

**ENSEÑANZA DEL CAMBIO QUÍMICO EN GRADO OCTAVO. UNA ESTRATEGIA
DIDÁCTICA DESDE LA QUÍMICA VERDE Y LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE
LABORATORIO**

JAVIER ARMANDO TÉLLEZ MOLINA

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN REPRESENTACIONES Y CONCEPTOS CIENTÍFICOS
- IREC**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
Bogotá, Junio de 2020**

**ENSEÑANZA DEL CAMBIO QUÍMICO EN GRADO OCTAVO. UNA ESTRATEGIA
DIDÁCTICA DESDE LA QUÍMICA VERDE Y LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE
LABORATORIO**

JAVIER ARMANDO TÉLLEZ MOLINA

DIRECTOR:

ROYMAN PEREZ MIRANDA

MDQ, UPN.

CODIRECTOR:

RICARDO ANDRES FRANCO MORENO

MDQ, UPN.

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN REPRESENTACIONES Y CONCEPTOS CIENTÍFICOS
- IREC**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA**

Bogotá, Junio de 2020

Nota de aceptación

Firma

AGRADECIMIENTOS

A mi familia

Por su apoyo incondicional a lo largo de este proceso y por la motivación contante durante esta etapa de mi vida.

A Santi

Quien me impulsa día a día a asumir nuevos retos.

Finalmente,

A mi director y codirector, y en general al grupo de investigación IREC de la Universidad Pedagógica Nacional, por el acompañamiento y orientación en cada etapa de este proceso de formación.

Acuerdo 031 de Consejo Superior del 2007, artículo 42, párrafo 2

"Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría; en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos".

Contenido

RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1. JUSTIFICACIÓN	13
2. IDENTIFICACIÓN, PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4. MARCO DE REFERENCIA.....	19
4.1 ANTECEDENTES.....	19
4.1.1 Propuestas didácticas en la enseñanza del concepto de cambio químico.	19
4.1.2 El enfoque de Química Verde en la enseñanza de la química.	21
4.1.3 El enfoque de los TPL en la enseñanza de la química.	23
4.2 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES.....	26
4.2.1 Didáctica de las ciencias experimentales.....	26
4.2.2 El enfoque de Química Verde	28
4.2.3 La química verde y la educación en química.....	31
4.2.4 Los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) en la enseñanza de la química.....	33
4.2.5 El cambio químico y sus implicaciones didácticas	35
5. METODOLOGÍA	38
5.1 Tipología y enfoques de la investigación.	38
5.2 Población participante	40
5.3 Diseño metodológico	41
5.4 Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos.....	41
5.4.1 Cuestionario	42
5.4.2 Reportes de TPL	43
5.4.3 Tratamiento de la información	45
5.5 Categorías de análisis.....	46
6. PROPUESTA PEDAGÓGICA	47
6.1 La secuencia didáctica.....	47
6.2 Enfoque Pedagógico: Aprendizaje Significativo.....	49
6.3 Fases de intervención	50

6.3.1 Sensibilización.....	50
6.3.2 Aplicación.....	51
6.3.3 Evaluación.....	52
7. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	53
7.1 Categoría de análisis No. 1: Comprensión del concepto de cambio químico.....	53
7.1.1 Palabras con las cuales se relaciona el cambio químico (Pre secuencia didáctica).....	53
7.1.2 Situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique cambio químico (Pre secuencia didáctica).....	55
7.1.3 Concepto de cambio químico (Pre-secuencia didáctica).....	56
7.2 Categoría de análisis No 2: Estrategia didáctica de TPL para la enseñanza del concepto de cambio químico.....	57
7.2.1 Identificación del cambio químico en los TPL.....	58
7.2.2 Concepción del cambio químico a partir de los TPL.....	59
7.3 Categoría de análisis No. 3: Aprendizajes adquiridos sobre el concepto de cambio químico.....	62
7.3.1 Palabras con las cuales se relaciona el cambio químico (Post secuencia didáctica).....	62
7.3.2 Situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique cambio químico (Post secuencia didáctica).....	63
7.3.3 Concepción del Cambio químico (Post secuencia didáctica).....	64
7.4 Análisis verde de Protocolos de Laboratorio.....	80
7.4.1 Evaluación verde a los protocolos.....	82
8. RESUMEN DE RESULTADOS.....	88
9. CONCLUSIONES.....	89
10. RECOMENDACIONES.....	92
11. BIBLIOGRAFÍA.....	94
12. ANEXOS.....	99
ANEXO 1. Cuestionarios de entrada y salida.....	99
ANEXO 2. Secuencia Didáctica.....	101
ANEXO 3. Metodología de evaluación de Protocolos de Laboratorio.....	122
ANEXO 4. Imágenes del ejercicio de investigación.....	126

Índice de Figuras

Figura 1. Hacia un modelo dinámico de planeación didáctica	48
Figura 2. Nube de palabras pregunta 1 (pre secuencia)	54
Figura 3. Situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique cambio químico	56
Figura 4. Concepto de cambio químico (pre-secuencia)	57
Figura 5. Nube de palabras de términos relacionados al cambio químico (post secuencia).....	62
Figura 6. Concepto de cambio químico (pos-secuencia)	65
Figura 7. Tendencias enunciado No. 1. prueba tipo Likert.....	67
Figura 8. Tendencias enunciado No. 2. prueba tipo Likert.....	69
Figura 9. Tendencias enunciado No. 3. prueba tipo Likert.....	70
Figura 10. Tendencias enunciado No. 4. Prueba tipo Likert	71
Figura 11. Tendencias enunciado No. 5. Prueba tipo Likert	72
Figura 12. Tendencias enunciado No. 6. Prueba tipo Likert	73
Figura 13. Tendencias enunciado No. 7. Prueba tipo Likert	75
Figura 14. Tendencias enunciado No. 8. Prueba tipo Likert	76
Figura 15. Tendencias enunciado No. 9. Prueba tipo Likert	77
Figura 16. Tendencias enunciado No. 10. Prueba tipo Likert	78

Índice de Tablas

Tabla 1. Matriz de análisis y categorías.....	46
Tabla 2 Consolidado de indicios en las prácticas de laboratorio	59
Tabla 3. Consolidado de ideas sobre el concepto de cambio químico.....	60
Tabla 4. Situaciones cotidianas en relación al cambio químico (post secuencia)	64
Tabla 5. Enunciados de la escala tipo Likert	66
Tabla 6. Los trabajos prácticos de laboratorio despiertan mí entusiasmo por la asignatura de química.....	67
Tabla 7. La esperanza de resolver algunos de los problemas ambientales está en la química	68
Tabla 8. Los trabajos prácticos de laboratorio en química impactan negativamente en el medio ambiente.....	70
Tabla 9. Es más fácil comprender los temas de química cuando estos se evidencian a través de trabajos prácticos de laboratorio	71
Tabla 10. Debo realizar un gran esfuerzo para comprender los temas vistos en química	72
Tabla 11. Los conocimientos en química son necesarios para resolver los problemas ambientales globales	73
Tabla 12. La química es una ciencia peligrosa para la salud y para el medio ambiente.....	74
Tabla 13. Considero el estudio de la química como una opción para mis estudios universitarios.....	76
Tabla 14. No veo relación entre los temas de química vistos en clase y la vida cotidiana.....	77
Tabla 15. La química es abstracta y resulta útil únicamente para aquellos que la estudian a nivel profesional.....	78
Tabla 16. Los 12 Principios de la Química Verde	81

Tabla 17. Escala de análisis y evaluación para determinar el acercamiento verde de una práctica.
..... 81

RESUMEN

El presente documento muestra en detalle un ejercicio de investigación en didáctica de las ciencias, en el cual se aborda la enseñanza de un concepto fundamental en química, el concepto de cambio químico, mediante una estrategia de innovación didáctica fundamentada en los trabajos prácticos de Laboratorio (TPL) y los principios de la Química Verde.

A partir de un recurso de indagación se identifican las concepciones iniciales que tiene un grupo de estudiantes de grado octavo sobre el concepto a enseñar, se analizan los resultados obtenidos y se evidencia que los estudiantes asumen el cambio químico más como un fenómeno de orden físico, que sucede a nivel macroscópico y está sustentado en los cambios observables a simple vista que experimentan las sustancias.

Con este insumo inicial se procede al diseño de una estrategia de innovación didáctica, que ubica a las prácticas de laboratorio como herramienta metodológica esencial en la enseñanza de las ciencias experimentales. Se seleccionan seis (6) prácticas de laboratorio, que se encuentran en libros de texto de educación básica y media y se organizan los protocolos en una secuencia didáctica. Se propone una metodología de “evaluación verde” para los protocolos de laboratorio, sustentada en los principios de la Química Verde, que permite establecer que tan eficiente, en términos del impacto ambiental, es la práctica desarrollada.

Al finalizar la secuencia didáctica se aplican recursos de indagación, orientados a analizar el cambio en la concepción inicial sobre el cambio químico, en la perspectiva de la comprensión de este fenómeno. A su vez, la evaluación de protocolos a la luz de la química verde permite reflexionar en torno a la problemática ambiental y establecer parámetros definidos frente al diseño de prácticas de laboratorio amigables con el ambiente y la salud.

INTRODUCCIÓN

La educación en Ciencias Naturales se ha visto enfrentada a discusiones de orden epistemológico y didáctico, frente al diseño e implementación de sistemas y metodologías de enseñanza que impacten positivamente en los procesos de aprendizaje. Una intervención a este nivel favorece el desarrollo de ciudadanos mejor formados, para lo cual se debe reflexionar en torno a la forma en que se transmiten los saberes científicos en el aula de clase (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2002).

Una de las dificultades que se han evidenciado en los procesos de enseñanza de la química es la falta de comprensión de sus conceptos fundamentales, tal es el caso del cambio químico, el cual es uno de los objetivos centrales por abordar en la escuela para lograr a una aproximación a la interpretación del fenómeno químico. Es claro que no basta con memorizar una definición teórica del concepto, sino una comprensión estableciendo una conexión con el fenómeno en sí. (Izquierdo, 1999)

La comunidad de docentes de química está llamada a reconfigurar los ambientes de aprendizaje para que su diseño favorezca una comprensión significativa de los conceptos. Este es precisamente el espíritu que alienta esta investigación, que marca un distanciamiento de la idea de enseñar química basados únicamente en la transmisión de información.

Los fundamentos que constituyen el eje central de la investigación son:

- El concepto de Cambio Químico y sus implicaciones didácticas
- La perspectiva didáctica de las ciencias
- La modificabilidad de las concepciones iniciales
- El papel de los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) en el aprendizaje de la química
- La Química Verde y la educación en química

Metodológicamente la investigación se enmarca en un diseño de entrada – salida, mediado por una intervención didáctica y tiene como punto de partida las concepciones iniciales de los estudiantes sobre el cambio químico, las cuales son identificadas mediante la aplicación previa de unos instrumentos; seguido a esto, se realiza una intervención mediante la estrategia de innovación didáctica basada en los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) y en los principios de la Química Verde. Las modificaciones que realizaron los estudiantes a sus concepciones iniciales se atribuyen al ejercicio didáctico que se efectuó mediante la intervención. El contraste en los resultados obtenidos a partir de los instrumentos aplicados en la fase previa y posterior a la intervención se organizaron y analizaron, desde un enfoque cualitativo explicativo, con la herramienta de datos ATLAS.ti.

La evaluación final de la estrategia permite analizar el cambio en las concepciones iniciales, y a partir de allí determinar la validez y pertinencia de la intervención pedagógica que se propone en este ejercicio de investigación en el aula de clase.

1. JUSTIFICACIÓN

Uno de los aspectos que determina el éxito o fracaso de los procesos educativos es la motivación de los estudiantes frente a los nuevos saberes. Esta discusión sobre la motivación por el aprendizaje mantiene plena vigencia en el marco de la enseñanza de las ciencias, de allí la necesidad de generar estrategias didácticas que dinamicen los procesos de enseñanza y le den una perspectiva metodológica diferente y es precisamente acá donde la química verde se puede plantear como una perspectiva de contexto para la enseñanza de la química, ya que la apropiación significativa de sus conceptos fundamentales vendría dada por un contexto cercano y a la vez útil, que impactará de manera positiva las estructuras cognitivas y procedimentales de los estudiantes.

El estudio de las implicaciones didácticas para mejorar el ejercicio académico debe ser una prioridad para los docentes de química, es por lo tanto necesario implementar alternativas de innovación didáctica que ayuden a solucionar tanto los aspectos conceptuales asociados a la disciplina, así como los de su enseñanza (Mosquera, Mora, García, 2003).

Así, se hace necesario formular y desarrollar una estrategia de innovación didáctica para la enseñanza del concepto de cambio Químico, como uno de los retos que ha de asumir un futuro magíster en docencia de la química. Por una parte, resulta imperioso fomentar una imagen favorable acerca de la química, y por otra, se requiere contextualizar el aprendizaje de estos conceptos fundamentales, lo cual es posible a partir del enfoque de química verde. La Química Verde hoy convoca la atención de la comunidad de investigadores en didáctica de las ciencias como un campo de investigación de frontera (Franco, Ordóñez y Rozo, 2016).

Este es el reto que deben asumir los docentes de química y los investigadores en didáctica de las ciencias, ya que difícilmente se alcanzará un futuro sostenible, si no se lleva a cabo una estructuración del sistema educativo que genere un cambio en la forma de hacer y enseñar una ciencia ambientalmente responsable.

2. IDENTIFICACIÓN, PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Mosquera, García y Mora (2003) sostienen que las concepciones fundamentales que permiten explicar el mundo natural desde el punto de vista químico se organizan en tres conceptos fundamentales, a saber: discontinuidad de la materia, cuantificación de relaciones y cambio químico, delimitando estos conceptos, el siguiente paso es abordarlos mediante propuestas didácticas que dinamicen sus procesos de enseñanza.

La enseñanza del concepto de cambio químico está establecida dentro del plan de estudios de la asignatura de Química para el grado Octavo, en el Instituto Técnico Central. Un ejercicio reflexivo sobre la práctica docente en torno a la enseñanza del concepto permitió identificar que este proceso se ha abordado con un alto nivel de teorización, lo cual es contradictorio con la naturaleza experimental y demostrativa de las ciencias naturales. A juicio del investigador, esta enseñanza de corte teórico ha traído dos consecuencias que han afectado significativamente el proceso de aprendizaje; por un lado, se ha evidenciado una dificultad en la comprensión del concepto, y por otro una desmotivación y falta de interés de parte de los estudiantes hacia la asignatura de química.

En aras de revalidar lo sugerido en el párrafo anterior, se aplicó un recurso de indagación a un grupo de 30 estudiantes pertenecientes al curso 803 de la institución, con el cual se buscó reconocer la postura sobre aspectos actitudinales y metodológicos en la asignatura de química. Puntualmente el recurso se diseñó para indagar sobre la dificultad que representa la comprensión de los conceptos estudiados en química y si les sería más fácil la comprensión de estos conceptos si se potenciara el componente experimental de la asignatura.

Del análisis hecho a los resultados obtenidos en el recurso, llama la atención el hecho de que el 100% de los estudiantes plantea que debe realizar un gran esfuerzo para comprender los

temas vistos en química. En este mismo sentido se encontró que el 90% de los encuestados sugiere que la química es abstracta y resulta útil únicamente para aquellos que la estudian a nivel profesional. También se pudo identificar que el 90% de los estudiantes manifiesta que les sería más fácil comprender los temas de química cuando estos se evidencian a través de trabajos prácticos de laboratorio.

Estos resultados son un indicio de la necesidad de una intervención pedagógica, en la cual se propenda por un aprendizaje significativo de los conceptos enseñados en química, en particular el concepto de cambio químico, bajo una metodología que involucre de manera activa los Trabajos Prácticos de Laboratorio, como herramienta esencial en la enseñanza de las ciencias experimentales.

La enseñanza de las ciencias a nivel escolar es primordial para iniciar la ruta hacia la consolidación de saberes científicos fundamentales, que apunten también al desarrollo sostenible de la humanidad y es la escuela un ambiente ideal para abordar discusiones en torno a las tensiones generadas por la degradación sistemática del patrimonio ambiental mundial. Este ejercicio exige que dichos procesos de enseñanza aborden y traten de dar solución a estos problemas desde un marco de referencia, conceptual y metodológico bien estructurado, y es por ello por lo que la química verde emerge como alternativa de integración en el aula de clases, cuyos principios deben constituirse en factor importante dentro del marco de una educación en química para la sustentabilidad ambiental (Reyes-Sánchez, 2012).

Desde este punto de vista, en la comunidad de especialistas en investigación en didáctica de las ciencias en general, y de la química en particular, hoy existen consensos acerca de la necesidad de fomentar una enseñanza de la química en los diferentes niveles de escolaridad,

vinculando los modelos, teorías y principios del enfoque emergente de química verde (Mascarrell y Vilches, 2016).

En tal sentido, el proyecto de investigación se orientó desde la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los aportes de una estrategia de innovación didáctica centrada en los Trabajos Prácticos de Laboratorio - TPL y el enfoque de la Química Verde, en el aprendizaje del concepto de cambio químico, por parte de estudiantes de grado octavo del Instituto de Técnico Central?

3. OBJETIVOS

Los objetivos formulados para la investigación fueron:

3.1 OBJETIVO GENERAL

Promover el aprendizaje del concepto de cambio químico en estudiantes de grado octavo del Instituto Técnico Central, vinculando los enfoques de Química Verde y TPL, en una estrategia de innovación didáctica.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la comprensión del concepto de cambio químico en estudiantes de grado octavo del Instituto Técnico Central
- Implementar una estrategia didáctica de TPL para la enseñanza del concepto de cambio químico orientada a estudiantes de grado Octavo del Instituto Técnico Central.
- Evaluar los aprendizajes adquiridos sobre el concepto de cambio químico en estudiantes de grado octavo del Instituto Técnico Central luego de la aplicación de una estrategia didáctica basada en los TPL
- Implementar una metodología para la evaluación de los protocolos de laboratorio fundamentada en los principios de la Química Verde.

4. MARCO DE REFERENCIA

El abordaje de discusiones de orden epistemológico y didáctico, en torno a propuestas para la enseñanza de algunos de los conceptos estructurantes de la química, ha estado al orden del día, y entre estos conceptos, el de cambio químico ha ocupado un renglón especial, dada su importancia para la comprensión, desde lo conceptual y lo metodológico, de los fenómenos que implican la transformación de la materia.

De esta manera, la comprensión del concepto de cambio químico resulta fundamental dentro del proceso de enseñanza de la química en la educación secundaria, ya que permite consolidar un marco teórico y metodológico, que ilustre al estudiante en la interpretación de los fenómenos químicos en general.

En este sentido, el presente marco de referencia representa la fundamentación de este trabajo investigativo, el mismo consta de una serie de antecedentes y fundamentos conceptuales que le aportan carácter científico al estudio.

4.1 ANTECEDENTES

Este apartado se ha dividido en varias secciones con lo que se intenta mostrar una aproximación al estado del arte de la cuestión y como contribuyó a la construcción del marco teórico del cual forma parte.

4.1.1 Propuestas didácticas en la enseñanza del concepto de cambio químico.

En relación con la enseñanza del concepto de cambio químico, que constituye una de las principales variables del estudio que se está presentando, diversos investigadores en el ámbito local, regional, nacional e internacional han abordado dicha temática y obtenido diversos

resultados y conclusiones significativas al respecto. A continuación se exponen algunos de los destacados.

En primer lugar, Aragón y Oliva (2017), analizaron los progresos en el aprendizaje en la asignatura de química, en un grupo de estudiantes de educación secundaria obligatoria, a lo largo de una unidad didáctica enfocada desde la perspectiva de estrategias de modelización y contextualizadas en la problemática de la contaminación atmosférica. Como indicadores de aprendizaje, emplearon el desempeño de los estudiantes al pasar de representaciones simbólicas a moleculares y viceversa a la hora de modelizar la composición y la comprensión que tenían sobre la naturaleza de los modelos. Los resultados obtenidos mostraron cambios positivos, que resultaron en ambos casos estadísticamente significativos, en ambos indicadores.

Igualmente, García y Mora (2010), muestran como resultado, al comparar el desempeño de los estudiantes con los otros TPL que utilizan la metodología frontal tradicional, el promedio de notas de test e informes en este trabajo práctico que utilizó el modelo del cambio conceptual fue mayor. Igualmente, se obtuvieron resultados positivos en cuanto al comportamiento de los estudiantes y el desarrollo de destrezas y habilidades durante las actividades experimentales. Todo ello, refleja que es posible obtener mejores calificaciones y lograr aprendizaje significativo, al aplicar actividades experimentales desde los principios del Cambio Conceptual.

Medina et al. (2019) presentan un estudio referente a la comprensión del cambio químico en la educación secundaria. Este ejercicio busca determinar si los estudiantes son capaces de identificar el fenómeno de cambio químico y conocer cuál es el nivel de interpretación y representación predominante. La metodología sobre la cual se fundamentó el ejercicio de investigación fue el desarrollo de una actividad experimental sobre una reacción química y la aplicación de un cuestionario sobre el fenómeno observado. Esta prueba fue aplicada a 71

estudiantes de educación secundaria de cuatro grados distintos. El análisis de las respuestas obtenidas muestra que a partir del experimento la mayoría identifican la transformación química. El nivel académico influye significativamente en las explicaciones que se dan sobre este fenómeno, incrementándose la utilización del nivel microscópico con el nivel académico, aunque la tendencia muestra que el nivel de representación macroscópico es el más empleado en todos los niveles académicos.

Localmente, Ruiz (2013), a través de la metodología planteada en el mismo, se presenta al estudiante como protagonista, participando activamente en la construcción de nuevos aprendizajes, en colaboración con su grupo de trabajo. Se aplicó un cuestionario sobre ideas previas para identificar que los errores conceptuales más comunes en el grupo, a partir de ellos se diseñaron dos actividades (demostrativa y experimental), estas se presentaron por medio de una caja didáctica, con sus respectivas guías. Luego de la aplicación, se empleó nuevamente el cuestionario inicial con el que se registraron modificaciones positivas en torno a la superación de errores conceptuales presentados inicialmente.

En definitiva, las anteriores son muestras de diversas propuestas didácticas en la enseñanza del concepto de cambio químico implementadas a lo largo de los años han sido desarrolladas bajo metodología variadas, sin embargo, todas coinciden en utilizar la potencialidad de este concepto como una referencia didáctica gracias a su amplitud y las diferentes acepciones que aborda en el contexto del aprendizaje de la química.

4.1.2 El enfoque de Química Verde en la enseñanza de la química.

En relación con el enfoque de Química Verde (QV) en la enseñanza de la química, otra variable de estudio, se destaca la investigación de Marques y Machado (2018), donde se

identificaron tres. En primer lugar y más fuerte es la que no caracteriza la QV como disciplina específica, pero propone la inserción de "injertos" puntuales de contenidos teóricos y/o actividades experimentales/prácticas dentro de las disciplinas clásicas de la química; la segunda, minoritaria, es la que propone la QV en la forma de una "disciplina" o un curso especial de carácter introductorio; la tercera vertiente, que reúne varios planteamientos, concibe la presencia y estrategias para la enseñanza de la QV de modo transversal en el currículo, entre varias disciplinas y actividades.

Por su parte, González, Pérez y Figueroa (2016), buscaron conocer y comprender el significado que le otorgan los docentes del área a la QV como perspectiva para su enseñanza. Del discurso de los profesionales de la educación que constituyeron la muestra de estudio, se derivó que en el contexto curricular educativo debe dirigirse un mayor enfoque hacia los aspectos que desarrolla la QV, de manera que los próximos programas de estudio, permitan fortalecer la vinculación de la química y la sociedad, en la formación de estudiantes reflexivos con respecto a la vida cotidiana.

