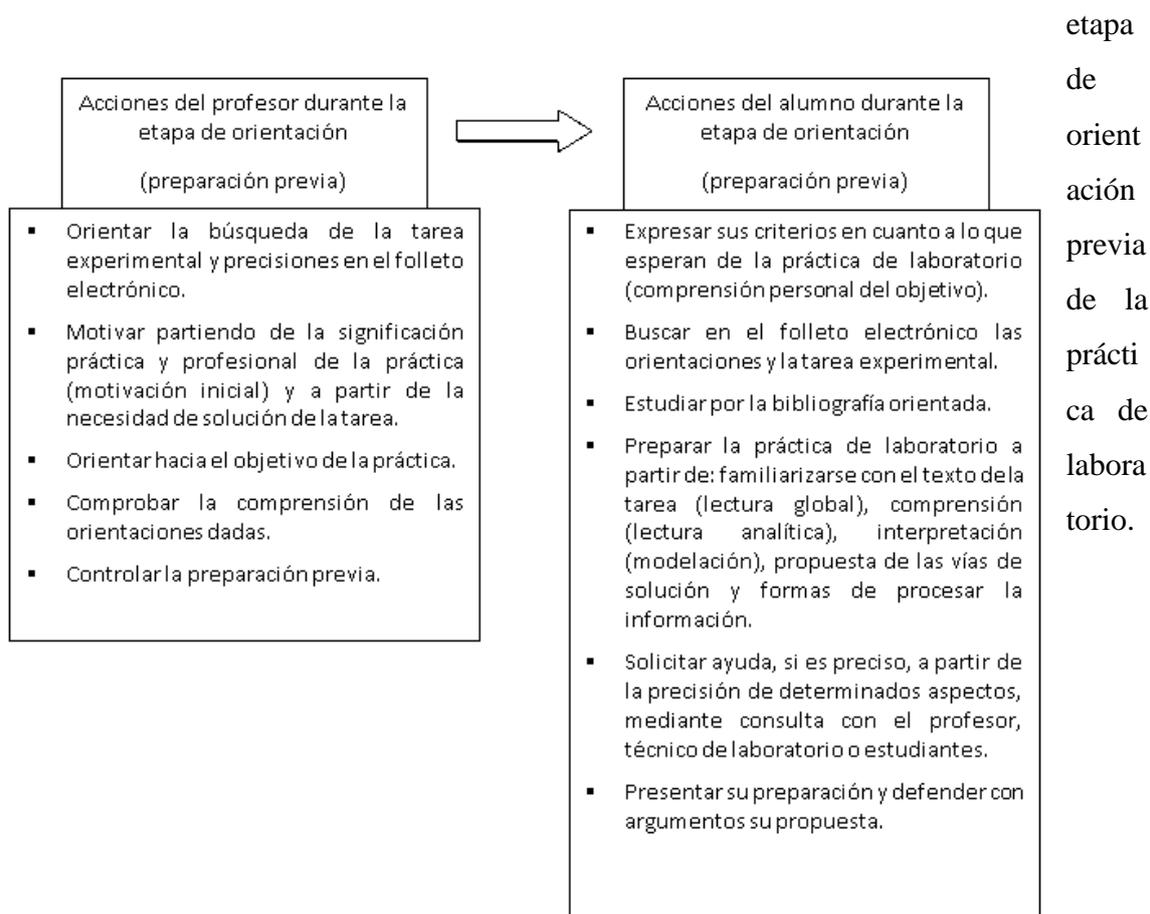


Fig. 1. Acciones a realizar por el profesor y los estudiantes durante la etapa de orientación previa de la práctica de laboratorio

En el desarrollo de la práctica de laboratorio predominan las acciones de orientación y control por parte del profesor, pudiéndose citar las siguientes:

- Control individual al estudiante con la ayuda del técnico de laboratorio, teniendo en cuenta: cumplimiento de su diseño experimental, habilidades experimentales (índice de corrección), procesamiento de la información, disciplina, organización y limpieza del puesto de trabajo, cumplimiento de las medidas de seguridad y protección, cuidado de los medios, etc.
- Intercambio con los estudiantes brindando niveles de ayuda en atención a sus diferencias individuales.

En esta etapa el estudiante realiza acciones de ejecución referidas al experimento siguiendo el diseño propuesto y al procesamiento de la información obtenida, para buscar regularidades que le permitan arribar a conclusiones y un autocontrol que le permita la valoración del proceso y los resultados obtenidos.

