

## **Estrategia para la enseñanza del concepto de enlace químico en grado décimo desde el enfoque de química verde y los trabajos prácticos de laboratorio (tpl)**

Strategy for Teaching the Chemical Link Concept in Tenth Grade From the Green Chemistry Approach and Laboratory Practical Works

María Alejandra Velasco Vásquez<sup>1</sup>

Ricardo Andrés Franco Moreno<sup>2</sup>

### **Resumen**

El presente artículo expone el desarrollo de una estrategia didáctica que permite recopilar la importancia que representa el vínculo de los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza del concepto de enlace químico desde el enfoque de la química verde. El proyecto se formuló e implementó con estudiantes de grado décimo del Colegio Gabriel Betancourt Mejía bajo la premisa de realizar un trabajo más significativo con respecto al aprendizaje del concepto mencionado y, asimismo, promover un pensamiento crítico frente a la utilización de reactivos químicos en el laboratorio. Es importante destacar que el proyecto se realiza en el marco de la práctica pedagógica y didáctica I y II, con el fin de brindar aportes innovadores a la formación inicial de profesores de ciencias desde la escuela.

### **Palabras clave**

Educación química, trabajos prácticos de laboratorio, práctica pedagógica y didáctica, enseñanza del enlace químico.

---

1 Estudiante de Licenciatura en Química, Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: dqu\_mavelascov775@pedagogica.edu.co

2 Magíster en Docencia de la Química, docente Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: rfranco@pedagogica.edu.co

## Abstract

The present work exposes the development of a didactic strategy that allows to underline the importance that the practical laboratory works has in the teaching of the concept of chemical bond from the green chemistry approach. This was formulated and implemented with 10th grade students of the Gabriel Betancourt Mejía School under the proposal of a more meaningful work with respect to the learning of the concept aforementioned and also with the objective of promoting critical thinking about the use of chemical reagents in the laboratory. It is important to emphasize that the project was carried out within the framework of the pedagogical and didactic practice I and II, in order to contribute to the initial training of science teachers.

## Key words

Chemical education, practical laboratory work, pedagogical and didactic practice, teaching chemical bonding.

## Introducción

Para la educación en ciencias y en particular la de la química es fundamental la realización de prácticas de laboratorio mediante las cuales se logre vincular la teoría con la práctica; por esta razón, es importante identificar su incidencia para la enseñanza de conceptos que se abordan en el área de química en la educación básica. Es desde esta perspectiva que se realiza la apuesta de formulación de una propuesta didáctica que vincule a los trabajos prácticos de laboratorio desde el enfoque de química verde como estrategia para la enseñanza del concepto de enlace químico en la educación básica-secundaria tomando como población a los estudiantes de grado décimo del Colegio Gabriel Betancourt Mejía.

Es importante identificar los factores que inciden en el aprendizaje del concepto de enlace químico en los estudiantes, ya que, si bien a nivel del bachillerato en los cursos de química se aborda dicha temática, esta no abarca todos los conocimientos

que son fundamentales para entender su naturaleza (Kind, 2004). La propuesta didáctica se desarrolla entonces en aras de formar un vínculo entre los conceptos químicos y los trabajos prácticos de laboratorio. Lo anterior se realiza desde el enfoque de la química verde ya que como afirman Anastas y Warner (1998) es una medida válida para reducir o eliminar al máximo la producción de residuos químicos del laboratorio, los cuales se pueden tratar desde doce principios que reúnen cada una de las problemáticas con el fin de aproximar a los estudiantes a un aprendizaje más acertado del concepto trabajado debido a la conexión entre el factor práctico y el teórico para la obtención de mejores abstracciones (Pájaro y Olivero, 2011).

En este sentido, se formula la siguiente pregunta que será la base fundamental para orientar el trabajo: ¿cómo el vínculo de los trabajos prácticos de laboratorio y el enfoque de química verde se convierte en una estrategia didáctica que posibilita la enseñanza del concepto de enlace químico en estudiantes de grado décimo del Colegio Gabriel Betancourt Mejía?

Además, es importante resaltar que este proyecto se realizó en el marco de la práctica pedagógica y didáctica I y el proyecto DQU-009-S-17 “Semillero club de investigación sobre educación en química verde para la sustentabilidad ambiental - EduQ-Versa” de la Universidad Pedagógica Nacional.