Asimismo, Cortes, Reyes y Bustos (2016), diseñaron e implementaron una secuencia didáctica cuya finalidad era incorporar la Química Verde (QV) en la Escuela. En este sentido, las categorías de análisis utilizadas fueron: epistemología de la química, aprendizaje de contenidos, la química en el currículo y finalmente, estrategias, actividades y recursos. Vale señalar que, durante el análisis de resultados, surgieron tres categorías emergentes: Cuidado Personal, Fenómenos Físicos y Prevenir Accidentes.

En dicho estudio, se obtuvo como resultado que, los estudiantes definen la QV como una estrategia para solucionar problemáticas ambientales, que afectan la salud de las personas a nivel mundial; ocasionadas por actividades, procesos o comportamientos humanos, culturales,

económicos, políticos y sociales que cotidianamente afectan el entorno. Igualmente, se determinó que la QV, por ser una versión emergente, no es trabajada en los espacios académicos de los niveles de educación básica y media, por lo tanto, esta experiencia fue considerada exploratoria, al incluir en la Escuela referentes teóricos y metodológicos de la QV, denominándolo QVE “Química Verde Escolar”.

En suma, el enfoque de Química Verde (QV) en la enseñanza de la química que se ha abordado en las diferentes investigaciones citadas previamente, coinciden en su orientación o noción eminentemente ambiental por parte de los estudiantes, quienes la asocian directamente con la solución a las problemáticas ambientales que existen en la época actual alrededor del mundo. Igualmente, esta innovación en la enseñanza de la química ha permitido el desarrollo de nuevas actividades y estrategias que resultan más motivadoras para los estudiantes en comparación con las tradicionales, lo que muestra, con esta perspectiva, el abordaje exitoso de conceptos más complejos como lo constituye cambio químico.

4.1.3 El enfoque de los TPL en la enseñanza de la química.

La enseñanza de las ciencias en general y de la química en particular, debe ser reorientada hacia procesos educativos que trasciendan los ambientes tradicionales de enseñanza, en los cuales prima la transmisión y memorización de conceptos, sin que estos se hagan explícitos a partir de situaciones reales. En contraste a esta línea basada en modelos tradicionales, surgen los TPL como alternativa didáctica para la enseñanza de las ciencias experimentales. Las prácticas de laboratorio contribuyen a fortalecer habilidades científicas en los estudiantes, a la vez que permiten ilustrar los conceptos, favoreciendo su aprendizaje. (Franco et al., 2017).

A partir de un ejercicio de revisión y documentación bibliográfica, se presentan a continuación una serie de antecedentes de orden internacional, nacional y local, que dan cuenta de experiencias educativas, en las cuales los TPL han sido el eje fundamental.

Internacionalmente, León y Peña (2016), fundamentados en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel y en el análisis de los promedios de las calificaciones obtenidas en el Pre-test, pudieron observar una diferencia significativa entre los grupos control y grupo experimental, posteriormente los resultados del Pos-test reflejaron que la aplicación de la Práctica de Laboratorio de Soluciones Químicas de Experimentos Ilustrativos con Materiales Caseros promueve el aprendizaje significativo de los estudiantes de 3er año de Educación Media General. Concluyen que, las estrategias centradas en prácticas experimentales contribuyen notoriamente en el acto de aprender en los estudiantes, y permiten que la enseñanza sea más integral, compleja, sensitiva e ilustrativa.

En relación con los estudios llevados a cabo en Colombia, Durango (2015), expone que en muchas ocasiones la falta de recursos tanto en insumos como en infraestructura en la escuela interfieren el desarrollo del trabajo práctico en el laboratorio, lo que dificulta la consolidación del componente experimental en la enseñanza de las ciencias naturales. De igual manera, el autor señala que la estructura curricular del sistema educativo colombiano, principalmente en el sector público, en el cual la intensidad horaria destinada a la asignatura de química es relativamente baja, desincentivan al maestro de ciencias a incluir con una mayor frecuencia la actividad experimental, quedando este ejercicio relegado a un segundo plano dentro del proceso de aprendizaje.

Igualmente, sostiene que los principales aspectos que se relacionan con las prácticas de laboratorio son los que tienen que ver con los objetivos y enfoque del trabajo práctico, así como

los estilos de enseñanza y el tipo de actividad que se desarrolla. En este sentido, propone un esquema guía para la planeación, puesta en marcha y evaluación de las prácticas de laboratorio, dado que los estudiantes que requieren un acompañamiento total durante la realización de la actividad, además las instrucciones e indicaciones que se le brindan deben ser las precisas y acertadas para el buen funcionamiento de la práctica, así se logra alcanzar los aprendizajes esperados. Destaca que algunos estudiantes que se atreven a proponer y trabajar de manera autónoma y para los cuales el laboratorio es un lugar en el cual se divierten mientras aprenden. Esta metodología de trabajo hace que ellos sean constructores de su propio conocimiento y el profesor sea un acompañante y guía en este proceso.

Por su parte, Holguín (2016), se basó en la búsqueda bibliográfica de las estrategias didácticas aplicadas en la actualidad o en años anteriores en los laboratorios para la enseñanza de las ciencias naturales. Recopiló información sobre seis estrategias y analizando los comentarios, positivos y negativos, a cada una de ellas, seleccionando el aprendizaje por investigación en su versión de “Pequeñas Investigaciones Dirigidas” como la adecuada para iniciar la tarea educativa en el aula laboratorio de la institución, teniendo en cuenta su potencial para el desarrollo de las competencias indicadas por el M.E.N (1998), y del seguimiento de los principios del aprendizaje significativo crítico.

En función de ello, se diseñó y aplicó una actividad a manera de pequeña investigación dirigida, como alternativas al modelo tradicional, obteniendo como resultado que el aprendizaje como investigación permite aplicar los principios del aprendizaje significativo crítico como la no centralización en el libro de texto o en el tablero, aprender de la interacción social y el cuestionamiento, entre otros factores claves, se involucra a los estudiantes en la solución de

problemas de la vida cotidiana. Y se ubica a la ciencia en algo más accesible y familiar, no simplemente como algo abstracto o lejano solo al alcance de los grandes científicos.

En líneas generales, el trabajo realizado a través de los TPL permite a los docentes enfocar sus planificaciones de una forma más dinámica, que resulte motivante para los estudiantes, alejándose un poco de los métodos tradicionales que comúnmente resultan mecanizados e incluso poco estimulantes para los alumnos.

La química verde, como estrategia didáctica es considerada como área de investigación en consolidación, que implica el desarrollo de metodologías que ayudan a modificar los productos o procesos con la finalidad de reducir o eliminar los riesgos que existen para el medio ambiente y la salud humana. Suficiente para asumir un rol protagónico al respecto desde la docencia en investigación en la construcción de un conocimiento y enfoques didácticos de las ciencias. El profesor de ciencias constituye parte activa del currículo y propende porque estas metodologías sean reconocidas y trasciendan a otros planos, para que hagan parte incluso, de las políticas ministeriales en temas de educación. (González, Pérez & Figueroa-Duarte, 2016).

4.2 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

4.2.1 Didáctica de las ciencias experimentales

La didáctica de las ciencias es considerada como la disciplina encargada de estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. A lo largo de los años ésta se ha venido consolidando como cuerpo teórico que la posiciona como disciplina científica conceptualmente estructurada, además porque existe un grupo de personas que se dedican a trabajar desde las ciencias el problema de su enseñanza y aprendizaje, divididas en diferentes líneas de investigación interconectadas como: la formación de profesores, el pensamiento del profesor, el

pensamiento de los niños, el fenómeno aula, ideas intuitivas, preconcepciones, concepciones alternativas, entre otras, evidenciando sus investigaciones en torno a este problema en diversos artículos que se pueden encontrar en revistas especializada de didáctica de las ciencias. (Gil, Carrascosa & Martínez, 1999)

Adúriz-Bravo e Izquierdo (2002), señalan que el “retraso” científico de los Estados Unidos respecto de la Unión Soviética, estaba íntimamente ligado al descuido en la preparación científica de la población general, que si se le cambia estatus a los sistemas y metodologías de enseñanza, se tendría una población mejor formada y, en consecuencia se debía intervenir en la estructura misma de la escuela, y en la forma en que se transmitían los saberes en las aulas de clase.

Se considera, que un acontecimiento histórico, como lo fue el lanzamiento del Sputnik, significó el punto de partida de las reflexiones en torno al acto de educar, pero con un énfasis especial al cómo enseñar que se consolida todo un campo disciplinar que cuenta con un cuerpo teórico sólido y una comunidad académica preocupada por las investigaciones de cuestiones didácticas, y en particular de la didáctica de las ciencias.

Hoy en día, en la comunidad académica se considera a la didáctica de las ciencias una disciplina científica, que se ha venido consolidando y evolucionando. Este proceso de consolidación y edificación de un cuerpo conceptual y metodológico inicia por una etapa adisciplinar, caracterizada por un número reducido de producciones escritas, y las pocas producciones que veían la luz carecían de conexión entre sus autores, más allá de que coincidieran en su preocupación por la problemática de la educación científica, pero con planteamientos fragmentados frente a la problemática educativa (Adúriz-Bravo, 2009).

Este proceso edifica las bases de una ciencia con coherencia teórica, basada en un cuerpo de conocimiento acumulado que desemboca en una disciplina consolidada que puede ser enseñada, lo cual es un argumento importante para sustentar la solidez de una disciplina. La evolución de la didáctica de las ciencias está determinada por la integración de perspectivas teóricas con referentes epistemológicos, psicológicos y pedagógicos, de los que surge como actividad académica independiente y que tiene por objeto de estudio el aprendizaje de la ciencia y la gestión de los saberes científicos. El análisis de estas perspectivas permite posicionar a la didáctica de las ciencias como una disciplina autónoma. (Adúriz-Bravo, 2009).

4.2.2 El enfoque de Química Verde

Las reflexiones que surgen a partir del libro *Primavera Silenciosa*, escrito por la bióloga marina y conservacionista estadounidense, Rachel Carson, generan un fuerte movimiento ambientalista, crítico de los efectos negativos que deja la acción del hombre sobre el patrimonio ambiental de la humanidad, sin embargo, esta postura afectó, de cierta manera, la imagen pública de la química, ya que, en palabras de la escritora, son los compuestos químicos los causantes de esta debacle: “La química es la siniestra y poco conocida participante en el cambio de la verdadera naturaleza del mundo”, (Carson, 2005).

La postura asumida por Rachel Carson, si bien marca un derrotero del movimiento ambientalista, y ofrece una mirada diferente de la problemática ambiental, también genera una imagen pública desfavorable sobre la química. Un análisis desde lo cotidiano de esta problemática permite identificar como algunas sustancias químicas usadas en procesos agroindustriales se diseminan en diferentes ecosistemas, alojándose durante largo tiempo en las

cosechas y en los seres vivos, pasando a través en una cadena de envenenamiento. (Carson, 2005).

Ante esta serie de críticas, la respuesta de la industria química fue inmediata, Carson fue el centro de una campaña de difamación. El problema de la degradación ambiental no son las sustancias químicas en sí, sino el uso y producción descontrolada por parte de las industrias químicas, obedeciendo a la lógica de un sistema de consumismo desmedido e irracional.

Hay que tener en cuenta que las problemáticas ambientales, derivadas de las actividades de la industria química pueden ser prevenidas, pero para ello es necesario que los procesos productivos se asuman con una actitud responsable, basados en un nuevo paradigma para la industria, el de la sostenibilidad. Los procesos industriales sostenibles son aquellos que potencian el aprovechamiento de los materiales y la energía para la síntesis de productos, minimizando al máximo, o incluso eliminando, la presencia de residuos. (Loayza y Silva, 2013).

Ante este panorama emerge, en el espectro de las disciplinas científicas, y particularmente de la química, la Química Verde, como una propuesta metodológica que sugiere soluciones concretas al impacto negativo que, sobre el ambiente, causan las industrias dedicadas a la síntesis y transformación de las sustancias químicas, así como los residuos generados de estos procesos y las consecuencias de su aplicación directa y excesiva sobre las especies, factores que han venido alterando de manera sistemática la dinámica ambiental de los ecosistemas.

La Química Verde se comprende como el conjunto de las metodologías que permiten modificar la naturaleza intrínseca de los procesos, esto con la finalidad de reducir o eliminar las consecuencias adversas o los riesgos que pueden impactar tanto en el medio ambiente como en la salud humana. Por otro lado, plantea la innovación en la industria química con beneficios económicos y ambientales y fomenta la interdisciplinariedad, ya que incorpora aspectos de

ingeniería, biología, economía y ética, presentándose como un enfoque que propende a un desarrollo del aprendizaje científico (Anastas & Williamson, 1996).

La química verde, o química sostenible asume un cambio en la forma en que la ciencia plantea los procesos químicos y la síntesis de las sustancias: implica el diseño, desarrollo y aplicación de productos y procesos químicos para la reducción del uso y generación de sustancias peligrosas para la salud humana y para el medioambiente. Uno de los preceptos básicos de la química verde es el de prevenir los problemas de impacto ambiental, en lugar de remediarlos, es decir, anticiparse al problema antes de que este ocurra. (Mascarell y Vilches, 2016).

Los doce principios, formulados originalmente a finales de los años noventa por Anastas y Warner (1996), y que dan fundamento a este enfoque, se sintetizan de la siguiente manera:

1. Evitar los residuos (insumos no empleados, fluidos reactivos gastados).
2. Maximizar la incorporación de todos los materiales del proceso en el producto acabado.
3. Usar y generar sustancias que posean poca o ninguna toxicidad.
4. Preservar la eficacia funcional mientras se reduce la toxicidad.
5. Minimizar las sustancias auxiliares.
6. Minimizar los insumos de energía.
7. Preferir materiales de fuentes renovables frente a los no renovables.
8. Evitar derivaciones innecesarias.
9. Preferir reactivos catalíticos frente reactivos estequiométricos.
10. Diseñar los productos para su descomposición natural tras el uso.

11. Vigilancia y control «desde dentro del proceso» para evitar la formación de sustancias peligrosas.

12. Seleccionar los procesos y las sustancias para minimizar el potencial de siniestralidad.

4.2.3 La química verde y la educación en química

Hoy en día el profesor de química enfrenta dos retos de gran importancia, por un lado, asumir que la educación secundaria debe fomentar la formación de ciudadanos críticos y reflexivos frente a la emergencia ambiental y por otro, implementar estrategias didácticas que dinamicen los procesos de enseñanza y aprendizaje. La enseñanza de las ciencias naturales en general, y de la química en particular, deben asumir un rol protagónico en este sentido. Esta necesidad parte del reconocimiento del papel que ha jugado la química para el avance de la humanidad pero que se ha desarrollado de espaldas a la sostenibilidad.

Varios encuentros realizados a nivel global han asumido en su agenda la discusión de la educación y la sustentabilidad, entre algunos de estos encuentros encontramos la Cumbre de la Tierra, celebrada en 1972, Rio +20 en 2012, la Cumbre de Jojanésburgo en 2002, así como la creación de la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, por sus siglas en inglés) en los años 90. Estas reuniones pusieron la crisis ambiental sobre la mesa y a partir de su reflexión trazaron metas en el ámbito educativo, como la década de la educación por el futuro sostenible y concluyeron la necesidad de modificar nuestra manera de pensar y actuar como individuos y por ende realizar una transformación educativa. Es allí donde los textos introducen a la Química Verde como una importante contribución a la solución de estas problemáticas. (Mascarell y Vilches, 2016).

La química verde representa no solamente un espacio de reflexión y formación, sino que a la vez puede brindar ambientes de contextualización, la enseñanza de la química basada en escenarios descontextualizados, se relaciona con modelos tradicionales que se asocian a posturas dogmáticas frente al contenido disciplinar de la química, lo que representa una dificultad en los procesos de aprendizaje, generando desinterés y actitudes negativas en relación con el estudio de las ciencias naturales. En respuesta a esta cuestión, los docentes de química y los investigadores en didáctica de la ciencia abogan por procesos enmarcados en escenarios concretos y cercanos al entorno del estudiante, y es acá donde la Química Verde emerge como alternativa didáctica contextual para innovar e intervenir metodológicamente los ambientes de aprendizaje al proponerse como perspectiva de enseñanza. (González, Pérez & Figueroa-Duarte, 2016).

Para responder de manera efectiva a esta necesidad, surge la opción de vincular la química verde a los contenidos programáticos de todos los niveles del sistema educativo, esta articulación es un paso significativo hacia la sustentabilidad y hacia la consolidación de una disciplina en la cual los productos que genere, y el diseño de procedimientos, alcancen un equilibrio ambientalmente, que sea socialmente viable, genere réditos desde lo económico, pero ante todo que sea éticamente aceptado. (Doria y Miranda, 2013)

Para garantizar el éxito de la inclusión de los principios de la química verde en el acto de educar en química se debe contar con un conocimiento pedagógico del contenido disciplinar con respecto a la enseñanza de la Química Verde; en consecuencia los docentes en ejercicio han de acudir a su habilidad conceptual y metodológica, para combinar los contenidos de la disciplina de la química de manera eficiente, con las temáticas asociadas a la química verde y de esta manera hacer comprensibles los temas por desarrollar. Ha de tenerse una clara disposición para

adoptar los principios de la Química Verde en las prácticas de laboratorio y para incorporar estrategias de sostenibilidad como contenidos de química (Fernández, Henríque y Corio, 2013).

4.2.4 Los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) en la enseñanza de la química

El trabajo práctico en el laboratorio desempeña un papel fundamental en el aprendizaje de las ciencias, en particular de la Química; este espacio de aprendizaje otorga a los estudiantes el ambiente ideal para que exploren, construyan explicaciones, reflexionen en torno a los fenómenos y resultados obtenidos, y comparen sus ideas con las aportadas por los procesos experimentales. (Rocha & Bertelle, 2007)

Para optimizar el aprendizaje de las ciencias se requiere que no solo sea transmitido de un individuo a otro, sino que el estudiante interactúe con el objeto de enseñanza para que éste pueda ser comprendido. Con objeto de facilitar este proceso en ciencias se usan las prácticas de laboratorio, Espinosa, Gonzalez, & Hernández (2016), hablan sobre la pertinencia de cambiar el estilo de las prácticas de laboratorio y dejar de “seguir la receta” dada por el docente, que los estudiantes sigan una serie de pasos, manipulen determinados materiales e instrumentos, y finalmente llegar a unos resultados que ya son conocidos por el docente; más para el estudiante solo se convierte en seguir al pie de la letra unos pasos sin comprensión de lo que sucede o el porqué de lo que está haciendo.

Los trabajos Prácticos de Laboratorio, por su capacidad para fomentar el análisis y la demostración en la construcción del conocimiento científico, pueden entenderse como genuinos recursos didácticos para la enseñanza de las ciencias experimentales. En este contexto, los TPL permiten movilizar el desarrollo de competencias básicas, científicas e investigativas de cualquier nivel educativo, por cuanto el lugar de la experiencia resulta de fundamental

importancia en procesos de aprendizaje de conceptos científicos. En suma, los TPL contribuyen a fortalecer habilidades como la problematización, la indagación, el análisis de datos y variables, la explicación de fenómenos y la formulación de propuestas admisibles científicamente (Franco, 2011).

Los Trabajos Prácticos de Laboratorio aportan en la significación de los conceptos enseñados, ya que permite presentarlos de una manera ilustrada, pero además permite el desarrollo de otro tipo de competencias, ya que aporta a la construcción de interpretaciones y deducciones, a la vez que facilitan el uso desarrollo de habilidades mediante el manejo de instrumentos y técnicas básicas de laboratorio químico. Esas características de los Trabajos Prácticos de Laboratorio hacen que cada día se incluyan más prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias. Esta constituye una línea de investigación que cobra especial importancia por desempeñar un papel relevante en la motivación hacia el estudio de las ciencias experimentales, para contribuir a la comprensión de los planteamientos teóricos de la ciencia y al razonamiento científico, así como a facilitar la comprensión del conocimiento científico y su significado, lo que fomenta las actitudes fundamentales del conocimiento científico. (Caamaño, 1992)

Las prácticas de laboratorio, orientadas desde el enfoque de la química verde, deben ser consecuentes con los principios que promulga y, en consecuencia sus protocolos se diseñan sobre tres ejes procedimentales, según lo señalan Franco, Ordóñez & Rozo (2016) estos son:

- Economía Atómica: Los métodos de síntesis deberán diseñarse de tal forma, que se incorporen al máximo en el producto final, todos los sustratos usados durante el proceso.
- Eficiencia Energética: Los requerimientos energéticos en un proceso químico se catalogan por su impacto económico y al medio ambiente. Por lo tanto, se sugiere efectuar los procesos de síntesis a temperatura y presión ambiente.

- Catálisis: Considerar el empleo de catalizadores, lo más selectivos posible, de preferencia de origen natural. dan fundamento metodológico a esta estar diseñadas sobre la base de los principios fundamentales que la sustenta, de esta manera.

De esta manera las prácticas de laboratorio ayudarán a la consolidación de la enseñanza de la química, en la cual los principios de sustentabilidad y sostenibilidad se conviertan en los cimientos que soporten esta nueva forma de hacer y enseñar sus contenidos.

4.2.5 El cambio químico y sus implicaciones didácticas

Una aproximación a la construcción del concepto de cambio químico permite apreciar que ha sido un proceso dinámico, en el cual se suelen hacer interpretaciones que dificultan la comprensión del fenómeno y su naturaleza. Uno de los principales obstáculos epistemológicos que surge en este proceso aparece asociado a la influencia de lo perceptivo a simple vista, relacionado con las propiedades físicas de la materia, dejando de lado el proceso químico que subyace, lo que orienta un planteamiento del cambio químico enfocado a la transformación de las sustancias, sin reconocer el mecanismo que lo sustenta a nivel micro, es decir, una reestructuración en su configuración a nivel atómico y molecular (Merino, 2009).

Para superar este obstáculo es necesario reconocer al cambio químico como uno de los conceptos estructurantes de la química, junto a la discontinuidad de la materia y la cuantificación de relaciones (Mosquera, Mora y García, 2003), y luego a plantear estrategias que permitan el diseño de ambientes de aprendizaje encaminados a modificar esta concepción.

Algunos autores sugieren que el cambio Químico es una de las unidades conceptuales más importantes e integradoras de la química, ya que para su comprensión debe incluir los conceptos de elemento, compuesto, cinética, equilibrio, energía intra e intermolecular, enlace químico,

entre otras, además para su aprendizaje se deben establecer una gran cantidad de relaciones significantes, fundamentadas teórica y metodológicamente, por lo tanto el cambio químico, al contar con distintos marcos explicativos, se convierte en sí mismo en una herramienta didáctica (Mosquera, Mora y García, 2003).

Desde el descubrimiento del fuego, el hombre ha manipulado sustancias químicas y las ha transformado, en consecuencia, una mirada a la historia de las ciencias permite determinar que la química es una ciencia del cambio de los materiales, una mirada moderna a esta definición la sitúa en la categoría de cambio químico. Estos fenómenos implican también las interacciones que se establecen entre los materiales reaccionantes y sus patrones de comportamiento, de ahí se establecen las leyes que rigen el cambio químico, esto en relación a que los fenómenos que implican el cambio químico y que se pueden establecer como modelo, comparten una serie de reglas que lo caracterizan, a saber:

- Algunas características de las sustancias desaparecen y aparecen otras.
- Se conservan los elementos.
- La masa se conserva (en los átomos, que incluyen electrones).
- Las sustancias reaccionan en proporciones fijas (en las ecuaciones).
- La energía se conserva (en los enlaces).
- El cambio se puede representar mediante átomos y enlaces.
- En el estado final se agota el 'potencial químico' disponible y puede ser de equilibrio químico.

