



TRABAJOS PRÁCTICOS EN MICROESCALA COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA EN CURSOS DE QUÍMICA DE EDUCACIÓN MEDIA PRACTICAL WORK MICROSCALE-BASED AS A TEACHING STRATEGIE IN HIGH SCHOOL CHEMISTRY COURSES

Volumen 13, Número 2

Mayo - Agosto

pp. 1-19

Este número se publicó el 30 de mayo de 2013

Abdiel Aponte Rojas
Richard Aguilar González
Ilsa Austin de Sánchez

Revista indizada en [REDALYC](#), [SCIELO](#)

Revista distribuida en las bases de datos:

[CATÁLOGO DE LATINDEX](#), [IRESIE](#), [CLASE](#), [DIALNET](#), [DOAJ](#), [E-REVIST@S](#),
[SHERPA/ROMEO](#), [QUALIS](#)

Revista registrada en los directorios:

[ULRICH'S](#), [REDIE](#), [RINACE](#), [OEI](#), [MAESTROTECA](#), [PREAL](#), [CLASCO](#)

Los contenidos de este artículo están bajo una licencia [Creative Commons](#)



TRABAJOS PRÁCTICOS EN MICROESCALA COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA EN CURSOS DE QUÍMICA DE EDUCACIÓN MEDIA

PRACTICAL WORK MICROSCALE-BASED AS A TEACHING STRATEGIE IN HIGH SCHOOL CHEMISTRY COURSES

Abdiel Aponte Rojas¹
Richard Aguilar González²
Ilsa Austin de Sánchez³

Resumen: En este artículo se presenta una propuesta de renovación de los Trabajos Prácticos (TP) que tradicionalmente se desarrollan en los cursos de Química de la enseñanza media en Panamá. Para tales fines, junto con explorar la actitud y la motivación de los estudiantes hacia el trabajo experimental, se realiza una investigación etnográfica, que se aplican dentro de un diseño de TP centrados en la actividad de estudiantes de 12^o de colegios oficiales del país, durante el año escolar 2010. Se priorizan no solo aspectos conceptuales, sino que se busca el balance adecuado de estos con los contenidos procedimentales y actitudinales. También, se ofrece a los profesores la oportunidad de valorar la experimentación en microescala, en términos del tiempo de ejecución y las etapas del ciclo de aprendizaje que cubren durante cada sesión. Se utiliza la investigación-acción como método de investigación, apoyada en la recolección de información mediante grabaciones de audio y video, fotografías, notas de campo, entrevistas y encuestas. Una vez triangulada la información, se concluye que la microescala y el enfoque didáctico resultan apropiados para el trabajo experimental, pues se evidencian las bondades de la técnica, su ajuste eficiente al tiempo establecido para cada periodo de laboratorio y, se crean espacios de aprendizaje que se aproximan al ambiente que rodea el quehacer científico. Finalmente, la investigación conduce a la reflexión docente, al mirar su propia práctica como una alternativa válida para desarrollar un modelo de perfeccionamiento profesional.

Palabras clave: TRABAJOS PRÁCTICOS, MICROESCALA, INVESTIGACIÓN-ACCIÓN, QUÍMICA, ENFOQUE DIDÁCTICO, PANAMÁ

Abstract: This article presents a proposal for the renewal of practical works that have traditionally been applied in chemistry courses in Panamanian high schools. These practices serve such purposes as, exploring the attitudes and motivation of students for experimental work, as well as, developing ethnographic research, which are applied in a design of practical works focused on the activity of 12th grade students from state schools of the country, during the year 2010. Priority is given not only to conceptual issues, but also in obtaining a balance of these aspects with the procedural and attitudinal contents. It also offers a scenario for teachers to experience and evaluate microscale techniques in terms of execution time, and the stages of learning that must be covered during each session. Action research methodologies were used based on the collection of information through audio/video recordings, photographs, field notes, interviews and surveys. Once triangulated, the information concluded that the microscale and the teaching approach are suitable for experimental work. The reasons for this statement are based on methodical benefits obtained by this technique and its efficient adjustment in the time established for each practical work. Also, the environment created in this type of activity and its resemblance of realistic actual scientific work. Finally, participation in this research led the teachers to reflect on their own practices as a valid alternative to develop a general model for professional growth.

Keywords: PRACTICAL WORKS, MICROSCALE, ACTION-RESEARCH, CHEMISTRY, DIDACTIC APPROACH, PANAMA

¹ Labora como docente en la Universidad de Panamá. Director del Centro de Investigaciones para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas (CIMECNE). Doctor en Química. Especialista en Docencia Superior. Dirección electrónica: habyel@yahoo.com

² Investigador del Centro de Investigaciones para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas (CIMECNE), Panamá. Licenciado en Docencia de Química. Dirección electrónica: Ryychard1407@hotmail.com

³ Labora en la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Panamá. Magister en Educación-Especialidad Didáctica de las Ciencias. Especialista en Indagación en la Enseñanza de las Ciencias. Dirección electrónica: ilsaustin23@gmail.com

Artículo recibido: 13 de diciembre, 2012

Aprobado: 25 de abril, 2013

1. INTRODUCCIÓN

En Panamá, los cursos de Química se inician en el décimo grado de bachillerato, con un currículo organizado en módulos temáticos, donde el profesorado es el centro del proceso docente. En los últimos años hemos centrado nuestro interés en la adecuación de un modo de empleo del laboratorio que supere las dificultades identificadas para su realización, derivadas principalmente de la rigidez del horario, carencia de infraestructura y recursos, así como el elevado número de alumnos y la ausencia de un profesor asistente durante las prácticas.

