

**EL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE EN LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE  
PROFESORES EN FORMACIÓN INICIAL: ABORDAJE DE REACCIONES  
QUÍMICAS**

**ADRIANA CAROLINA OLARTE SAAVEDRA  
Código: 2015115035  
ASTRID LORENA PALACIO RODRÍGUEZ  
CÓDIGO: 2015115039**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FACULTAD DE CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA, DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
BOGOTÁ, D.C.  
2019**


**EL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE EN LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE  
PROFESORES EN FORMACIÓN INICIAL: ABORDAJE DE REACCIONES  
QUÍMICAS**

**ADRIANA CAROLINA OLARTE SAAVEDRA  
Código: 2015115035  
ASTRID LORENA PALACIO RODRÍGUEZ  
Código: 2015115039**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIADAS EN  
QUÍMICA**

**DIRECTOR:  
MDQ, RICARDO ANDRÉS FRANCO MORENO  
Grupo IREC  
Semillero de Investigación EDUQVERSA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FACULTAD DE CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA, DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
BOGOTÁ, D.C.  
2019**

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Edificando la Universidad</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 3 de 54</b>	

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de Grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	El enfoque de química verde en la fundamentación teórica de profesores en formación inicial: abordaje de reacciones químicas
<b>Autor(es)</b>	Olarte Saavedra, Adriana Carolina; Palacio Rodríguez, Astrid Lorena.
<b>Director</b>	Ricardo Andrés Franco Moreno
<b>Publicación</b>	Bogotá, 2019. Universidad Pedagógica Nacional.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	Química Verde; Reacciones Químicas; Sustentabilidad ambiental

<b>2. Descripción</b>
<p>En el presente trabajo de grado se realizó la vinculación del enfoque de química verde en la fundamentación teórica de profesores de química en formación inicial, encontrando que es una propuesta innovadora para la educación en química, ya que propone relacionar diferentes conceptos, en este caso, el de reacción química, desde una transversalidad con la educación ambiental. El abordaje se realizó desde el enfoque de educación en química verde, cuya finalidad y en cumplimiento con los doce principios del enfoque, apunta hacia la formación de científicos con una relación entre el saber, la ética y lo político que integre una dimensión socio-ecológica, dentro del contexto de un desarrollo económico preocupado por el medio ambiente y la equidad social, es decir desde una sustentabilidad ambiental. Obteniendo un avance metodológico amplio en el concepto abordado desde una correspondencia con el enfoque de química verde en cada uno de los trabajos realizados.</p>

### 3. Fuentes

- Anastas, P.T., Warner, J. (1998), Green chemistry: theory and practice. *Oxford University Press*.
- Brown, T. (2004). *Química la ciencia central* (Novena ed.). Mexico : Pearson Educacion 60-62.
- Cann, M. y Dickneider, T. (2004). Infusing the Chemistry Curriculum with Green Chemistry Using Real-World Examples, Web Modules, and Atom Economy in Organic Chemistry Courses. *Journal of Chemical Education*, 81 (7), 977-980.
- Carrizosa, J. (2002). Ética, Vida, Sustentabilidad. *Pensamiento Ambiental Latinoamericano*, 43-50.
- Carson, R. (1962). *Primavera silenciosa*. Boston, New York: Mariner Books.
- Chang, R. (2002). Química Séptima edición. *McGRAW-HILL*, 82-83.
- Collins, T. (1995). Introducing Green Chemistry in Teaching and Research. *Journal of Chemical Education*, 72 (11), 965-966.
- Cornejo, N., Martínez, M., Vilaplana, O., Sepúlveda, E. y Molina, J. (2015). Química Verde: trabajo de laboratorio en la Microescala. Departamento de Química Inorgánica. Universidad de Alicante.
- Cortés, Reyes, & Bustos. (2016). Aproximación a la química verde escolar, a través de los protocolos verdes. *Tecné, Episteme y Didaxis TED*. Extraordinario, 340-352.
- Doria, C. (2009). La enseñanza de la química desde la perspectiva de la química verde para el cuidado del medio ambiente. *Educación Química*, 20 (4), 412-420.
- Florian, A. y Franco, M. (2015). La biodegradación de biopolímeros: un aporte a la educación en ciencias para la sustentabilidad en la formación de profesores de Química, *revista PPDQ*, 7-14.
- Franco, R., Gallego, R. y Pérez, R. (2015). La dimensión investigativa en la formación inicial de profesores de química de la universidad pedagógica nacional, *Revista Científica*, 22, 129-136.
- Franco, R. (2017). Semillero-club de química verde y energías renovables para la sustentabilidad ambiental: una apuesta por la formación de profesores de química. *VI Seminario Internacional de Química aplicada para la Amazonia*, 13-15.

- Franco, R., Guevara, E., López, H., Olarte, A. y Palacio, L. (2018). Eventos académicos sobre Química Verde en Iberoamérica: proyecciones para la comunidad de educación en Química, *Educación y ciencia*, 21, 943- 950.
- Franco, R., Reina, J. y Riveros, C. (2019). Boletín PPDQ. (60), 1-9.
- Gallego, R., Royman, P., Gallego, T y Torres, N. (2004). Formación inicial de profesores de ciencias en Colombia: un estudio a partir de programas acreditados, Universidad Pedagógica Nacional-CIUP, 15 ,219-234.
- González, Pérez, y Figueroa. (2016). La enseñanza de la química desde la perspectiva de la química verde. *Revista Científica* (24), 24-40.
- González Gaudiano, E. J. (2010). El perfil de la educación ambiental en América Latina y el Caribe: Un corte transversal en el marco del Decenio de la Educación para el desarrollo sustentable. *Pesquisa em Educação Ambiental*, 5(1), 27-45.
- Graham, K., Jones, T., Schaller, C., y McIntee, E. (2014) Implementing a Student-Designed Green Chemistry Laboratory Project in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91 (11), 1895–1900.
- Gross, E. (2013). Green Chemistry and Sustainability: An Undergraduate Course for Science and Nonscience Majors. *Journal of Chemical Education*, 90 (4), 429–431.
- Gudynas, E. (2011). Desarrollo y sustentabilidad ambiental: diversidad de posturas, tensiones persistentes. *Universidad de granada*, 69-96.
- Haley, R., Ringo, J., Hopgood, H., Denlinger, K., Das, A. y Waddell, D. (2018). Graduate Student Designed and Delivered: An Upper-Level Online Course for Undergraduates in Green Chemistry and Sustainability. *Journal of Chemical Education*, 95 (4), 560–569.
- Hernández, B.(2015). *Enseñanza de la química para la sustentabilidad, una propuesta didáctica* (tesis de grado).Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
- Jiménez, M., y Manjarrés, M. (2011). La investigación como estrategia pedagógica una apuesta por construir pedagogías críticas en el siglo XXI. *Praxis & Saber: Revista de investigación y pedagogía*, 2 (4), 127-177.
- Kennedy, S. (2016). Design of a Dynamic Undergraduate Green Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 93 (4), 645–649.
- Kitchens, C. (2006). Completing Our Education; Green Chemistry in the Curriculum. *Journal of Chemical Education*, 83 (8), 1126-1129.
- Lancaster, M. (2003). Green Chemistry: An Introductory Text. *Journal of Chemical Education*, 80 (10), 1141-1142.

- Leff, E. (2004). *Racionalidad Ambiental. La Reapropiación Social de la Naturaleza*. Ciudad de México, México: SIGLO XXI.
- Machado, A. A. (2011). Da gênese ao ensino da química verde. *Química. Nova*, 34 (3), 535-543.
- Manjarrés, M., Mejía, M. y García, A. (2014). *Sofía, Inti y sus amigos en la Onda de la Energía para el Futuro. Guía de la Investigación y la Innovación como Estrategia Pedagógica*. Bogotá, Colombia: COLCIENCIAS.
- Marqués, y Machado. (2017). Una visión sobre propuestas de enseñanza de la Química Verde. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 19-43.
- Mascarell Peña, L., y Vilches Peña, A. (2016). Química Verde y Sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 34.2, 25-42.
- Mejía, M. (2011). La investigación como estrategia pedagógica una apuesta por construir pedagogías críticas en el siglo XXI. *Investigación y pedagogía*. 2 (4), 127-177.
- Melo, M. (2014). *Estrategia de intervención educativa para el aprovechamiento de residuos de material vegetal desde el enfoque de química verde* (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Morales Galicia, M. L., Martínez, J. O., Reyes Sanchez, L. B., Martín Hernández, O., Arroyo Roza, G. A., Obayo Valdivia, A., & Miranda Ruvalcaba, R. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? *Química Verde*, 22(3), 240-248.
- Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza De Las Ciencias*, 28(1), 5–18.

#### 4. Contenidos

El documento inicia con los antecedentes, los cuales se dividen en dos criterios principales, el primero de ellos es la propuesta de educación en química verde en educación superior, donde se abordan referentes obtenidos de revistas indexadas, los cuales trabajaron el enfoque de química verde en cursos de educación superior desde diferentes perspectivas. El segundo de ellos es la *electiva de química verde y energías alternativas para profesores de ciencias*, en este se demuestra un antecedente local, el cual se desarrolla en la Universidad Pedagógica Nacional, como un espacio académico que no es obligatorio en el currículo de la formación de profesores de ciencias experimentales y que aborda los fundamentos, conceptos y teorías principales de la química verde.

Posteriormente, se encuentra el planteamiento y la delimitación del problema, junto con los objetivos y los referentes conceptuales. En este último ítem se abordan cuatro categorías principales: el desarrollo de la química verde como campo de investigación científica, centrado principalmente en el abordaje teórico que los estadounidenses P. Anastas y J. Warner proponen para esta disciplina transversal de la química, seguido del enfoque de química verde y su relación con la sustentabilidad ambiental, mostrando diferentes referentes teóricos que relacionan los fundamentos básicos de la sustentabilidad con la química verde, finalizando con el enfoque de química verde en la formación de profesores de química.