2. Desarrollo de las habilidades experimentales

La formación y el desarrollo de las habilidades experimentales deben transitar por una serie de etapas que permitan su iniciación, formación y desarrollo. En esta investigación se tomaron en consideración las etapas propuestas por Rojas Arce [17] y por Basulto Lemus *et al.* [18] al estar relacionadas con este tipo de habilidades y responder a los eslabones didácticos del proceso:

- Creación de las premisas generales y específicas para el objeto dado, lo cual incluye la actualización de los conocimientos, las habilidades y la motivación de la acción.

- Familiarización con la acción, incluyendo el análisis del método correspondiente, mostrar los modelos y los ejemplos característicos de las diferentes operaciones de la acción con la ayuda necesaria (indicaciones) para la ejecución.
- Formación de las habilidades, tomando en consideración la ejecución de ejercicios con un nivel creciente de complejidad, la corrección de las operaciones incorrectamente realizadas, la solución de tareas con limitación en la información sin incorporar elementos de ayuda externa para la realización de la acción.
- Consolidación (perfeccionamiento y desarrollo) de la habilidad, lo cual incluye su aplicación en nuevas situaciones docentes (transferencia de la habilidad), inclusión en acciones más complejas y que constituyen nuevas habilidades en formación, estabilización por ejercicios constantes y, de ser necesario, la transformación de la misma en hábito.

Niveles de complejidad de las tareas experimentales

Las tareas experimentales facilitan la aplicación del método investigativo. Sus niveles de complejidad están en dependencia de la cantidad de información que se le brinda al estudiante, es decir, si conoce o no previamente la pregunta, el método, y/o la respuesta, las exigencias que requieren la etapa de familiarización y el predominio del carácter reproductivo o aplicativo o creativo de la actividad experimental, las etapas para la formación y desarrollo de las habilidades y las formas del experimento químico docente [19].

A continuación, se presenta una propuesta sobre los niveles de complejidad para las tareas experimentales.

Nivel I

Se brinda toda la información necesaria para resolver la tarea (tareas cerradas), la vía de solución es conocida al seguir determinado modelo de actuación, algoritmo, instrucciones detalladas o técnica operatoria (se destacan las acciones en el plano material o materializado); el objeto químico con que se relaciona es sencillo, aunque integre aspectos teóricos y prácticos; los procedimientos que predominan son ejecutivos reproduciendo el modelo planteado. Dentro de este mismo nivel se puede comenzar a introducir diferentes variantes para la realización de la actividad y aspectos relacionados

con el enfoque investigativo (delimitación del objeto químico y su modelación, esquema de acciones experimentales, determinación de las variables, métodos etc.). Ejemplos para este nivel pueden ser la separación de los componentes de una mezcla con un enfoque ilustrativo y la manipulación de los útiles del laboratorio.

Nivel II

En la tarea no se brinda toda la información (semiabiertas o abierta), la cual debe buscarse por diversas fuentes, puede tener varias vías de solución que desde el punto de vista teórico y experimental resulten ser conocidas, pero necesitan ser aplicadas a una situación; el objeto químico con que se relaciona es más complejo en el orden teórico y práctico con respecto al nivel anterior. Los procedimientos ejecutivos se nivelan con los investigativos, predominando el análisis, la comparación y la generalización. La separación de los componentes de una mezcla por una vía investigativa puede ser un ejemplo de lo anterior.

Nivel III

La información que debe emplearse para resolver la tarea puede ser diversa y se requiere su búsqueda por diferentes fuentes (abiertas o semiabiertas), el objeto químico es más complejo desde el punto de vista teórico – experimental que en los niveles anteriores al integrar contenidos, pueden tener alternativas de solución distintas y desconocidas por los estudiantes predominando procedimientos heurísticos. Ejemplos de lo anterior resultan la identificación de sustancias y la construcción de pilas a partir de diferentes problemas experimentales.

3. Organización a partir de las relaciones objetivo – contenido – tareas experimentales

La organización a partir de las relaciones objetivo – contenido – tareas experimentales permite el diseño de las prácticas de laboratorio de la asignatura, lo cual comprende:

- Determinación de necesidades educativas.
- Etapas para la formación de las habilidades experimentales.
- Organización metodológica de los temas, considerando:
 - ✓ Los objetivos del programa y su derivación gradual.
 - ✓ Estudio de los conceptos precedentes.

- ✓ Organización del sistema conceptual en orden jerárquico utilizando los mapas conceptuales o esquemas.
- ✓ Organización del fondo de tiempo (esquema de fondo de tiempo general y de contenido).
- ✓ Relación objetivo – contenido – tarea experimental.