La manera tradicional de realizar un experimento poco tiene que ver con la forma real que seguiría un científico; el tema a investigar lo decide el docente, a partir de fuentes bibliográficas diversas, sin que exista una estructuración que le permita al estudiante comprometerse activamente en la construcción de ideas y de explicaciones y tener la oportunidad para desarrollar la capacidad de hacer ciencia y conocer cómo esta funciona. Por el contrario, los objetivos docentes se centran en una comprobación práctica de los principios teóricos.

En el duodécimo grado del Bachillerato en Ciencias, semanalmente se cuenta con 4 horas-clase, con una duración de 37 minutos cada una y, generalmente, un periodo de laboratorio se desarrolla en un espacio de 2 horas-clase. La frecuencia de visitas al laboratorio durante el periodo escolar depende directamente del profesor. Tomando en cuenta estos antecedentes, se introduce el uso de una Guía de Trabajos Prácticos, "Experimentos de Química en Microescala para Nivel Medio", bajo un enfoque didáctico no tradicional, con experimentos diseñados a partir de los contenidos del programa de Química vigente, del Ministerio de Educación de Panamá.

La química en microescala ha tenido un desarrollo importante en América Latina en el último tiempo (Ibáñez, 2005), situación que ha favorecido la interacción y aplicación de estos trabajos en la docencia. La microescala consiste en técnicas donde se busca la reducción de la cantidad de reactivos químicos utilizados a su mínima expresión, suficiente para que los experimentos puedan ser efectivamente realizados, con un impacto mínimo en el ambiente, a través de la generación de cantidades mínimas de residuos. Entre sus ventajas pedagógicas se destacan la oportunidad para el aprendizaje colaborativo y su flexibilidad, ya que no es más difícil de aprender o de aplicar que las técnicas convencionales e incluso algunas son más sencillas y los aparatos más fáciles de armar. En general, la habilidad y el cuidado en el

manejo de sustancias Químicas y la atención de los alumnos tiende a acrecentarse más y los niveles de autoconfianza y satisfacción del estudiante aumentan. Abdullah y col., (2009), informaron que estudiantes y profesores de colegios secundarios de Malasia mostraban una actitud positiva hacia los experimentos en microescala y que estas prácticas contribuían a incrementar la comprensión de los conceptos químicos.

La presente investigación se desarrolla desde una perspectiva cualitativa, mediante la cual se pretende conocer el impacto escolar que tiene la aplicación de un enfoque constructivista de la enseñanza en el laboratorio de Química, en un ambiente de aprendizaje que refleje los procedimientos de la ciencia y la indagación científica como contexto adecuado. Esto, a través de la interpretación de las interacciones que ocurren naturalmente en el entorno escolar, entre los estudiantes y con el profesor. Se pretende que el estudiante construya significados actuando en un entorno estructurado e interactuando con otros compañeros de forma intencional, con estrategias integradoras centradas en sus intereses.

Dentro de este marco, la investigación-acción⁴ (I-A) se constituye como guía para evaluar la práctica educativa, pues desde sus diversos enfoques permite implementar estrategias de acción que, sometidas a la observación, conducen a la reflexión y al cambio (Suárez, 2002, García-Carmona, 2009, Latorre, 2012). Por tanto, la I-A como método puede producir resultados precisos, en función de los objetivos formulados, dirigidos a reconstruir las prácticas y los discursos educativos, pues el propósito fundamental de la investigación-acción no es tanto la generación de conocimiento como el cuestionar las prácticas sociales y los valores que las integran con la finalidad de explicitarlos.

Este tipo de investigación responde a un supuesto epistemológico, según el cual la persona es actuante y responsable de la transformación de su propio espacio, por lo que es óptimo contar con un acompañamiento externo que comparta, reflexione y aporte críticamente a los procesos de investigación gestados en el marco de las necesidades, intereses y expectativas propuestas por quienes realizan la investigación.

Como técnica para direccionar la investigación se recurre a la triangulación⁵, que supone un instrumento de contrastación (datos, informaciones, incidencias, errores) efectivo siempre y cuando se incorpore el diálogo de las interpretaciones existentes sobre las

⁴ El propósito de la investigación-acción, en comparación con gran parte de la investigación tradicional o fundamental, es resolver los problemas diarios inmediatos y acuciantes de los profesionales en ejercicio.

⁵ La triangulación valora el papel del profesor, del alumno y del propio acontecer de los procesos de enseñanza y aprendizaje a través de un observador.

acciones que se comparten en el aula y que, posteriormente, permitirán reconstruir una valoración integral de la experiencia. La triangulación de investigador significa que se emplean múltiples observadores, lo que remueve el sesgo potencial que proviene de una sola persona y se asegura una considerable confiabilidad en las observaciones. Si un colega reporta la misma clase de observación que otro, sin consulta previa, se incrementa la confianza. Es, pues, un buen indicador de si lo trabajado responde a una estrategia innovadora, coherente con el enfoque didáctico planificado.

2. REFERENTE TEÓRICO

La Química moderna surgió con los trabajos experimentales, que progresivamente se incorporan en los estudios de pregrado hacia el siglo XVIII. Después de una época marcada por el renacimiento de la enseñanza experimental, se comienza a cuestionar su efectividad y objetivos, lo que origina una pérdida del interés por los trabajos prácticos. No obstante, esta situación abrió el camino para la investigación sobre su verdadero rol en la enseñanza de las ciencias. En los albores del siglo XXI, se experimenta una nueva era de reformas en la educación científica, donde el contenido y la pedagogía de la ciencia son objeto de interés en la sociedad, en medio de la cual surgen nuevos estándares, dirigidos a moldear y fortalecer la educación científica (Hofstein y Lunetta, 2004).