Posteriormente, se encuentran la metodología empleada en el desarrollo del trabajo de investigación, seguido de los resultados, donde se evidencian los inicios, la implementación de la estrategia didáctica y el cierre de la investigación desarrollada (anexo A), posterior a esto se encuentran los análisis y discusión, mostrando allí cuales fueron las contribuciones del enfoque frente a la implementación los profesores de química en formación inicial (PQFI) (anexo B,C,D) y para finalizar con las conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

## 5. Metodología

Esta investigación se desarrolló a partir de los siguientes pasos metodológicos:

1. En la primera fase una sesión introductoria en la cual se llevó a cabo una actividad de indagación, en esta los PQFI dieron a conocer sus saberes previos acerca del enfoque de química verde y de la temática específica a trabajar, en este caso proceso químico. Posteriormente se realizó una explicación teórica, trabajando la temática de proceso químico de la mano con el enfoque de química verde, por medio de constantes ejemplos, para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje, en las que se manejaron las constantes implicaciones que diversos procesos pueden traer tanto para el ser humano como para el ambiente. Finalizando con una propuesta de lectura guía, en este caso ¿Qué tan verde es un experimento?, se encaminó hacia el análisis verde de los diferentes casos y PEV propuestos, para que los MFI identificaran y reconocieran el enfoque como una alternativa de educación y solución para las problemáticas ambientales existentes.
2. En la segunda fase se desarrolló el primer PEV, en este se propusieron diferentes temáticas a trabajar por parejas, en este los estudiantes debían investigar conocimientos previos de la temática específica, para su posterior análisis y comprensión con una constante relación y contextualización verde.

3. Para la tercera fase se desarrolló el segundo PEV, en este caso se dio la misma temática para todo el grupo de trabajo desarrollada igualmente en parejas, en este se pedía así mismo una contextualización previa de la temática y un análisis posterior a partir de los doce principios de la química verde y en general de las ideas de investigación y planteamiento que desarrollen los MFI.
4. Finalmente, la cuarta fase, se basó en determinar a partir de la caracterización de las opiniones de los PQFI, cuáles fueron los aportes de la vinculación del enfoque de química verde, como proyecto transversal en el espacio académico de Teorías químicas I, del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, a partir de una estrategia didáctica centrada en el desarrollo de protocolos experimentales verdes (PEV).

## 6. Conclusiones

- ✓ Se caracterizaron las ideas previas de los MFI participantes acerca del enfoque de química verde y su importancia en la educación química por medio de la actividad inicial, la cual permitió determinar que las aproximaciones de los MFI a dicho enfoque eran mínimas, pues sus respuestas no se correspondían con los principios fundamentales del enfoque, evidenciando una relación a grandes rasgos con la química ambiental, el cuidado de la naturaleza y del ambiente en general.
- ✓ Se llevó a cabo la vinculación del enfoque de química verde como proyecto transversal en la fundamentación teórica del concepto de reacción química, con maestros en formación inicial del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, a partir de una estrategia didáctica centrada en el desarrollo de protocolos experimentales verdes – PEV, los cuales fueron objeto de desarrollo a través de sesiones de laboratorio e informes, donde se evidenció la comprensión e interpretación del concepto a través de la química verde desde la propuesta: ¿Qué tan verde es un experimento? de Morales, Martínez, Reyes, Martín, Arroyo, Obayo & Miranda (2011) como base de interpretación para catalogar las reacciones en un rango de “verdor”.
- ✓ Se desarrolló una estrategia didáctica para la enseñanza de tópicos sobre reacción química, dirigida al grupo de Teorías Químicas I del programa de Licenciatura en Química de la UPN, desde el enfoque de química verde, a partir del desarrollo de protocolos experimentales verdes – PEV. Dichos protocolos sirvieron como guía y apoyo conceptual en las temáticas

trabajadas, con la continua relación del enfoque de química verde, esto evidenció que el manejo de un concepto desde el enfoque tiene una buena utilidad, puesto que los MFI interpretan como una reacción que no es controlada en el uso indiscriminado de los reactivos químicos puede llegar a perjudicar el ambiente, a la vez que se aproximan a rutas alternativas para la obtención de un producto de interés sin manipular sustancias tóxicas o nocivas.

- ✓ Se evaluaron los aportes generados a partir de la estrategia didáctica desarrollada, por medio de una actividad de cierre, obteniendo que los estudiantes presentaron un avance conceptual significativo en cuanto a la temática de reacción química, ya que lograron avanzar teóricamente en las partes de una ecuación química, junto con las condiciones de las mismas y los tipos de reacción química. Esto se evidenció igualmente con el enfoque de química verde, en el cual los MFI examinaron y concluyeron a partir de algunas reacciones químicas trabajadas, cuales eran verdes o no por medio de los doce principios del enfoque.
- ✓ Se reconoce la importancia y el impacto metodológico, conceptual y cultural que el enfoque de química verde puede llegar a tener en las nuevas generaciones, a partir de la vinculación e implementación del mismo en los cursos de química de educación superior en la formación de docentes de química, mediante un conocimiento crítico sobre los impactos que pueden llegar a generar sus acciones en diferentes ramas de trabajo, con base en los doce principios de la química verde, aportando así a un cambio hacia la sustentabilidad ambiental.

<b>Elaborado por:</b>	Adriana Carolina Olarte Saavedra; Astrid Lorena Palacio Rodríguez.
<b>Revisado por:</b>	Ricardo Andrés Franco Moreno, director de tesis.

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	11	03	2020
--	----	----	------

**Vo. Bo.**



**RICARDO ANDRÉS FRANCO MORENO**  
**Profesor DQ**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
<b>1.1 PROPUESTAS DE EDUCACIÓN EN QUÍMICA VERDE EN EDUCACIÓN SUPERIOR</b>	<b>15</b>
<b>1.2 LA ELECTIVA QUÍMICA VERDE Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS PARA PROFESORES DE CIENCIAS.</b>	<b>20</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>22</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>24</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>24</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>24</b>
<b>4. REFERENTES CONCEPTUALES</b>	<b>25</b>
<b>4.1 DESARROLLO DE LA QUÍMICA VERDE COMO CAMPO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.</b>	<b>25</b>
<b>4.2 EL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE Y SU RELACIÓN CON LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL</b>	<b>25</b>
<b>4.3 EL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE QUÍMICA</b>	<b>27</b>
<b>4.5. LA INVESTIGACIÓN COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA IEP</b>	<b>29</b>
<b>5 METODOLOGÍA</b>	<b>30</b>
<b>5.1 TIPOLOGÍA Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.</b>	<b>30</b>
<b>5.2 POBLACIÓN PARTICIPANTE.</b>	<b>30</b>
<b>5.3 DISEÑO METODOLÓGICO.</b>	<b>31</b>
<b>5.4 CRONOGRAMA</b>	<b>33</b>
<b>6. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b>	<b>35</b>
<b>6.1 VINCULACIÓN DEL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE COMO PROYECTO TRANSVERSAL EN LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE PROFESORES DE QUIMICA EN FORMACIÓN INICIAL (PQFI).</b>	<b>36</b>
6.1.1 Ideas previas de profesores de química en formación inicial acerca del enfoque de química verde y su importancia en la educación química	36

6.1.1.1	Actividad inicial: percepciones sobre el enfoque de química verde y el concepto de proceso químico	36
6.1.1.2	Actividad de cierre: percepciones sobre el enfoque de química verde y el concepto de proceso químico	39
6.1.2	Desarrollo de distintos Protocolos Experimentales Verdes (PEV) por grupo	41
6.1.2.1.	PEV 1: “Acercamiento a la química verde y a las reacciones químicas”.	41
<b>6.2</b>	<b>LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE REACCIÓN QUÍMICA CON PQFI.</b>	<b>48</b>
6.2.1	Estudio de reacciones químicas específicas desde la perspectiva de la química verde.	48
6.2.1.1	PEV 1 y presentación sobre concepto de reacción química.	49
6.2.2	Desarrollo de Protocolos Experimentales verdes en general.	49
	PEV 2: “Reacciones químicas que implican al CO <sub>2</sub> .”	49
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>50</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>52</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma del desarrollo del proyecto.	26
Tabla 2. Criterios analíticos.	28

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico 1. Esquema del diseño metodológico.	26
---	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración elaborada por el PQFI-4, en la actividad inicial (Anexo 1). Fuente: autoras.	30
Figura 2. Desarrollo de la actividad inicial. Fuente: autoras.	32
Figura 3. Ilustración elaborada por el PQFI-6, en la actividad de cierre (Anexo 4). Fuente: autoras. <b>¡Error! Marcador no definido.3</b>	
Figura 4. Síntesis de bio-diésel desde los doce principios de la química verde PQFI-1 y PQFI-8. Fuente: autoras. <b>¡Error! Marcador no definido.5</b>	
Figura 5. Obtención de bioplástico: una propuesta ambiental desde los doce principios de la química verde PQFI-2. Fuente: autoras.	36
Figura 6. Mecanismo de reacción. Fuente: PQFI 3 (Anexo 3).	37

Figura 7. Obtención del ácido acetilsalicílico a partir de un protocolo verde PQFI-3.  
Fuente: autoras. 38

Figura 8. Identificación de los factores que afectan la velocidad de la reacción,  
desde los doce principios de la química verde PQFI-4. Fuente: autoras. 39

Figura 9. Síntesis de nano partículas de plata por química verde con extracto de  
geranio común PQFI-6 y PQFI-7. Fuente: autoras. 40

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A. Material construido: Actividad inicial y de cierre, PEV, material de clase  
empleado

Anexo B. Sistematización de actividad inicial

Anexo C. Sistematización de los PEV

Anexo D. Sistematización actividad final

Anexo E. Rúbrica de validación

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestras tesis la dedicamos y damos gracias primero a Dios por permitirnos cumplir nuestros proyectos, a nuestras familias por el apoyo incondicional, al semillero de investigación EDUQUVERSA por brindarnos un campo académico e investigativo en cabeza de nuestro director y amigo Ricardo Andrés Franco Moreno, quien guio cada uno de nuestros pasos en este proceso, igualmente a los profesores de química en formación inicial participantes de Teorías Químicas I a cargo de la docente Nohora Marlén Arias quien brindó la mejor disponibilidad en los espacios requeridos, y por ultimo pero no menos importante a las profesoras evaluadoras Sonia Esther Torres Garzón y Julie Gesselle Benavides Melo, quienes apoyaron con sus conceptos y evaluaciones en todo este proceso.

## **1. ANTECEDENTES**

Los referentes trabajados se abordan desde diferentes fuentes nacionales e internacionales como las revistas: Journal Chemical Education, Tecné Episteme y Didaxis (TED) y Educación Química, seleccionando de estas ocho artículos donde se trabajan temáticas como la implementación de la química verde y la sustentabilidad ambiental en el aula, en espacios de primaria, bachillerato y educación superior, en particular en la formación de profesores de química, dando así cuenta de la trayectoria que se ha desarrollado en dicho campo y de su importancia en la sociedad.