Las tareas experimentales como medios de aplicación del método investigativo.

- ✓ Niveles de complejidad de las tareas experimentales.
- ✓ Selección o diseño del sistema de tareas experimentales.

A continuación, se desarrolla el diseño de una tarea experimental teniendo en cuenta los procedimientos didácticos propuestos.

Práctica de laboratorio “Pila, reacciones redox y electrólisis”

En el laboratorio donde el estudiante realiza su actividad práctica necesita preparar diferentes experiencias de reacciones redox.

Objetivo: Proponer actividades en forma de demostraciones o experimentos de clase relacionados con reacciones redox, pilas y electrólisis para su preparación profesional.

Contenidos precedentes.

Conocimientos: Reacciones redox, medias ecuaciones, forma oxidada, forma reducida, tabla de potenciales de electrodo, potencial estándar de electrodo, variación de potencial de electrodo, reacciones redox espontáneas, y no espontáneas, pilas y electrólisis.

Habilidades:

- Trituración de sólidos.
- Pesada en balanza técnica.
- Montaje de aparato (celda galvánica y electrolítica).
- Manipulación del matraz aforado, y otros útiles.
- Preparación de disoluciones.

En su puesto de trabajo cuenta con una dotación de reactivos y los útiles adecuados que le permitirán realizar tres experimentos relacionados con la propuesta de una reacción redox, la construcción de una pila y un proceso electrolítico de una sal en disolución.

Reactivos: $\text{KMnO}_{4(\text{ac})}$, $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{ac})}$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_{7(\text{ac})}$, $\text{FeCl}_{2(\text{ac})}$, Fe , Zn , $\text{KI}_{(\text{ac})}$, $\text{CuSO}_{4(\text{ac})}$, Cu , $\text{NiCl}_{2(\text{ac})}$, Ni , Al , $\text{AlCl}_{3(\text{ac})}$, $\text{KCl}_{(\text{ac})}$, $\text{KOH}_{(\text{ac})}$, C (grafito), $\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{ac})}$, disoluciones de fenolftaleína, de anaranjado de metilo y de bromotimol azul.

(En el caso del Zn , Cu , Fe , Ni y Al se encuentran en forma de láminas y el grafito en barras cilíndricas).

Útiles: Vasos de precipitados, tubo en U para la electrólisis, conexiones, voltímetro, fuente de corriente, algodón.

- A. Seleccione los útiles y reactivos adecuados que le permitan proponer experimentalmente una reacción redox espontánea considerando las condiciones estándar.
 - a) Plantee las medias ecuaciones y ecuación total.
 - b) Calcule ΔE^0 .
 - c) Compruebe experimentalmente.
- B. Seleccione los útiles y reactivos adecuados bajo condiciones estándar que le permitan construir una pila.
 - a) Represente termodinámicamente la celda galvánica señalando sus partes.
 - b) Escriba las medias ecuaciones y la ecuación total.
 - c) Calcule ΔE^0 .
 - d) Compruebe experimentalmente.
- C. Seleccione los útiles y reactivos necesarios considerando las condiciones estándar y el $\text{pH} = 7$ para producir la electrólisis de una sal en disolución.
 - a) Escriba las posibles reacciones anódicas y catódicas y la ecuación total.
 - b) Seleccione los indicadores ácido – base adecuados para cada electrodo.
 - c) Compruebe experimentalmente.

Nota: Los estudiantes realizarán una preparación previa para la práctica y prepararán una de las disoluciones que deben emplear.

La evaluación y el control de la actividad están en función de todo el proceso y no solamente del resultado final. Se inician con el diagnóstico y están en correspondencia con el procedimiento para la aplicación del método investigativo, el cual se convierte en método general de solución de las tareas y, con los requerimientos para la dirección del proceso, incluye parámetros tales como:

- La comprensión del objetivo de la actividad por parte del estudiante.
- El diagnóstico de los conocimientos y habilidades necesarios para la solución de la tarea.
- Disposición e interés para enfrentar la tarea (motivación).
- La comprensión del texto de la tarea.
- La interpretación de la tarea.
- Las propuestas de vías de solución (teóricas, experimentales, teóricas – experimentales y experimentales virtuales).
- La ejecución de las acciones siguiendo el esquema lógico (calidad de la ejecución).
- Los resultados finales. La valoración de estos resultados y del proceso.