## Objetivo general

Desarrollar una propuesta didáctica que vincule los trabajos prácticos de laboratorio y el enfoque de química verde en la enseñanza del concepto de enlace químico a estudiantes de grado décimo del Colegio Gabriel Betancourt Mejía.

## Objetivos específicos

Promover la mitigación del uso de reactivos químicos en el laboratorio a través de la implementación del enfoque de química verde durante el trabajo experimental de los estudiantes.

Plantear protocolos de trabajos prácticos de laboratorio que permitan desarrollar las habilidades investigativas de los estudiantes y evidenciar así la importancia del vínculo entre los componentes teóricos y prácticos en la enseñanza del concepto de enlace químico.

## Antecedentes

Para nuestra tarea, se parte del escrito de Vargas (2011) quien retoma el diseño y el desarrollo de prácticas de laboratorio que facilitan la comprensión de teorías y conceptos químicos a través de tres categorías de análisis que permitieran analizar las actitudes de los estudiantes con respecto a las habilidades prácticas e investigativas que se afianzan dentro de las clases de química en la escuela.

En el ámbito de la enseñanza tradicional de las ciencias Martin, Poletto, Roble, Sánchez y Speltini (2000) afirman que si bien los experimentos tienen como principal objetivo hacer una relación entre los factores teóricos y los experimentales, se debe considerar que estos son una pieza primordial para que los estudiantes construyan hechos científicos a través de lo cotidiano; en este sentido, ellos lograrán realizar mejores abstracciones del mundo que los rodea para así concientizarse de la realidad en la que viven y ser propositivos frente a las diversas problemáticas que los rodean.

Por otra parte, López y Tamayo (2012) realizan la caracterización de las prácticas de laboratorio a través de una transformación de lo convencional como la preparación de una receta, debido a que estas brindan una imagen distorsionada de las ciencias debido a que no dan cabida al planteamiento de hipótesis por parte de los estudiantes; debido a esto, se piensan los trabajos prácticos de laboratorio como instrumentos que permiten hacer una relación entre los componentes conceptuales, procedimentales y actitudinales que se abordan en las clases para la construcción del conocimiento científico.

Adicionalmente, es oportuno retomar el trabajo realizado por Florián y Franco (2017) en el cual se realiza la estructuración y el diseño de una

estrategia didáctica centrada en la biodegradación de un biopolímero plástico desde diferentes metodologías y bajo el enfoque de la química verde para fomentar la educación en ciencias para la sustentabilidad ambiental.

Con relación a la enseñanza del enlace químico es pertinente abordar el trabajo realizado por Huerfano, Puentes y Ríos (2013) debido a que se realiza una propuesta basada en el cambio metodológico propuesto por Hewson y Beeth (1995) con el fin de propiciar una nueva postura a nivel conceptual, actitudinal y procedimental de los estudiantes; a partir de este estudio los autores encontraron que se debe generar un cambio de pensamiento en los estudiantes para que así ellos puedan comprender de mejor forma el concepto de enlace químico y otros conceptos importantes.

## Fundamentos conceptuales

### Los trabajos prácticos de laboratorio para la enseñanza de las ciencias

Pensar los trabajos prácticos de laboratorio como herramienta para la enseñanza de la química es fundamental, ya que por medio de estos se potencializan los saberes científicos que permiten entender y abordar de mejor manera los conceptos químicos; asimismo, los trabajos prácticos de laboratorio permiten desarrollar las competencias científicas e investigativas de los estudiantes dentro del aula de clase. En este sentido, Caamaño (2005) propone una clasificación de las funciones que debe cumplir el trabajo experimental en el área de química: 1) debe hacer un aporte en el aprendizaje de los conceptos; 2) propiciar la interpretación de fenómenos desde unos modelos conceptuales; 3) incentivar el aprendizaje tanto instrumental como el de las técnicas utilizadas en el laboratorio; y 4) brindar herramientas que le permitan al estudiante cuestionarse sobre lo abordado en la práctica y de esa manera tomar una postura en cuanto a la resolución de la problemática planteada.