### **1.1 PROPUESTAS DE EDUCACIÓN EN QUÍMICA VERDE EN EDUCACIÓN SUPERIOR**

La química verde tiene como principal objetivo la prevención y disminución de la contaminación del ambiente, a partir de esto surgieron investigaciones encaminadas a la optimización de procesos industriales, tales como, la de Anastas y Warner (1998), quienes dieron a conocer doce principios fundamentales para la química verde, los cuales se basan en la minimización de los residuos sólidos, un diseño seguro para el ambiente y una constante ecología industrial. A partir de dichas investigaciones se obtuvo una base teórica para diseñar y elaborar productos que reducen o eliminan el uso de sustancias peligrosas, incluyendo la sostenibilidad, el diseño del producto y la toxicología, basados en herramientas tales como el análisis del ciclo de la vida, la eficiencia del átomo, las relaciones estructura-actividad y el diseño ecológico (Kitchens, 2006).

Todos estos enfoques se han visto reflejados a través de los años por las diferentes sociedades académicas de reconocimiento mundial como la American Chemical Society – ACS, International Union of Pure and Applied Chemistry- IUPAC y Royal Society of Chemistry – RSC, quienes han trabajado aspectos de la química verde desde mediados de la década de los noventa hasta la actualidad. Los logros alcanzados se han visto reflejados en los diferentes congresos realizados desde dichas fechas, con acogida de numerosas audiencias en diferentes países de Iberoamérica (Franco, Guevara, Lopez, Olarte & Palacio , 2018), reflejando así que la química verde en un periodo de 18 años se ha consolidado ante la comunidad académica mundial, en donde es de resaltar el papel de la educación en este ámbito ya que los eventos académicos realizados no se basan solamente en investigaciones en química sino que se incluyen temáticas de interés de la comunidad educativa en química y ciencias afines.

Esto ya que los investigadores en el área de la química, generalmente se esfuerzan por desarrollar nuevas tecnologías y, a menudo, se deja en un segundo plano el impacto ambiental del trabajo desarrollado, particularmente, los peligros menos cuantificables, como la bioacumulación y la alteración endocrina, que rara vez se enseñan a científicos fuera del entorno ambiental. Por lo tanto, la implementación de dichos principios como componente inherente del plan de estudios de química e ingeniería química, es deseable y necesario, para llegar a educar a los estudiantes permitiéndoles incorporar estos conceptos en sus vidas personales (Kitchens, 2006).

Lo anterior lo evidencia, Haley, Ringo, Hopgood, Denlinger, Das y Waddell (2018), los cuales diseñaron un curso de química verde en línea de nivel superior. Los objetivos del curso incluían la educación en los aspectos básicos de la química verde (historia, seguridad, métricas, prevención de residuos, metodologías alternativas y comunicación), junto con oportunidades para aplicar lo aprendido y comunicarlo a una audiencia general. Se desarrolló por medio de módulos de las temáticas trabajadas, los cuales contaban con: título, video introductorio, un video de recapitulación o concluyente del módulo anterior, objetivos, descripción general, recursos y tareas para el módulo.

La evaluación se implementó por medio de foros de discusión, trabajos escritos, evaluaciones de lectura, trabajo en equipo y un proyecto final, elaborado a partir de un artículo seleccionado de las temáticas vistas, evidenciando con esto el avance metodológico en cuanto a la identificación, comprensión e interpretación de la química verde, concluyendo que la estrategia de un curso en línea es buena para la implementación efectiva en estudiantes graduados.

Así mismo, Timmer, Schaufelberger, Hammarberg, Franzen, Ramstrom y Dinef (2018), diseñaron un curso de química orgánica con integración transversal de las temáticas de química verde y sostenibilidad, donde se plantaron tres requisitos para el curso, los cuales fueron:

1. Que las modificaciones que se le realizarán al curso de química orgánica, debían permitir mantener la estructura y el contenido del curso original.
2. Las modificaciones debían proporcionar relaciones continuas de los conceptos de química verde y sostenibilidad.
3. Las modificaciones al curso existente debían requerir un mínimo de esfuerzo, para que la adaptación al enfoque de química verde en otras universidades fuera sencillo.

A partir de lo anterior se desarrolló un proyecto de laboratorio novedoso, el cual tenía como temática principal de trabajo la síntesis a partir de una condensación catalítica de Pechmann, en la cual los grupos de trabajo tuvieron varias opciones de catalizadores que debían escoger para desarrollar su práctica de laboratorio lo más verde posible a partir de los doce principios de la química verde. Llegando a concluir que la capacidad de los estudiantes para discutir y evaluar críticamente los parámetros de la química verde mejoró en gran medida según lo determinado a partir de los informes de los proyectos de laboratorio.

En la misma dirección, Kennedy (2016), desarrolla un curso de química verde de pregrado, incorporando textos y formas de evaluación, con el fin de educar a futuros químicos sobre la importancia de utilizar los principios y conceptos de la química verde como única forma responsable de practicar la química, los textos empleados fueron: un texto histórico (Markowitz's Deceit and Denial), el cual proporcionó el marco para la necesidad de la química verde, mientras que un texto motivacional (McDonough's Cradle to Cradle) cerró el curso con posibilidades de diseños ecológicos que carecen de limitaciones en las metodologías tradicionales. Estos textos se conectaron a un libro de texto de introducción a la química verde (Lancaster's Green Chemistry Introductory Text) que proporcionaba un resumen para investigar los temas principales de la química verde. La evaluación del curso se llevó a cabo mediante preguntas y cuestionarios acerca de las lecturas realizadas, llegando a lograr discusiones y foros en el aula, fortaleciendo los conocimientos adquiridos mediante conexiones plasmadas en la elaboración de mapas conceptuales. Posteriormente el curso propuso un proyecto final, el cual consistía en aplicar todo lo aprendido mediante la elaboración de módulos educativos de química verde y la creación de estudios de casos de laboratorios para una escuela secundaria. Logrando que los estudiantes aprendieran de una manera dinámica, mediante la observación de aplicaciones reales de la química verde.

De igual manera, Graham, Jones, Schaller, y McIntee (2014), realizaron un proyecto de laboratorio de química orgánica, el cual se basó en las prácticas sostenibles del diseño experimental, este es un proyecto realizado e impulsado por los estudiantes, lo cual refleja la naturaleza independiente de la investigación realizada, el diseño del proyecto se enfocó en tomar una serie de reacciones y modificarlas con un enfoque más verde, basados en protocolos anteriormente desarrollados se llevó a cabo una práctica de laboratorio de síntesis con dos procesos simultáneos, uno realizado al pie de la letra de los documentos literarios encontrados, y el otro con modificaciones más verdes en las condiciones de la reacción, dichas modificaciones se desarrollaron a partir del conocimiento de los estudiantes en el área de estudio.

La evaluación del laboratorio se desarrolló con un informe a partir de las comparaciones encontradas en los diferentes procedimientos, este reflejó el tipo de planificación que es integral para la investigación, incluido el uso de literatura primaria y secundaria para elaborar procedimientos experimentales. Llegando a obtener un avance único en las habilidades de comunicación, análisis de datos, trabajo en equipo, investigación y aplicación de conocimientos de los estudiantes involucrados en localizar, reproducir y modificar cualquier procedimiento que lleguen a encontrar en la literatura en pro del ambiente y de una química más verde.

Desde una perspectiva documental, Márquez y Machado (2017), se centraron en la búsqueda de diseños metodológicos, estrategias, propuestas, contenidos y modelos que permitan evidenciar como se ha dado la enseñanza de la química verde y de esa manera poder diseñar un marco teórico general orientado a la enseñanza de la misma. La investigación se basó en artículos de revistas de común conocimiento como la Green Chemistry, Royal Society of Chemistry, Journal of Chemical Education, Educación Química, Universidad Nacional Autónoma de México, evidenciando que 95 de los artículos encontrados trabajan en la demostración de actividades experimentales de la química verde. De esta manera los investigadores concluyen que el trabajo que se ha desarrollado en la implementación de la química verde en el currículo no es algo nuevo, pero si es algo que se hace necesario divulgar para que cada vez sean más los niveles educativos que lo quieran implementar. Es de resaltar la base teórica que trae dicha investigación para el desarrollo del trabajo que se quiere construir, demostrando que el manejo de conceptos de la química tradicional se hace viable al trabajarlos desde una visión de la sostenibilidad ambiental es decir desde el campo de la Química Verde.

En búsqueda de una alfabetización para llegar a la sostenibilidad, Parra (2014), desarrolló un proyecto que se aplicó en un grupo de química orgánica I, donde se realizó un estudio de población identificando así 81 estudiantes y 4 profesores, este se basa en tres fases principales como lo son:

Pre-análisis, acá se desarrolla la base del proyecto como problema, justificación y marco teórico. En la segunda fase de análisis, se da viabilidad al diseño de encuesta y aplicación de las mismas en los estudiantes y maestros de licenciatura en educación mención química. En la tercera fase se da el diseño y aplicación de una encuesta orientada por profesionales en el tema. De esta manera se aplican prácticas de laboratorio en la química orgánica con un énfasis sostenible cumpliendo con los doce principios propuestos por Anastas y Warner (1998). Así se concluye que la implementación y evaluación de este tipo de incorporaciones en el aula y en los laboratorios resultan innovadoras siempre y cuando se le de un énfasis didáctico que sea de agrado para cada uno de los estudiantes y de esta

manera despertar el interés por la química, especialmente por una química sostenible.

Por lo mismo, Cortés, Reyes y Bustos (2016), desarrollaron una implementación de una secuencia de protocolos verdes en la escuela con la finalidad de incorporar la química verde como un área de estudio de la misma. Este se desarrolló en tres etapas; la primera es exploratoria donde se dio una revisión bibliográfica y el diseño de herramientas para la obtención de la información, la segunda la etapa de desarrollo donde se dio la implementación de la secuencia didáctica y la tercera etapa la sistematización donde se registraron cada uno de los datos obtenidos. De esta manera se obtiene que al instruir conceptos de la química verde en la escuela es algo novedoso, pero no por ello algo de lo que no se quiera hablar, los estudiantes identifican las problemáticas ambientales que se presentan en su entorno y de la misma manera ven la química verde como una herramienta útil que contribuye al cuidado y perseverancia del ambiente.