Lo que hace de la química sea una ciencia viva es el interés por los cambios, estos cambios dan fundamento conceptual y metodológico a esta ciencia y sus procesos de enseñanza deben ir

más allá del simple dominio de unas determinadas definiciones, este enfoque es bastante reduccionista. (Merino & Izquierdo, 2011)

La necesidad de contextualizar y modelizar en química viene dada por la carga de abstracción que tiene la enseñanza teórica de algunos conceptos, en particular el concepto de cambio químico, para ello se requiere tomar en fenómenos concretos escogidos de ambientes cotidianos para los estudiantes y presentarlos como problemas abiertos y a partir de allí introducir las ideas químicas fundamentales, gracias a las cuales el problema toma sentido, se resuelve y puede relacionarse con otros problemas significativos para la química. (Merino & Izquierdo, 2011)

En este sentido Merino & Izquierdo (2011), sugieren una modelización del fenómeno al aplicarle las leyes del cambio químico y al representarlo, en la medida de lo posible, mediante la teoría atómica que permitirá llegar a introducir el lenguaje de fórmulas, imprescindible para comunicar ‘lo que pasa’ cuando se produce un cambio químico. Con ello, un cambio ‘natural’ se transforma en un cambio químico, que será un ejemplo para identificar otros similares.

La química, desde sus inicios, ha estado sustentada en la idea de una ciencia que estudia la transformación de las sustancias, lo que posteriormente sería llamado cambio químico (Izquierdo y Merino, 2011); la naturaleza sustenta su dinámica en procesos que implican cambios químicos, y la química escolar ha de estar orientada a la comprensión de estos fenómenos, para lo cual se deben generar ambientes y enfoques metodológicos que propendan por la comprensión de este concepto estructurante para la química.

5. METODOLOGÍA

En este apartado, se describen los aspectos relacionados con la metodología que se utilizó en el trabajo investigativo, cuyo propósito era dar respuesta a los objetivos de la investigación. A continuación, se describen tanto la tipología como los enfoques de la investigación, el diseño, la población participante, los instrumentos para la recolección de datos, el tratamiento de la información, la matriz de análisis y las categorías de análisis.

5.1 Tipología y enfoques de la investigación.

El tipo de investigación que se propone para realizar el trabajo sigue las pautas del enfoque denominado Investigación Acción (I-A), el cual atiende los problemas prácticos cotidianos que, en el caso de la investigación educativa, experimenta el docente en el aula.

La I-A es una metodología de investigación social a través de la de la cual los implicados en el escenario educativo identifican sus propios problemas educativos y reflexionan sobre ellos, los involucrados en el proceso participan activamente en todas las fases de la investigación: el planteamiento del problema, la recogida de datos, la interpretación de estos y las acciones que se proyecten. El hecho de resaltar la participación supone una correlación entre el trabajo de los investigadores y el de los implicados en el proceso, estableciéndose relaciones simbióticas desde las primeras fases y propiciando la socialización del saber (Moliner et al, 2017).

El estudio además se adhiere al paradigma de investigación cualitativa, que proporciona profundidad a los datos, dispersión, riqueza interpretativa, contextualización del ambiente o entorno, detalles y experiencias únicas durante el desarrollo del proceso (Hernández, Fernández y Batista, 2014, p. 16). En este sentido, para abordar la enseñanza del concepto de cambio químico bajo el enfoque de la química verde, se analizaron los datos recopilados durante la sistematización

de las experiencias desarrolladas en el aula y laboratorio de química, estas consistieron en actividades iniciales de diagnóstico, reportes de TPL y recursos de indagación posteriores a la implementación de la secuencia didáctica.

Se escogió esta metodología ya que es la que más se ajusta a los propósitos del trabajo, pues que se enfoca en suministrar información que oriente la toma de decisiones para proyectos, procesos y reformas, para el caso particular de esta propuesta se busca impactar las metodologías de enseñanza para el concepto de Cambio Químico, de igual manera, se busca propiciar un cambio significativo que aporte a la transformación social y educativa.

Todo ello implica la inmersión de los participantes en diversos aspectos, dentro de estos se encuentran: identificar las necesidades, involucrarse directamente con la estructura que se pretende modificar, el proceso a intervenir, las prácticas que sea necesario cambiar y la implementación de los resultados obtenidos. (Sampieri, 2014)

Asimismo, se tendrá presente en el marco de los TPL que partiendo del estudio de situaciones que surgen de la realidad y son transformadas en situaciones problemáticas para los estudiantes, éstos ponen de manifiesto las ideas y el docente les orienta para ponerlas en ejecución, generando un ambiente de discusión sobre aspectos relevantes en relación al modelo de referencia (Sanmartí, Márquez y García, 2002, p. 2).

Con base al planteamiento anterior, se desarrollaron 6 TPL que permitieron a los estudiantes asociar situaciones cotidianas con el concepto de cambio químico.

Este tipo de actividades promueve el desarrollo de experiencias significativas en el marco de la asignatura de Química, las cuales a su vez proporcionarían datos que permitirían dar respuesta a los objetivos general y específicos planteados al inicio del estudio. El enfoque investigativo seleccionado trae consigo una inmersión completa por parte del docente investigador, quien, a

partir de sus experiencias con los participantes, durante el ejercicio docente, es siempre consciente de que él es parte activa de la realidad investigada (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Es decir, para el efectivo diagnóstico, diseño e implementación de las actividades y estrategias pedagógicas propuestas es necesario contar con un docente capacitado que pueda realizar una labor de acompañamiento óptima con los estudiantes de forma tanto individual como grupal, en función de las necesidades detectadas. En suma, los TPL, eje central de esta investigación, tienen una primera finalidad de compartir objetivos, de ponernos todos de acuerdo –alumnos y profesorado- sobre qué queremos aprender a explicar (Sanmartí, Márquez y García, 2002, p. 2). Bajo esta premisa, el enfoque cualitativo del estudio se centró en las reflexiones sobre la inmersión en el acercamiento inicial de la población bajo estudio, así como en el desarrollo de las actividades pedagógicas y la evaluación pos-intervención para discutir la forma de presentar las condiciones de la investigación.

5.2 Población participante

La implementación de la estrategia de innovación didáctica para la enseñanza del concepto de Cambio Químico se dirigió a un grupo de 30 estudiantes pertenecientes al grado octavo (curso 803), del Instituto Técnico Central (ITC). El ITC es un Establecimiento Público, de carácter oficial, de orden nacional, que se encuentra ubicado en la Localidad de los Mártires, en el centro de la capital. Su ubicación la pone en una posición de vulnerabilidad frente a las problemáticas ambientales que aquejan a la población de Bogotá, ya que allí convergen varios de los tipos de contaminación que impactan de manera negativa la dinámica de la ciudad. Esta condición

favorece los espacios de formación, reflexión y discusión en torno a la necesidad de consolidar procesos pedagógicos.

La asignatura de Química forma parte del currículo de Ciencias Naturales desde grado sexto hasta grado undécimo; los contenidos establecidos en el plan de estudios se ajustan cada año, luego de un ejercicio de reflexión entre los docentes del área de Ciencias Naturales.

5.3 Diseño metodológico

El proceso investigativo se desarrolló en las siguientes fases:

1. Diseño de la propuesta de innovación didáctica para la enseñanza del concepto de Cambio Químico teniendo como enfoque los principios de la Química Verde y los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL).
2. Implementación y puesta en marcha de la estrategia de innovación didáctica dentro del aula de clase, se incluye el diseño de los protocolos de laboratorio y la medición de su pertinencia en el objetivo que busca el proyecto de investigación.
3. Evaluación del impacto de la inclusión de una metodología de enseñanza basada en los Trabajos Prácticos de Laboratorio, evaluados bajo los principios de la Química Verde, en los procesos de enseñanza y aprendizaje del concepto de Cambio Químico, y su afectación en los planos cognitivo, metodológico y actitudinal.

5.4 Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos

A continuación se presentan las técnicas e instrumentos de recolección de datos implementados en cada fase de la investigación, las cuales fueron sometidas al juicio de expertos

en didáctica de las ciencias experimentales y ayudaron, con su concepto, a realizar los ajustes pertinentes que permitieron sacar el mayor provecho a la intervención inicial con los estudiantes.

5.4.1 Cuestionario

Se diseñó un cuestionario mixto constituido por tres preguntas abiertas y diez enunciados organizados en escala tipo Likert con cinco alternativas de respuesta:

TA: totalmente de acuerdo

A: de acuerdo

I: indeciso

D: en desacuerdo

TD: en total desacuerdo

El mismo fue aplicado durante las pruebas de entrada (antes de la aplicación de la estrategia didáctica), para diagnosticar la comprensión del concepto de cambio químico en estudiantes de grado octavo y en las pruebas de salida (posterior a la aplicación de la estrategia didáctica) para evaluar los aprendizajes adquiridos sobre el concepto de cambio químico en estudiantes de grado octavo.

El punto de partida de este proyecto de investigación lo constituye una actividad de indagación, la cual se aplicó antes de la intervención didáctica, y que tuvo como finalidad identificar el nivel de comprensión que tienen los estudiantes sobre el concepto de Cambio Químico y la capacidad de identificar el fenómeno a partir de situaciones de la vida cotidiana. De igual manera el recurso pretende identificar la percepción que tienen frente a la asignatura de química, los Trabajos Prácticos de Laboratorio y el enfoque de la Química Verde.

Para ello se aplicó un instrumento estructurado en cuatro partes; en la primera de ella se indaga frente a la interpretación que hacen los estudiantes del cambio químico, haciendo relaciones con otros conceptos, y basados por supuesto en sus ideas previas, para ello se pidió que escribirán cinco palabras con las cuales relacionaban el cambio químico.

La segunda parte del instrumento buscaba la identificación del fenómeno de cambio químico en situaciones cotidianas, esta indagación permite reconocer el nivel de contextualización que tienen los estudiantes. Para identificar este aspecto, en el instrumento se les pidió menciona cinco (5) situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique cambio químico.

Posteriormente, se pidió a los estudiantes que escribieran lo que para ellos es el cambio químico. Esta elaboración permite dar cuenta del nivel de comprensión que tienen frente al concepto, estructurar la secuencia didáctica según este nivel de comprensión y contrastarlo con la que presentan al finalizar la intervención didáctica.

Para finalizar este recurso de indagación se diseñó una prueba tipo Likert con 10 ítems; esta herramienta permite indagar frente a aspectos conceptuales, actitudinales y metodológicos de los estudiantes.

5.4.2 Reportes de TPL

Uno de los fundamentos metodológicos del proyecto de investigación lo constituyen los Trabajos Prácticos de Laboratorio – TPL, como el eje principal de la secuencia didáctica. Las prácticas desarrolladas con los estudiantes permitieron generar un ambiente de contextualización y modelización para la enseñanza del concepto de cambio químico. Pero no se puede validar una práctica de laboratorio si no se complementa con un reporte de laboratorio, en el cual el estudiante pueda sistematizar los datos obtenidos y las observaciones que realicen.

En general, durante la intervención didáctica, se desarrollaron seis (6) prácticas de laboratorio, cada una con una intencionalidad definida y con un nivel de complejidad determinado, ya que uno de los propósitos, además de la enseñanza del concepto de Cambio Químico, también es el desarrollo de competencias procedimentales para el trabajo en el laboratorio de química. Para sistematizar los TPL realizados, se diseñó un instrumento, el cual, se puede observar en el Anexo 2.

En general el reporte de laboratorio se centra en los siguientes aspectos

- Diagrama de flujo en el cual se representan los procedimientos realizados en el desarrollo de la práctica laboratorio.
- Formulación de la ecuación química que representa la reacción química que sucede en el proceso.
- Evidencias de la reacción, permite a los estudiantes identificar si los indicios que dan cuenta de un cambio químico se evidencian en el procedimiento desarrollado.
- Caracterización de los reactivos y productos, al diligenciar este ítem, los estudiantes identifican los riesgos asociados a cada compuesto.
- Observaciones generales. Los estudiantes redactan un párrafo donde ponen de manifiesto su percepción frente a la comprensión del concepto de cambio químico a partir de la práctica de laboratorio.

Los protocolos de laboratorio se convierten en insumos valiosos para determinar el cambio gradual que tienen los estudiantes frente al Cambio Químico, y para la posterior evaluación de la práctica bajo el enfoque y principios de la Química Verde.

5.4.3 Tratamiento de la información

Seguidamente se presenta el procesamiento de información de las preguntas cualitativas y cuantitativas plasmadas en el instrumento de indagación aplicado pre y post intervención educativa (secuencia didáctica ejecutada).

A partir de los recursos de indagación aplicados antes y después de la estrategia de innovación didáctica, se obtuvo información relevante que permitió indagar sobre el cambio en la interpretación que construye el estudiante sobre el cambio químico y las relaciones que establece, situando el concepto como expresión del fenómeno químico, esto se hizo a partir de un análisis semántico de las respuestas, estableciendo perfiles conceptuales a partir la recurrencia en el muestreo y comparando las posturas pre y post.

En primer lugar, para el análisis de las preguntas cualitativas contenidas en el instrumento de indagación se utilizó el programa de análisis cualitativo Atlas. Ti, en el cual se generaron códigos para agrupar las respuestas emitidas por los estudiantes y con base a ello elaborar nubes de palabras o etiquetas y redes semánticas para ilustrar las principales ideas recopiladas.

Por otro lado, para el análisis de las preguntas contenidas en la escala de Likert se utilizó la estadística descriptiva generando tablas de frecuencia representando las frecuencias absolutas relativas (%) correspondientes a las respuestas emitidas por los estudiantes.

5.5 Categorías de análisis

De conformidad con lo anterior surgieron las siguientes categorías de análisis y los respectivos insumos de información que permiten desarrollarlas:

Tabla 1. Matriz de análisis y categorías

Objetivo específico	Categorías	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
Diagnosticar la comprensión del concepto de cambio químico en estudiantes de grado octavo del Instituto Técnico Central	Comprensión del concepto de cambio químico	<ul style="list-style-type: none"> - Actividad inicial de indagación. - Cuestionario (Preguntas abiertas + Escala de Likert (actividad de indagación)) - Protocolos de laboratorio.
Implementar una estrategia didáctica de TPL para la enseñanza del concepto de cambio químico orientada a estudiantes de grado Octavo del Instituto Técnico Central.	Estrategia didáctica de TPL para la enseñanza del concepto de cambio químico	<ul style="list-style-type: none"> - Cuestionario (Preguntas abiertas + Escala de Likert (actividad de indagación)) - Protocolos de laboratorio
Evaluar los aprendizajes adquiridos sobre el concepto de cambio químico en estudiantes de grado octavo del Instituto Técnico Central luego de la aplicación de una estrategia didáctica de TPL	Aprendizajes adquiridos sobre el concepto de cambio químico	<ul style="list-style-type: none"> - Cuestionario tipo Likert (actividad de indagación) - Protocolos de laboratorio - Matriz para la evaluación de los protocolos.

6. PROPUESTA PEDAGÓGICA

6.1 La secuencia didáctica

Esta propuesta de intervención tuvo como base el uso de una secuencia didáctica, en la cual se proponen situaciones de aprendizaje secuenciadas, basadas en los Trabajos Prácticos de Laboratorio. Una secuencia didáctica brinda una estructura organizativa de las actividades de aprendizaje que se van a llevar a cabo en el aula de clase con el fin de generar situaciones, en este caso situaciones experimentales, que propenda por el desarrollo de un aprendizaje significativo del concepto de cambio químico.

El diseño de la secuencia es un proceso de estructuración, en el que confluyen varias operaciones intelectuales como: establecer relaciones, recolectar información, seleccionar, explicar, demostrar, concluir, entre otras. El estudiante aprende por lo que hace, por su interacción directa con el objeto de estudio, con el fenómeno en sí. Lo significativo de la actividad realizada es debido a la integración de nueva información con las concepciones iniciales que posee, y a la oportunidad de verbalizar ante otros la reconstrucción de la información. Este proceso de significación y comprensión no se logra únicamente escuchando al profesor o realizando algunas lecturas, el proceso de aprendizaje es mucho más complejo que esto, y en consecuencia requiere una intervención didáctica dinámica y flexible, que se adapte a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes y a los objetivos propuestos por el docente. (Díaz-Barriga, 2013)

La secuencia didáctica se constituye en un instrumento de planificación, ejecución y evaluación. Plantea unos objetivos a desarrollar, actividades, recursos y evidencias de aprendizaje.

Una secuencia didáctica es resultado de la planeación y puesta en marcha de una serie de actividades de aprendizaje, las cuales tienen un orden interno bien definido. Las actividades propuestas en la secuencia deben garantizar que el estudiante realice acciones que vinculen sus conocimientos y experiencias previas a situaciones problémicas, por ello es necesario al iniciar la secuencia indagar sobre las nociones iniciales que tienen los estudiantes. La estructura de la secuencia se articula con dos elementos esenciales: las actividades de aprendizaje y la evaluación de dicho aprendizaje; los resultados de una actividad de aprendizaje, los productos, trabajos o tareas que el alumno realiza constituyen elementos de evaluación. (Díaz-Barriga, 2013)

El diseño de una secuencia y la evaluación son procesos que van de la mano e interaccionan entre sí, como se puede observar a continuación:

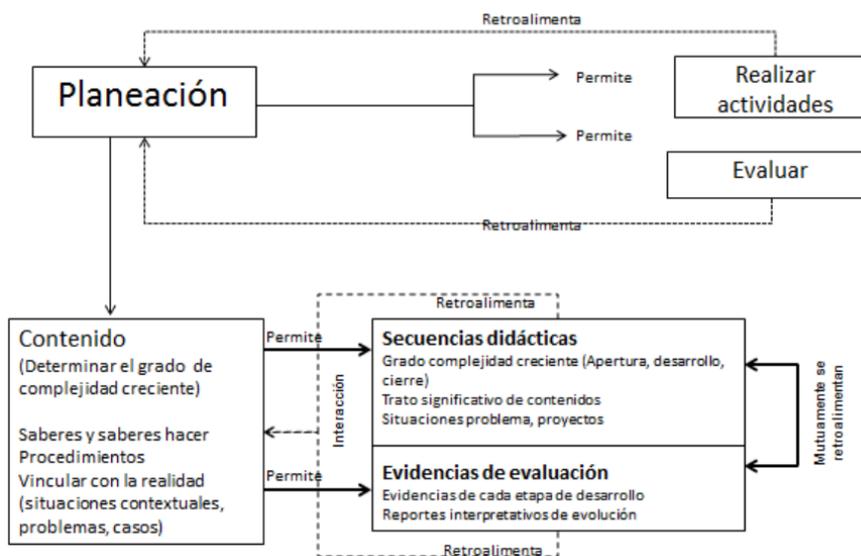


Figura 1. Hacia un modelo dinámico de planeación didáctica

El cuadro anterior muestra los factores que determinan la planeación de una secuencia didáctica y la relación que se establece entre ellos. El punto de inicio es la selección del tema a trabajar (en el caso de esta investigación es el concepto de cambio químico) y la determinación de una intención de aprendizaje, expresada en términos de objetivos, actividades y evaluación. A

su vez pone en evidencia las tres fases que comprende la secuencia didáctica, la apertura, el desarrollo y el cierre.

El desarrollo de las actividades propuestas en la secuencia demanda un conocimiento procedimental e instrumental del trabajo en el laboratorio, habilidades que han venido desarrollando los estudiantes en los años cursados en la institución.

6.2 Enfoque Pedagógico: Aprendizaje Significativo

La intervención pedagógica que fundamenta la presente investigación está orientada por el enfoque de Aprendizaje Significativo, el cual tiene como característica esencial los preconceptos de los estudiantes, contruidos a partir de sus ideas previas; de esta forma se espera que los estudiantes construyan desde su experiencia y el docente asume el rol de facilitador que da organización a los conceptos y orienta la intervención de unos nuevos que se van a adquirir.

El aprendizaje significativo, propuesta hecha por el psicólogo estadounidense David Ausubel, es un tipo de aprendizaje, en el cual a partir de nueva información se pueden dar otros significados a los conocimientos ya existentes. Esto significa que los nuevos contenidos puedan dar respuesta de una manera cercana a la praxis del estudiante, a sus conocimientos previos y relevantes permitiéndole relacionar la información recién adquirida con la que trae y, reconstruir partiendo de estas dos informaciones. Desde este enfoque, el acto de enseñar consiste en crear las condiciones que faciliten el tránsito para que el estudiante haga una reconstrucción de conocimientos ya elaborados y construya nuevos significados. En esta última acción consistiría fundamentalmente el acto de aprender (Rodríguez, 2014).

El enfoque del aprendizaje significativo se ajusta de manera especial al objetivo de esta investigación, pues se espera que los estudiantes, a partir de una estrategia de innovación, basada

en la aplicación de una secuencia didáctica, puedan modificar las concepciones iniciales que tienen sobre el cambio químico. Este tipo de aprendizaje se trabaja desde el ejercicio de la conducta crítica, la cual se asume desde un saber hacer uso de la información, con el fin de que luego de su análisis, surjan ideas que bien estructuradas faciliten los procesos de creación de solución, lo cual estimula un pensamiento simbólico que permite la transformación de hechos o experiencias del aprendiz. (Rodríguez; 2008, pág. 8-10)

6.3 Fases de intervención

6.3.1 Sensibilización.

Esta etapa corresponde a la fase de apertura de la secuencia didáctica. En esta fase se aplicaron los instrumentos de indagación iniciales, en los cuales se busca que los estudiantes manifiesten sus concepciones sobre el concepto de cambio químico, los conceptos que asocian a este fenómeno y las situaciones cotidianas donde ellos percibían que se presenta un proceso de cambio químico. Posterior a esto, los estudiantes tuvieron un primer acercamiento al fenómeno de cambio químico, a través de la visualización y análisis de videos con situaciones cotidianas en las cuales se evidencia el fenómeno de cambio químico; también se discutió en torno a las definiciones que frente al concepto se dan en los libros de texto de la institución. Las actividades apuntaron a que hicieran un ejercicio de contraste entre sus concepciones y relaciones iniciales con las visiones ofrecidas en estos dos recursos.

Como parte de la fase de apertura se plantea una situación didáctica denominada “*Corcho volador*”, la cual se propone como factor motivacional para los estudiantes frente al estudio del concepto de Cambio Químico, a partir de dos sustancias de uso cotidiano (Bicarbonato de Sodio

y Vinagre). Con esta situación propuesta los estudiantes plantean una serie de hipótesis encaminadas a explicar la naturaleza del fenómeno ocurrido.

A lo largo de la secuencia didáctica se generaron momentos de reflexión y discusión en torno a la problemática ambiental global y la incidencia de los procesos químicos en estos problemas.

6.3.2 Aplicación

Esta etapa corresponde a la fase de desarrollo de la secuencia didáctica, en la cual se hizo intervención con seis (6) trabajos prácticos de laboratorio (TPL). Las prácticas que se desarrollaron fueron las siguientes:

- Trabajo Práctico de Laboratorio No. 1. Reacción entre el Bicarbonato de Sodio y el Vinagre (Ácido Acético) – recolección y cuantificación del gas obtenido.
- Trabajo Práctico de Laboratorio No. 2. Combustión de la cinta de magnesio, formación del Oxido de Magnesio y del Hidróxido de Magnesio.
- Trabajo Práctico de Laboratorio No. 3. Reactividad de los metales en medio ácido.
- Trabajo Práctico de Laboratorio No. 4. Electrólisis del Agua
- Trabajo Práctico de Laboratorio No. 5. Reacción de potasio con agua.
- Trabajo Práctico de Laboratorio No. 6. Reacción del sodio metálico con agua - neutralización con ácido clorhídrico y obtención de la sal (recristalización)

Las prácticas de laboratorio representan la primera aproximación de los estudiantes al fenómeno del cambio químico. El trabajo experimental se realizaba cada quince días. Al finalizar cada práctica se diligencia el formato diseñado para el reporte de laboratorio y en la clase siguiente se socializaban las observaciones y se discutía en torno a los resultados obtenidos por cada grupo de trabajo y se ponían en evidencia los indicios que dan cuenta de un cambio químico.