Así, desde un análisis cuantitativo, Franco, Velasco y Riveros (2017) realizan una clasificación

de los artículos relacionados con la temática de los trabajos prácticos de laboratorio a través de tres tendencias: sus implicaciones didácticas, sus aportes como experiencia del aula y también como aproximación investigativa. En dicho estudio se retoma el planteamiento de problemáticas investigativas que le permitan al estudiante hacer abstracciones con énfasis en el conocimiento científico. Por tal razón, es pertinente realizar prácticas de laboratorio en la educación básica-secundaria a partir de las tres tendencias mencionadas para que los estudiantes logren adentrarse en el mundo de la ciencia, incentivando en ellos habilidades procedimentales, investigativas y conceptuales que les permitan entender su naturaleza y apropiarse de los conceptos relevantes para su formación.

### La química verde

La química verde nace en los años ochenta y noventa a partir de un movimiento que estaba

en contra de todas las problemáticas ambientales generadas por la mala disposición de los residuos en la industria química, la cual tuvo su auge en el siglo XVIII tras la revolución industrial (Machado, 2011). Según Anastas y Warner (1998), se concibe a la química verde como la utilización de un conjunto de principios que reducen o eliminan el uso o generación de sustancias peligrosas en el diseño, manufactura y aplicación de productos químicos. En este sentido, actualmente se debe pensar en la implementación de procedimientos mediante los cuales se generen prácticas mucho más amigables con el medio ambiente a través de la mitigación de los residuos químicos generados al momento de implementar un protocolo en el laboratorio. Es por esta razón que los autores proponen doce principios como parte de una iniciativa para prevenir la generación de nuevos residuos y como un método más apropiado para “limpiar” los residuos ya generados.



Figura 1. Resumen de los 12 principios de la química verde

El enfoque de la química verde en la educación es fundamental debido a que en la escuela se pueden implementar diversas prácticas mediante las cuales se concientice a la población frente al uso de procesos químicos en la cotidianeidad que a corto o largo plazo generan un impacto negativo en el ambiente; estas prácticas podrían estar vinculadas a nuevas tecnologías que permitan al ser humano satisfacer sus necesidades básicas siempre desde la perspectiva de reducción de residuos que alteren el entorno (Pájaro y Olivero, 2011). Además, Morales, Martínez, Reyes, Martín, Arroyo, Obaya y Miranda (2011) consideran a la química verde como una filosofía de trabajo que tiene como objetivo prevenir la contaminación y no remediarla; esto quiere decir que mediante las prácticas realizadas se debe buscar la reducción al máximo o eliminar por completo la contaminación a través de procesos limpios, en los que se busque evitar el desperdicio de materiales no renovables, peligrosos o contaminantes que ataquen de manera directa el equilibrio del ambiente.

### **El enfoque de la química verde en la educación básica-secundaria**

Es pertinente hacer énfasis en el enfoque de la química verde como mecanismo para la resolución de las diversas problemáticas que se presentan en el mundo con relación al factor medio ambiental desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias. Por esta razón, es fundamental implementar herramientas que permitan concientizar a los estudiantes de básica-secundaria sobre la importancia de la química para la sociedad y su aporte en la construcción de un futuro sustentable (Mascarell y Vilches, 2016).

Desde esta perspectiva, Vilches y Gil Pérez (2011) proponen que se debe hacer el intento por que los estudiantes comprendan la relevancia de la química, lo cual se logra desde el abordaje de los diversos contenidos a partir de la química verde, ya que de esta manera se presentará una imagen contextualizada que hará que se brinde una información más confiable y los alumnos puedan tener un aprendizaje más significativo.

### **La enseñanza del concepto de enlace químico**

La química se ha encargado de estudiar ampliamente las formas como se combinan las partículas para crear las sustancias que componen el universo; sin embargo, se debe tener presente que algo que comparte cada sustancia es una unión por medio de enlaces que pueden ser de diversos tipos; desde esta perspectiva, los comportamientos de los compuestos pueden variar debido a los enlaces intermoleculares. Por tal razón, Kind (2004) afirma que los cursos de química de bachillerato introducen el estudio de los enlaces, particularmente intermoleculares, pero esto no brinda gran diversidad, conociendo la cantidad de enlaces que se pueden presentar entre las moléculas, por este motivo es realmente escaso el trabajo que se realiza con los estudiantes sobre el concepto de enlace químico. Además, sería realmente importante realizar tareas que permitan identificar las ideas que tienen los estudiantes sobre dicho concepto y, a partir de ellas, realizar una estrategia que mejore su capacidad de entenderlo.