Conclusiones

El estudio teórico del enfoque metodológico en el tratamiento del experimento en las ciencias naturales, la didáctica especial de la enseñanza de la Química respecto al experimento químico docente, sus formas de organización, la tarea experimental, los niveles de complejidad y las etapas para la formación de las habilidades experimentales, el acercamiento del experimento a la actividad investigativa, así como los requerimientos para la dirección, constituyen los fundamentos en que se sustentan los procedimientos didácticos para la contribución a la formación científica a partir de las prácticas de laboratorio, considerando los requerimientos para la dirección (orientación, ejecución y control), su organización a partir las relaciones objetivo – contenido – tareas experimentales, el desarrollo de las habilidades experimentales (etapas y niveles) y la evaluación y el control constituyen una propuesta flexible, para aplicar en la asignatura Química General de las carreras de ciencias naturales.

Referencias bibliográficas

1. MANCEBORIVERO, O. D.; MORENO TOIRAN, G.; MIGUEL GUZMÁN, V. D. "Metodología para la formación experimental del profesional de la carrera Licenciatura en Educación Química". *Rev. Cubana Quím.* 2018, **30**(1), 13–26. ISSN: 224-5421
2. MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR, RESOLUCIÓN No. 210/07: Reglamento para el Trabajo Docente y Metodológico en la educación superior. La Habana, 2007.
3. MACHADO BRAVO, E. M. Estrategia didáctica para integrar las formas del experimento químico docente con un enfoque investigativo. Tesis Doctoral, La Habana, 2005.
4. BARELL, J. *El aprendizaje basado en problemas: un enfoque investigativo*. Buenos Aires: Ediciones Manantial, 1999. ISBN 9789875000315
5. BARÓNGUIÁZÚ, G.; CARBONEL, A. H.; SORIANO, G. A. *El aprendizaje basado en problemas: un enfoque investigativo. Estrategias didácticas*. Buenos Aires: Editorial Dunken, 2014. ISBN 9789875000315
6. NARANJO, A. C.; CASTAÑO, G. V. "El laboratorio químico en apoyo a la formación científica de los estudiantes". *Revista Pedagogía Universitaria*. 2009, **7**(2), 11–21. ISSN 1609-4808.
7. MERINO, J. M.; HERRERO, F. "Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales". *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 2007, **6**(3), 630–648. ISSN 1579 – 1513.
8. HANSON, A. L. "Scientific Method" Through Laboratory Experience". *Journal of Chemical Education*. 1981, **58**(5), 434–435. ISSN 0021-9584.
9. KALIVAS, J. H. "A Service-Learning Project Based on a Research Supportive Curriculum Format in the General Chemistry Laboratory". *Journal of Chemical Education*. 2008, **85**(10), 1410–1415. ISSN 0021-9584.
10. HALL TOMASIK, J. *et al.* "Development and Preliminary Impacts of the Implementation of an Authentic Research-Based Experiment in General Chemistry". *Journal of Chemical Education*. 2013, **90**(9), 1155–1161. ISSN 0021-9584.

11. ROJASARCE, C.;GARCÍALEYVA, L.; ALVAREZDÍAZ, A.*Metodología de la enseñanza de la química*.2^{da} edición.La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 2010.
12. GALPERÍN, P. Y.Teoría de la formación por etapas de las acciones mentales. Moscú: Editorial MGY, 1995.
13. TALÍZINA, N.*Psicología de la enseñanza*. Moscú: Editorial Progreso, 1988. ISBN 9785010006228.
14. CAMPISTROUS, L.;RIZO,C. *Aprender a resolver problemas aritméticos*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1996.
15. SARDUY, A. F. L. Pensamiento: análisis y autorregulación de la actividad cognoscitiva de los alumnos. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1996.
16. LABARRERESARDUY, A. F.;QUINTANILLAGATICA,M. R.“La solución de problemas científicos en el aula: reflexiones desde los planos de análisis y desarrollo”,*Revista Pensamiento Educativo*. 2002,**30**(1), 121–137.ISSN0719-0409.
17. ROJASARCE, C. “Algunas consideraciones sobre el problema de desarrollo de las habilidades experimentales en los estudiantes de la Licenciatura en Educación, especialidad Química”. *Revista Varona*. 1988,**20**, 61. ISSN 0864-196X (P)
18. BASULTO LEMUS, Y.*et al.*“Metodología para la formación de las habilidades experimentales específicas de la disciplina Métodos de Análisis Químico desde una perspectiva investigativa”. *Revista cubana de Química*. 2006, **18** (2), 130 – 139. ISSN 0258 – 5995.
19. LÓPEZRUA, A. M.;TAMAYOALZATE,Ó. E.“Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales”.*Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. 2012, **8**(1), 45–166. ISSN 0185-1284.