6.3.3 Evaluación

Esta etapa corresponde a la fase de cierre de la secuencia didáctica.

Luego del desarrollo de las actividades propuestas en la secuencia didáctica se aplica un recurso de indagación (ver Anexo 1) que tiene como finalidad identificar la percepción de los estudiantes frente a la asignatura de química, las prácticas de laboratorio y la concepción sobre el fenómeno de cambio químico. El contraste entre las respuestas dadas en el instrumento inicial y las del instrumento de salida, es uno de los insumos que dio validez al proceso de intervención didáctica.

Como parte del proceso de cierre de la secuencia didáctica se aplica una metodología para que los estudiantes tengan la oportunidad de evaluar los protocolos de laboratorio a la luz de los doce principios de la química verde. Esta propuesta de *evaluación del acercamiento verde* tiene como finalidad medir que tanto acercamiento verde tiene un procedimiento experimental. La intencionalidad de este ejercicio es fortalecer la construcción del conocimiento, pero a la vez generar en el estudiante una cultura de respeto al ambiente, impulsando actitudes científicas que aporten, desde la escuela, a la formación de ecociudadanos críticos y reflexivos, con criterios para tomar alguna decisión en torno a procesos que afectan el ambiente y, de ser necesario hacer modificaciones encaminadas a minimizar y, si es posible, eliminar tanto la generación de residuos, como el de sustancias tóxicas durante el proceso de síntesis de compuestos. (Morales, et al., 2011)

La metodología para evaluación de las prácticas de laboratorio se explica con detalle en la secuencia didáctica (ver Anexo 2).

7. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados del estudio en función de las categorías de investigación establecidas, a partir de la información suministrada por los instrumentos aplicados durante el proceso.

7.1 Categoría de análisis No. 1: Comprensión del concepto de cambio químico

Esta categoría de análisis está asociada al primer objetivo específico planteado para el desarrollo de la investigación. Los insumos para evaluar esta categoría se desarrollan a continuación.

7.1.1 Palabras con las cuales se relaciona el cambio químico (Pre-secuencia didáctica)

Inicialmente, se les solicitó a los estudiantes que mencionaran cinco (5) palabras con las cuales relacionaban el cambio químico, para tratar los datos recopilados se utilizó el programa de análisis cualitativo denominado Atlas.Ti.

En la figura 2. se ilustra la nube de palabras o nube de etiquetas generadas en el referido programa a partir de la aplicación del instrumento de indagación (Pre secuencia didáctica), la misma es una representación gráfica de las palabras que configuran las respuestas emitidas por los estudiantes, en donde el tamaño es mayor para las palabras que aparecen con más frecuencia en las opiniones recabadas, a medidas que las palabras disminuyen su tamaño indica una menor recurrencia de las mismas en las respuestas analizadas.

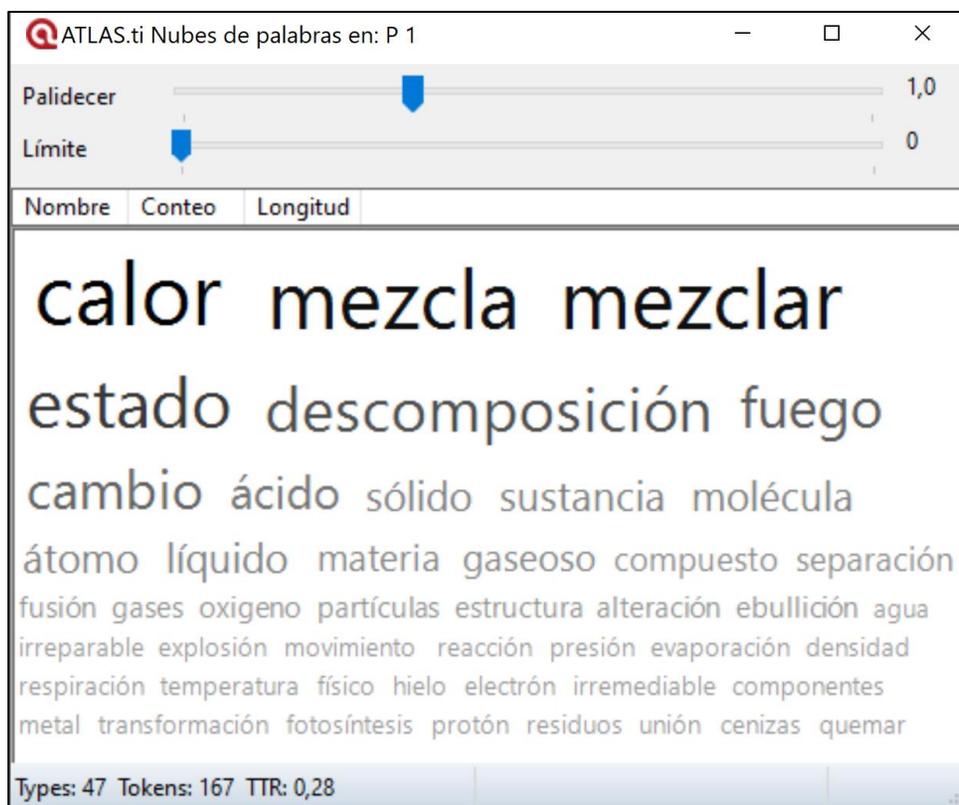


Figura 2. Nube de palabras pregunta 1 (pre secuencia)

Tal como puede apreciarse, antes de la aplicación de la secuencia didáctica, los estudiantes con base a sus conocimientos previos relacionaban el cambio químico principalmente a los términos como: calor, mezcla, mezclar, estado, descomposición, fuego, cambio, ácido, sólido, sustancia, molécula, átomo, líquido, materia, gaseoso, compuesto, separación, entre otros. Destaca que los estudiantes asocian el cambio químico a los tres estados de la materia, sólido, líquido y gaseoso, y como principal palabra asociada se encuentra el calor, el cual se encuentra directamente relacionado con la temperatura, la cual influye en dichos cambios de estado.

7.1.2 Situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique cambio químico (Pre secuencia didáctica)

Posteriormente, se les solicitó a los estudiantes que mencionaran cinco (5) situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique cambio químico, frente a lo cual con frases cortas señalaron sus opiniones. Para su análisis se procedió a la creación de códigos y de relaciones (redes semánticas) en función de las respuestas emitidas, en la figura 3 se presenta la referida red plasmando las categorizaciones realizadas en cuanto a las situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique cambio químico.

Luego de la aplicación del instrumento de indagación (Pre secuencia didáctica), una de las principales situaciones cotidianas expuestas por los estudiantes, fueron las asociadas al “cambio de estado (cambio físico/mezcla)”, tales como: derretir hielo, mezcla del detergente con agua, preparar jugos, congelar líquidos, tinturar el cabello, cocinar arroz o huevos, desintegración de sustancias, mezcla de agua y aceite, mezcla de sal y agua, disolver pinturas, fundir metales, entre otros.

Al mismo tiempo, emitieron diversas opiniones asociadas a los cambios de estado (cambio químico/combinación), tales como: limpiar con ácido muriático, putrefacción de una fruta, quemar papel o madera, elaboración de helado, cocción de alimentos, entre otros.

Igualmente, se obtuvo que los estudiantes asocian muchas situaciones a “modificación o transformación de la materia”, por ejemplo, la transformación del azúcar u otras sustancias utilizadas en preparaciones alimenticias que se realiza diariamente en hogar.

Se observó que muchos manifestaron frases aleatorias que no se encuentran relacionadas directamente con la química (No perteneciente a la química), tales como los fenómenos

eléctricos (conducción eléctrica), funcionamiento de una olla de presión, fenómenos ópticos, entre otros.

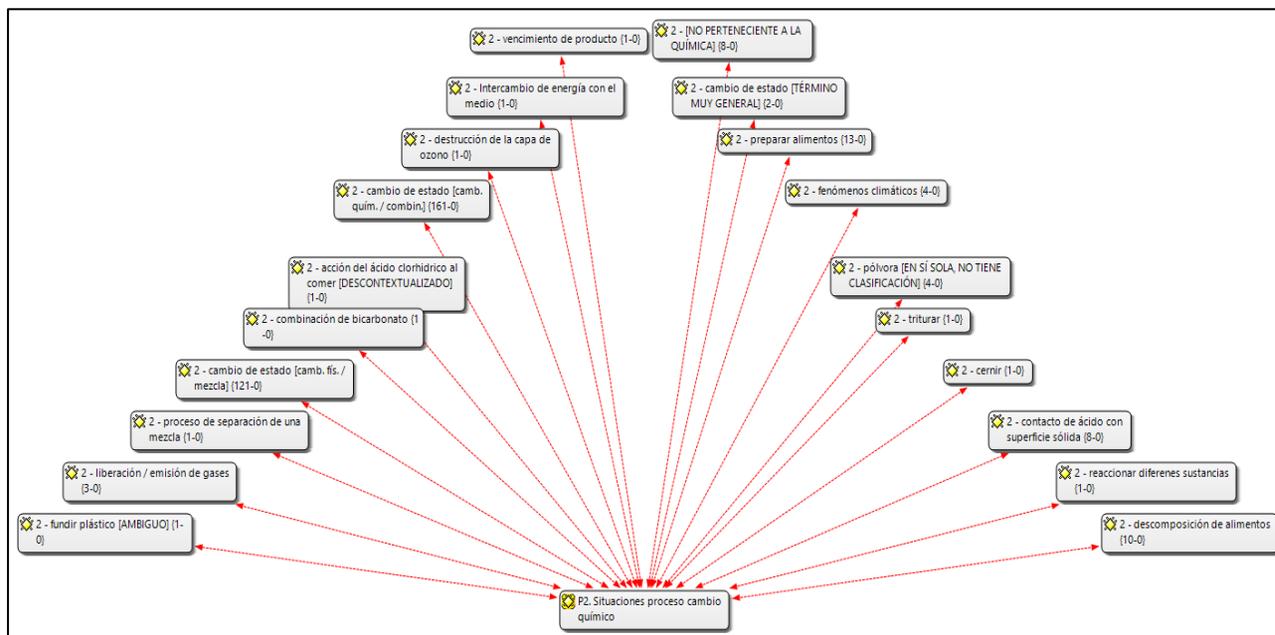


Figura 3. Situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique cambio químico

7.1.3 Concepto de cambio químico (Pre-secuencia didáctica)

Luego, se les solicitó a los estudiantes que en un corto párrafo escribieran lo que es para ellos es el cambio químico, frente a este planteamiento, para el tratamiento de datos se realizó la creación de códigos y de relaciones (redes semánticas) a través del programa de análisis cualitativo Atlas. Ti, en función de las respuestas emitidas, en la figura 4 se ilustra dicha red. En este sentido, expresaron varias definiciones asociadas a lo que se hace visible del cambio químico, expresado en un lenguaje muy cotidiano.

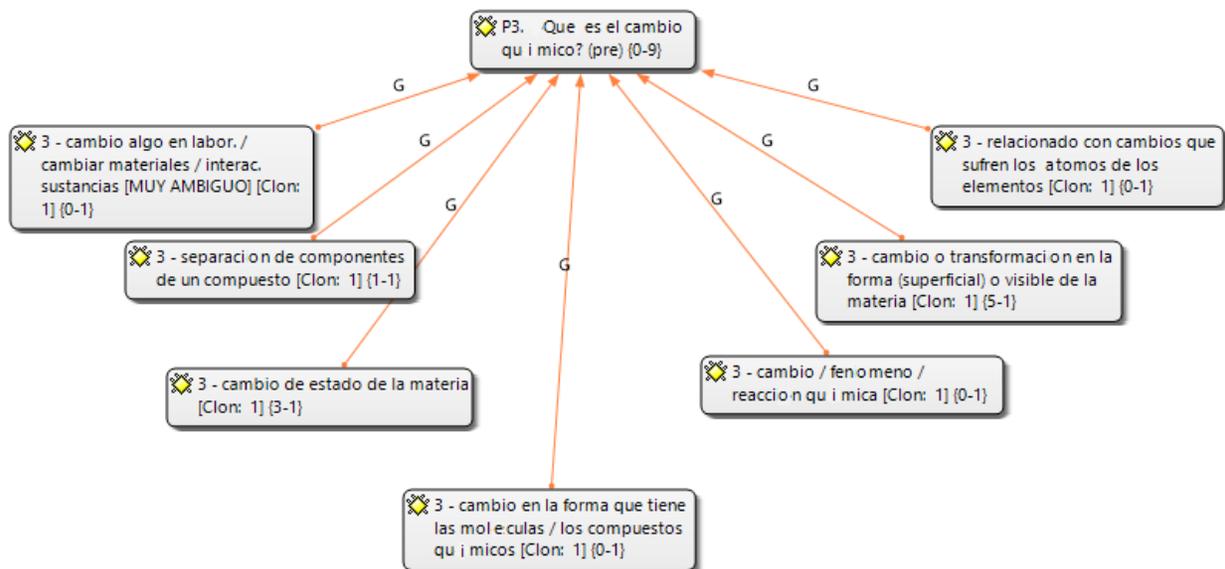


Figura 4. Concepto de cambio químico (pre-secuencia)

En términos generales los estudiantes, en esta etapa de indagación previa, definen al cambio químico en términos de “cambios que se pueden ver a simple vista”, “transformación en el estado de la materia”, “separación en los componentes de una mezcla”, “cambios en la composición de la materia”, “creación de sustancias nuevas”, entre otras, se evidencian aproximaciones al concepto de cambio químico a nivel de organización macro de las sustancias.

7.2 Categoría de análisis No 2: Estrategia didáctica de TPL para la enseñanza del concepto de cambio químico

El análisis de esta categoría se basa en el desarrollo de los protocolos de laboratorio y su evaluación mediante el desarrollo de los reportes de laboratorio, las características de estos dos documentos se encuentran con detalle en la secuencia didáctica (ver anexos).

Para evaluar la comprensión e identificación del fenómeno de cambio químico a partir de los TPL, se toman como referencia dos de los aspectos desarrollados en el reporte de laboratorio; en uno de ellos se pide a los estudiantes identificar si en el trabajo experimental desarrollado se ponen de manifiesto los indicios que caracterizan un cambio químico, y en el otro, los

estudiantes, mediante la redacción de un párrafo, expresan las características que definen el cambio químico.

7.2.1 Identificación del cambio químico en los TPL

El cambio químico es un proceso que implica una reestructuración de orden atómico y molecular en las sustancias reaccionantes, sin embargo, se manifiesta a nivel macro mediante fenómenos que son perceptibles a simple vista y que permiten por simple inspección identificar que el cambio químico está sucediendo.

Los indicios que dan cuenta de un cambio químico, y que los estudiantes identifican en los TPL desarrollados son los siguientes:

- Incremento de la temperatura del sistema (IT)
- Efervescencia / Burbujeo (E)
- Formación de precipitado / Residuo (FP)
- Emisión de gases (EG)
- Formación de llama (FLL)
- Emisión de luminiscencia (EL)
- Cambio de coloración en el sistema (CC)

En la tabla 2 se relacionan los indicios identificados por los estudiantes, los cuales permiten identificar que el proceso que sucede durante la reacción corresponde a un cambio químico que sufren las sustancias.

Tabla 2 Consolidado de indicios en las prácticas de laboratorio

	IT	E	FP	EG	FLL	EL	CC
TPL # 1	X	X		X			
TPL # 2	X		X	X	X	X	
TPL # 3	X	X		X			
TPL # 4	X	X		X			
TPL # 5	X			X		X	
TPL # 6	X			X		X	

Los Trabajos Prácticos de Laboratorio que se desarrollaron durante la secuencia didáctica son los siguientes:

- **TPL # 1.** Reacción entre el Bicarbonato de Sodio y el Vinagre (Ácido Acético) – recolección y cuantificación del gas obtenido.
- **TPL # 2.** Combustión de la cinta de magnesio, formación del Oxido de Magnesio y del Hidróxido de Magnesio.
- **TPL # 3.** Reactividad de los metales en medio ácido.
- **TPL # 4.** Electrólisis del Agua
- **TPL # 5.** Reacción de potasio con agua.
- **TPL # 6.** Reacción del sodio metálico con agua.

7.2.2 Concepción del cambio químico a partir de los TPL

El diseño y desarrollo de los Trabajos Prácticos de Laboratorio en la enseñanza de las ciencias tiene como una de sus características esenciales fomentar la capacidad de análisis a partir de la observación, y de esta manera aportar en la construcción del conocimiento científico, es así como se constituyen en recursos didácticos para la enseñanza de la química. En este contexto, los TPL permiten hacer visible el fenómeno a la vez que sirven como marco explicativo de los conceptos y promueven la comprensión de estos. Estas características de los TPL permiten que la inclusión

de las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias favorezca la comprensión de los conceptos (Franco et al., 2017).

Uno de los objetivos planteados al inicio de esta investigación, es el diagnóstico de la comprensión del concepto de cambio químico en los estudiantes, para ello se utiliza uno de los elementos planteados en el reporte de laboratorio, a partir del cual los estudiantes redactan un párrafo donde hacen manifiesto su percepción frente al cambio químico a partir de la práctica de laboratorio.

Al finalizar cada práctica de laboratorio, los estudiantes se reúnen en grupos de trabajo y discuten en torno a lo observado en trabajo experimental, a partir de allí plantean sus ideas y las condensan en una idea central en torno a la definición de cambio químico.

En la tabla siguiente se muestran las ideas recurrentes, que plantean los grupos de trabajo al finalizar cada una de las prácticas propuestas.

Tabla 3. Consolidado de ideas sobre el concepto de cambio químico

DEFINICIONES DE CAMBIO QUÍMICO A PARTIR DE LOS TPL		
TPL # 1	Es la combinación de elementos de diferentes sustancias, para formar nuevos compuestos	Es el cambio de la estructura de las sustancias a partir de una reacción entre compuestos
TPL # 2	Cambios o transformaciones que se producen al poner en contacto dos o más sustancias.	Es la transformación que sufren los componentes internos de la materia.
TPL # 3	Es la transformación química que sufren los elementos cuando se combinan entre sí.	Es un conjunto de reacciones químicas que se dan entre compuestos y que liberan energía

TPL # 4	Es el proceso mediante el cual elementos o compuestos distintos interactúan entre ellos y se transforman en otros de diferente naturaleza.	Es cuando la composición de una sustancia se ve alterada en su estructura atómica
TPL # 5	Es la interacción que se da entre los átomos de algunos elementos que dan lugar a la aparición de nuevos compuestos	Es la Reorganización de los compuestos químicos a partir de una reacción
TPL # 6	Son las transformaciones que sufren unas sustancias reaccionantes para dar lugar a la aparición de unos productos diferentes.	Es un fenómeno en el que dos o más elementos o compuestos reaccionan para formar uno nuevo con características físicas y químicas diferentes, presentando liberación de energía

De las respuestas que se muestran en la tabla 3, se puede detectar cómo los estudiantes progresivamente han venido construyendo una definición de lo que es el cambio químico, identificando características propias de este fenómeno. Lo reconocen como un proceso que implica en la identidad del estado inicial de las sustancias como consecuencia de una reorganización de los átomos y su unión mediante enlaces químicos, identifican que el cambio químico implica la aparición de nuevas sustancias con propiedades diferentes a las que tenían los compuestos iniciales y determinan que en el cambio químico hay una variación en la temperatura del sistema. También se puede ver como a medida que avanza la implementación de la secuencia, hay una evolución en la construcción del concepto, el uso del lenguaje se decanta hacia un lenguaje con mayor rigor científico, alejándose de un lenguaje cotidiano.

7.3 Categoría de análisis No. 3: Aprendizajes adquiridos sobre el concepto de cambio químico

Esta categoría de análisis está asociada al tercer objetivo específico planteado para el desarrollo de la investigación. Los insumos para evaluar esta categoría fueron aplicados después de la intervención didáctica.

7.3.1 Palabras con las cuales se relaciona el cambio químico (Post secuencia didáctica)

Luego de la ejecución de la secuencia didáctica se aplicó nuevamente el instrumento de indagación, para la primera pregunta de índole cualitativo, donde se instó a los estudiantes a que mencionaran cinco (5) palabras con las cuales relacionaban el cambio químico, se obtuvieron los resultados reflejados en la figura 4.

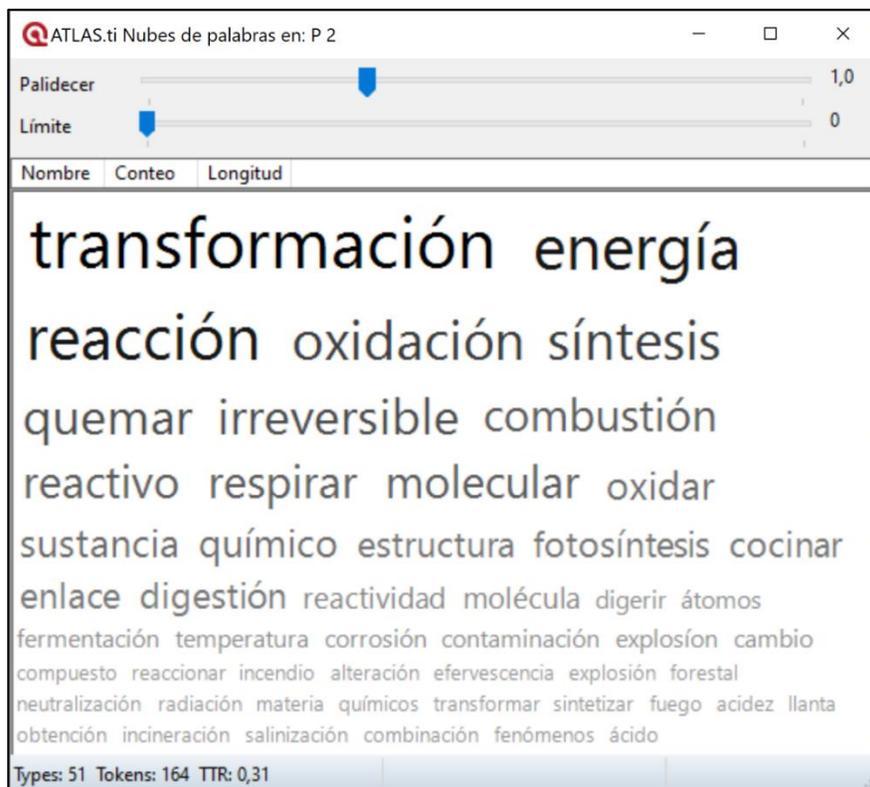


Figura 5. Nube de palabras de términos relacionados al cambio químico (post secuencia)

Tal como se observa en la nube de palabras ilustrada en la figura 5, luego de la intervención educativa llevada a cabo a través de la aplicación de una secuencia didáctica, los estudiantes desarrollaron conocimientos que les permitieron asociar el cambio químico a palabras como: transformación, energía, reacción, oxidación, síntesis, irreversible, combustión, reactivo, molecular, oxidar, sustancia, químico, estructura, enlace, entre otros. Se puede ver a partir de allí una evolución en la comprensión del concepto estudiado, y cómo a partir de las prácticas y discusiones dadas en el aula de clase, los estudiantes ya sitúan el cambio químico en situaciones cotidianas como la respiración, la digestión de los alimentos, la respiración, la cocción, etc.