### **Metodología**

Con base en los objetivos planteados, se propone como metodología la implementación de una estrategia didáctica que vincule el enfoque de la química verde con los trabajos prácticos de laboratorio para incentivar el aprendizaje del concepto de enlace químico de cuarenta estudiantes del curso 10-01 del Colegio Gabriel Betancourt Mejía de la jornada mañana; es importante tener en cuenta que la elección de la población se realizó con base en el plan curricular del área de ciencias de la institución, la cual indica que es este el grado en el que se debe abordar dicho concepto.

Se pretende entonces realizar el abordaje del concepto de enlace químico en tres fases que permitirán realizar una mejor abstracción del mismo como se muestra a continuación:



n.º	Actividad	Fecha
1	Realización de clase sobre concepto de enlace químico	Semana 1
2	Explicación metodología de los Trabajos Prácticos de Laboratorio	Semana 1
3	Entrega de pre informes de Trabajos Prácticos de Laboratorio	Semana 2
4	Realización de Trabajos Prácticos de Laboratorio	Semana 2
5	Entrega de informe de los Trabajos Prácticos de Laboratorio	Semana 3
6	Retroalimentación del Trabajo realizado a los estudiantes	Semana 13

Figura 2. Propuesta metodológica y cronograma de actividades

La importancia del abordaje del concepto de enlace químico en grado décimo radica en que a partir de una buena comprensión del mismo se posibilitará que los estudiantes desarrollen diversas capacidades que les permitirán identificar, reconocer, desarrollar y diferenciar las características propias de los elementos y cómo estos interactúan entre sí a nivel atómico-molecular para formar todos los sistemas que hacen parte del universo.

Las actividades que se proponen para la ejecución de la estrategia didáctica son las siguientes: primero, realizar un abordaje del concepto de enlace químico durante las clases de química ya programadas por la institución; segundo, proponer

talleres en clase que le permitan al estudiante resolver cuestionamientos relacionados con la temática y, tercero, realizar tres trabajos prácticos de laboratorio de modo que los estudiantes desarrollen habilidades científicas mediante las cuales se cuestionen frente a las diferentes interacciones que tengan a través de los sentidos, propongan, a su vez, formas de desarrollar los protocolos y se apoderen de la metodología de la práctica para que de esta manera sean conscientes de la importancia de la disminución de reactivos químicos que alteran el bienestar del ambiente.

Los trabajos prácticos se realizarán en tres momentos: uno inicial, en el cual se le brindará una guía

en la que se plantea la metodología, el estudiante debe entonces proponer una descripción argumentativa del procedimiento a realizar y una consulta respecto a los reactivos químicos y materiales de laboratorio que se utilizarán; un momento intermedio, en el cual se realizará el trabajo práctico: el estudiante podrá interactuar entonces con las sustancias químicas para realizar la asociación entre la teoría abordada y la práctica a través de los sentidos; y un momento final en el que el alumno deberá realizar la evaluación de qué tan verde es el laboratorio con base en los postulados de Morales *et al.* (2011), describir los fenómenos observados y argumentar cómo estos están directamente asociados a la teoría.

La información obtenida se procesará mediante un enfoque cualitativo en la medida en que su estudio

toma como principales ámbitos a los sujetos participantes, el contexto en el que se desarrolla, los instrumentos, los materiales, los procesos y las relaciones interpuestas para describir las cualidades de un determinado fenómeno para la resolución de un problema en específico y tratando los resultados de manera que se descubran cuantas cualidades sean posibles atendiendo a los postulados de Vasilachis (2006).

## Resultados

Para la recolección de la información, se realizó la tabla 1 que relaciona los tres momentos de los trabajos prácticos de laboratorio, junto con las tres competencias a desarrollar a través de los protocolos: interpretación, argumentación y proposición.