Existen diversos planteamientos sobre los objetivos y funciones característicos de los TP. Se propone, entre otras cosas, promover actitudes científicas, comprender cómo funciona la ciencia y cómo trabajan los científicos, desarrollar competencias técnicas, promover el razonamiento práctico, proporcionar aspectos ilustrativos de conceptos y desarrollar las funciones investigativas, teórica y práctica (Caamaño, 2005, Molina y col., 2006; Hofstein y Mamlock-Naaman, 2007, Flores y col., 2009).

Los TP deberían reflejar la tarea del científico y, por lo tanto, facilitar la construcción del conocimiento en un sentido amplio. Sin embargo, la realidad educativa muestra que las actividades experimentales son poco frecuentes o presentan un diseño limitado a "recetas" o simplemente a mostrar algo.

Las investigaciones dirigidas a evaluar el rol de los TP en el laboratorio de Química dan cuenta de trabajos con distintos niveles de estructuración, diseñados en función de cuáles son las cuestiones sobre las que trata y cuáles las orientaciones que se ofrecen o no a los estudiantes. Así, los TP aparecen como ejercicios procedimentales, experiencias,

experiencias ilustrativas, protocolo tipo receta, actividades de comprobación y resolución de problemas experimentales (Tenreiro y Vieira, 2006; Merino y Herrero, 2007). También se destaca cómo mediante la clasificación de los TP, en función de cuatro niveles de abertura de indagación (0, 1, 2 y 3), se pueden caracterizar las actividades que aparecen en textos de laboratorio, de acuerdo con el grado de autonomía de los estudiantes (Buck y col., 2008). Sobre esta escala, se considera que debe ser vista como un continuo, donde los alumnos progresan desde los niveles más bajos hacia los de mayor demanda cognitiva (Bell y col., 2008). En general, para estos niveles se han descrito ejercicios, investigaciones estructuradas, investigaciones abiertas y proyectos, que son determinados a partir de las tareas que los estudiantes deben realizar.

En el campo educativo, la indagación científica del modo en que se describe constituye un camino plausible mediante el cual el alumno puede construir su propio conocimiento, pensar acerca de lo que sabe, y acerca de cómo lo ha llegado a saber y por qué, mejorando su comprensión acerca de los procesos que llevan a los científicos a generar conocimiento. Aumenta, así, la comprensión científica del alumno, su participación y motivación en actividades científicas, mejorándose el nivel de la educación general (Schwartz y col., 2004). Según Caamaño (2011), la enseñanza de la Química debería conseguir integrar contextualización, indagación y modelización como procesos imprescindibles en el aprendizaje de la competencia científica.

Las fases de la estrategia indagatoria son cuatro, a saber:

- a. Etapa de focalización: En esta primera etapa el protagonismo lo tienen los alumnos que exploran y explicitan sus ideas respecto a la temática, problema o pregunta a investigar propuesta por el docente. Estas ideas previas son puestas a prueba en la experimentación o exploración y son necesarias para la adquisición de aprendizajes que tienen significado real para los estudiantes. Es necesario, en esta etapa, iniciar la actividad con una o más preguntas motivadoras, que permitan al docente recoger las ideas previas de los estudiantes acerca del tema en cuestión. Es fundamental para el éxito del proceso de aprendizaje que los alumnos puedan contrastar sus ideas previas con los resultados de la exploración que sigue.
- b. Etapa de exploración: Esta etapa se inicia con la discusión y realización de una experiencia cuidadosamente elegida por el docente que permita comprobar si las ideas

previas de los estudiantes se ajustan o no a lo que ocurre en la realidad. En esta etapa es importante que gradualmente se le permita a los discentes adquirir autonomía en el diseño e implementación de procedimientos, es decir, que sean los propios estudiantes, apoyados por el docente, quienes diseñen procedimientos para probar sus hipótesis. Al igual que en el trabajo de los científicos, es fundamental el registro de todas las observaciones realizadas.

- c. Etapa de reflexión, comparación o contraste: En este punto se confrontan las predicciones realizadas por los estudiantes con los resultados obtenidos, y elaboran sus propias conclusiones con respecto a la situación o problema analizado. Es el momento ideal para que el docente introduzca algunos conceptos adicionales, terminología asociada, etc., que ahora tendrán sentido y significado para el estudiante. Es importante que los estudiantes realicen los registros de los resultados obtenidos y que con sus propias palabras expliquen los aprendizajes que ellos han obtenido de la experiencia y que luego, compartan esos aprendizajes a través de una plenaria para establecer ciertos consensos relacionados al tema tratado. Así, los conceptos se construyen entre todos, partiendo desde los estudiantes, sin necesidad de ser impuestos por el docente previamente.
- d. Etapa de aplicación: El foco de esta etapa es el de brindarle espacios al estudiante para que afirme su aprendizaje ante nuevas situaciones, de manera que pueda asociarlo y aplicarlo en acontecimientos del diario vivir. Esta etapa permite al docente comprobar si los estudiantes han internalizado de manera efectiva ese aprendizaje. Esto se puede lograr a través de extensiones de la experiencia realizada, investigaciones o correlaciones con otras materias, que les permitan a los alumnos aplicar y transferir lo aprendido a situaciones nuevas, logrando un aprendizaje profundo.

3. METODOLOGÍA

Se realiza un estudio etnográfico del comportamiento de los estudiantes en el contexto escolar, dentro del marco de un enfoque didáctico bajo el cual se organiza el trabajo práctico que realizan estudiantes de educación media de 12º, de colegios oficiales del país.