7.3.2 Situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique cambio químico (Post secuencia didáctica)

Antes de la secuencia didáctica se ve como los estudiantes asocian el fenómeno de cambio químico a la transformación en la forma que tienen las sustancias, por ello era común que lo relacionaran con situaciones que implican cambios de orden físico (cambios de estado, mezclas, separación, etc.). Después de la aplicación del instrumento de indagación (Post secuencia didáctica), se evidencia un cambio en las relaciones que establecen con el fenómeno. Una mayor comprensión del concepto de cambio químico les permite identificar el fenómeno en las situaciones cotidianas de su entorno. La tabla 4 recoge las situaciones cotidianas en las cuales los estudiantes evidencian algún proceso que implique cambio químico.

Tabla 4. Situaciones cotidianas en relación al cambio químico (post secuencia)

Menciona 5 situaciones cotidianas en las que se evidencie algún proceso que implique cambio químico
Procesos que implican oxidación
Procesos de combustión
Procesos químicos donde se presenta una liberación de energía
Acción de los ácidos (corrosión)
La respiración como un proceso de cambio químico
La digestión como un proceso de cambio químico
Producción de gases y/o efervescencia
Problemas ambientales (lluvia ácida, emisión de gases de efecto invernadero)
Reacciones químicas en los fuegos artificiales (pólvora)

Es evidente, a partir de las respuestas dadas en el recurso, que la intervención pedagógica permitió que los estudiantes tuvieran una mejor comprensión sobre lo que implica un cambio de orden químico en las sustancias, y a partir de allí lograron identificar con mayor claridad este fenómeno en las situaciones cotidianas que encuentran en su entorno.

7.3.3 Concepción del Cambio químico (Post secuencia didáctica)

También destaca que luego de la secuencia didáctica hicieron mayor referencia a la “relación que sufren los átomos de los elementos”, señalando que el mismo es el cambio de la estructura molecular a partir de una reacción entre compuestos. Otra opinión emitida fue que los referidos cambios químicos son cambios en la materia que a simple vista no se pueden ver. De manera

más específica expresaron que el cambio químico se da cuando la composición de una sustancia se ve alterada en la estructura atómica. Igualmente, manifestaron que es cuando la unión entre átomos es alterada por la intervención de otro compuesto.

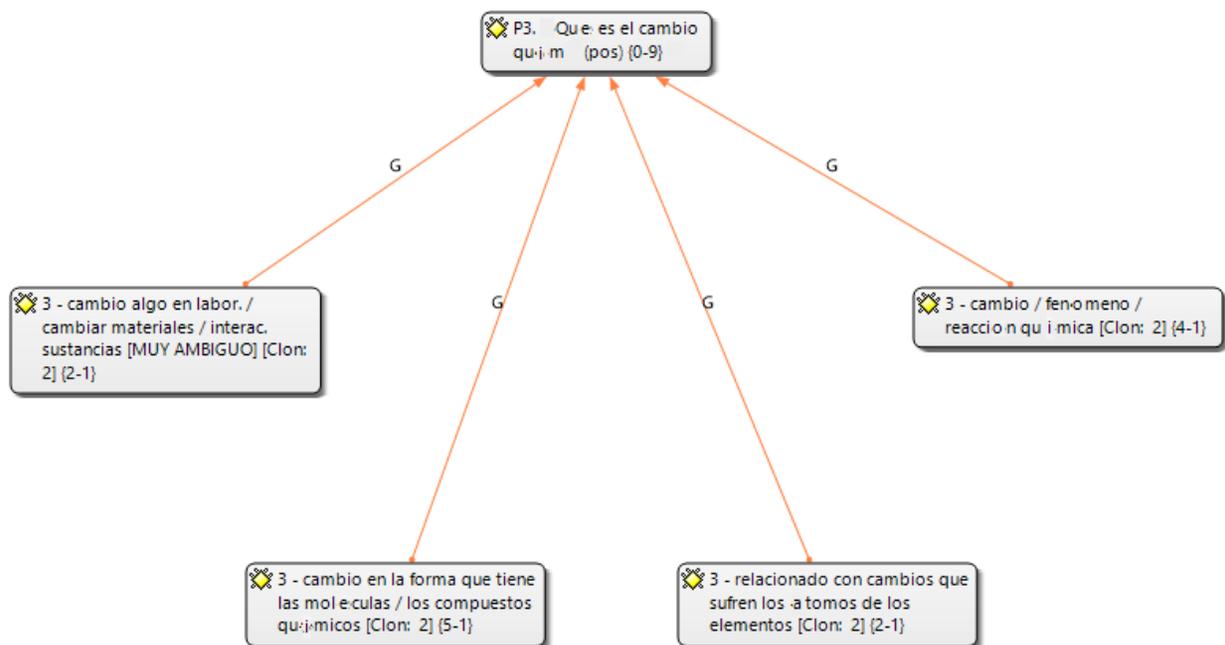


Figura 6. Concepto de cambio químico (pos-secuencia)

En relación con esto, se tiene que en líneas generales “el cambio químico es considerarlo como una modificación, en la cual la sustancia varía su apariencia o propiedad” (Ruiz, 2013, p. 6). En la figura 6 se ven representadas las principales categorías de definiciones expresadas, entre las que sobresalen algunas como: “Cambio o transformación en la estructura molecular”, “Obtención o síntesis de compuestos químicos”, “Reacciones químicas entre compuestos”, “Interacciones que se dan a nivel atómico / molecular”, “Redistribución de enlaces químicos”, “Reorganización atómica”, entre otras, las cuales dan cuenta de una evolución en la comprensión del concepto, en relación con lo expuesto en los momentos previos a la intervención didáctica.

7.3.4 Indagación escala tipo Likert Pre y post Secuencia Didáctica

Como se ha explicado en apartados anteriores del presente documento, la recopilación y sistematización de la información se hizo a través de instrumentos aplicados antes y después de la intervención didáctica. Uno de esos instrumentos consistió en el diseño de un recurso de indagación tipo Likert, el mismo se aplicó en los dos momentos mencionados. La intencionalidad de este instrumento es indagar sobre aspectos conceptuales, actitudinales y metodológicos de los estudiantes. Los enunciados y las alternativas de respuesta se relacionan en la tabla 5.

Tabla 5. Enunciados de la escala tipo Likert

Enunciados cuestionario tipo Likert	
1	Los trabajos prácticos de laboratorio despiertan mi entusiasmo por la asignatura de química
2	La esperanza de resolver algunos de los problemas ambientales está en la química
3	Los trabajos prácticos de laboratorio en química impactan negativamente en el medio ambiente
4	Es más fácil comprender los temas de química cuando estos se evidencian a través de trabajos prácticos de laboratorio
5	Debo realizar un gran esfuerzo para comprender los temas vistos en química
6	Los conocimientos en química son necesarios para resolver los problemas ambientales globales
7	La química es una ciencia peligrosa para la salud y para el medio ambiente
8	Considero el estudio de la química como una opción para mis estudios universitarios
9	No veo relación entre los temas de química vistos en clase y la vida cotidiana
10	La química es abstracta y resulta útil únicamente para aquellos que la estudian a nivel profesional.

TA	Totalmente de acuerdo
A	De acuerdo
I	Indeciso
D	En desacuerdo
TD	En total desacuerdo

A continuación se muestran los resultados con su respectivo análisis, empleando estadística descriptiva, a cada uno de los enunciados planteados en el cuestionario Likert; de igual manera, se señala la categoría de análisis que impacta. Esta información arroja insumos valiosos para medir la pertinencia de la intervención didáctica.

Enunciado No. 1

Tabla 6. Los trabajos prácticos de laboratorio despiertan mi entusiasmo por la asignatura de química

Tendencias enunciado No. 1				
Opciones	Pre	Pre (%)	Post	Post (%)
TA	3	10,00	18	60,00
A	11	36,67	12	40,00
I	14	46,67	0	0,00
D	2	6,67	0	0,00
TD	0	0,00	0	0,00
TOTAL	30	100,00	30	100,00

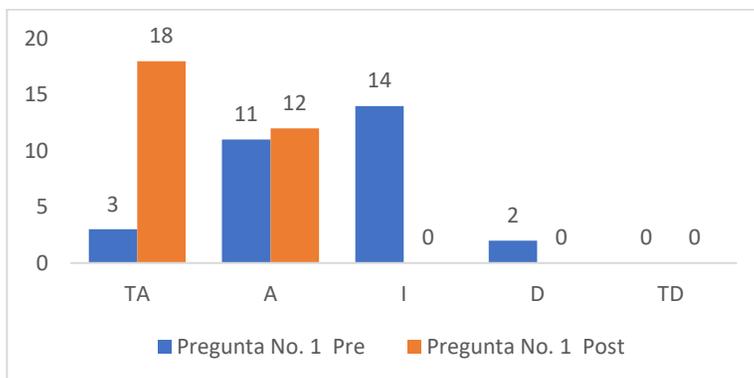


Figura 7. Tendencias enunciado No. 1. Prueba tipo Likert

Al consultarles a los estudiantes (Pre secuencia didáctica) si los trabajos prácticos de laboratorio despiertan su entusiasmo por la asignatura de química, las respuestas fueron variables: 10% totalmente de acuerdo, 36,67% de acuerdo, indeciso 46,67% y en desacuerdo 6,67%. Por otro lado, post secuencia didáctica su percepción al respecto cambió significativamente, siendo que 60% expresaron estar totalmente de acuerdo con la afirmación y el 40% estuvo de acuerdo.

Una de las motivaciones al elegir los TPL como alternativa metodológica para la enseñanza del concepto de cambio químico fue la falta de continuidad que se le da a las prácticas de laboratorio en la institución. El hecho de que el trabajo experimental no sea esencial para la enseñanza de la química ha generado que los estudiantes no reconozcan su importancia dentro del proceso de aprendizaje. Evidencia de esta postura son los resultados obtenidos antes de la intervención didáctica en donde la mayoría de los estudiantes se muestra indeciso frente a si los TPL pueden llegar a ser un factor motivacional hacia la asignatura.

Posterior a la intervención didáctica, donde los TPL son protagonistas del proceso, la percepción de los estudiantes cambia radicalmente. La totalidad de los estudiantes manifiesta estar Totalmente de acuerdo (TA) y de acuerdo (A) en que el componente experimental despierta su entusiasmo por la asignatura. Frente a esto los estudiantes manifiestan que la continuidad en el desarrollo de prácticas de laboratorio, mediante las cuales se afianzan conceptos y se desarrollaran habilidades para el trabajo experimental, cambia la forma de ver la química y su proceso de aprendizaje, más aún si estas prácticas se desarrollan con criterios de sostenibilidad ambiental, al ser evaluadas mediante la metodología adoptada.

Enunciado No. 2

Tabla 7. La esperanza de resolver algunos de los problemas ambientales está en la química

Tendencias enunciado No. 2				
Opciones	Pre	Pre (%)	Post	Post (%)
TA	0	0,00	7	23,33
A	7	23,33	20	66,67
I	9	30,00	3	10,00
D	14	46,67	0	0,00
TD	0	0,00	0	0,00
TOTAL	30	100,00	30	100,00

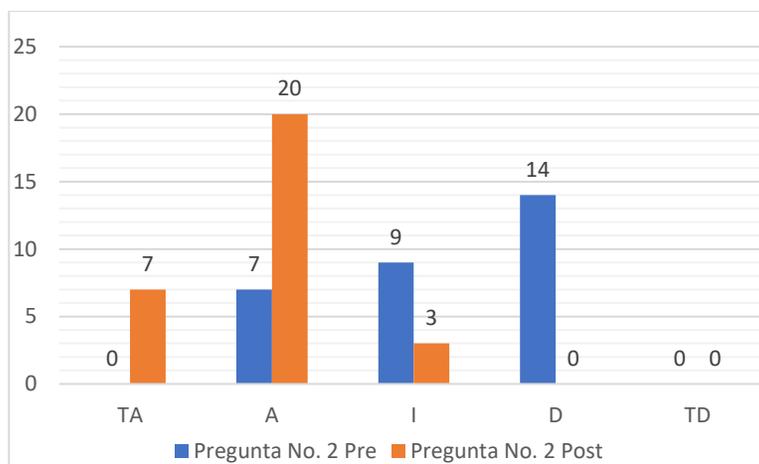


Figura 8. Tendencias enunciado No. 2. prueba tipo Likert

Frente a la afirmación de que “la esperanza de resolver algunos de los problemas ambientales está en la química”, antes de la intervención educativa, 23,33% estuvieron de acuerdo, 30% indecisos y 46,67% en desacuerdo. Luego de la intervención, el 66,67% se expresó de acuerdo con esta afirmación y el 23,33% restante estuvo totalmente de acuerdo.

En este sentido, Vilches y Gil (2011) expresa que “para comprender de forma precisa el papel de la química en el avance hacia la sostenibilidad es necesario, en primer lugar, adquirir una visión global de cuáles son los problemas a los que nos enfrentamos; problemas que justifican, como veremos, que se hable hoy de una situación de emergencia planetaria” (p. 105).

El recurso de indagación aplicado antes de la intervención didáctica permitió identificar entre los estudiantes una imagen desfavorable de la química, y no la ven como una alternativa de solución a los problemas ambientales, si no por el contrario la ubican como la causante de la crisis ambiental.

Abordar las prácticas de laboratorio bajo una metodología de evaluación fundamentada en los principios de la Química Verde, mostró a los estudiantes la posibilidad de unas actividades experimentales consientes del impacto ambiental que estas pueden generar. Simultaneo a la evaluación de los protocolos, se daban discusiones en torno a la emergencia ambiental, sus

causas y cómo desde prácticas ambientalmente responsables se puede prevenir la afectación que sobre los ecosistemas tienen la emisión y disposición de sustancias químicas.

Los resultados muestran que después de la intervención los estudiantes ubican a la química y sus procesos como alternativa en la remediación de algunos problemas de contaminación ambiental.

Enunciado No. 3

Tabla 8. Los trabajos prácticos de laboratorio en química impactan negativamente en el medio ambiente

Tendencias enunciado No. 3				
Opciones	Pre	Pre (%)	Post	Post (%)
TA	16	53,33	0	0,00
A	10	33,33	0	0,00
I	4	13,33	5	16,67
D	0	0,00	19	63,33
TD	0	0,00	6	20,00
TOTAL	30	100	30	100,00

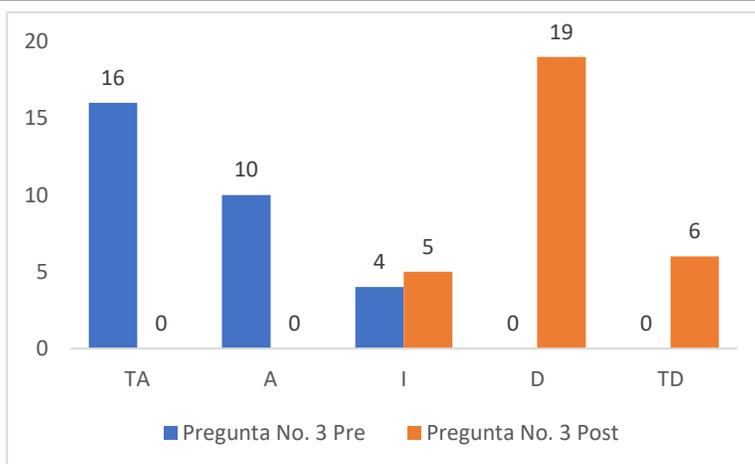


Figura 9. Tendencias enunciado No. 3. prueba tipo Likert

Al consultar a los estudiantes si consideraban que los trabajos prácticos de laboratorio en química impactan negativamente en el medio ambiente, el 53,33% estuvo totalmente de acuerdo, 33,33% se expresó de acuerdo y 13,33% indeciso. Luego de la intervención, el 16,67% se manifestó indeciso, 63,33% en desacuerdo y 20% totalmente desacuerdo.

El contraste entre los resultados obtenidos en los dos momentos permite inferir que una evaluación verde a los protocolos de laboratorio cambió por completo la visión de los estudiantes frente al impacto que sobre el ambiente tienen las prácticas de laboratorio.

Enunciado No. 4

Tabla 9. Es más fácil comprender los temas de química cuando estos se evidencian a través de trabajos prácticos de laboratorio

Tendencias enunciado No. 4				
Opciones	Pre	Pre (%)	Post	Post (%)
TA	14	46,67	24	80,00
A	13	43,33	6	20,00
I	3	10,00	0	0,00
D	0	0,00	0	0,00
TD	0	0,00	0	0,00
TOTAL	30	100	30	100,00

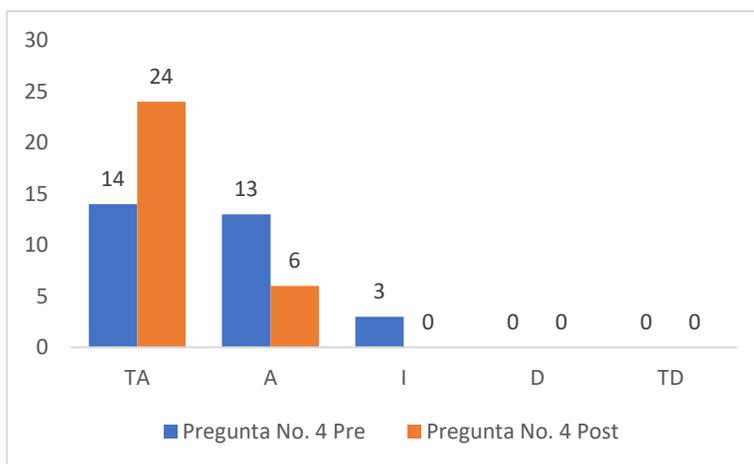


Figura 10. Tendencias enunciado No. 4. Prueba tipo Likert

Al consultarles a los estudiantes antes de la secuencia didáctica si consideran que es más fácil comprender los temas de química cuando estos se evidencian a través de trabajos prácticos de laboratorio, el 46,67% estuvo totalmente de acuerdo, 43,33% se manifestó de acuerdo y 10% indecisos. Luego de la intervención, 80% se expresaron totalmente de acuerdo y 20% de acuerdo.

En los dos momentos se evidencia una clara tendencia que indica que para los estudiantes les es más fácil comprender los conceptos trabajados en química, cuando estos se evidencian a partir de procesos de experimentación. La contundencia en los resultados después de la intervención da cuenta de la pertinencia de la metodología de enseñanza propuesta.

En relación con esto, se destaca lo expuesto por Ruíz (2013), quien señala que “Un primer obstáculo a vencer por los estudiantes para comprender los cambios químicos consistirá en aprender significativamente el concepto macroscópico de sustancia química y saber diferenciarlo del de mezcla que es como se presentan la mayoría de los sistemas materiales o productos que manejamos en la vida ordinaria” (p. 10).

Enunciado No. 5

Tabla 10. Debo realizar un gran esfuerzo para comprender los temas vistos en química

Tendencias enunciado No. 5				
Opciones	Pre	Pre (%)	Post	Post (%)
TA	14	46,67	0	0
A	16	53,33	0	0
I	0	0,00	3	10
D	0	0,00	16	53,33
TD	0	0,00	11	36,67
TOTAL	30	100	30	100

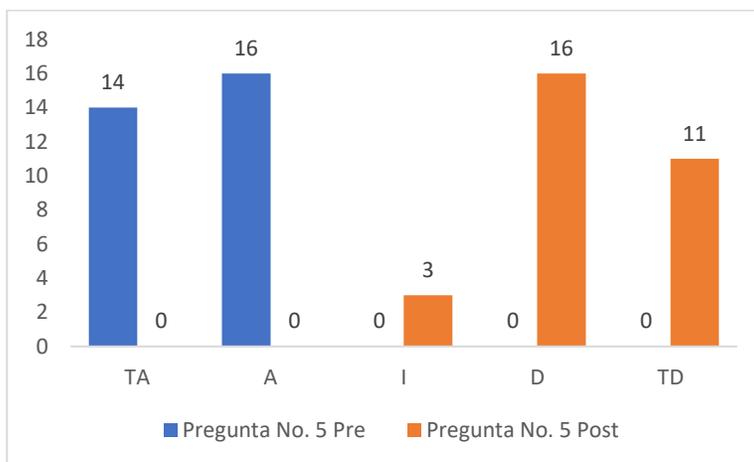


Figura 11. Tendencias enunciado No. 5. Prueba tipo Likert

Al consultarles a los estudiantes si deben realizar un gran esfuerzo para comprender los temas vistos en química, 46,67% dijo estar totalmente de acuerdo y 53,33% de acuerdo. Posterior a la intervención, el 36,67% manifestó estar totalmente de acuerdo y 53,33% de acuerdo. Este resultado permite observar que el proceso cognitivo para lograr comprender los conceptos, en particular el de cambio químico, es diferente a partir de la intervención pedagógica. La comprensión del fenómeno de cambio químico se facilita a partir de evidenciarlos mediante los TPL.

Enunciado No. 6

Tabla 11. Los conocimientos en química son necesarios para resolver los problemas ambientales globales

Tendencias enunciado No. 6				
Opciones	Pre	Pre (%)	Post	Post (%)
TA	3	10,00	17	56,67
A	11	36,67	13	43,33
I	13	43,33	0	0,00
D	3	10,00	0	0,00
TD	0	0,00	0	0,00
TOTAL	30	100,00	30	100,00

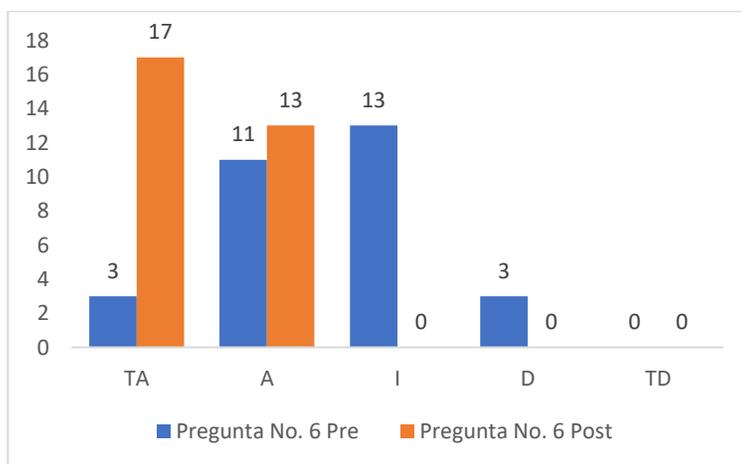


Figura 12. Tendencias enunciado No. 6. Prueba tipo Likert

Al preguntarles a los alumnos si los conocimientos en química son necesarios para resolver los problemas ambientales globales, antes de la intervención educativa 10% expresaron estar totalmente de acuerdo, 36,67% estuvieron de acuerdo y 43,33% indecisos. Posterior a la intervención, 56,67% se expresaron totalmente de acuerdo y 43,33% de acuerdo.

A partir de la intervención didáctica los estudiantes han modificado por completo la visión que tienen de la química. Abordar discusiones de orden socioambiental en el aula de clase genera espacios de análisis crítico en torno a los cuales es posible reflexionar sobre las causas y consecuencias de los problemas ambientales, y de cómo la química juega un rol determinante en dicha problemática. Un diseño eficiente de procedimientos, donde se optimice al máximo la cantidad de reactivos y se minimicen los residuos generados, junto con la síntesis de compuestos menos agresivos para el ambiente y la salud, será el primer paso de la consolidación de una ciencia para la sostenibilidad ambiental.

Categoría de análisis No. 3: Implicaciones didácticas del enfoque de Química Verde en el aprendizaje del cambio químico.