**Tabla 1.** Recolección de información y competencia a desarrollar

Consolidación de TPL para la enseñanza del concepto de enlace químico a partir del enfoque de químicos verde			
TPL n.º	1	2	3
Competencia a desarrollar	Interpretación	Argumentación	Proposición
Momento inicial	Elaboración de pre informe. Diagramas de flujo del procedimiento a realizar. Lectura de parámetros para la evaluación verde.	Elaboración de pre informe: • Título • Preguntas orientadoras	Elaboración de pre informe: • Propósitos
Momento intermedio	Elaborar las fichas de seguridad de los reactivos. Elaborar escrito argumentativo sobre el procedimiento a realizar. Registro de resultados.	Proponer a través de los resultados una argumentación frente a los fenómenos.	Realizar el procedimiento a partir de la hoja de ruta. Registrar los resultados en la matriz especificada.
Momento final	Análisis de los resultados obtenidos. Proposición de tres preguntas relacionadas con la temática. Realización de la evaluación verde.	Discusión colectiva de resultados.	Nuevas preguntas. Consideraciones finales. Elaboración de una bibliografía.

A través de los resultados obtenidos con respecto al TPL n.º 1 se realiza la siguiente tabla en la que se relacionan los datos de los diez grupos de laboratorio objeto de estudio; esta contiene tres símbolos:

(x) para aquellos que abordaron el laboratorio en su totalidad, (/) para quienes hicieron un trabajo medio y (-) para quienes no realizaron los parámetros requeridos para cada eje.

**Tabla 2.** Recopilación de resultados obtenidos a través de la implementación del TPL n.º 1

Referencias		N.º de grupos objeto de estudio									
TPL n.º	1	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
Competencia a desarrollar	Interpretación										
Momento inicial	Elaboración de pre informe	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Diagramas de flujo del procedimiento a realizar	x	x	/	/	x	/	-	/	x	/
	Lectura de parámetros para la evaluación verde	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Momento intermedio	Elaborar las fichas de seguridad de los reactivos	x	x	/	x	x	x	/	x	x	x
	Elaborar escrito argumentativo sobre el procedimiento a realizar	x	x	-	/	x	/	-	/	x	/
	Registro de resultados	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Momento final	Análisis de los resultados obtenidos	/	x	x	/	x	x	/	x	x	x
	Proposición de tres preguntas relacionadas con la temática	/	x	/	x	/	x	x	-	/	x
	Realización de la evaluación verde	/	x	x	x	x	/	x	/	x	x

## **Análisis de resultados**

Con base en los resultados obtenidos en la implementación del TPL n.º 1 se recopiló la información registrada en la tabla 2, la cual describe el ejercicio realizado por cuarenta estudiantes del grado 10-01 del Colegio Gabriel Betancourt Mejía que se encontraban divididos en diez grupos conformados por cuatro personas cada uno para desarrollar el ejercicio de análisis de los resultados. Para el procesamiento de los datos se tuvieron en cuenta tres ejes temáticos por cada uno de los tres momentos (inicial, intermedio y final) que propician el desarrollo de la competencia interpretativa.

Se realizó la discriminación de la valoración cuantitativa a partir del desarrollo de los nueve ítems

de los pre-informes e informes de laboratorio ejecutados por los estudiantes en el momento inicial, intermedio y final de la siguiente manera:

### **Momento inicial**

Con base en los resultados obtenidos en la figura 3 que corresponde al primer ítem del momento inicial (elaboración del pre-informe), se realiza la valoración cuantitativa de 1 a 5 siendo 1 la valoración más baja posible y 5 la valoración más alta; a partir de esto, se obtiene que cuatro grupos de laboratorio realizaron el pre-informe de forma tal que cumplía con los parámetros establecidos, mientras que los seis grupos restantes hicieron el ejercicio con algunas falencias en los contenidos propuestos.



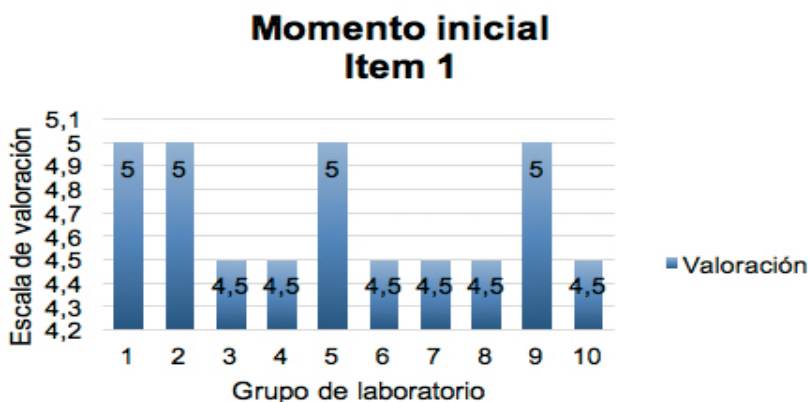


Figura 3. Valoración cuantitativa de los resultados obtenidos en el ítem uno por cada grupo de trabajo