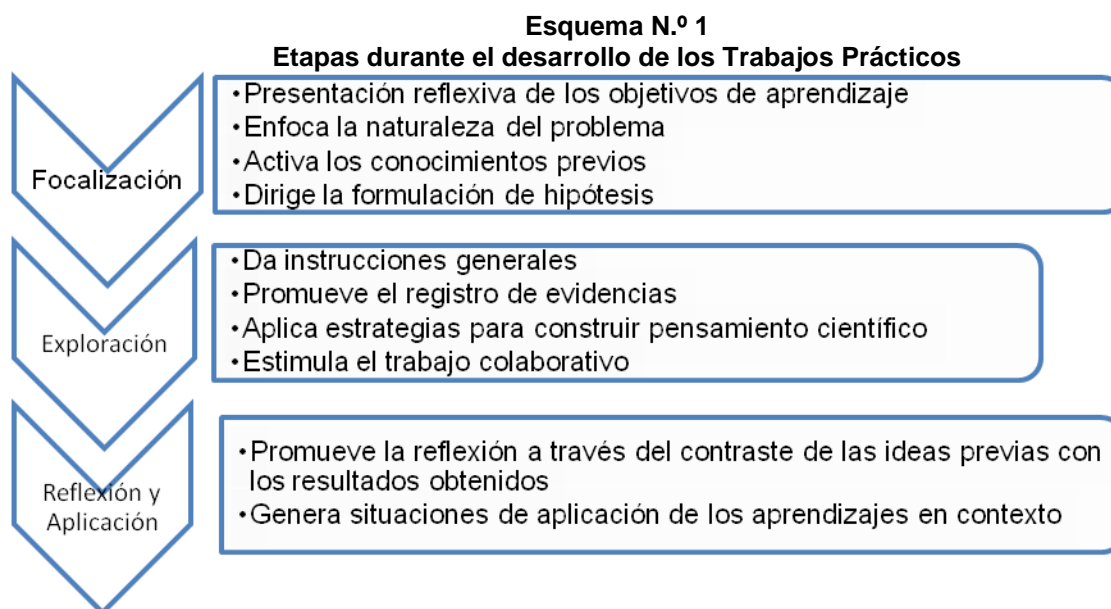
Un total de 314 estudiantes, con edades entre 17 y 18 años, participaron en el estudio. Se seleccionaron 5 profesores encargados de la cátedra de Química en sus respectivos

colegios, de los cuales uno hizo la función de grupo control y trabajó de la forma habitual. Los profesores fueron capacitados tanto en los aspectos metodológicos como en las técnicas de microescala, previo al inicio del proyecto. La ubicación geográfica de los colegios correspondía a distintas regiones educativas del país. Tres colegios pertenecían a la región de Panamá Centro, uno a la región de Panamá Oeste (a 93 km de la capital) y otro a la región de Veraguas (a 253 km de la capital). La distribución de las regiones, a nivel nacional, se muestra en la Figura N.º 1.



Fuente: Proyecto Conéctate al conocimiento. SENACYT (2009).

La dotación de material requerida en el laboratorio de cada colegio fue la normal de cualquier laboratorio escolar de un centro de enseñanza media. Los contenidos curriculares para el 12º incluyeron los siguientes temas: intercambio de energía, disoluciones, estado gaseoso, cinética y equilibrio químico. Además, se definieron las etapas para el desarrollo de cada sesión experimental y estas se muestran en el Esquema N.º 1.

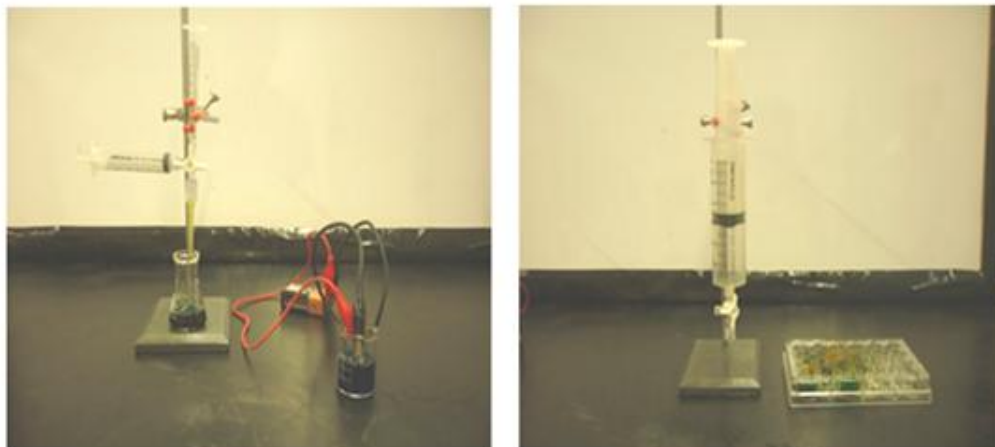


Fuente: Elaboración propia del autor (2012)

El enfoque didáctico se implementó durante el año lectivo 2010, con miras a ajustarlo y mejorarlo permanentemente durante el proceso. A continuación se describen las acciones realizadas para tales fines:

- Diseño de una guía de experimentos para nivel medio y evaluación de su uso en la promoción de habilidades científicas, utilizando la técnica de Química en microescala, herramienta operacional que se ilustra en la Figura N.º 2 mediante diversos sistemas y montajes.