González, Pérez y Figueroa (2016), diseñaron una propuesta enfocada en conocer y comprender el significado que los docentes le asignan a la química verde desde su enseñanza, este desarrollo se dio en la fundación Belén educa, donde se les preguntó a los docentes de química cual es el significado que le atribuyen a la enseñanza de dichos campos, como área para la enseñanza de la química, con estos significados se busca identificar qué categoría se le da a la química verde dentro del discurso de los maestros. Se encuentra que ellos tienen este aspecto alejado de sus labores diarias, es por ello que se genera la necesidad de incorporar un lenguaje del enfoque para dicha población teniendo así cercanía y utilidad de los mismos, esta problemática se ve afectada por las condiciones culturales, sociales, económicas que se presentan en el lugar y también a la educación que recibieron los docentes. Así, ellos valoran la química verde en sus prácticas habituales como una herramienta de orientación novedosa.

De esta manera se instaura un vínculo entre la sociedad y la química, es decir la química verde como tema de diálogo a grupos donde se presenten situaciones cotidianas y sociales, basadas en reacciones químicas llevadas a cabo en lo habitual, de igual manera desde términos netamente químicos presentes en los diferentes currículos. Así esperando que se generen cuestiones ambientales y sociales donde los ciudadanos aporten y divulguen la química verde como campo de acción.

Gross (2013), explica los hallazgos de cómo la química verde y la sostenibilidad no solo proporcionan aspectos de tipo práctico si no que de igual manera se evidencia un crecimiento conceptual, investigativo e interpretativo de quienes optan por

estudiar algo de esta rama. Para esto, da ejemplo de una investigación que se realiza con estudiantes de pregrado, donde se refleja el avance en dos áreas principales *(i) conocimiento científico de la química verde y la sostenibilidad e (ii) inmersión en la literatura científica*, todo esto a través de revistas verdes, lecturas en clase que generen debate entre los estudiantes y propuestas de investigación. De esta manera se lleva a cabo el curso logrando una introducción a la química verde y el uso de la literatura científica.

Abordando el enfoque desde trabajos de tesis, se encuentra que Hernández (2015), a partir de una secuencia didáctica, acerca de la sustentabilidad ambiental y el aprendizaje en química, asociado directamente con el recurso hídrico como problemática socioambiental de orden local, emplea herramientas tales como, observaciones de videos, realización de lecturas, exposiciones, trabajos prácticos de laboratorio, diseño de productos para la purificación del recurso hídrico, actividades de recolección de muestras de agua y siembra, evaluando en cada uno de los procesos el avance metodológico y conceptual del estudiante y llegando a obtener en los estudiantes inicios hacia la formación científica, implementando y desarrollando el discurso como herramienta principal desde la sustentabilidad, y como principal fin de llegar a la formación de una ciudadanía más consciente del cuidado ambiental.

De igual manera, Melo (2014) buscó promover prácticas culturales en profesores de Licenciatura en Química de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas, en el curso de química orgánica centrándose en el uso que se les da a los recursos de biomasa vegetal buscando la fundamentación de su uso desde la química verde. La investigación es de tipo cualitativa y exploratoria, teniendo intervenciones donde cada uno de los estudiantes identifica el uso óptimo que se le debe dar a cada una de estas sustancias y el aprovechamiento de los mismos en la elaboración de biocombustibles. De esta manera se generan problemáticas cotidianas a las que cada uno de los estudiantes se enfrenta a diario, como la contaminación atmosférica por el mal uso de los combustibles, donde cada participante aporta soluciones de manera didáctica que bien aportan a la sociedad en concientización por los recursos que se tienen.

## **1.2 LA ELECTIVA QUÍMICA VERDE Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS PARA PROFESORES DE CIENCIAS.**

El enfoque de química verde y energías alternativas para la sustentabilidad ambiental dirigido a profesores en formación en ciencias de la Facultad de Ciencia

y Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional busca principalmente que quien curse este espacio comprenda e identifique conceptos, fundamentos, y principios de la química verde y la producción de energías alternativas, a través de dos núcleos problema: principios y fundamentos de la química verde y producción de energías alternativas, poniendo todo esto en práctica a través de los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) obteniendo de este datos de cada uno de los experimentos desarrollados, con ello se busca que el estudiante pueda analizarlos y comprenderlos. De igual manera se encuentra un semillero de investigación en el enfoque llamado *“Semillero-club de investigación sobre educación en química verde y energías alternativas para la sustentabilidad ambiental – EduQVersa”* siendo este un espacio extracurricular donde los estudiantes que tengan el interés por el espacio participan de él a través de una red de nodos de trabajo donde se desarrollan microproyectos de interés para los participantes, dicho espacio se lleva a cabo en la Universidad Pedagógica Nacional (Franco, 2017).

## 2. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Desde que el enfoque de Química Verde fue formulado por Anastas y Warner (1998), ha venido consolidándose una comunidad académica internacional que se ocupa del estudio de modelos y teorías basadas en los “12 principios de química verde”. Muestra de ello son el creciente número de congresos académicos especializados en el área (Franco, Guevara, López, Olarte y Palacio, 2018), así como las publicaciones en revistas y asociaciones de reconocido prestigio mundial para la química en general y en la educación química en particular, como la American Chemical Society y su revista especializada en educación química: *Journal of Chemical Education*.

Teniendo en cuenta lo anterior y de acuerdo con Leff (2004), se visibiliza actualmente a la sociedad con una crisis vigente, real y persistente, como es la de la civilización, la cual trae consigo un gran desorden ambiental ya que propende por una racionalidad económica-capitalista en primer plano, mediante la generación de una alarmante demanda de producción y aplicación tecnológica para avanzar hacia las metas económicas propuestas, esto genera un alto índice de desarrollo económico, a la vez que un declive ambiental y cultural en donde la ciencia química tiene una alta incidencia.

Así, surge la visión del cuidado y permanencia ambiental desde la inmersión de la palabra sostenibilidad, está ofreció una propuesta de reapropiación social de la naturaleza, un tanto reduccionista, ya que permite la idea de usar y abusar los recursos ambientales, con el propósito de disminuir los efectos que esto traiga consigo, es decir, más una percepción económica de perdurabilidad en el tiempo, por esta razón emerge además el concepto de sustentabilidad, el cual se enfoca más a la propuesta de interiorizar el daño ecológico con todas las condiciones que traiga, como por ejemplo el cambio de la naturaleza mediante la dilución de contaminantes, la dispersión de desechos y demás (Reyes, 2012).

Con esta problemática se encuentra un estudio de la trayectoria de la educación ambiental, realizado a nueve países de América Latina y el Caribe donde se evidencia el bajo manejo y trabajo de la educación ambiental, se da prioridad a otros aspectos muy generales esto se debe a la falta de interés común y formación en el área (Gonzalez, 2010).

De esta manera se hace necesario implementar el enfoque de química verde en los diferentes niveles de escolaridad desde los currículos de educación científica,

enfaticando en los 12 principios antes mencionados, propiciando así la formación de ciudadanías conscientes de la situación y que contribuyan con las medidas necesarias para avanzar hacia la sustentabilidad ambiental desde la enseñanza de las ciencias en general y de la química en particular (Collins, 1995; Reyes, 2012).

Desde la perspectiva de la formación del profesorado de ciencias la implementación del enfoque en Colombia es apenas incipiente y el ámbito de los programas de licenciatura, su vinculación es aún minoritaria en algunos contenidos de asignaturas relacionadas con el componente ambiental y en un algunos de los programas este se incorpora como un espacio académico electivo (Franco, Riveros y Reina, 2019). En el caso específico del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, se hace necesario incluir dicho enfoque en espacios académicos del ciclo de fundamentación, en tanto que los futuros profesores de química, podrán aportar con su conocimiento profesional en la enseñanza de esta disciplina desde el enfoque.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo de investigación está orientado por la siguiente pregunta:

*¿Cuáles son los aportes de la vinculación del enfoque de química verde, como proyecto transversal en el espacio académico de Teorías Químicas I, del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, desde una estrategia didáctica centrada en el desarrollo de protocolos experimentales verdes - PEV?*

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Vincular el enfoque de química verde como proyecto transversal en la fundamentación teórica de profesores de química en formación inicial del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, a partir de una estrategia didáctica centrada en el desarrollo de protocolos experimentales verdes – PEV.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar las ideas previas de profesores de química en formación inicial acerca del enfoque de química verde y su importancia en la educación química.
- Desarrollar una estrategia didáctica para el abordaje de reacciones químicas, dirigida a uno de los grupos de Teorías Químicas I del programa de Licenciatura en Química de la UPN, desde el enfoque de química verde, a partir de una estrategia didáctica centrada en el desarrollo de protocolos experimentales verdes – PEV.
- Evaluar los aportes generados a partir de la estrategia didáctica desarrollada.

## 4. REFERENTES CONCEPTUALES

### 4.1 DESARROLLO DE LA QUÍMICA VERDE COMO CAMPO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.

Las ciencias de la naturaleza en general y la química en particular, han formado parte de nuestro diario vivir y del constante desarrollo social, económico y político mundial, es por esto que en los años 80/90, la industrialización ya era evidente en muchas partes del mundo, esto empezó a generar una alta contaminación derivada de procesos industriales en los cuales se utilizaba ampliamente productos químicos, que no se empleaban ni desechaban correctamente, por ende, fue necesario que los científicos de la época se interesaran y buscarán una solución para dicha problemática emergente. Aquí es donde empieza a surgir la química verde como materia de estudio a partir de los doce principios de química verde, formulados por Anastas y Warner (1998) en su libro “Green Chemistry: Theory and Practice” y consigo el concepto de desarrollo sustentable, llegando a proponer de esta forma nuevos procedimientos químicos que minimizaran en su mayoría los contaminantes que pudieran afectar el ambiente (Machado, 2011).

Así, con Anastas y Warner (1998) es que se inicia el reconocimiento y los aportes a la Química Verde, esto ha generado en las comunidades especializadas en el enfoque, la necesidad de divulgar y dar a conocer lo que implica y de lo que es capaz tanto a nivel de ingeniería como en el ámbito académico. Unas de las comunidades que han logrado dicho objetivo son la *American Chemical Society*, *Royal Society of Chemistry*, *Educación Química*, entre otras; así se han generado grandes eventos con acogida mundial por grandes científicos del enfoque (Franco, Guevara, López, Olarte y Palacio, 2018). También la revista *Journal of Chemical Education* ha tenido grandes aportes en cuanto a la divulgación con alrededor de 72 artículos de interés mundial centrados en el enfoque.