### Momento intermedio

Teniendo en cuenta los resultados evidenciados en la figura 4 que corresponde al ítem cinco del momento intermedio (elaborar un escrito argumentativo sobre el procedimiento a realizar), se hace la valoración cuantitativa con una escala de 1 a 3 sabiendo que 3 es la valoración más alta posible

y 1 la valoración más baja; se evidencia que tres de los grupos realizaron un escrito argumentativo que recogía todo el procedimiento a realizar, tres de los grupos elaboraron un buen escrito argumentativo aunque faltaron algunos ítems por abordar, dos de los grupos hicieron el intento por hacer el ejercicio y un grupo no realizó el escrito.

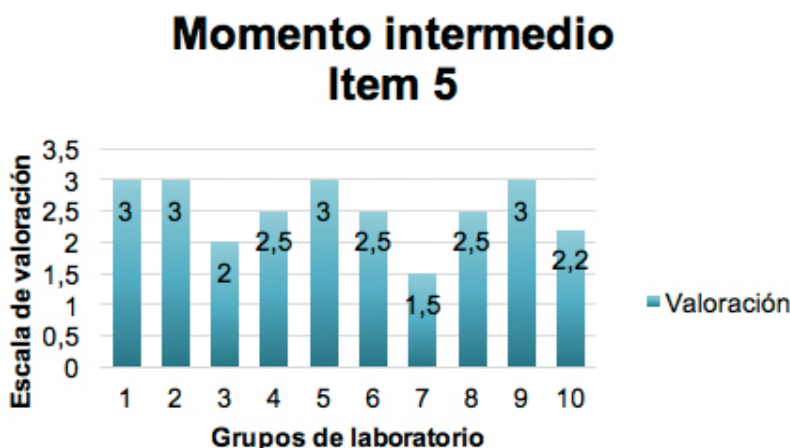


Figura 4. Valoración cuantitativa de los resultados obtenidos en el ítem cinco por cada grupo de trabajo

### Momento final

A partir de los resultados obtenidos en la figura 5 correspondiente al ítem nueve del momento final (proposición de tres preguntas relacionadas con la temática), se realiza una valoración cuantitativa

con escala de 1 a 5 siendo 1 la valoración más baja posible y 5 la valoración más alta; con base en esto, se retoma que siete de los grupos realizaron de forma adecuada la valoración verde del TPL, resaltando que si bien se utilizaron reactivos químicos, estos no representaban un alto nivel de

peligrosidad para el ambiente, y, además, se implementaron sustancias de uso cotidiano tales como zumos de fruta o productos de limpieza que no son dañinos pero que sí permiten evidenciar los diferentes fenómenos dependiendo de las sustancias que lo forman; por otra parte, tres de los grupos

no hicieron un análisis detallado de la evaluación verde, sin embargo, realizaron un buen ejercicio a nivel de la asignación de los colores a cada uno de los procedimientos realizados a través de la escala de evaluación verde.

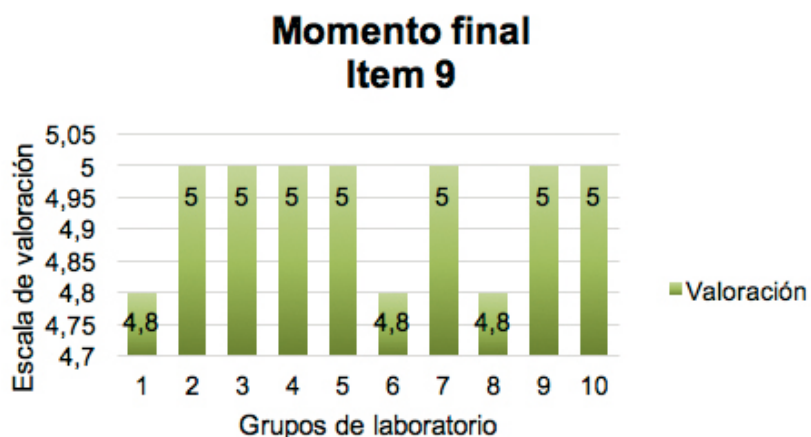


Figura 5. Valoración cuantitativa de los resultados obtenidos en el ítem nueve por cada grupo de trabajo