Figura N.º 2
Sistemas en microescala



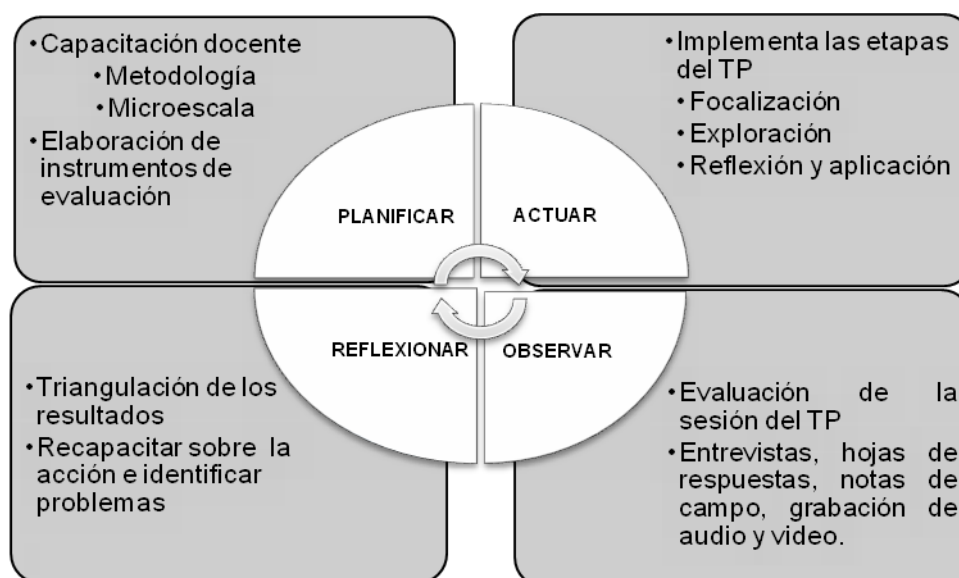
De izquierda a derecha: sistema de microtitulación, sistema de electrocoagulación de aguas residuales, sistema de obtención de gases y microplato de cavidades para pruebas a la gota.

- Se hicieron entrevistas a los estudiantes como instrumento de evaluación que permitirá evaluar su percepción durante el desarrollo de los TP. También, se les aplicó un cuestionario con preguntas específicas sobre las particularidades de la guía, con la finalidad de advertir si hay un acercamiento a los métodos de elaboración de la ciencia.
- Observación sistemática de la actividad de estudiantes y profesores, mediante grabaciones de audio y video, fotografías y notas de campo, recogidas durante las visitas a las que asistían al menos tres observadores. Se utilizó como recurso de análisis de las interacciones de aula, una pauta de observación de video que le permitiera al profesor conocer las dimensiones relevantes de sus acciones, para el logro de aprendizajes de calidad, así como para mejorar su práctica pedagógica. Periódicamente se revisaban las grabaciones, individualmente y en grupo, para evaluar fortalezas y áreas de oportunidad y establecer el nuevo plan de acción.
- Valoración de los logros de aprendizaje de los estudiantes en el transcurso del proyecto, a través de la observación directa del desempeño y de las hojas de reporte completadas (bajo el título de "Con qué me quedo"), que al final de cada sesión experimental se entregaban al equipo investigador. Las preguntas incluidas en este apartado apuntaban a obtener información sobre las siguientes cuestiones generales:

¿Cuál fue el principal reto instrumental del experimento, cómo lo resolviste?; finalizada esta experiencia, ¿En qué tienes confusión todavía? y ¿Qué aprendiste hoy?

- Comparación con el grupo control, al cual no se le aplicó el enfoque didáctico; no obstante, fue monitoreado durante el mismo lapso que los grupos experimentales.
- Evaluación de la investigación-acción, según se muestra en el Esquema N.º 2, como una metodología idónea en el desarrollo profesional del docente-investigador, mediante la reflexión y autoevaluación de su propia práctica, apoyado en el uso del portafolio y en las grabaciones de sus sesiones experimentales.

Esquema N.º 2
Investigación-Acción



Fuente: Elaboración propia del autor (2012)

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

La información proporcionada desde las entrevistas iniciales dejó ver que un grupo de estudiantes no realizó trabajos prácticos en los años anteriores, 10º y 11º o lo hacían con muy poca frecuencia, pues las horas de laboratorio se utilizaban para dar "teoría". Esta

situación resulta alarmante en dos direcciones, primero, porque evidencia el pobre rol que se le otorga al laboratorio y, segundo, porque un estudiante de educación media puede culminar un Bachillerato en Ciencias sin haber empleado el laboratorio de Química como espacio de aprendizaje y desarrollo de habilidades científicas para sus estudios posteriores. La situación antes descrita podría constituirse, además, en una causa de desmotivación hacia la Química y hacia la ciencia en general.

Esta deficiente utilización del laboratorio en años precedentes se tradujo, en términos generales, en un obstáculo para el desempeño de los estudiantes, pues el grado de apertura propuesto para los experimentos demandaba procesos cognitivos de mayor orden que la simple obtención o no de resultados correctos. La dinámica de la investigación-acción permitió hacer los ajustes pertinentes, en conjunto con los docentes, con miras a trabajar en las debilidades detectadas, que incluían la falta de manipulación de materiales e instrumentos de uso común, así como seguir un método de trabajo.

Los TP se diseñaron con un grado de apertura dosificado, según la cantidad de intervención por parte del profesor y la participación del alumno (Jiménez y col., 2005), permitiéndole a este último reconstruir su conocimiento, a través de preguntas orientadoras dirigidas a activar sus ideas previas dentro de un contexto cercano a sus intereses. El formato de los experimentos seguía la secuencia de apartados de la Figura N.º 3.