### 4.2 EL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE Y SU RELACIÓN CON LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL

El enfoque de química verde se viene trabajando a partir de las controversias suscitadas desde inicios de la década de 1960 tras la publicación del libro “Primavera silenciosa” (Carson, 1962), donde se plantean problemáticas ambientales que se evidencian en diferentes ámbitos, según esto y la visión de Reyes (2012) para hablar de sustentabilidad se hace referencia a sostenible, ya que esta palabra no existe en diccionario de la real academia, o también se puede

hablar de un sistema sustentable que requiere que sea alimentado constantemente, esto se da con los recursos de otros sistemas que son económico-sociales. Lo sustentable hace referencia a un concepto fundamentalmente económico, donde se vale de todos los recursos para alimentar el sistema y generar de esta manera un desarrollo que no genere un deterioro de alguno de los sistemas si no que por el contrario se ven beneficiados y en crecimiento constante. De esta manera se relaciona con la química verde ya que esta surge con la filosofía de prevenir la contaminación en vez de remediarla, así pues, se busca hacer mínima o en su defecto reducir en su totalidad la contaminación.

También, (Gudynas, 2011) plantea la sustentabilidad como una manera de asegurar la calidad de vida actual sin comprometer la satisfacción de las necesidades de generaciones futuras, de esta manera no se ponen en riesgo los recursos ambientales que se tienen, si no que por el contrario se van generando aportes para que nada de lo que se conoce se pierda y pueda ser aprovechado en poblaciones venideras que presentaran una preocupación ambiental. De igual manera, Carrizosa (2002) aborda la concepción de sustentabilidad, a partir de la perspectiva de potencialidad, esta dependiente de factores humanos y no humanos característicos de un entorno o territorio, para mantener indefinidamente algún proceso (este reemplaza la palabra desarrollo que se encuentra ampliamente trabajado en el concepto de sostenibilidad), como el crecimiento de la población, la calidad de vida o la equidad en una sociedad.

Dichos procesos se ven directamente permeados por principios éticos y morales que manejan las diferentes poblaciones, es decir que no se puede hablar de una verdadera sustentabilidad, cuando en una sociedad se tiene en segundo plano el cuidado y la responsabilidad ambiental, para que prevalezca el interés económico y político, sin que se genere una interrelación entre lo ecológico, lo económico y lo social. Es decir que, para hablar de sustentabilidad ambiental, es necesario e indispensable que los principios éticos y morales orienten el desarrollo sustentable, traducidos a códigos de conducta y prácticas consientes de los actores principales, con una constante reflexión desde la educación.

Así mismo, lo corrobora (Sauvé, 2010) donde plantea que la educación científica está basada en la idea de científicidad desde la racionalidad, la objetividad, el rigor y la validez, por el contrario, la educación ambiental tiene como objetivo el desarrollo de actitudes y de un saber actuar frente a las realidades ambientales con un carácter socio-ecológico desde la cultura, la economía y la política. Cuando se relacionan dichos saberes se llega a la formación de científicos sensibles al hecho de trabajar con lo viviente y no sobre lo viviente, desde la naturaleza, estos serán capaces de tener flexibilidad y humildad, junto con una constante cooperación con el prójimo, teniendo una disponibilidad y apertura con otros enfoques desde una transversalidad, llegando a encontrar una significación global de las realidades

actuales, desde la sustentabilidad, con una relación entre el saber, la ética y lo político que integre una dimensión socio-ecológica, dentro del contexto de un desarrollo económico preocupado por el medio ambiente y la equidad social.

A partir de lo anterior, se genera la necesidad de que la sociedad actual esté preparada y dispuesta para la sustentabilidad ambiental, a partir de esto la química verde es más que necesaria en la implementación de los cursos de pregrado, a partir de los 12 principios de la química verde, los cuales se pueden aplicar tanto en la teoría como en la práctica, esto de la mano con estrategias específicas que den una directa conexión entre el material enseñado en clase y el entorno cotidiano de los estudiantes, así mismo identificarán y reconocerán que la química tiene impactos ambientales y sociales, tales como, la viabilidad y las limitaciones del reciclaje, la sostenibilidad del diseño de productos de consumo, eficiencia energética, impactos ecológicos de la bioacumulación y alteración endocrina en la vida silvestre, estas enseñanzas de química verde se pueden impartir por medio de conceptos claves tales como, los generales de la química, ingeniería y en general asuntos globales (Kitchens, 2006).

#### **4.3. EL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE QUÍMICA**

Singh, Szafran y Pike (1999), definen la química verde como "*el uso de técnicas químicas y metodologías que reducen o eliminan la implementación o la generación de materias primas, productos, subproductos, disolventes, reactivos, etc., que son peligrosos para la salud humana o el ambiente*". Dicho concepto empleado generalmente para procesos industriales, se ha venido incorporando en ambientes pedagógicos, desarrollándose principalmente desde un enfoque a microescala encaminado hacia la prevención de la contaminación, a partir de la implementación de laboratorios ambientalmente seguros, que se logran mediante el uso de material de vidrio en miniatura y cantidades significativamente reducidas de productos químicos. La química de la microescala puede implementarse sin comprometer los estándares educativos o el rigor analítico, por esto ha presentado un rápido crecimiento en Estados Unidos y en diferentes partes del mundo, desde diversas áreas de la química.

Igualmente, Cann y Dickneider (2004) corroboran el objetivo principal de la química verde hacia la eliminación o reducción del uso de sustancias potencialmente peligrosas, centrándose principalmente en la minimización de residuos peligrosos y no peligrosos, igualmente en la disminución energética de los procesos y la implementación continua de recursos renovables. Llegando a ser de esta manera en los currículos tanto de pedagogía en química como de sus ramas afines

indispensable, ya que generalmente al elaborar un nuevo producto químico, se han ignorado los efectos ambientales ocasionados al generarlo. Así, se llega a que los científicos tengan bases teóricas sólidas acerca de la contaminación química que pueden generar y consideren los efectos ambientales como factor principal en sus investigaciones y avances.

De esta manera, Doria (2009) aporta significativamente con su trabajo, ya que hace una revisión minuciosa de cómo se puede dar aplicabilidad y viabilidad a cada uno de los doce principios propuestos por Anastas y Warner (1998) para el enfoque de química verde, se basa en como productos de uso cotidiano son elaborados sin tener en cuenta el enfoque, y así mitigar los impactos que generan desde su producción hasta que se es desechado. Ella plasma alternativas verdes para reducir el consumo de materia prima, la toxicidad, y el tiempo de vida útil de los mismos, así se puede decir que la química verde presenta estándares de nivel alto para llevar a cabo producción e investigación de procesos y sustancias químicas minimizando el daño al ser humano y al medio. También refleja la importancia de incorporar dichos conocimientos en el aula como seminarios, espacios de electivos de interés particular o aplicación en la enseñanza de la química en general.

Con todo esto se dan estudios como el de Mascarell y Vilches(2016) quienes revisan el papel de la química verde en la educación científica y de esta manera la transición a la comunidad sostenible, de esta forma se desarrollan elementos que den cuenta de la importancia que la enseñanza de las ciencias le está dando a la Química Verde como fueron: el análisis de libros de texto de uso académico en secundaria y bachillerato evidenciando que tan mencionado y aplicado es el enfoque, revisión de revistas de divulgación en España y a nivel mundial para verificar si las investigaciones en didáctica manejan la Química Verde y las concepciones por parte de alumnos y docentes sobre el enfoque y su divulgación. De esta manera las investigadoras llegan a obtener que el papel de la Química Verde se está dejando de lado en cada una de las cuestiones estudiadas, no se le está dando la relevancia y divulgación que el enfoque amerita y se está dejando de lado en la enseñanza de las ciencias, por lo tanto, se retrasa la transición a tener una comunidad sostenible.

Lo anterior se verá reflejado en el aula al momento de impartir el conocimiento con jóvenes que inician su vida de aprendizajes en muchos casos innovadores y que llegan a ser el reflejo de cada una de las enseñanza de su educador, estas buenas prácticas en el cuidado del ambiente vienen dadas desde dicho ámbito y son evidentes en los hábitos y labores diarias de quien las apropia a su vida cotidiana, académica y profesional, llegando a lograr que su desempeño contribuya a cuidar el ambiente y en consecuencia para que la sociedad contemple con mejores ojos la actividad de esta ciencia de estudio.

#### **4.4. EL CONCEPTO DE REACCIÓN QUÍMICA**

Cuando se habla de reacción química se hace referencia a todo proceso en el que dos o más sustancias conocidas como reactivos químicos, se transforman, cambiando así su estructura molecular y sus enlaces, llegando así a otras sustancias conocidas como productos. Los reactivos o reactantes pueden ser elementos o compuestos (Brown, 2004).

Por otro lado, se trabaja el concepto de proceso químico basado en Chang (2002) quien lo define como un proceso en el que una o varias sustancias cambian para dar la formación de una(s) sustancia(s) nueva(s) con características y propiedades diferentes, para representar e identificar dicho proceso se ha desarrollado una forma estándar global, por medio de ecuaciones químicas, estas emplean símbolos químicos para evidenciar que sucede en una reacción química.

#### **4.5. LA INVESTIGACIÓN COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA IEP**

Según Jiménez y Manjarrés (2011), la investigación como estrategia pedagógica se basa en visibilizar al estudiante como una construcción social, a partir de los diferentes intereses políticos, económicos y éticos de su entorno, para esto la metodología plantea un desarrollo educativo por medio de sistemas abiertos y a distancias de tal manera que se dé una indagación, comprensión, análisis y evaluación de la temática en específico que se trabaje, de igual manera se genera un desarrollo autónomo de las dinámicas a trabajar, dejando así claro el interés y compromiso de cada uno de los participantes, generando un enfoque en la investigación y consiguiendo conocimientos nuevos basados en sus intereses, con la construcción de una cultura ciudadana más justa y menos desigual, democrática en ciencia, innovación, tecnología y ética, basada en valores afectivos, cognitivos y de acción.