Enunciado No. 7

Tabla 12. La química es una ciencia peligrosa para la salud y para el medio ambiente

Tendencias enunciado No. 7				
Opciones	Pre	Pre (%)	Post	Post (%)
TA	11	36,67	0	0,00
A	16	53,33	0	0,00
I	3	10,00	2	6,67
D	0	0,00	17	56,67
TD	0	0,00	11	36,67
TOTAL	30	100	30	100

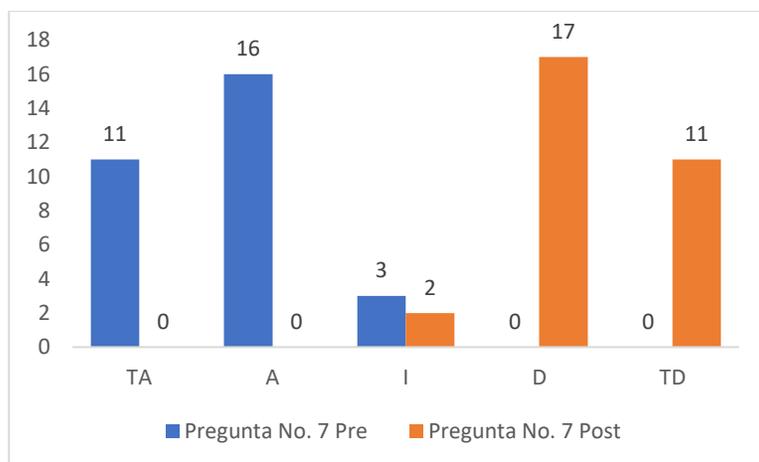


Figura 13. Tendencias enunciado No. 7. Prueba tipo Likert

Al consultarles a los estudiantes si la química es una ciencia peligrosa para la salud y para el medio ambiente, el 36,67% expresó estar totalmente de acuerdo, 53,33% estuvieron de acuerdo. Luego de la secuencia didáctica, el 6,67% se mostró indeciso frente a dicha afirmación, 56,67% estuvieron en desacuerdo y el 36,67% restante estuvieron totalmente en desacuerdo.

La evaluación verde diseñada para los protocolos de laboratorio incluyó un análisis detallado de los reactivos utilizados y de los productos obtenidos en cada una de las reacciones que se llevaron a cabo dentro de la práctica, esto incluía aspectos relacionados con la afectación a la salud de las personas desde los pictogramas de seguridad de los compuestos. Este análisis se constituye en un criterio de validez sobre la pertinencia de un procedimiento experimental específico. Tener en cuenta este criterio para la evaluación, permitió a los estudiantes entender que no todos los compuestos son nocivos y de esta manera cambiar su percepción frente los riesgos que para la salud tienen estos compuestos.

Enunciado No. 8

Tabla 13. Considero el estudio de la química como una opción para mis estudios universitarios

Tendencias enunciado No. 8				
Opciones	Pre	Pre (%)	Post	Post (%)
TA	0	0,00	1	3,33
A	2	6,67	8	26,67
I	10	33,33	17	56,67
D	14	46,67	4	13,33
TD	4	13,33	0	0,00
TOTAL	30	100	30	100

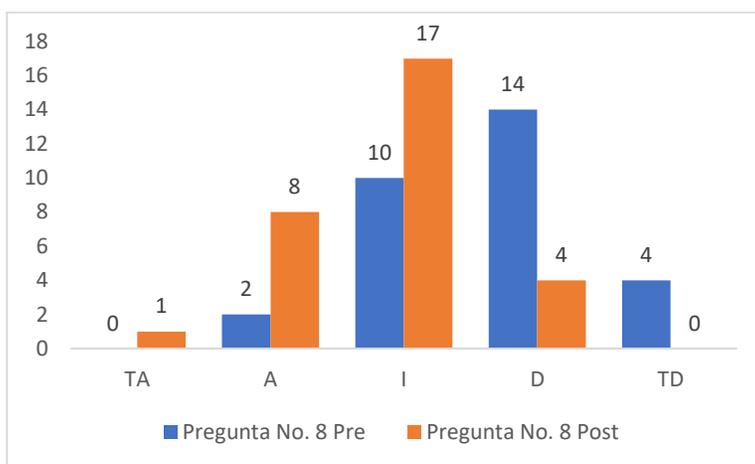


Figura 14. Tendencias enunciado No. 8. Prueba tipo Likert

Con respecto a si consideran que el estudio de la química como una opción para sus estudios universitarios, antes de la aplicación de la secuencia didáctica el 6,67% estuvieron de acuerdo, 33,33% indecisos, 46,67% de en desacuerdo y 13,33% totalmente en desacuerdo. Luego de la intervención educativa, 3,33% expresaron estar totalmente de acuerdo, 26,67% de acuerdo, 56,67% indecisos, 13,33% en desacuerdo.

En relación con esto destaca lo señalado por Ruíz (2013), quien apunta que “las ideas preconcebidas o conceptos erróneos son construidos a partir de las ideas directas y la percepción de un mundo macroscópico muchas de estas ideas pueden persistir hasta la universidad son

resistentes al cambio; sin embargo, la instrucción puede modelar nuevos conceptos a partir de los ya existentes haciendo más significativo el aprendizaje” (p. 8).

Enunciado No. 9

Tabla 14. No veo relación entre los temas de química vistos en clase y la vida cotidiana

Tendencias enunciado No. 9				
Opciones	Pre	Pre (%)	Post	Post (%)
TA	13	43,33	0	0,00
A	14	46,67	0	0,00
I	3	10,00	5	16,67
D	0	0,00	16	53,33
TD	0	0,00	9	30,00
TOTAL	30	100	30	100

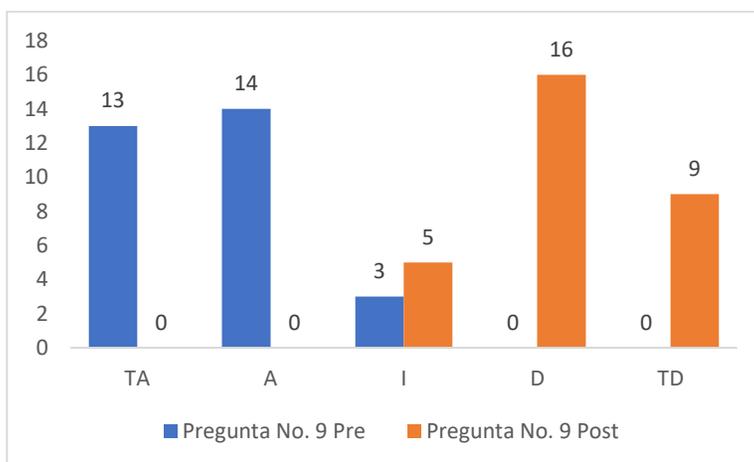


Figura 15. Tendencias enunciado No. 9. Prueba tipo Likert

Al presentarles a los estudiantes la expresión “No veo relación entre los temas de química vistos en clase y la vida cotidiana”, antes de la secuencia didáctica 43,33% expresa que están totalmente de acuerdo, 46,67% de acuerdo, 10% indeciso. Y después de la intervención educativa el 16,67% estuvieron indecisos, en desacuerdo 53,33% y 30,00% totalmente desacuerdo.

Presentar los contenidos de la asignatura de química fuera de un contexto, en donde los estudiantes pueden evidenciar el fenómeno a partir de la interacción directa con el objeto de

estudio, genera resistencia y falta de interés en los estudiantes, a los cuales les resultan desmotivantes los espacios académicos orientados a memorizar contenidos y lenguajes que, en la mayoría de los casos, no llegan a comprender. La falta de interés que en algunos estudiantes despiertan las ciencias naturales en general y la química en particular, se debe fundamentalmente a que su enseñanza ha estado enmarcada en la transmisión de ideas de corte teórico, construidas sobre la base de conceptos y modelos que en muchas ocasiones resultan complejos de enmarcar dentro de un contexto real y cercano para los estudiantes; esta forma de abordar la enseñanza de las ciencias favorece en ellos una imagen abstracta y difusa de la química y de sus conceptos fundamentales (Izquierdo, 2003).

Enunciado No. 10

Tabla 15. La química es abstracta y resulta útil únicamente para aquellos que la estudian a nivel profesional.

Tendencias enunciado No. 10				
Opciones	Pre	Pre (%)	Post	Post (%)
TA	10	33,33	0	0,00
A	17	56,67	0	0,00
I	2	6,67	5	16,67
D	1	3,33	17	56,67
TD	0	0,00	8	26,67
TOTAL	30	100	30	100

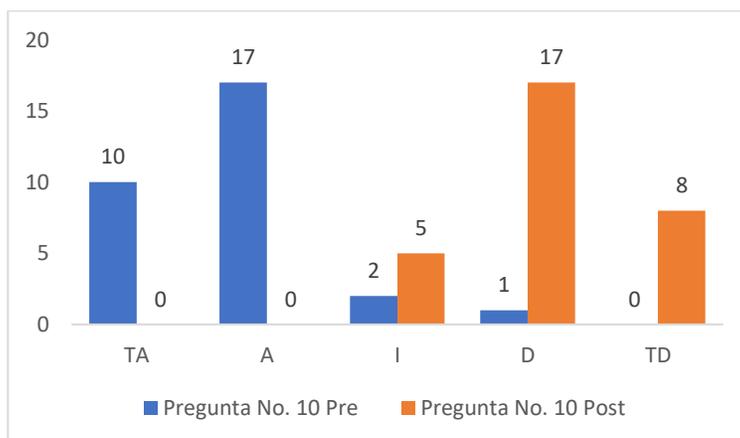


Figura 16. Tendencias enunciado No. 10. Prueba tipo Likert

Finalmente, se les consultó si la química es abstracta y resulta útil únicamente para aquellos que la estudian a nivel profesional, con respecto a esta afirmación, antes de la secuencia didáctica 33,33% expresó que están totalmente de acuerdo, 56,67% están de acuerdo, 6,67% indecisos y 3,33% en desacuerdo. Luego de la intervención educativa, el 16,67% expresaron estar indecisos, 56,67% en desacuerdo y 26,67% totalmente desacuerdo.

En síntesis, se puede identificar una tendencia que se hace evidente al contrastar las respuestas del recurso de indagación aplicado antes y después de la intervención didáctica, lo que permite inferir que la mediación pedagógica, fundamentada metodológicamente en los TPL, impactó de manera positiva en el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto de cambio químico. La aplicación de la secuencia didáctica generó un ambiente de aprendizaje que favoreció la comprensión del concepto, pero a la vez generó un cambio de actitud en los estudiantes hacia la asignatura; a partir de allí se concluye que la dificultad en la comprensión de los contenidos en la asignatura generaba desmotivación y apatía.

El impacto de la articulación de los principios de la Química Verde con la enseñanza de la química también se pudo medir en el recurso de indagación, en este particular se destaca un cambio positivo en la imagen pública que se tiene de la química, en cuanto a problemáticas ambientales se refiere. La enseñanza de la química con criterios de sostenibilidad ambiental mejora la percepción de los estudiantes y les permite ver que si es posible implementar procesos químicos que afecten lo menos posible el patrimonio ambiental de la humanidad.

7.4 Análisis verde de Protocolos de Laboratorio

El presente trabajo de investigación está orientado a la implementación de una estrategia de innovación didáctica fundamentada metodológicamente en los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) y que estos se encuentren bajo el enfoque de la Química Verde, generando un ambiente de aprendizaje que favorezca la comprensión del concepto de cambio químico, pero a la vez que responda a la necesidad de formar estudiantes conscientes de la emergencia ambiental global.

Para cumplir con estos propósitos fue necesario indagar por metodologías que propendan por la evaluación de los protocolos de laboratorio que tenga una relación simbiótica con los principios de la química verde.

Morales et al (2011) proponen una metodología para evaluar los protocolos de laboratorio. Esta metodología fue publicada en el artículo titulado “¿Qué tan verde es un experimento?”, en el cual expone los criterios y procedimientos para analizar la pertinencia de un procedimiento experimental en términos del impacto que éste puede generar en el ambiente y en la salud de quienes realizan la práctica.

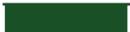
La metodología se explica con detalle en la secuencia didáctica (ver anexos). En este apartado se muestran los resultados de la evaluación que se le efectuó, en conjunto con los estudiantes, a cada una de las prácticas desarrolladas a lo largo de la intervención pedagógica. La *evaluación del acercamiento verde*, como la llaman los autores, se basa metodológicamente en tres aspectos: los doce principios de la química verde, los cuales se relacionan en la tabla 16, el diagrama con los procedimientos que se llevan a cabo en la práctica de laboratorio, y los pictogramas que identifican los peligros tanto de los reactivos como de los productos en las reacciones que suceden durante el trabajo experimental. Una correlación de estos factores arroja

una valoración que permite, en una escala de 1 a 10, asociado a un color, establecer un acercamiento verde de la práctica. En la tabla 17 se puede ver la escala de análisis y evaluación que usa la metodología.

Tabla 16. Los 12 Principios de la Química Verde

1. Prevención: es mejor prevenir la generación de un residuo, que tratarlo o eliminarlo después de haberlo generado
2. Economía atómica: los métodos de síntesis deberán diseñarse de tal forma que se incorporen al máximo, en el producto final, todos los sustratos usados durante el proceso.
3. Síntesis químicas menos peligrosas: los métodos de síntesis deberán ser diseñados para utilizar y generar sustancias que presenten baja o nula toxicidad, tanto para el ser humano, como para el ambiente.
4. Diseño de químicos seguros: los productos químicos se diseñarán de manera que mantengan su eficacia y baja toxicidad.
5. Uso de disolventes seguros o auxiliares: evitar el empleo de sustancias auxiliares como disolventes, reactivos de separación, etc., y en el caso de que se empleen, éstos deberán ser lo más inocuos posible
6. Diseño de la eficiencia energética: los requerimientos energéticos en un proceso químico se catalogan por su impacto económico y al medio ambiente; por lo tanto, se sugiere llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambiente.
7. Uso de materias primas renovables: la materia prima debe ser preferiblemente renovable en lugar de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable.
8. Reducir derivados: evitar el uso de grupos de bloqueo, de protección-desprotección o la modificación temporal de los procesos fisicoquímicos, su empleo requiere reactivos adicionales y genera residuos.
9. Catálisis: considerar el empleo de catalizadores, lo más selectivos posible, de preferencia de origen natural.
10. Diseñar sustancias biodegradables: los productos deberán ser diseñados de tal manera que al final de su vida útil no persistan en el ambiente
11. Análisis en tiempo real para prevenir la contaminación: las metodologías analíticas necesarias serán desarrolladas en el momento del proceso, lo que permitirá un seguimiento y control en tiempo real del proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas.
12. Químicos seguros para prevenir accidentes: las sustancias y la forma de una sustancia usada en un proceso químico deberá ser elegida para reducir el riesgo de accidentes químicos, incluyendo las emanaciones, explosiones e incendios.

Tabla 17. Escala de análisis y evaluación para determinar el acercamiento verde de una práctica.

	(10)	Totalmente verde
	(9)	Gran acercamiento verde
	(8)	Muy buen acercamiento verde
	(7)	Buen acercamiento verde
	(6)	Ligero acercamiento verde
	(5)	Transición café a verde
	(4)	Ligeramente café
	(3)	Medianamente café
	(2)	Muy café
	(1)	Totalmente café

7.4.1 Evaluación verde a los protocolos

A continuación se muestran los resultados de la evaluación a los protocolos, de acuerdo con la metodología empleada.

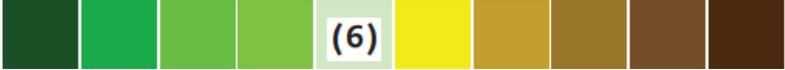
TPL # 1. Reacción entre el Bicarbonato de Sodio y el Vinagre (Ácido Acético)				
Diagrama del Proceso	Compuesto	Principio de la QV	Pictogramas asociados	Valoración/10
	Ácido Acético (CH ₃ COOH)	12		6
	Bicarbonato de Sodio (NaHCO ₃)	2	Sin clasificación de peligro conforme a los criterios del GHS ¹ de la ONU	10
	Acetato de sodio (CH ₃ COO-Na)	1	Sin clasificación de peligro conforme a los criterios del GHS de la ONU	10
	Dióxido de Carbono (CO ₂)	1		7
 Muy buen acercamiento verde			VALORACION FINAL	8

El ponderado de la evaluación arroja una valoración final de 8, lo que indica que en general esta práctica tiene un “muy buen acercamiento verde”, es decir que la práctica se aproxima al ideal de la química verde, sin embargo es susceptible a ser intervenida con miras a mejorar en términos del impacto que puede generar.

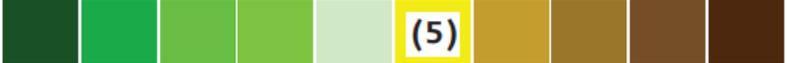
¹ **GHS** es la sigla para el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos.

TPL # 2. Combustión de la cinta de magnesio, formación del Óxido de Magnesio y del Hidróxido de Magnesio				
Descripción del Proceso	Compuesto	Principio de la QV	Pictogramas asociados	Valoración
	Magnesio metálico	7		5
	Óxido de Magnesio (MgO)	3	Sin clasificación de peligro conforme a los criterios del GHS de la ONU	10
	Hidróxido de Magnesio Mg(OH) ₂	3	Sin clasificación de peligro conforme a los criterios del GHS de la ONU	10
			VALORACION FINAL	8
Muy buen acercamiento verde				

El ponderado de la evaluación arroja una valoración final de 8, lo que indica que en general esta práctica tiene un “muy buen acercamiento verde”, es decir que la práctica se aproxima al ideal de la química verde, sin embargo es susceptible a ser intervenida con miras a mejorar en términos del impacto que puede generar.

TPL # 3. Reactividad de los metales en medio ácido				
Diagrama del Proceso	Compuesto	Principios de la QV	Pictogramas asociados	Valoración
	Magnesio metálico	7		6
	Cinc	7		4
	Aluminio	7	Sin clasificación de peligro conforme a los criterios del GHS de la ONU	7
	Ácido Clorhídrico (HCl)	12		4
	Cloruro de Magnesio (MgCl ₂)	3	Sin clasificación de peligro conforme a los criterios del GHS de la ONU	10
	Cloruro de Cinc (ZnCl ₂)	3 - 1		4
	Cloruro de Aluminio (AlCl ₃)	3	Sin clasificación de peligro conforme a los criterios del GHS de la ONU	10
Hidrógeno H ₂	3		6	
 (6)			VALORACION FINAL	6
Ligero acercamiento verde				

El ponderado de la evaluación para esta práctica arroja una valoración de 6, lo que indica que esta práctica tiene un “ligero acercamiento verde”, es necesario evaluar la pertinencia de esta práctica, no en términos de la producción de conocimiento, si no en términos de efecto sobre el ambiente y posibles riesgos para la salud. Se debe intervenir la práctica para minimizar el impacto.

TPL # 5. Reacción de potasio con agua				
Diagrama del Proceso	Compuesto	Principio de la QV	Pictogramas asociados	Valoración
	Potasio metálico	7		5
	Hidróxido de potasio (KOH)	1		6
	Hidrógeno	3		6
 Transición café a verde			VALORACION FINAL	5

El ponderado de la evaluación para esta práctica arroja una valoración de 5, lo que indica que esta práctica se ubica en una “transición café a verde”, es necesario evaluar la pertinencia de esta práctica, no en términos de la producción de conocimiento, si no en términos de efecto sobre el ambiente y posibles riesgos para la salud.

TPL # 6. Reacción del sodio metálico con agua Neutralización con ácido clorhídrico y obtención de la sal (recristalización)				
Diagrama del Proceso	Compuesto	Principio de la QV	Pictogramas asociados	Valoración
	Sodio metálico	7		5
	Hidróxido de Sodio (NaOH)	1		6
	Ácido Clorhídrico	12		4
	Cloruro de Sodio	3	Sin clasificación de peligro conforme a los criterios del GHS de la ONU	10
 Ligero acercamiento verde			VALORACION FINAL	6

El ponderado de la evaluación para esta práctica arroja una valoración de 6, lo que indica que esta práctica tiene un “ligero acercamiento verde”, es necesario evaluar la pertinencia de esta práctica, no en términos de la producción de conocimiento, si no en términos de efecto sobre el ambiente y posibles riesgos para la salud. Se debe intervenir la práctica para minimizar el impacto.

Una de las preocupaciones iniciales, que motivaron el diseño de una estrategia de intervención didáctica basada en TPL, era el impacto que sobre el medio ambiente tienen las prácticas de laboratorio de química. La emisión de gases y residuos de sustancias químicas, en algunas ocasiones con alto nivel de toxicidad, son una constante en los trabajos prácticos de laboratorio.

Es común que los docentes de química planifiquen los trabajos experimentales únicamente en función de los objetivos de aprendizaje propuestos, sin tener en cuenta el efecto sobre el equilibrio ambiental que una práctica determinada pueda tener, y este no es un detalle menor. Por ello una parte esencial de este ejercicio investigativo fue buscar estrategias metodológicas que brinden herramientas a los profesores de ciencias experimentales para que, a partir de una evaluación rigurosa y con criterios bien definidos, estén en la capacidad de decidir frente a la conveniencia, en términos del impacto ambiental, de efectuar o no una práctica de laboratorio determinada o de rediseñarla si se cuenta con la experticia para hacerlo.

Los resultados de la investigación permiten sugerir que la inclusión de los principios de la Química Verde en los procesos de enseñanza de las ciencias experimentales se puede dar a partir del diseño de protocolos de laboratorio, brindando de esta manera una oportunidad de diálogo y reflexión al interior del aula que propenda por la formación de ciudadanos críticos, capaces de tomar decisiones ambientalmente responsables.

8. RESUMEN DE RESULTADOS

Luego de procesar y analizar la información recogida en los instrumentos que se aplicaron antes y después de la intervención didáctica, se destaca el progreso de los estudiantes en la interpretación que hacen de lo que es un cambio químico, ya que comienzan a interpretar el fenómeno a partir de los indicios que dan cuenta de una reacción química, pero entendiendo que la naturaleza del proceso implica transformaciones a escala micro que sufren las sustancias.

La evaluación hecha a los protocolos de laboratorio, a la luz de los principios de la química verde, arroja información suficiente para tomar decisiones responsables en torno al desarrollo o no de una práctica determinada, o hacerle modificaciones al procedimiento en caso de ser posible.

El contraste entre los dos momentos pone de manifiesto que hay un cambio importante en las actitudes de los estudiantes hacia la asignatura de química. Los porcentajes en las respuestas del cuestionario tipo Likert indican que la intervención didáctica mejora la percepción en tres aspectos puntuales: la imagen que se tiene de la química como una ciencia nociva para el medio ambiente, la posibilidad de orientar sus estudios en áreas afines a la química y la motivación hacia las clases de química.

Los Trabajos Prácticos de Laboratorio constituyen un modelo ideal que permite evidenciar el fenómeno de cambio químico, esta modelización induce un cambio en la percepción de los estudiantes sobre el cambio químico. Esta premisa toma validez al leer las observaciones de los estudiantes en los reportes de laboratorio, el cambio en el lenguaje empleado y la claridad en la redacción permite dar cuenta de esta evolución.

9. CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación surgen del contraste analítico entre dos momentos de desarrollo pedagógico, uno previo a la intervención didáctica, y otro resultante de la evaluación una vez se dio su implementación. A partir de allí se determinaron los aportes de la estrategia de innovación didáctica en el aprendizaje del concepto de cambio químico. Para determinar el cumplimiento de los objetivos propuestos se diseñaron una serie de instrumentos destinados a recopilar y sistematizar la información que iba arrojando el proceso investigativo. Los datos que de allí se obtuvieron se analizaron mediante el programa de análisis de datos cualitativos asistidos por computadora ATLAS.ti, y también empleando métodos de estadística descriptiva.