### Consideraciones finales

En el presente estudio, se desarrolló una propuesta didáctica a través de la cual se realizó el vínculo entre la enseñanza del concepto de enlace químico y los trabajos prácticos de laboratorio a través del enfoque de la química verde. Esto permitió abordar la temática de forma interesante y, en lo práctico, se percibió el interés de los estudiantes por entender la relación que hay a nivel atómico-molecular de la materia con algunas sustancias cotidianas, relacionando de esta manera los diferentes conceptos aprendidos en las clases de química con su realidad.

Con relación al enfoque de la química verde, en la aplicación del trabajo práctico de laboratorio se evidenció que los estudiantes entendieron la razón de ser de la escala de “¿Qué tan verde es mi TPL?” debido a que, en sus resultados, la mayoría expresó de forma adecuada la clasificación de las sustancias utilizadas.

Si bien la experiencia con los estudiantes fue muy agradable durante la implementación, es importante resaltar que, por las dinámicas de

la institución pública, no se pudo llevar a cabo el trabajo propuesto; sin embargo, fue también una experiencia enriquecedora para el proceso formativo de los docentes en formación inicial de química.

### Bibliografía

- Anastas, P. y Warner, J. (1998). *Green Chemistry. Theory and Practice*. New York: Oxford University Press.
- Caamaño, A. (2005). Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. *Educación Química*, 16(1), 10-19.
- Colegio del estado de baja California Sur. (2011). *Manual de prácticas de laboratorio Química I* (5a edición). México.
- Florián, A. y Franco, R. (2017). La biodegradación de biopolímeros: un aporte a la educación en ciencias para la sustentabilidad en la formación de profesores de química. *Boletín de Química PPDQ*, 56, 7-14.

- Franco, R., Velasco, M. y Riveros, C. (2017). Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias: tendencias en revistas especializadas: 2012-2016. *Tecné, Episteme y Didaxis, TED*, 41, 37-56.
- Huertas, D., Puentes, D. y Ríos, L. (2013). Secuencia de actividades para propiciar el aprendizaje de conceptos asociados al enlace químico desde los postulados de Hewson y Beeth. *Boletín de química PPDQ*, 51, 2-13.
- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Las ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Editorial Santillana.
- López, A. y Tamayo, O. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8, 145-166.
- Machado, A. (2011). Da Gênese ao ensino da Química Verde. *Revista Quim. Nova*, 34(3), 535-543.
- Martin, A., Poletto, A., Roble, M. Sánchez, L. y Speltini, C. (2000). ¿Qué opinan los estudiantes de los trabajos prácticos de laboratorio? *Revista de Educación Química*, 12(1), 37-40.
- Mascarell, L. y Vilches, A. (2016). Química verde y sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. *Revista Enseñanza de las ciencias*, 34(2), 25-42.
- Morales, M., Martínez, J., Reyes, L., Martín, O., Arroyo, G., Obaya, A. y Miranda, R. (2011). ¿Qué tan verde es mi experimento? *Revista de Educación química*, 22(3), 240-248.
- Pájaro, N. y Olivero, J. (2011). La Química verde: Un nuevo reto. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 21(2), 169-182.
- Routh, J., Eyman, D. y Burton, D. (1980). *Compendio esencial de química general, orgánica y bioquímica*. Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Vargas, D. (2011). Los tipos de trabajo práctico experimental como herramientas para mejorar las prácticas. *Boletín de Química PPDQ*, 48, 34-48.
- Vasilachis, I. (2006). *Estrategias de Investigación Cualitativa*. Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- Vilches, A. y Gil Pérez, D. (19 de enero de 2011). Papel de la Química y su enseñanza en la construcción de un futuro sostenible. *Revista de educación química*, 2-15.