## **5 METODOLOGÍA**

### **5.1 TIPOLOGÍA Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.**

La propuesta se desarrolló adoptando algunos elementos de la investigación como estrategia pedagógica (IEP). En la actualidad se desarrollan prácticas pedagógicas en sistemas abiertos y a distancia donde se evidencia la indagación, la comprensión y el análisis de situaciones que se presentan y son de interés de estudio para un grupo focal encaminado a la investigación formativa, que se puede llevar a cabo a través de cartillas didácticas, materiales de interpretación, donde se dé una interacción directa con situaciones y fenómenos de la experimentación, de igual manera se dé un trabajo autónomo por parte del grupo (Mejía, 2011).

También se da un abordaje a partir de una tipología de la investigación cualitativa, que considera un lenguaje de fácil comprensión donde se hace referencia a distintos enfoques y orientaciones, evidenciando distintas tradiciones intelectuales y disciplinares, de esta manera se logra una variación de investigaciones dejando que quien plantee la metodología pueda aplicarla según sus necesidades y presupuestos tanto teóricos como conceptuales, así, se da un proceso de indagación en diferentes campos como revisión bibliográfica, fenomenológica, datos, siendo todos estos aspectos situaciones naturales que se dan en el desarrollo de cada una de las investigaciones que se plantean con un fin específico. La investigación cualitativa va centrada en una posición filosófica, métodos de generación de datos, métodos de análisis y explicación con comprensión de la complejidad, el detalle y el contexto, esto siempre teniendo en cuenta sucesos naturales (Vasilachis, 2006).

### **5.2. POBLACIÓN PARTICIPANTE.**

Se trabajó con profesores de química en formación inicial, que cursan el espacio académico de Teorías Químicas I de la Licenciatura en Química de la UPN, en su ciclo de fundamentación.

### 5.3 DISEÑO METODOLÓGICO.

A partir de la IEP, se buscó encaminar el planteamiento de la investigación desde el reconocimiento de los saberes propios de los estudiantes, que han establecido a partir de su cultura y el entorno social, con una metodología clara hacia el enfoque de química verde como herramienta transversal del currículo planteado para la asignatura trabajada, visibilizando la oportunidad a los estudiantes para que opten por cualquier método investigativo coherente con el planteamiento del problema, para llegar a consolidar una propuesta de cambio en los procesos educativos y sociales a nivel ambiental (Jiménez y Manjarrés, 2011).

Esto ya que dicha estrategia pedagógica, permite la posibilidad de reconocer al estudiante a partir de sus diferentes capacidades como las de exploración, observación, reconocimiento de las problemáticas y preguntas que se generen a partir de estas, ante cualquier situación que se le presente, las cuales se pueden llegar a resolver mediante un espacio de discusión y negociación por medio de los PEV, los cuales se desarrollaron con una constante indagación para que los estudiantes tuvieran las herramientas necesarias para generar un impacto ambiental y social (Manjarrés, Mejía y García, 2014).

Así estos recursos aplicados como actividad inicial, PEV uno, PEV dos y actividad de cierre fueron sometidos a validación por un par académico con formación de Licenciatura en Química (anexo E), donde se establecen los parámetros que se quieren que cumplan los mismos y los criterios de evaluación, si es adecuado, medianamente adecuado o inadecuado según corresponda (anexo A).

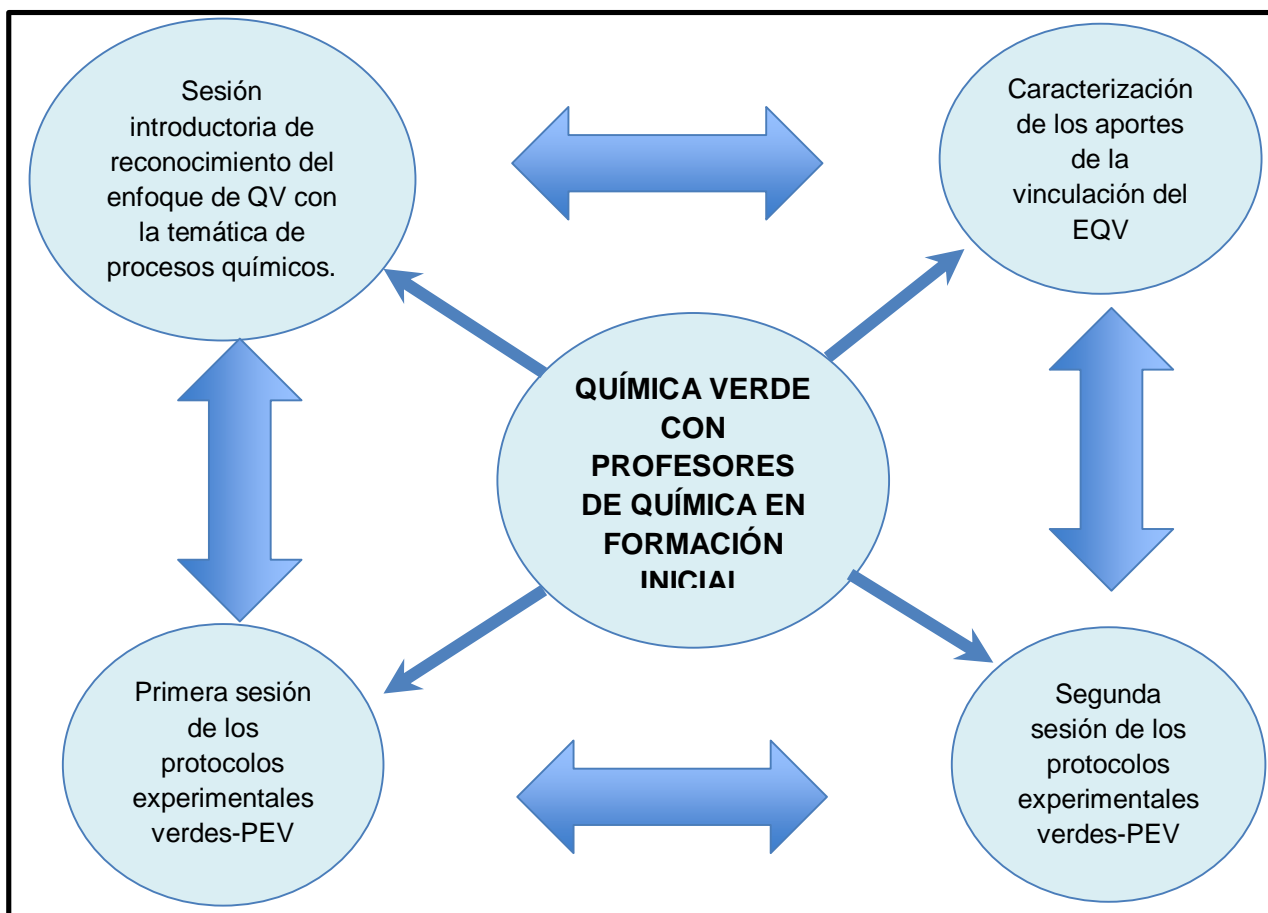
Para lo anterior se desarrolló:

1. En la primera fase una sesión introductoria en la cual se llevó a cabo una actividad de indagación, en esta los estudiantes dieron a conocer sus saberes previos acerca del enfoque de química verde y de la temática específica a trabajar, la cual fue proceso químico. Posteriormente se realizó una explicación teórica, en la cual se trabajó la temática de proceso químico de la mano con el enfoque de química verde, por medio de firmes ejemplos, para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje, en los cuales se manejaron las constantes implicaciones que diversos procesos pueden traer tanto para el ser humano como para el ambiente. Finalizando con una propuesta de lectura guía, en este caso ¿Qué tan verde es un experimento?, la cual se guió hacia el análisis verde de los diferentes casos y PEV propuestos, para que los PQFI identificaran y reconocieran el enfoque como

una alternativa de educación y solución para las problemáticas ambientales existentes.

2. En la segunda fase se desarrolló el primer PEV, en el cual se propusieron diferentes temáticas a trabajar por parejas, en este los estudiantes debían investigar conocimientos previos de la temática específica, para su posterior análisis y comprensión con una constante relación y contextualización verde.
3. Para la tercera fase se desarrolló el segundo PEV, en este caso se dio la misma temática para todo el grupo de trabajo desarrollada igualmente en parejas, en este se pedía así mismo una contextualización previa de la temática y un análisis posterior a partir de los doce principios de la química verde y en general de las ideas de investigación y planteamiento que desarrollen los PQFI.
4. Finalmente, la cuarta fase, se basó en determinar a partir de la caracterización de las opiniones de los PQFI, cuáles fueron los aportes de la vinculación del enfoque de química verde, como proyecto transversal en el espacio académico de teorías químicas I, del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, a partir de una estrategia didáctica centrada en los PEV.

Gráfico 1. Esquema del diseño metodológico.



## 5.4 CRONOGRAMA

Tabla 1. Cronograma del desarrollo del proyecto.

Semana/ mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
<b>Agosto</b>	Desarrollo de sesiones de planeación con el director del proyecto	Ajustes al proyecto	construcción de actividades iniciales y de cierre	Validación de recursos de indagación

<b>Septiembre</b>	Construcción de material para sesión introductoria sobre el enfoque	Sesión introductoria de reconocimiento del enfoque, junto con problemáticas ambientales	Socialización de propuestas de mejora a partir del enfoque y aplicación de actividad inicial.	Sistematización de los datos obtenidos a partir de la actividad realizada.
<b>Octubre</b>	Implementación del primer protocolo experimental verde PEV,	Sistematización de los resultados en base a los informes de PEV obtenidos.	Desarrollo del segundo PEV Implementación de la actividad de salida.	Procesamiento y organización de la información.
<b>Noviembre</b>	Sistematización de la información recopilada gracias a la actividad de cierre e informes entregados del segundo PEV aplicado.		Análisis y discusión de los resultados.	
<b>Diciembre</b>	Revisión conjunta con el director del proyecto.		N/A	
<b>Enero</b>	Fortalecimiento según aportes generados en revisión previa.		Revisión conjunta con el director del proyecto.	
<b>Febrero</b>	Fortalecimiento del informe final según observaciones y ajustes sugeridos por jurados.		Entrega final y evaluación de los jurados.	
<b>Marzo</b>	Sustentación pública y socialización con la comunidad educativa	N/A	N/A	N/A

## 6. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

### Criterios analíticos

De conformidad con los objetivos y el problema del proyecto de investigación se definen como criterios analíticos, los siguientes:

*Tabla 2. Criterios analíticos.*

<b>Criterios analíticos</b>	<b>Subcriterios</b>	<b>Recurso de información</b>
1. Vinculación del enfoque de química verde como proyecto transversal en la fundamentación teórica de PQFI.	ideas previas de profesores de química en formación inicial acerca del enfoque de química verde y su importancia en la educación química	Actividad inicial y de cierre: "percepciones sobre el enfoque de química verde y el concepto de proceso químico" (anexo A).
	Desarrollo de distintos Protocolos Experimentales Verdes por grupo.	PEV 1: "Acercamiento a la química verde y a las reacciones químicas".
2. La enseñanza del concepto de reacción química con PQFI.	Estudio de reacciones químicas específicas desde la perspectiva de la química verde.	PEV 1 y presentación sobre concepto de reacción química.
	Desarrollo de Protocolos Experimentales verdes en general.	PEV 2: "Reacciones químicas que implican al CO <sub>2</sub> . (anexo A).