Figura N.º 3
Apartados de la Guía de Trabajos Prácticos



En la dinámica de la sesión experimental, el profesor ofrecía al estudiante un espacio para formular, en equipo y previa lectura del contexto y procedimiento, una hipótesis sobre la temática definida en el TP, que confrontaría posteriormente con las observaciones y datos empíricos obtenidos, que al final le llevaría a reflexionar y a extraer sus conclusiones. En este sentido, nuestro enfoque involucra al estudiante a pensar más allá que en el desarrollo de destrezas manipulativas. Al respecto, se ha descrito, después de analizar los formatos de diferentes textos en distintas épocas, que pocas veces se permite a los jóvenes el planteamiento de hipótesis de trabajo o la planificación de experiencias a fin de comprobar sus propias hipótesis (Lacolla, 2005).

Concluida la sesión experimental y, a partir de las hojas de reporte completadas y entregadas al equipo investigador, se observó que los estudiantes, en las etapas iniciales del proyecto, no tenían claridad en el marco teórico de la situación experimental, no mostraban aptitud para su interpretación lógica y los términos que utilizaban en sus descripciones eran vagos y confusos, lo que les dificultaba un enunciado operacional válido para hacer su predicción. La formulación de cualquier hipótesis debe respetar la manera en que se escribe y si las ideas básicas para su generación, en un contexto de descubrimiento, están ausentes, es muy poco probable que el alumno tenga claridad en cuanto al problema científico que está abordando. Esta situación puede deberse a la forma como se enseñó el método científico, en los años escolares previos, sin entrenar al estudiante en las estrategias y actitudes científicas implícitas en el mismo.

Hay que destacar que en el transcurso del proceso se notaron algunos avances por parte de los estudiantes en la identificación de ciertos aspectos específicos implícitos en una hipótesis, como su carácter de respuesta tentativa a un problema, en un contexto científico, la relación de variables que debe plantear y su consistencia con hechos ya conocidos. No obstante, al pedirles que contrastaran sus hipótesis iniciales con los resultados experimentales obtenidos, ellos no lograban explicar satisfactoriamente cuáles de sus predicciones se verificaban con la evidencia recogida ni tampoco ofrecían justificaciones del porqué sus hallazgos validaban la hipótesis inicial.

Con respecto a los contenidos procedimentales, las hojas de reporte de las guías contenían preguntas sobre los retos operacionales (destrezas manuales, manipulación, ensamblaje, habilidades instrumentales) que afrontaban los estudiantes durante el desarrollo

del experimento y la forma en que lograban resolverlos. La pregunta indicaba: ¿Cuál fue el principal reto instrumental del experimento, cómo lo resolviste?

En este caso, la interpretación incorrecta de la pregunta les hizo desviar el sentido e hicieron anotaciones sobre aquellos aspectos conceptuales del experimento que reconocían no entender. Esta situación marca claramente que el estudiante no distingue entre contenido conceptual (saber qué) y procedimental (saber cómo). Con relación al conocimiento procedimental del alumno, existen capacidades vinculadas con clasificar datos empíricos, inferir inductivamente, inferir con el pensamiento proporcional, controlar variables o formular hipótesis que han mostrado ser determinantes para aprender ciencias (Marín y Soto, 2012).

Después de identificar el problema anterior, se procedió a la realimentación docente, como parte de la reflexión dentro del ciclo de investigación-acción, y se pudo mejorar el nivel de comprensión de los estudiantes acerca de los contenidos procedimentales y su importancia, lo que condujo a un avance en el desarrollo de sus capacidades para distinguir situaciones procedimentales específicas que les permitieran abordar integralmente el fenómeno que estudiaban. Este avance se puede traducir en la internalización, a través de sus respuestas en las hojas de trabajo, de la forma en como se comporta un científico frente a las dificultades que surgen durante una investigación y ante las cuales es necesario generar soluciones para continuar con el proceso.

Cuestionados sobre las confusiones que persistían después de realizar el TP, mediante la interrogante: Finalizada esta experiencia, ¿En qué tienes confusión todavía?, los estudiantes, por lo general, dejaron ver sus limitaciones en la interpretación del fenómeno que estaban estudiando, lo que sugirió, en ocasiones, un vacío conceptual. Incluso en la forma de comunicar y especificar sus dudas fue latente esta situación, que mejoró ligeramente a medida que el estudiante pudo vivenciar, en sus prácticas posteriores, que la actividad de laboratorio posee una consistencia interna, que le permite discriminar y explicar detalles, asociados a contenidos conceptuales y procedimentales. En el modelo aplicado, la realización del experimento era posterior a la clase teórica.

Para terminar, cuando los estudiantes expresaron los aprendizajes que creían haber alcanzado durante el TP, regularmente, se refirieron a aprendizajes de habilidades y destrezas técnicas. Estos resultados están de acuerdo con la percepción que existe entre los alumnos sobre el propósito del trabajo de laboratorio, lo que hace que se concentren en la idea de manipular instrumentos más que manejar ideas (Hofstein y Lunetta, 2004).

En sus hojas de reporte posteriores, los estudiantes incluyeron aspectos conceptuales y actitudinales dentro de sus anotaciones, lo que sugiere que los profesores hicieron un esfuerzo efectivo por puntualizar el propósito que tiene el laboratorio de Química como espacio de aprendizaje integral.