La información recopilada y su respectivo análisis permite evidenciar que:

Los estudiantes tienden asociar el concepto de cambio químico con todo proceso en donde ven a las sustancias tomar una apariencia diferente, por esta razón es que términos como calor, mezcla, estado, descomposición, fuego, líquido, gaseoso, separación, entre otros, que son característicos de los cambios físicos, aparecen en su concepción inicial de cambio químico. Esta concepción del cambio químico, como fenómeno físico, se reafirma al indagar sobre situaciones cotidianas donde primaron enfoques asociados a los cambios de estado y a la formación y composición de las mezclas, de lo cual se infiere que no hay conciencia de que los cambios químicos que sufren las sustancias se sustentan en cambios que ocurren en su estructura molecular.

Los Trabajos Prácticos de Laboratorio, permitieron que los estudiantes analizaran el fenómeno de cambio químico a partir de la evidencia que arroja una reacción química que ellos mismos inducen, en la cual se puede identificar la aparición de nuevas sustancias, con propiedades físicas y químicas diferentes a las que estaban previamente. Este fue el punto de partida para la reconstrucción del concepto de cambio químico que hicieron los estudiantes.

El análisis de los resultados obtenidos permite identificar que el proceso cognitivo para lograr comprender los conceptos, en particular el de cambio químico, es diferente a partir de la intervención pedagógica. Los TPL permitieron al estudiante acercarse al fenómeno de cambio químico e interactuar directamente con el objeto de estudio, mejorando de esta manera la significación del concepto, es decir que la comprensión del fenómeno de cambio químico se facilita a partir de evidenciarlo mediante los TPL.

Previo a la intervención didáctica se pudo evidenciar cierto nivel de apatía en la gran mayoría de estudiantes hacia la asignatura de química. Los resultados de los instrumentos, y la indagación a estudiantes permitió establecer que la falta de motivación y la resistencia hacia la asignatura y sus contenidos son consecuencia de la dificultad en la comprensión de conceptos. Si bien uno de los objetivos del proceso era favorecer el aprendizaje del concepto de cambio químico, la estrategia de intervención mostró un impacto positivo en las actitudes y disposición de los estudiantes, hacia la asignatura y hacia otras cuestiones de orden socioambiental.

El análisis de los resultados que arroja investigación permite concluir que el componente experimental fue fundamental para la enseñanza y comprensión del concepto de cambio químico,

ya que fue través de los TPL que los estudiantes lograron entender que el cambio químico se da a nivel micro, pero que se puede percibir a nivel macro, mediante la identificación de indicios como cambio de color, aumento de temperatura, producción de sustancias gaseosas, formación de precipitados, efervescencia, entre otros.

Una mayor comprensión del concepto de cambio químico se evidenció a partir de las respuestas dadas en el recurso de salida, donde los estudiantes utilizan términos como transformación, energía, reacción, síntesis, combustión, entre otros, e interpretan que estos términos hacen referencia a un cambio interno y profundo de la estructura de la materia.

La inclusión de los principios de la Química Verde en el diseño e implementación de los protocolos de laboratorio ofrece herramientas a los docentes de ciencias experimentales para que, a partir de una evaluación rigurosa y con criterios bien definidos, estén en la capacidad de decidir frente a la conveniencia, en términos del impacto ambiental, de efectuar o no una práctica de laboratorio, a la vez que abre un espacio de diálogo y reflexión al interior del aula que propenda por la formación de estudiantes críticos, capaces de tomar decisiones ambientalmente responsables.

La estrategia de innovación implementada a través de la secuencia didáctica permitió formar a los estudiantes con un criterio químico, a partir del cual desarrollaron la capacidad de identificar los cambios químicos en el mundo que los rodea, lo que se constituye en un punto de partida contextual para situar los contenidos vistos en el aula y darle significancia a los mismos.

La investigación en el aula se debe convertir en una herramienta fundamental para el trabajo docente, este ejercicio debe ser parte de la cotidianidad del maestro, ya que permite identificar dificultades y plantear reflexiones y acciones en torno a los procesos de enseñanza y aprendizaje y sus problemas en el aula. Es así, como se diagnosticó que la comprensión del concepto de cambio químico representa un alto nivel de complejidad, y más aún cuando el proceso tiene una alta carga de teorización.

10. RECOMENDACIONES

Es necesario que los profesores de la institución orienten los aprendizajes de los estudiantes desde el contraste de concepciones, teorías y resultados de la experimentación en clase, para ello es fundamental diseñar instrumentos que le permitan al docente sistematizar la práctica docente y a partir de esto generar reflexiones en torno a los resultados obtenidos y replantear las metodologías en caso de que los resultados no sean los esperados. Se hace necesario implementar estrategias didácticas innovadoras y flexibles, que se adapte a las necesidades educativas actuales. La investigación en el aula debe convertirse en una política de carácter institucional, que propenda por un dialogo interdisciplinar en el cual se compartan experiencias y resultados, y a partir de allí estructurar un currículo que dé respuesta a la emergencia socioambiental de los tiempos actuales.

En aras de promulgar por una educación basada en principios de sustentabilidad y sostenibilidad, se hace necesario que el diseño de protocolos de laboratorio esté orientado por los principios de la química verde, los cuales permiten optimizar el uso de reactivos y minimizar la

producción de residuos (economía atómica), al tiempo que identifica aquellas sustancias que representen un riesgo potencial para la salud de los estudiantes y para el medio ambiente. Este ejercicio va a generar entre los docentes de química la necesidad de replantear los protocolos de laboratorio, o generar alternativas a los experimentales.

Las instituciones educativas y las comunidades académicas de didactas y docentes de química deben indagar en alternativas para la enseñanza de las ciencias experimentales, las plataformas educativas mediadas por TIC's emergen como una oportunidad para aquellas prácticas de laboratorio, en las cuales los resultados de la evaluación verde sugieren no realizar el trabajo experimental. En este sentido, los laboratorios virtuales y los simuladores generan ambientes de aprendizaje complementarios al aula de clase que favorecen necesidades educativas, en particular la de reducir al máximo el uso de reactivos y la producción de residuos en las prácticas de laboratorio a nivel escolar. Esto abre las posibilidades a futuros ejercicios de investigación

La Universidad Pedagógica Nacional, y sus grupos de investigación, deben seguir generando momentos de interacción y dialogo con las instituciones de educación básica y media y dar continuidad a los espacios de socialización de proyectos individuales desarrollados por los docentes en ejercicio, y así fortalecer la trayectoria de las líneas de investigación y los procesos de formación inicial de investigadores, a la vez que impacta positivamente en

11. BIBLIOGRAFÍA

Adúriz-Bravo, A., (2009). La didáctica de las ciencias como disciplina. Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica, 17. Recuperado de <https://revistas.usal.es/index.php/0212-5374/article/view/3902/3924>

Adúriz-Bravo, A. & Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 1, (3), 130-140.

Anastas, P. & Williamson, T. (1996). Green Chemistry: An Overview. In Green Chemistry: Design Chemistry for the Environment. Washington, DC: ACS Symposium.

Aragón, María & Oliva, José & López, Angel. (2017). Abordando el cambio químico desde una perspectiva de modelización y contextualización: avance de resultados. X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, At Sevilla (España)

Caamaño, A. (1992). Aula de Innovación Educativa. [Versión electrónica]. Revista Aula de Innovación Educativa 9

Carson, R., (1962). Primavera Silenciosa. Barcelona, España: Crítica.

Cortes, A., Reyes J. y Bustos, E. (2017). Secuencia didáctica en química verde. X Congreso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Sevilla (España)

Díaz-Barriga, A., (2013). Guía para la elaboración de una secuencia didáctica. universidad Nacional Autónoma de México, México D.F

Doria, M., & Miranda, R., (2013). Química verde: Un tema de presente y futuro para la educación de la química. Educación Química, 24 (núm. extraord. 1), 94-95.

Durango, P., (2015). Las prácticas de laboratorio como una estrategia didáctica alternativa para desarrollar las competencias básicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Grado. Bogotá (Colombia)

Espinosa, E., González, K., & Hernández., L., (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12, (1), 266 – 279.

Fernández, L., Henrique, S., & Corio, P., (2013). Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química. *Educación Química.*, 24 (núm. extraord. 1), 113-123.

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). *Revista TED*, (41), 37-56

Franco, R., Ordoñez, L. & Rozo, N., (2016). La Química Verde: un área emergente en la investigación didáctica. *Escenarios*, (18), 28-33.

Franco, R., (2011). Competencias científicas y resolución de problemas en el IPN: una experiencia de aula. *Boletín PPdQ*, 48, 26-33

Gil, D., Carrascosa, J. y Martínez, F. (2000). La Didáctica de las Ciencias: una disciplina emergente y un campo específico de investigación. *Universitat de València. Alcoy (España)*

González, P., Pérez, C. & Figueroa-Duarte, S., (2016). La enseñanza de la química desde la perspectiva de la química verde. *Revista Científica*, (24), 24-40

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M., (2010). *Metodología de la Investigación (Vol. V)*. México D.F: Mc. Graw Hill.

Holguín, J. (2016). *Estrategia para la enseñanza de la química en el laboratorio (Tesis de maestría)*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

Izquierdo, M., (1999). El aprendizaje del concepto de cambio químico en el alumnado de secundaria. *Investigación en la escuela*, (38), 65 - 75

Izquierdo, M., (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: Contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92 (4/6), 115-136.

Latorre, A., (2007). *La investigación - acción. Conocer y cambiar la practica educativa*. GRAO. España.

Machado, A., (2011). Da génese ao ensino da química verde. *Quimica Nova*, 34, (3), 535-543.

Medina, Verdugo-Perona y Solaz-Portolés (2019). Aportaciones a la comprensión del cambio químico a lo largo de la educación secundaria. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*.

Moliner, O., Sanahuja, A. y Benet, A. Gil. (2017). Prácticas inclusivas en el aula desde la investigación-acción, Castellón de la Plana, España. DOI: <http://dx.doi.org/10.6035/Sapientia127>

León, G y Peña, A., (2016). *La efectividad de la enseñanza experimental en el aprendizaje significativo de la química*. Universidad de Carabobo. Tesis de Grado. Carabobo (Venezuela).

Loayza, J. y Silva, V., (2013). Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*. UNMSM, 16(1): 108-117

Marques, C y Machado, A., (2018). Una visión sobre propuestas de enseñanza de la Química Verde. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 19-43

Mascarell, L., & Vilches, A., (2016). Química Verde y Sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 34 (2), 25-42.

Merino, C., Izquierdo, M. (2011). Aportes a la modelización según el cambio químico. *Educación Química.*, 22(3), 212-223.

Morales, M., Martínez, J., Reyes-Sánchez, I., Hernández, O., Arroyo, G. y Miranda, R., (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? *Educación Química*, 22(3), 240-248.

Moreno, J., Herreño, J., Giraldo, V., Fuentes, W & Casas, J., (2009). Estequiometría Visible. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (3), 477-482.

Mosquera, C., Mora, W., García, A., (2003). Conceptos fundamentales de la química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado. Bogotá, D.C., Colombia: Fondo de Publicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Raviolo, A., Garritz, A., Sosa, P., (2011). Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8 (3), 240-254

Reyes-Sánchez, L. (2012). Aporte de la Química Verde a la construcción de una ciencia socialmente responsable. *Educación Química*, 23 (2), 222-229.

Rocha, A., & Bertelle, A. (2007). El rol del laboratorio en el aprendizaje de la Química. Obtenido de [fio.unicen.edu.ar](http://www.fio.unicen.edu.ar): <http://www.fio.unicen.edu.ar/>

Rodríguez, L., (2014). Metodologías de enseñanza para un aprendizaje significativo de la histología. *Revista Digital Universitaria UNAM*, 15 (11)

Rodríguez, M., (2008). *La Teoría del Aprendizaje Significativo en la perspectiva de la Psicología Cognitiva*. Ed. Octaedro. Barcelona

Ruiz, L., (2013). Aprendizaje activo de cambio químico en educación media por medio de una caja didáctica. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá

Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill. Págs. 496

Sanmartí, N., Márquez, C. y García, P. (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula Innovación Educativa*, 113-14. 8-14.

12. ANEXOS

ANEXO 1. Cuestionarios de entrada y salida

ENSEÑANZA DEL CAMBIO QUÍMICO EN GRADO OCTAVO. UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA DESDE LA QUÍMICA VERDE Y LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA

ACTIVIDAD DE INDAGACIÓN

La presente actividad de indagación tiene como finalidad conocer tu percepción frente a la asignatura de química, algunos enfoques de enseñanza, las prácticas de laboratorio y sobre el concepto de cambio químico. Le agradecemos ser honesto y espontáneo en sus respuestas.

I. Menciona cinco (5) palabras con las cuales relaciones el **cambio químico**

_____	_____
_____	_____
_____	_____

II. Menciona cinco (5) situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique **cambio químico**

_____	_____
_____	_____
_____	_____

III. En un corto párrafo escribe lo que para ti es el **cambio químico**

IV. Lee atentamente cada enunciado y señala tu respuesta con una **X**, en el cuadro respectivo de acuerdo con las siguientes opciones:

TA: totalmente de acuerdo - **A:** de acuerdo - **I:** indeciso - **D:** en desacuerdo - **TD:** en total desacuerdo

	Enunciado	TA	A	I	D	TD
1	Los trabajos prácticos de laboratorio despiertan mi entusiasmo por la asignatura de química					
2	La esperanza de resolver algunos de los problemas ambientales está en la química					
3	Los trabajos prácticos de laboratorio en química impactan negativamente en el medio ambiente					
4	Es más fácil comprender los temas de química cuando estos se evidencian a través de trabajos prácticos de laboratorio					
5	Debo realizar un gran esfuerzo para comprender los temas vistos en química					
6	Los conocimientos en química son necesarios para resolver los problemas ambientales globales					
7	La química es una ciencia peligrosa para la salud y para el medio ambiente					
8	Considero el estudio de la química como una opción para mis estudios universitarios					
9	No veo relación entre los temas de química vistos en clase y la vida cotidiana					
10	La química es abstracta y resulta útil únicamente para aquellos que la estudian a nivel profesional.					

ANEXO 2. Secuencia Didáctica

SECUENCIA DIDÁCTICA

**RESIGNIFICACIÓN DEL CAMBIO QUÍMICO A PARTIR DE LOS TRABAJOS PRÁCTICOS
DE LABORATORIO**

JAVIER ARMANDO TÉLLEZ MOLINA

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN: REPRESENTACIONES Y CONCEPTOS CIENTÍFICOS –
IREC.**

PROYECTO DE INVESTIGACION:

**ENSEÑANZA DEL CAMBIO QUÍMICO EN GRADO OCTAVO. UNA ESTRATEGIA
DIDÁCTICA DESDE LA QUÍMICA VERDE Y LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE
LABORATORIO**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
Bogotá, Junio de 2020**

CONTENIDO DE LA SECUENCIA DIDACTICA

1. PRESENTACIÓN
2. ORIENTACIONES PARA EL PROFESOR
3. ORIENTACIONES PARA EL ESTUDIANTE
4. OBJETIVOS DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA
5. SECUENCIA DIDACTICA
 - 5.1. ACTIVIDADES DE APERTURA
 - 5.1.1. Actividad No. 1. Actividad inicial de Indagación
 - 5.1.2. Actividad No. 2. Situación didáctica. Reacción entre el Bicarbonato y el Vinagre “Corcho volador”
 - 5.1.3. Análisis y discusión frente a las concepciones iniciales sobre el cambio químico
 - 5.2. ACTIVIDADES DE DESARROLLO
 - 5.2.1. Actividad No. 3. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 1. Reacción entre el Bicarbonato de Sodio y el Vinagre (Ácido Acético) – recolección y cuantificación del gas obtenido.
 - 5.2.2. Actividad No. 4. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 2. Combustión de la cinta de magnesio, formación del Oxido de Magnesio y del Hidróxido de Magnesio.
 - 5.2.3. Actividad No. 5. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 3. Reactividad de los metales en medio ácido.
 - 5.2.4. Actividad No. 6. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 4. Electrólisis del Agua
 - 5.2.5. Actividad No. 7. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 5. Reacción de potasio con agua.
 - 5.2.6. Actividad No. 8. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 6. Reacción del sodio metálico con agua. Neutralización con ácido clorhídrico y obtención de la sal (recristalización)
 - 5.3. ACTIVIDADES DE CIERRE
 - 5.3.1. Actividad de indagación de cierre
6. Formato para Reporte de Laboratorio

1. PRESENTACIÓN

La estructuración y aplicación de una secuencia didáctica es de suma importancia al momento de planificar situaciones de aprendizaje, cuyas actividades secuenciadas propician un ambiente favorable para el aprendizaje. Es así como a partir del diseño y puesta en marcha de una serie de actividades bien estructuradas, el estudiante aprende a medida que realiza, y lo hace por la significatividad de la actividad que desarrolla, por la posibilidad de integrar nueva información con las ideas previas que posee, por la capacidad que logra al verbalizar ante otros la reconstrucción de la información. Brousseau (2007)

Los Trabajos Prácticos de Laboratorio constituyen un eje estructurante dentro de la didáctica de las ciencias naturales, en particular de la química, entre otras cosas, porque inducen al estudiante a estructurar relaciones tanto intelectuales como procedimentales y además proporcionan una experiencia directa con el fenómeno, lo cual lo puede conducir a la conceptualización del mismo; para el caso particular de la presente secuencia, del concepto de cambio Químico, y lo hace a partir de la identificación de indicios macroscópicos sustentados por el estudiantes en relaciones atómico – moleculares.

En función de lo anterior se propone la siguiente Secuencia Didáctica, que materializa una propuesta de intervención en el aula, orientada a la enseñanza del concepto de Cambio Químico cuyo enfoque lo constituyen los Trabajos Prácticos de Laboratorio y los principios metodológicos de la Química Verde.

2. ORIENTACIONES PARA EL PROFESOR

Bajo la premisa del enfoque de aprendizaje significativo se hace necesario partir el desarrollo de la secuencia, con la indagación sobre las ideas previas de los estudiantes sobre el concepto de cambio químico, a partir de la transformación de estas concepciones iniciales se edifica el conocimiento.

Esta secuencia didáctica está orientada para docentes llamados a resignificar el papel de los Trabajos Prácticos de Laboratorio en la enseñanza de la química y la significación de sus conceptos estructurantes; y a la vez que cuenten con un sentido crítico frente a la problemática ambiental, y sean conscientes de la necesidad que desde la escuela se aborden discusiones en torno a la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental.

La metodología para el desarrollo de la secuencia didáctica implica la consolidación del espacio del laboratorio y la rigurosidad en sus procedimientos, aunque el docente debe estar en la capacidad de adaptar las prácticas a las necesidades y particularidades de cada procedimiento, y siempre teniendo una intencionalidad bien definida, es decir, la comprensión del concepto de cambio químico.

Se deben generar espacios de discusión y debate en torno a la observaciones y resultados obtenidos por los estudiantes, así como caracterizar las ideas previas de los estudiantes y la evolución en cuanto a la comprensión del concepto de cambio químico, y en caso contrario intervenir la secuencia para que esta cumpla con los objetivos propuestos.

3. ORIENTACIONES PARA EL ESTUDIANTE

Los trabajos Prácticos de Laboratorio constituyen un factor de motivación para incentivar el aprendizaje de la química, ya que hace tangible aquellos conceptos que, vistos en el aula, se tornan abstractos y difíciles de comprender. En este sentido, se requieren estudiantes motivados y dispuestos a desarrollar las prácticas de laboratorio con rigor científico, que tengan unas competencias básicas para el manejo del material propio del laboratorio de química.

El propósito principal de la secuencia didáctica es el favorecimiento del aprendizaje del concepto de Cambio Químico, a partir de la observación e interacción directa del estudiante con el fenómeno estudiando, esto se da mediante la inclusión en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los TPL y de los principios de la Química Verde; pero a la par de esto, la articulación con estos dos enfoques favorece el desarrollo de competencias esenciales para el desarrollo de prácticas de laboratorio y pone sobre la mesa la discusión sobre sostenibilidad y sustentabilidad ambiental.

El estudiante debe estar comprometido con el desarrollo de las prácticas, para ello debe cumplir con todas las normas de seguridad del laboratorio, es decir, portar en todo momento los Elementos de protección personal y seguir las indicaciones del docente en cuanto al manejo de reactivos se refiere.

4. OBJETIVOS DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

- Caracterizar las ideas previas que tienen los estudiantes sobre el concepto de cambio químico y favorecer el aprendizaje de este concepto a partir de las actividades propuestas en la intervención didáctica.
- Potenciar en los estudiantes el desarrollo de competencias científicas para el trabajo experimental y la comprensión del fenómeno a partir de la observación, sistematización y análisis de los resultados.
- Generar en los estudiantes reflexiones críticas y conceptualmente sustentadas frente a la problemática ambiental global, y la incidencia tanto positiva como negativa de la química, en esta emergencia.
- Potenciar en los estudiantes el desarrollo operaciones intelectuales tales como hallar relaciones con su entorno, recoger información, elegir, abstraer, explicar, demostrar, deducir entre otras, a partir del desarrollo de los TPL.

5. SECUENCIA DIDACTICA

5.1. ACTIVIDADES DE APERTURA

5.1.1. Actividad No. 1. Recurso de Indagación

Para el desarrollo de esta actividad se propone el siguiente recurso de indagación, que incluye preguntas abiertas frente a la concepción del cambio químico, su interpretación a partir de situaciones cotidianas e incluye un cuestionario tipo Likert que indaga frente a aspectos conceptuales, actitudinales y metodológicos.

ENSEÑANZA DEL CAMBIO QUÍMICO EN GRADO OCTAVO. UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA DESDE LA QUÍMICA VERDE Y LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA

ACTIVIDAD DE INDAGACIÓN

La presente actividad de indagación tiene como finalidad conocer tu percepción frente a la asignatura de química, algunos enfoques de enseñanza, las prácticas de laboratorio y sobre el concepto de cambio químico. Le agradecemos ser honesto y espontáneo en sus respuestas.

V. Menciona cinco (5) palabras con las cuales relaciones el **cambio químico**

VI. Menciona cinco (5) situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique **cambio químico**

VII. En un corto párrafo escribe lo que para ti es el **cambio químico**

VIII. Lee atentamente cada enunciado y señala tu respuesta con una **X**, en el cuadro respectivo de acuerdo con las siguientes opciones:

TA: totalmente de acuerdo - **A:** de acuerdo - **I:** indeciso - **D:** en desacuerdo - **TD:** en total desacuerdo

	Enunciado	TA	A	I	D	TD
1	Los trabajos prácticos de laboratorio despiertan mi entusiasmo por la asignatura de química					
2	La esperanza de resolver algunos de los problemas ambientales está en la química					
3	Los trabajos prácticos de laboratorio en química impactan negativamente en el medio ambiente					
4	Es más fácil comprender los temas de química cuando estos se evidencian a través de trabajos prácticos de laboratorio					
5	Debo realizar un gran esfuerzo para comprender los temas vistos en química					
6	Los conocimientos en química son necesarios para resolver los problemas ambientales globales					
7	La química es una ciencia peligrosa para la salud y para el medio ambiente					
8	Considero el estudio de la química como una opción para mis estudios universitarios					
9	No veo relación entre los temas de química vistos en clase y la vida cotidiana					
10	La química es abstracta y resulta útil únicamente para aquellos que la estudian a nivel profesional.					

5.1.2. Actividad No. 2. Situación didáctica. Reacción entre el Bicarbonato y el Vinagre “Corcho volador”

Se plantea una situación didáctica que sirve como factor motivacional para los estudiantes frente al estudio del concepto de Cambio Químico, a partir de dos sustancias de uso cotidiano (Bicarbonato de Sodio y Vinagre). A partir de allí, los estudiantes plantearán una serie de hipótesis encaminadas a explicar la naturaleza del fenómeno ocurrido.