## **Caracterización de la población participante:**

Para la vinculación del enfoque de química verde como proyecto transversal en la fundamentación teórica de PQFIPQFI, se trabajó con un grupo de teorías químicas I, el cual consta de ocho estudiantes, quienes cursan la asignatura por segunda y tercera ocasión, con ellos se trabajaron cuatro sesiones donde en la primera se da una socialización del enfoque y actividad inicial para la recepción de información, en la segunda y tercera sesión se aplicaron dos protocolos experimentales verdes haciendo énfasis en la evaluación verde de cada uno de ellos, y por último en una cuarta sesión se realizó una actividad de cierre, que permitió la recopilación de información propia de cada uno de los participantes, así como la retroalimentación de la estrategia desarrollada con ellos.

### **6.1. VINCULACIÓN DEL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE COMO PROYECTO TRANSVERSAL EN LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE PQFI.**

#### **6.1.1 Ideas previas de profesores de química en formación inicial acerca del enfoque de química verde y su importancia en la educación química**

##### **6.1.1.1 Actividad inicial: percepciones sobre el enfoque de química verde y el concepto de proceso químico**

A partir de la actividad inicial (anexo B), se pueden clasificar tres tendencias principales en las percepciones de los PQFI de Teorías Químicas I, encaminadas hacia las opiniones del enfoque de química verde, la primera de ellas es la relación directa que identifican con **los procesos industriales** (4 PQFI) , esta tal y como lo plantea Machado (2011) está estrechamente relacionada con la química verde como área de estudio a partir de la alta contaminación proveniente de los procesos industriales irresponsables, esto se evidenció en varias respuestas, como la planteada por el PQFI-4, donde expone que: *“La química verde es un estudio que se hace a la naturaleza o ambiente y está muy relacionado con procesos industriales y procesos de preservación de recursos”*.

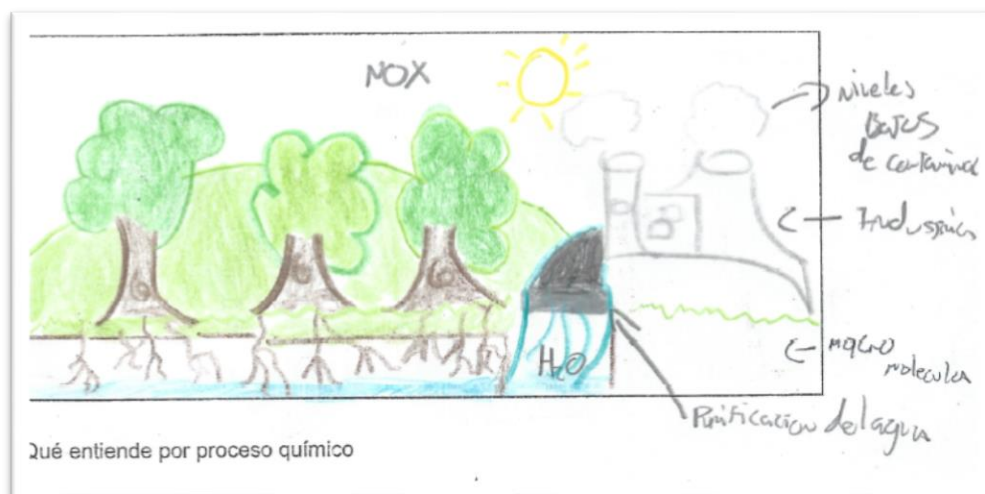
Adicionalmente se evidencia que identifican el propósito de la misma a partir del diseño de procesos químicos para la generación de productos más amigables con

el ambiente, textualmente expresa el PQFI-2 que: *“Por química verde trato de relacionarlo con el cuidado del entorno y como nos desenvolvemos con este tratando de entenderlo y de paso cuidarlo”*, esto conduce a la segunda tendencia de interés, el **cuidado y preservación del ambiente** (6 PQFI), en donde los PQFI exponen su preocupación por la continua reflexión acerca del impacto ambiental que se puede generar y mitigar con estudios continuos acerca del ambiente y el cuidado del entorno, con una constante preservación de los recursos.

Frente a una tercera tendencia de interés, correspondiente a las **alusiones a los doce principios de la química verde** (1 PQFI), formulados por Anastas y Warner (1998), a pesar de que se ven reflejados en las dos anteriores tendencias mencionadas, aquí se observa una opinión por el PQFI-7 en la que se explicita: *“Diseño de productos químicos o procesos químicos para hacer una reducción en el uso de sustancias peligrosas”*.

Lo anterior se muestra en las ilustraciones realizadas por los participantes, ya que en estas se evidencia una visión de la química verde enfocada específicamente con el cuidado del agua (anexo B), la cual se ve ampliamente afectada por agentes contaminantes químicos, provenientes de la industria. Adicionalmente se demuestra un interés en la reducción de los mismos, mediante la purificación del agua, en las que se involucran los ciclos biogeoquímicos. También se aprecia el papel de la ciencia, específicamente la química, en dicha preservación, mediante la recolección de muestras y análisis de las mismas, junto con una disposición final de los desechos y residuos adecuados:

*Figura 1. Ilustración elaborada por el PQFI-4, en la actividad inicial (Anexo B).  
Fuente: autoras.*



Específicamente desde las opiniones sobre los procesos químicos, se encuentra que los MF relacionan este con las partes de la reacción mediante la transformación de la materia a partir de los reactivos, para llegar a los productos, por medio del rompimiento de los enlaces en los diferentes procesos, en donde ocurre un cambio en sus propiedades químicas, tal y como lo expresa textualmente el PQFI-3: “Es por las diferentes maneras o métodos que pasa una sustancia y así por medio del rompimiento de enlaces se crean nuevas sustancias a lo cual le llamamos reacción química” (anexo B).

A partir de lo anterior se evidencia que dicha opinión de los MF se encuentra acorde con el concepto de reacción química, la cual se aborda mediante, Chang (2002) como un proceso en el que una o varias sustancias cambian para dar la formación de una(s) sustancia(s) nueva(s) con características y propiedades diferentes, es decir que a pesar que los 8 PQFI, no proporcionan un concepto claro y específico de la temática de interés, si relacionan las nociones principales del mismo.

Así mismo, se identificó que los PQFI reconocieron algunas características de dichas ecuaciones, nombrando los reactivos, y los productos, pero muy pocos de ellos saben lo que indica la flecha “produce”. Adicionalmente dos de los siete PQFI reconocen tipos de reacción como síntesis, descomposición, sustitución y sustitución doble, definiendo cada uno de ellos, mientras que los otros participantes del trabajo de investigación dejan los espacios en blanco o no tienen una respuesta coherente para dicho planteamiento (anexo B), identificando con esto que falta un poco de profundización en la temática de interés.

Figura 2. Desarrollo de la actividad inicial. Fuente: autoras.



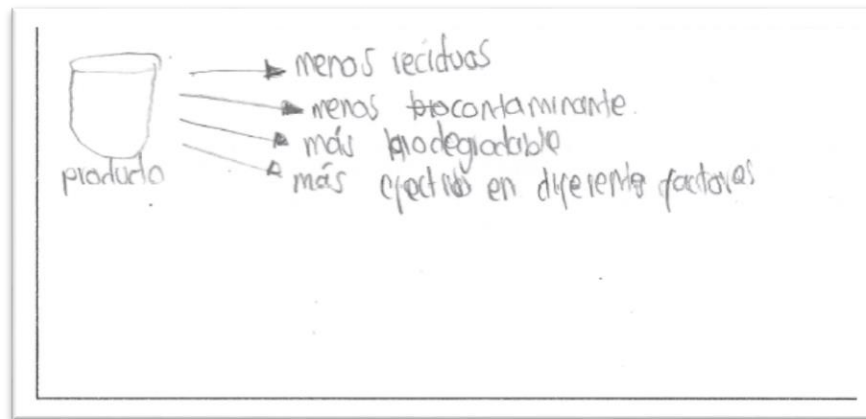
#### 6.1.1.2 Actividad de cierre: percepciones sobre el enfoque de química verde y el concepto de proceso químico

Mediante la actividad de cierre (anexo D), se identificó que los PQFI presentan una conceptualización más amplia acerca de la química verde, ya que se identificaron tres tendencias importantes como: los aspectos sobre los procesos químicos, desde lo industrial, la reducción del uso de sustancias tóxicas, el ahorro de materiales y estudio de los mismos. Por último, las reflexiones sobre el ambiente y el ser humano desde la reducción de la contaminación y daños al ambiente, todos estos mediante una constante vinculación con los doce principios de la química verde, propuestos por Anastas y Warner (1998).

Evidenciando que en cada una de las preguntas abordadas por los estudiantes se trabajaron dichos principios y referentes teóricos claros del enfoque, como se evidenció en la respuesta dada por el PQFI-2, donde expresa que: *“La química verde busca hacer menos riesgoso y más amable en el ambiente los procesos químicos llevados a cabo en investigaciones, industrias, universidades, siendo medido por doce principios propuestos por Anastas y Warner”* (anexo D).

Lo anterior se plasma también en las ilustraciones realizadas por los MFI, en las cuales se evidencia un acercamiento verde por parte de la química con el ambiente, llegando a mitigar los impactos de cada uno de los procesos químicos con el ambiente, haciendo uso de los doce principios de la química verde y teniendo como referente a Anastas y Warner (1998), (anexo D).

*Figura 3. Ilustración elaborada por el PQFI-6, en la actividad de cierre (Anexo D).  
Fuente: autoras.*



Con respecto a la temática de reacción química, se evidencia la comprensión de la misma como, un proceso en el cual la materia prima cambia sus propiedades haciendo uso de reactivos y productos que presentan interacciones, por medio de rupturas en sus estructuras para formar unas nuevas sustancias con propiedades químicas distintas, conceptualización muy próxima al significado de reacción química. Adicionalmente se identifica que los PQFI reconocieron la gran mayoría de las partes de una ecuación química, junto con las condiciones de las mismas, (anexo D).