Con respecto a la guía de trabajo, se indagó sobre su formato y apartados, a partir de las entrevistas personales recogidas durante las visitas de campo y un cuestionario aplicado a los estudiantes al finalizar el proyecto. Las opiniones indican que el lenguaje utilizado en la guía es sencillo, conforme para el nivel, que la redacción se entiende, es concisa con lo que se tiene que hacer y que las preguntas son buenas y diferentes a las que conocían de algunas guías utilizadas con anterioridad, pues el estudiante tiene que estar pendiente de lo que está haciendo para poder contestarlas. Del mismo modo, se puede destacar que la guía de laboratorio tiene títulos adecuados y que el contexto del experimento es ameno e interesante.

Con relación a la técnica de microescala, los estudiantes señalan que los experimentos son cortos, novedosos y se pueden realizar en el tiempo disponible, lo que les permite, además, ir más seguido al laboratorio. También, informan que la serie de TP les llama más la atención por el uso de materiales comunes, la motivación que genera en el grupo y porque le prestan más atención, pues exige mayor concentración de su parte. De igual manera, señalan que la connotación verde de la microescala les hace sentir que están ayudando a cuidar del planeta, al mismo tiempo que aprenden Química de una forma diferente. Por lo general, los estudiantes comentaron su preferencia a estar en el laboratorio que atender las clases de teoría.

El uso del equipo de video, mediante la grabación con una cámara fija y otra móvil, permitió el registro de las interacciones humanas dentro del laboratorio. El tiempo de grabación aproximado para cada sesión, tres en total para cada docente, fue de 50 minutos.

Posteriormente, se revisaron las sesiones de cada profesor y, atendiendo a los criterios de la pauta de observación, se obtuvo una reconstrucción representativa de cada sesión grabada. Estas observaciones se complementaron con las notas de campo, entrevistas y fotografías que, como inventario cultural, se utilizaron para revisar los momentos esenciales cuando los estudiantes, guiados por el profesor, estaban trabajando.

A partir de la triangulación de los registros de información, se observó que conforme se avanzaba en la implementación del enfoque didáctico de los TP, el profesor otorgaba mayor

espacio al estudiante para que construyera su hipótesis y promovía activamente la capacidad de observación y descripción de evidencias por parte de este, con énfasis en el uso del lenguaje químico apropiado, en lugar de expresiones cotidianas, no depuradas y, tradicionalmente, con mayor arraigo.

De igual forma, se percibe que el profesor adquiere conciencia de los momentos implícitos durante el trabajo de laboratorio, focalización, exploración y reflexión-aplicación, internalizando su importancia para el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes, de modo que consigue organizar mejor su trabajo, apoyado en la guía de TP estructurada para tal fin. El profesor, paulatinamente, hizo uso de preguntas que invitaban a los estudiantes a reflexionar o que originaban explicaciones por parte de ellos. Este progreso, en la interacción profesor-estudiante, también se reflejó en un fomento de la reflexión intragrupal, que permitió abrir canales de comunicación naturales, que fueron restándole el protagonismo clásico que asume el profesor.

Permanentemente, los profesores mostraron imparcialidad en su trato a los estudiantes y una forma cortés de llamarles la atención. No hubo situaciones críticas que dieran lugar a episodios inapropiados o fuera de control en alguna de las sesiones filmadas.

El grupo que sirvió como control mostró que los estudiantes no tenían ideas claras de lo que estaban haciendo y su actitud, en algunos casos, resultó negativa en cuanto a la organización del trabajo, pues se entretenían en otras actividades. La falta de planificación, debida al tiempo insuficiente, la escasez de materiales, las condiciones del laboratorio y el gran número de estudiantes por salón se encuentran entre las variables que se convirtieron en obstáculos para un mejor desempeño, de acuerdo con la percepción del docente. En general, se verificó mediante las observaciones que los alumnos seguían los manuales, o cualquier guía propuesta, como las típicas "recetas de cocina", lo que hace suponer que han asimilado un rol ampliamente extendido de seguir instrucciones y obtener la respuesta correcta, una posición tradicional y parte de la crítica educativa sobre los objetivos de las prácticas de laboratorio en los cursos de Química.

Cuestionados sobre el rol del profesor durante las sesiones, los estudiantes manifestaron que bajo este enfoque de TP el profesor demuestra una preparación previa, es más explicativo, más guía con el estudiante y los deja trabajar. Antes, comentan, el profesor se dedicaba principalmente a dar instrucciones sobre lo que tenían que hacer para que todo saliera bien.

Luego de su participación en el proyecto, el grupo de profesores consideró, dentro de sus reflexiones, que la metodología de investigación–acción les permitió criticar su práctica pedagógica, porque les llevó a reflexionar sobre la verdadera importancia de los experimentos en el laboratorio de Química. Señalan que en muchos casos las guías que utilizaban antes sólo fomentaban el desarrollo de destrezas manipulativas, a través de prácticas tipo receta que consumían la mayor parte del tiempo, mientras que bajo el enfoque didáctico actual se ha logrado introducir al estudiante en el conocimiento de la metodología científica, pues se crea el espacio para que haga predicciones mediante la formulación de hipótesis bien fundamentadas y luego, en función de los resultados obtenidos, discuta sobre la veracidad o falsedad de su hipótesis de trabajo inicial. Con esta dinámica, indican los profesores, es posible dedicar más tiempo a la discusión y reflexión de los resultados, al mismo tiempo que los estudiantes dejan evidencias, oral y escrita, de lo que pasó en esa sesión experimental. Con respecto a su propio desarrollo, los profesores manifiestan que la investigación-acción les permite realizar adecuaciones a su práctica, autoevaluarse y descubrir situaciones que tienen que mejorar, apoyados en la observación de sus sesiones experimentales grabadas en video.