Procedimiento

En una botella plástica transfiera aproximadamente 100 mL de vinagre. Agregue a una servilleta una pequeña cantidad de Bicarbonato de sodio, envuelva la servilleta y añádala al frasco. Tape inmediatamente con un corcho bien ajustado, deje la botella sobre el suelo y a una distancia prudente observe lo sucedido.

Montaje



Imagen 1. Cañón de gas.

Recuperado de: <http://cienciaslacoma.blogspot.com/maquina.html>

5.2. ACTIVIDADES DE DESARROLLO

5.2.1. Actividad No. 3. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 1. Reacción entre el Bicarbonato de Sodio y el Vinagre (Ácido Acético) – recolección y cuantificación del gas obtenido.

Procedimiento

Realice el montaje tal como lo muestra la imagen. En el tubo de ensayo con desprendimiento lateral agregue el volumen calculado de ácido acético (vinagre). Pese el Bicarbonato de Sodio, envuélvalos en una servilleta y agréguelos al tubo de ensayo, tápelo de inmediato con el corcho. Observe con detenimiento la reacción, determine el cambio de temperatura en el sistema, y mida la cantidad de dióxido de carbono obtenido en la probeta.

Montaje

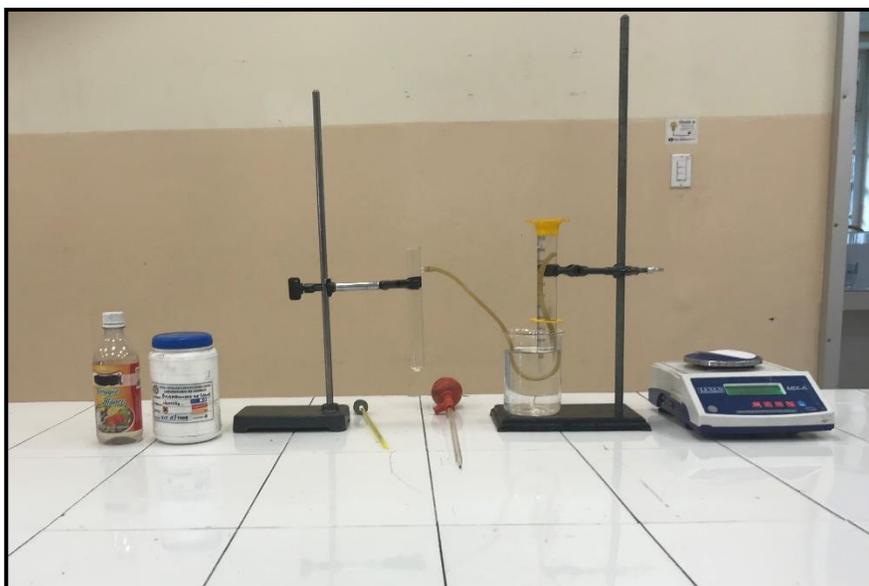


Imagen 2. Reacción entre bicarbonato de sodio y el vinagre, recolección del gas obtenido. Fuente: propia

5.2.2. Actividad No. 4. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 2. Combustión de la cinta de magnesio, formación del Oxido de Magnesio y del Hidróxido de Magnesio.

Procedimiento

Tome, con una pinza, unos 2 cm de cinta de magnesio y quémela con la llama del mechero. Recoja el producto en un vaso de precipitado, agregue unos 5 mL de agua y agite la mezcla. Determine el carácter ácido o básico de la mezcla, utilizando el papel indicador universal.

Montaje

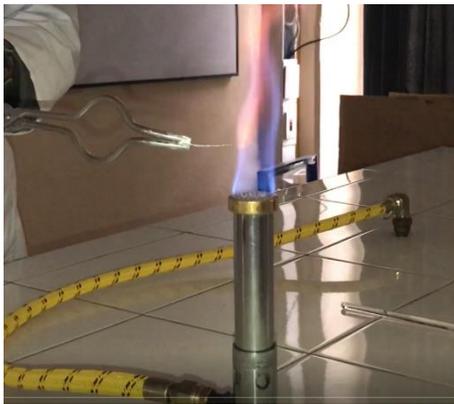


Imagen 3. Combustión de la cinta de Magnesio, formación del óxido e hidróxido de magnesio. Fuente: propia

5.2.3. Actividad No. 5. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 3. Reactividad de los metales en medio ácido.

Procedimiento

Coloca los 3 tubos de ensayo en la gradilla. En cada uno de ellos introduce un pequeño trozo de cada uno de los metales (Mg, Zn y Al). Con ayuda de la pipeta agrega 1 mL de ácido clorhídrico en cada uno de los tubos y observa con detenimiento lo que sucede y registra el tiempo de que tarda cada uno de los elementos en reaccionar.

Montaje



Imagen 4. Reactividad de metales con el HCl. Fuente: propia

5.2.4. Actividad No. 6. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 4. Electrólisis del Agua

Procedimiento

Llena con agua el vaso de precipitado hasta tres a cuatro centímetros del borde. Agrega 5 gr de sulfato de cobre y agita con la varilla hasta disolución total. Con mucho cuidado, procurando que no queden burbujas de aire, llena con agua uno de los tubos de ensayo e introdúcelo invertido en el vaso de agua (para evitar la entrada de aire, antes de invertir el tubo, tápalo con un pequeño trozo de papel). Procede de igual forma con el siguiente tubo. Introduce en cada tubo un electrodo y procede luego a conectarlos a la batería mediante los cables eléctricos. Observa durante un tiempo prolongado lo que ocurre dentro de cada tubo de ensayo y en los electrodos. Compara los volúmenes de gas obtenidos y escribe lo observado.

6. Desconecta por un minuto uno de los cables de la batería y observa.

Montaje

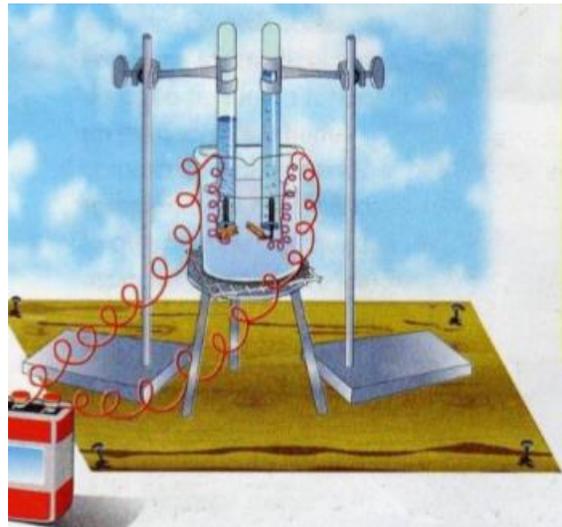


Imagen 5. Electrólisis del agua

Recuperado de: <https://www.educandose.com/la-electrolisis-del-agua-definicion/>

5.2.5. Actividad No. 7. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 5. Reacción de potasio con agua.

Procedimiento:

Agregue agua a la capsula de porcelana hasta la mitad del recipiente. Tome un trozo de potasio (este será suministrado por el docente), limpie cuidadosamente el aceite con ayuda de un papel absorbente, y con ayuda de la espátula adicione el trozo de metal a la capsula con agua. A una distancia prudente observe detenidamente la reacción. Una vez concluya la reacción tome un trozo de papel indicador universal y determine al pH de la sustancia obtenida.

Montaje



Imagen 6. Reacción de potasio con agua. Fuente: propia

5.2.6. Actividad No. 8. Trabajo Práctico de Laboratorio No. 6. Reacción del sodio metálico con agua. Neutralización con ácido clorhídrico y obtención de la sal (recristalización)

Procedimiento

Corta con precaución un trozo de sodio metálico (el docente suministrará este reactivo), límpiale con un papel absorbente el aceite mineral. Agrega 30 ml de H_2O a la capsula de porcelana y con la espátula agrega el trozo de metal. Observa detenidamente la reacción. El procedimiento debe hacerse a una distancia prudente y usando siempre las gafas de seguridad.

Una vez se detenga la reacción agita un poco con la varilla de agitación, y con ayuda de las pinzas para crisol verifica el pH usando el papel indicador universal. Lentamente y con precaución agrega ácido clorhídrico, el cual se encuentra en la bureta. Agita con precaución esta mezcla y verificar el pH. Este debe estar muy cerca al neutro, si el pH da un valor alcalino, agrega una gota más de ácido y verifica nuevamente el pH 7. Coloca la capsula con la mezcla obtenida sobre la plancha de calentamiento y calentar hasta evaporación. Observar las características físicas de la sal obtenida.

Montaje

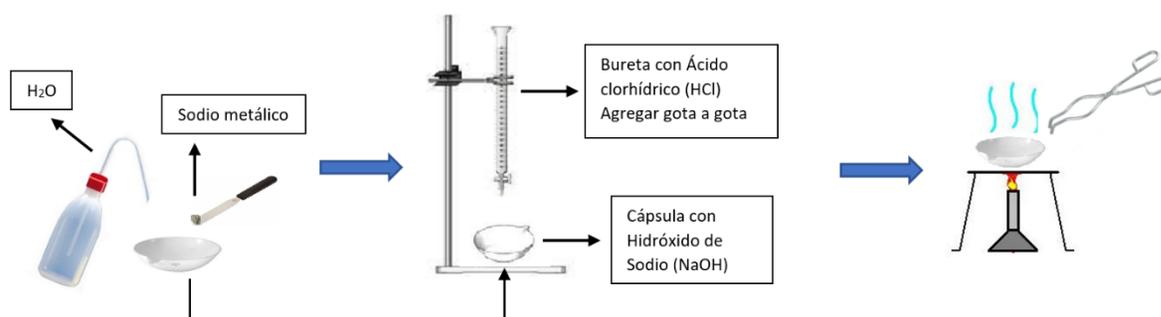


Imagen 7. Reacción de sodio con agua, neutralización con HCl y obtención de la sal. Fuente: propia

5.2.7. Recurso de Indagación

ENSEÑANZA DEL CAMBIO QUÍMICO EN EDUCACIÓN BÁSICA. UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA DESDE LA QUÍMICA VERDE CENTRADA EN LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA

ACTIVIDAD DE INDAGACIÓN DE CIERRE

La presente actividad de indagación tiene como finalidad conocer tu percepción frente a la asignatura de química, algunos enfoques de enseñanza, las prácticas de laboratorio y sobre el concepto de cambio químico. Le agradecemos ser honesto y espontáneo en sus respuestas.

I. Menciona cinco (5) palabras con las cuales relaciones el **cambio químico**

_____	_____
_____	_____

II. Menciona cinco (5) situaciones cotidianas en las cuales se evidencie algún proceso que implique **cambio químico**

_____	_____
_____	_____

III. En un corto párrafo escribe lo que para ti es el cambio químico

IV. Lee atentamente cada enunciado y señala tu respuesta con una **X**, en el cuadro respectivo de acuerdo con las siguientes opciones:

TA: totalmente de acuerdo - **A:** de acuerdo - **I:** indeciso - **D:** en desacuerdo - **TD:** en total desacuerdo

	Enunciado	TA	A	I	D	TD
1	Los trabajos prácticos de laboratorio despiertan mi entusiasmo por la asignatura de química					
2	La esperanza de resolver algunos de los problemas ambientales está en la química					
3	Los trabajos prácticos de laboratorio en química impactan negativamente en el medio ambiente					
4	Es más fácil comprender los temas de química cuando estos se evidencian a través de trabajos prácticos de laboratorio					
5	Debo realizar un gran esfuerzo para comprender los temas vistos en química					
6	Los conocimientos en química son necesarios para resolver los problemas ambientales globales					
7	La química es una ciencia peligrosa para la salud y para el medio ambiente					
8	Considero el estudio de la química como una opción para mis estudios universitarios					
9	No veo relación entre los temas de química vistos en clase y la vida cotidiana					
10	La química es abstracta y resulta útil únicamente para aquellos que la estudian a nivel profesional.					

6. Formato para Reporte de Laboratorio

ENSEÑANZA DEL CAMBIO QUÍMICO EN EDUCACIÓN BÁSICA. UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA DESDE LA QUÍMICA VERDE CENTRADA EN LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA

REPORTE DE LABORATORIO

Título de la práctica de Laboratorio: _____

Descripción del procedimiento:

Realice un diagrama de flujo que represente los procedimientos realizados en el laboratorio

Escriba la ecuación que representa la reacción sucedida

REACTIVOS				PRODUCTOS				
	+		→		+			

Evidencias de la reacción

Lea detenidamente los indicios de un cambio químico que se indican a continuación y marque si en el procedimiento realizado se evidenció o no.

Indicio	Si	No
Incremento de la temperatura del sistema		
Efervescencia		
Formación de precipitado		
Emisión de gases		
Formación de llama		
Emisión de luminiscencia		
Cambio de coloración en el sistema		
Aumento del Volumen		

Caracterización de los reactivos y productos (identificación de riesgos para el medio ambiente y para la salud)

Compuesto	Pictogramas asociados al compuesto (SGA)	Frases R	Frases S	Diamante NFPA 704

ANEXO 3. Metodología de evaluación de Protocolos de Laboratorio

EVALUACIÓN DEL ACERCAMIENTO VERDE

La metodología que se toma como marco de referencia para la evaluación de protocolos de laboratorio fue propuesta por (Morales, et al., 2011) en el artículo titulado “¿Qué tan verde es un experimento?”. Allí se exponen los criterios y procedimientos para analizar la pertinencia de un procedimiento experimental en términos del impacto que éste puede generar en el ambiente y en la salud de quienes realizan la práctica.

La *evaluación del acercamiento verde*, como la llaman los autores, se basa metodológicamente en tres aspectos: los doce principios de la química verde (tabla 1), un diagrama con los procedimientos que se llevan a cabo en la práctica de laboratorio, indicando reactivos usados y productos obtenidos, y los pictogramas que identifican los peligros de los compuestos químicos asociados a la práctica (Figura 1). Una correlación de estos factores arroja una valoración que permite, en una escala de 1 a 10, asociado a un color, establecer un acercamiento verde de la práctica (tabla 2).



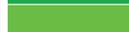
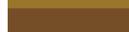
Figura 1. Pictogramas de seguridad SGA²

² Sistema Globalmente Armonizado

Tabla1. Los 12 Principios de la Química Verde

1. Prevención: es mejor prevenir la generación de un residuo, que tratarlo o eliminarlo después de haberlo generado
2. Economía atómica: los métodos de síntesis deberán diseñarse de tal forma que se incorporen al máximo, en el producto final, todos los sustratos usados durante el proceso.
3. Síntesis químicas menos peligrosas: los métodos de síntesis deberán ser diseñados para utilizar y generar sustancias que presenten baja o nula toxicidad, tanto para el ser humano, como para el ambiente.
4. Diseño de químicos seguros: los productos químicos se diseñarán de manera que mantengan su eficacia y baja toxicidad.
5. Uso de disolventes seguros o auxiliares: evitar el empleo de sustancias auxiliares como disolventes, reactivos de separación, etc., y en el caso de que se empleen, éstos deberán ser lo más inocuos posible
6. Diseño de la eficiencia energética: los requerimientos energéticos en un proceso químico se catalogan por su impacto económico y al medio ambiente; por lo tanto, se sugiere llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambiente.
7. Uso de materias primas renovables: la materia prima debe ser preferiblemente renovable en lugar de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable.
8. Reducir derivados: evitar el uso de grupos de bloqueo, de protección-desprotección o la modificación temporal de los procesos fisicoquímicos, su empleo requiere reactivos adicionales y genera residuos.
9. Catálisis: considerar el empleo de catalizadores, lo más selectivos posible, de preferencia de origen natural.
10. Diseñar sustancias biodegradables: los productos deberán ser diseñados de tal manera que al final de su vida útil no persistan en el ambiente
11. Análisis en tiempo real para prevenir la contaminación: las metodologías analíticas necesarias serán desarrolladas en el momento del proceso, lo que permitirá un seguimiento y control en tiempo real del proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas.
12. Químicos seguros para prevenir accidentes: las sustancias y la forma de una sustancia usada en un proceso químico deberá ser elegida para reducir el riesgo de accidentes químicos, incluyendo las emanaciones, explosiones e incendios.

Tabla 2. Escala de análisis y evaluación.

	(10)	Totalmente verde
	(9)	Gran acercamiento verde
	(8)	Muy buen acercamiento verde
	(7)	Buen acercamiento verde
	(6)	Ligero acercamiento verde
	(5)	Transición café a verde
	(4)	Ligeramente café
	(3)	Medianamente café
	(2)	Muy café
	(1)	Totalmente café

Evaluación verde a los protocolos

A continuación se muestra el formato para efectuar la evaluación a los protocolos, de acuerdo con la metodología empleada.

Tabla 3. Formato adaptado para la evaluación de protocolos de laboratorio

Nombre de la práctica				
Diagrama del Proceso ¹	Compuesto ²	Principio de la QV ³	Pictogramas asociados ⁴	Valoración/10 ⁵
 (10) (9) (8) (7) (6) (5) (4) (3) (2) (1)			(7)	VALORACION ⁶ FINAL

1. Es necesario elaborar el diagrama de flujo indicando las operaciones principales de la práctica de laboratorio, indicando si se hay desprendimiento de gases, formación de precipitados, si absorbe o libera energía, y en caso de absorber, indicar la fuente. Se deben señalar los reactivos, producto y catalizadores, en caso de requerirse.
2. Se hace el listado de compuestos químicos (reactivos, productos y catalizadores).
3. Se relaciona el principio de la Química que se está evaluando.
4. Se consultan los pictogramas asociados a los compuestos químicos
5. Se da una valoración de 1 a 10 en cuenta que se está analizando en la reacción y cuál es el daño y/o riesgo que esto representa para el ambiente y la salud.

6. Se saca un ponderado el cual sale de la suma de las valoraciones, sobre el número de operaciones y/o reactivos.

7. De acuerdo con la valoración final se asigna un color (ver Tabla 2)

Después de este ejercicio de evaluación se cuenta con un criterio que permite validar la pertinencia de esta práctica, en términos del impacto ambiental que causa.

A continuación se muestra un ejemplo de un formato diligenciado

Reacción entre el Bicarbonato de Sodio y el Vinagre (Ácido Acético)				
Diagrama del Proceso	Compuesto	Principio de la QV	Pictogramas asociados	Valoración/10
	Ácido Acético (CH ₃ COOH)	12		6
	Bicarbonato de Sodio (NaHCO ₃)	2	Sin clasificación de peligro conforme a los criterios del GHS de la ONU	10
	Acetato de sodio (CH ₃ COO-Na)	1	Sin clasificación de peligro conforme a los criterios del GHS de la ONU	10
	Dióxido de Carbono (CO ₂)	1		7
<p>Muy buen acercamiento verde</p>			VALORACION FINAL	8

El ponderado de la evaluación arroja una valoración final de 8, lo que indica que en general esta práctica tiene un “muy buen acercamiento verde”, es decir que la práctica se aproxima al ideal de la química verde, sin embargo es susceptible a ser intervenida con miras a mejorar en términos del impacto que puede generar.

ANEXO 4. Imágenes del ejercicio de investigación

Actividad de iniciación



Trabajos Prácticos de Laboratorio





Reportes de Laboratorio

Procedimiento No. 2
Neutralización del Hidróxido de Sodio con adición de Ácido Clorhídrico y Recristalización de la sal obtenida por evaporación

Realizar el montaje que se muestra en la figura. Agregar gota a gota ácido clorhídrico hasta que el pH esté lo más cercano posible a 7. Observar la cantidad de ácido que se consumió. Traspassar la solución a una capsula de porcelana y colócala sobre la pletina de calentamiento hasta que se evapore totalmente. Pese la capsula y determine la cantidad de sal que se obtiene.

Realice un diagrama de flujo que represente los procedimientos realizados en el laboratorio

```

    graph TD
      A[Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico] --> B[Agregar Ácido Clorhídrico]
      B --> C[El pH debe estar a 7]
      C --> D[Dejar evaporarse a 7]
      D --> E[Calcular la sal]
      E --> F[Calcular la sal]
      F --> G[Dejar evaporarse hasta que se evapore la sal]
      G --> H[Calcular la sal]
  
```

Escribe la ecuación que representa la reacción sucedida

REACTIVOS		PRODUCTOS	
NaOH	+ HCl	NaCl	+ H ₂ O

Evidencias de la reacción

Indicio	Si	No
Incremento de la temperatura del sistema	✓	
Efervescencia		✓
Formación de condensado		✓
Emisión de gases	✓	
Formación de llama		✓
Estrón de luminiscencia		✓
Cambio de coloración en el sistema	✓	
Aumento del volumen		✓

Definir los cambios químicos cuando se producen sustancias distintas a las iniciales la transformación del sodio al ser introducido en el agua y luego al agregar ácido clorhídrico (obtenemos la sal)

Redacte un párrafo donde exponga su punto de vista frente a la importancia de los Trabajos Prácticos de Laboratorio en la comprensión de conceptos en química.

Las prácticas de laboratorio nos permite hacer una mejor comprensión de los conceptos químicos ya que de estos puede realizarse el proceso que nos lleva a un resultado donde nos formaremos en conocimiento más real que nos va a permitir retener en nuestra aprendizaje, tener una capacidad crítica y motiva a la autonomía, a adquirir habilidades para realizar descubrimientos y prácticas que la ciencia nos presenta y que de pronto no lo desarrollamos porque las desconocemos, no hemos obtenido el hábito de la investigación siendo más inquietos dado que tanto la física como la química nos permite realizar cualquier cantidad de experimentos.

Conclusiones

Alonso Arrieta

Caracterización de los reactivos y productos (identificación de riesgos para el medio ambiente y para la salud)

Compuesto	Pictogramas asociados al compuesto (SGA)	Frases R ⁺	Frases S ⁺	Diamante NFPA 704 ⁺
Sodio Metálico		Reacciona violentamente con agua y orgánico. Peligro de incendio. Se descompone a altas temperaturas.	• Usar guantes gruesos. • No producir chispas y ni fumar. • No poner en contacto con agua.	3 0 0
Hidróxido de Sodio		Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves o graves a los miembros.	• Usar suficiente agua. • Consultar un médico.	3 1 0
Hidrogeno		Provoca quemaduras y contaminación ambiental. Grupo de la OEL (Clp) 2 y 3.	• Alejar de fuentes de ignición. • Debe prevenir la entrada de agua.	3 4 0

Descripción de reactivos y productos (Realice una descripción de las características evidenciables a simple vista tanto de los productos como de los reactivos)

Sodio Metálico	Hidróxido de Sodio	Hidrogeno
Es un metal alcalino, blando de muy baja dureza, es muy reactivo, se oxida en presencia de oxígeno y reacciona violentamente con el agua.	Es una sal, al evaporarse parece un poco de pasta, cuando me la toca me da picazón, al agua se oxida, al mezclarse con el agua.	Es un líquido transparente, no muy denso, se oxida, se oxida con el agua.

Realice un diagrama de flujo que represente los procedimientos realizados en el laboratorio

```

    graph TD
      A[Sodio Metálico] --> B[Procedimiento de laboratorio]
      B --> C[Agregar agua, según los métodos o complementos]
      C --> D[Dejar secar el sodio metálico]
      D --> E[Añadir el sodio metálico]
      E --> F[Dejar evaporar]
      F --> G[Secar el hidrogeno]
      G --> H[Presar un frasco a mirar lo que pasa]
      H --> I[Reacción química entre sodio y agua]
  
```

Escribe la ecuación que representa la reacción sucedida

REACTIVOS		PRODUCTOS	
Na	+ H ₂ O	NaOH	+ H ₂

Evidencias de la reacción