5. CONCLUSIONES

- El trabajo práctico en el laboratorio de Química de los colegios de nivel medio ha sido pobremente utilizado a través del tiempo en nuestro país, a pesar de la importancia y preferencia que los estudiantes le dan a estar en el laboratorio y de acuerdo con los enfoques didácticos que lo señalan como un espacio para generar otros aprendizajes, no solo de destrezas técnicas. Esta realidad se hizo evidente en los colegios que participaron en el proyecto, independientemente de la región educativa a la cual pertenecen.
- La técnica de Química en microescala permite optimizar el uso del tiempo durante las sesiones experimentales, lo que ofrece un mayor espacio para promover el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes. En este sentido, los estudiantes mostraron una valoración positiva frente a la guía de trabajo que utilizaron y al tipo de experimentos que realizaron.
- La investigación-acción puede valorarse como un instrumento idóneo para que el profesor se convierta en investigador, que explore su práctica educativa y reflexione

para mejorarla, junto con su desarrollo profesional.

- Los medios de observación ofrecen un conjunto de registros amplio, que facilitan enfocarse en los aspectos relevantes durante la implementación de un enfoque didáctico de los trabajos prácticos en el laboratorio de Química, que incluyen el rol docente y de los estudiantes.
- Se hace necesario un cambio del entorno de aprendizaje de la Química en el nivel de enseñanza media, lo que requiere ajustar los roles de los profesores y de los estudiantes. Pocas veces los profesores de Química generan una auto-reflexión sobre por qué se realizan prácticas o trabajos experimentales y por qué estas, generalmente, están en desacuerdo con la visión contemporánea de la ciencia.
- Los profesores muestran una preocupación innegable por las condiciones en que desarrollan su enseñanza, circunstancia que puede ser materia de reflexión, comprensión y crítica en contextos distintos a los descritos en esta investigación.
- La aportación de los trabajos prácticos puede ser irremplazable para la educación científica, por lo que hay que explotar su potencial latente como una necesidad cognitiva en la resolución de situaciones problema. En este sentido, consideramos que el enfoque didáctico utilizado en esta investigación y aplicado en el laboratorio de 12º representa un importante aporte inicial al mejoramiento de la enseñanza de la Química en Panamá.

6. AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá por el financiamiento de este proyecto (19/2010).

A los profesores de educación media, Miriam Bonilla, Otilia Santana, Oscar Trent, Anel Adames y Edgar Sension, quienes voluntariamente nos acompañaron en esta investigación. A las colegas, Profesoras Nitzia Banfield y Nidia Romero.

A los colaboradores del CIMECNE, de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología y de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá.

A nuestros colegas mexicanos del Centro de Química Verde y Microescala, Dr. Jorge Ibáñez y M.Sc. María del Carmen Doria, por su apoyo y capacitación.

7. Referencias

- Abdullah, Mashita, Mohamed, Norita y Ismail, Zurida. (2009). The effect of an individualized laboratory approach through microscale chemistry experimentation on students' understanding of chemistry concepts, motivation and attitudes. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 53–61.
- Bell, Randy, Smetana, Lara y Binns, Ian. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-34.
- Buck, Laura, Lowery, Stacey y Towns, Marcy. (2008). Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory. *Journal of College Science Teaching*. 38(1), 52-58.
- Caamaño, Aureli. (2005). Trabajos prácticos investigativos en Química en relación con el método atómico-molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. *Educación Química*, 16(1), 10-19.
- Caamaño, Aureli. (2011). Enseñar Química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21-34.
- Flores, Julia, Caballero, María y Moreira, Marco. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 68(33), 75-111.
- García-Carmona, Antonio. (2009). La investigación-acción en la enseñanza de la Física: un escenario idóneo para la formación y desarrollo profesional del profesorado. *Lat. Am. J. Physics. Educ.*, 3(2), 388-394.
- Hofstein, Avi y Lunetta, Vincent. (2004). The Laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 52, 201-217.
- Hofstein, Avi y Mamlok-Naaman, Rachel. (2007). The laboratory in science education: The state of the art. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 8(2), 105-108.
- Ibáñez, Jorge. (2005). Microscale Chemistry in Latin America. *Universitas Scientiarum* 10, 79-83.
- Jiménez, Gregorio, Llobera, Rosa y Llitjós, Anna. (2005). Los niveles de abertura en las prácticas cooperativas de Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3). Recuperado de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1307494>.
- Lacolla, Liliana. (2005). *Reflexiones acerca del trabajo práctico en la enseñanza de la Química*. IV Encuentro Iberoamericano de colectivos escolares y redes de profesores que hacen investigación en el aula. Recuperado de: <http://ensino.univates.br/~4iberoamericano/trabalhos/trabalho204.pdf>
- Latorre, Antonio. (2012). *La investigación-acción: conocer y cambiar la práctica educativa profesional del profesorado*. Barcelona: Ed. Graó.

- Marín, Nicolás y Soto, Carlos. (2012). Evaluación de la investigación sobre cambio conceptual y concepciones alternativas. Una aproximación al estado actual de la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 78-92.
- Merino, Jesús y Herrero, Francisco. (2007). Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 630-648.
- Molina, Manuel, Farías, Diana y Casas, Jaime. (2006). El trabajo experimental en los cursos de Química básica. *Investigación e Innovación en Enseñanza de las Ciencias "Teorías y enfoques didácticos"*, 1(1), 51-59. Recuperado de http://portalweb.ucatolica.edu.co/easyWeb2/files/44_246_v1n1molinafariascasas.pdf
- Schwartz, René, Lederman, Norman y Crawford, Barbara. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- Suárez, Mercedes. (2002). Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en la educación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 40-56.
- Tenreiro-Vieira, Celina y Vieira, Rui. (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 452-446.