Por tanto, se reconoce que a partir de la actividad inicial y en comparación con la actividad de cierre, los PQFI avanzaron conceptualmente en el reconocimiento de los tipos de reacción, ya que inicialmente solo dos de los siete PQFI identificaron algunos tipos de reacción (PQFI-2 y PQFI-3), por el contrario en la actividad de cierre tres de ellos establecieron la reacción de doble desplazamiento (PQFI-2, PQFI-3 y PQFI-6), dos la de síntesis (PQFI-3 y PQFI-6), dos la de descomposición (PQFI-3 y PQFI-7) y dos la de desplazamiento (PQFI-3 y PQFI-7) (anexo D), determinando que la implementación realizada si tuvo un efecto positivo en la conceptualización de la temática abordada en los PQFI.

Adicionalmente, se aprecia que en esta ocasión se encontró un avance teórico en cuanto al acercamiento verde de las reacciones planteadas, pues tres (PQFI-2, PQFI-4 y PQFI-5) de los siete PQFI, las sustentan con un fundamento teórico más amplio a diferencia de la actividad inicial, en la que ninguno de los PQFI proporcionó una respuesta relacionada con el Enfoque de Química Verde. Este es el caso de la respuesta del PQFI-2, quien expresa: *“si se busca el  $H_2SO_4$  sería verde porque no se genera ningún otro residuo”*, o la expuesta por el PQFI-5: *“En este se genera un residuo el cual sería Fe y se obtiene  $CO_2$ , Hidróxido de sodio el cual se puede volver a utilizar y es uno de los principios de la química verde”*, es decir que a partir del acercamiento verde, los estudiantes si relacionan los procesos químicos con el Enfoque de Química Verde, en las diferentes reacciones y procesos químicos que se les pueda presentar en la cotidianidad.

Finalmente, se analiza que los estudiantes desarrollaron una relación desde la educación científica con la ambiental, ya que trabajaron en la toma de decisiones frente a los escenarios encontrados en cada uno de los PEV, desde un ámbito económico, observados por ejemplo en la implementación de materias primas renovables para asegurar la calidad de vida actual sin comprometer la de las generaciones futuras (Gudynas, 2011), siempre con un enfoque político y cultural que ya se encuentra inherente en los PQFI, desarrollando consigo un trabajo cooperativo, con una buena actitud frente al enfoque desde la transversalidad de la temática vista, es decir que se evidenciaron saberes y actitudes sustentables en los PQFI, tal y como lo plante, Sauv e, (2010).

## **6.1.2 Desarrollo de distintos Protocolos Experimentales Verdes por grupo**

### **6.1.2.1. PEV 1: “Acercamiento a la química verde y a las reacciones químicas”.**

Para la ejecución de este apartado se plantearon cinco PEV diferentes, que fueron asignados a cada uno de los PQFI, tres de ellos trabajaron de manera individual, la distribución fue así:

Síntesis de bio-diésel desde los doce principios de la química verde PQFI 1 y 8  
Bioplástico: una propuesta ambiental desde los doce principios de la química verde PQFI-2

Obtención del ácido acetilsalicílico a partir de un protocolo verde PQFI-3

Identificación de los factores que afectan la velocidad de la reacción, desde los doce principios de la química verde PQFI-4

Síntesis de nano partículas de plata por química verde con extracto de geranio común PQFI-6 y PQFI-7

### **Síntesis de bio-diésel desde los doce principios de la química verde PQFI-1 y**

**PQFI-8:** Los PQFI construyeron un pre-informe donde presentan dos fichas técnicas como la del metanol, priorizando en sus usos, clasificación, pictogramas y características físicas y químicas, la ficha técnica del hidróxido de sodio plasmando propiedades físicas y químicas y algunos de los peligros de este, finalmente elaboran el procedimiento de laboratorio por creación propia, de esta manera se puede evidenciar que el PQFI tiene conocimiento de lo que desarrollan y de los riesgos que puede traer el mal uso de los reactivos químicos (Anexo C).

Luego de ejecutar el protocolo experimental verde, presentan el informe de laboratorio donde analizan la reacción llevada a cabo y cuáles fueron las razones por las que en este grupo no se obtuvo el producto de interés, de igual manera realizan la evaluación verde propuesta por Morales, Martínez, Reyes, Martín, Arroyo, Obayo & Miranda (2011) para poder determinar el “verdor” del PEV ejecutado, obteniendo así que este cumple con diez de los doce principios propuestos por Anastas y Warner (1998), de esta manera los PQFI conciben la química verde desde un proceso químico que puede ser llevado a cabo habitualmente pero que el uso de las materias primas puede variar, ya que en este PEV se hace uso mínimo de reactivo y se da uso a materias primas en lo posible orgánicas, cumpliendo así con los principios del enfoque.

De esta manera al poner en marcha la elaboración del bio-diésel los PQFI cuentan con reactivos químicos como aceite vegetal, metanol e hidróxido de sodio, los cuales al realizar el respectivo protocolo teniendo en cuenta las buenas prácticas de laboratorio, se lleva a cabo una reacción entre el metanol y las lentejas de hidróxido de sodio, posterior a esto se somete a un aumento de temperatura el aceite vegetal y se mezcla con la anterior solución, esto se da por la transformación del aceite vegetal a través de la combinación con el grupo metílico del alcohol y con el hidróxido de sodio (NaOH), esta reacción es conocida como trans-esterificación, produciendo así un compuesto que se puede utilizar directamente en un quemador o en un motor diésel sin modificar, y glicerina como subproducto. Para que el producto de interés sea útil se pasa a embudo de decantación y se deja reposar por 2 horas, se da la separación de las sustancias, en esta reacción ejecutada se debe tener un control de tiempo y temperatura (anexo C).

*Figura 4. Síntesis de bio-diésel desde los doce principios de la química verde PQFI-1 y PQFI-8. Fuente: autoras.*



**Bioplástico: una propuesta ambiental desde los doce principios de la química verde PQFI-2:** El MF hace entrega de las fichas técnicas y protocolo elaborados a mano (anexo C), infiriendo así que tiene conocimiento de lo que va a elaborar y la manera óptima de manipular los reactivos, esto se ve reflejado en el informe final que entrega ya que en el presenta el protocolo mejorado, implementado cada uno de los pictogramas y la valoración verde para cada una de las sustancias a usar, también refleja la evaluación verde del cumplimiento o no de cada uno de los principios de química verde propuestos por Anastas y Warner (1998).

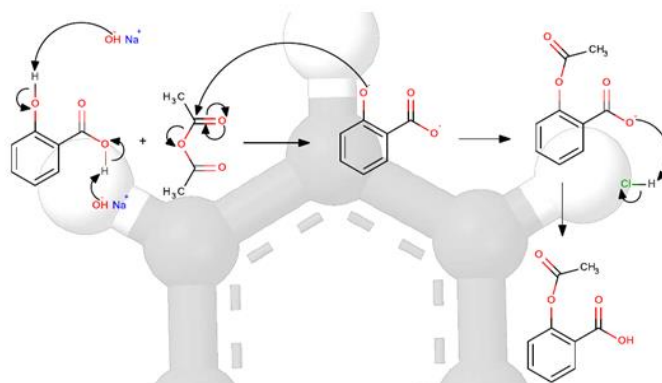
De igual manera en el informe entregado, al evaluar el PEV el MF interpreta que este es totalmente verde ya que cumple con diez de los doce principios, esta valoración de color está dada teniendo en cuenta la escala de colores que se presenta en el artículo ¿Qué tan verde es un experimento? de Morales, M., Martínez, J., & Reyes, L. (2011). Por otro lado el MF concluye que la elaboración del bioplástico es un proceso químico fácil de aplicar en las aulas de clase y que tiene impacto social ya que contribuye a la disminución de la contaminación, este es el reflejo de la química verde (anexo C). Al hacer uso de la gelatina y la glicerina se da una combinación para obtener una película rígida que al ser manipulado como empaque es resistente y da una opción para suplir empaques de uso comercial, esto debido a que la gelatina es una proteína que se disuelve en agua caliente y por ende al tener este aumento de temperatura su colágeno se desarrolla formando una elice que al enfriarse se unen y dan resultado al bioplástico de interés (Florian y Franco 2015) .

*Figura 5. Obtención de bioplástico: una propuesta ambiental desde los doce principios de la química verde PQFI-2. Fuente: autoras.*



**Obtención del ácido acetilsalicílico a partir de un protocolo verde PQFI-3:** Se percibe desde la entrega del pre-informe que el MF tiene conocimiento del protocolo a ejecutar y el cuidado que debe tener al llevar este a cabo, esto debido a que presenta fichas técnicas de los reactivos y diagramas de flujo por elaboración propia (anexo C), de igual manera se evidencia la apropiación de la temática ya que en el informe hace entrega del diagrama y adicional los pictogramas para cada uno de los reactivos que fueron manipulados, por otro lado hace una argumentación clara del proceso químico que se ejecutó ya que muestra el mecanismo de la reacción que se llevó a cabo a través de una reacción electrofílica (figura 6), esto permite identificar la comprensión del concepto y de igual manera del enfoque ya que al realizar la evaluación verde infiere que el PEV es una transición de café a verde ya que cumple con tres de los doce principios (anexo C), la escala y la evaluación se realiza bajo el parámetro presentado por Morales, M., Martínez, J., & Reyes, L. (2011). Dicha evaluación puede estar arrojando un valor más alto o más bajo ya que el PQFI no tiene en cuenta los principios que para este caso no aplicarían como el uso de catalizadores y el análisis en tiempo real ya que están asignados como no cumplen y en realidad al aplicar se cuentan como si los cumplieran (anexo C).

Figura 6. Mecanismo de reacción. Fuente: PQFI 3 (Anexo C).



Así el MF muestra evidencia de la comprensión de los conceptos como el de reacción química abordado desde Brown, 2004, ya que se dio la combinación de los diferentes reactivos como el ácido salicílico, anhídrido acético, hidróxido de sodio y agua destilada, para que a partir de ellos se diera la obtención del ácido acetilsalicílico como producto de interés, de esta manera se mostró cómo transcurre dicha reacción y como de varios reactivos se llega a un solo producto.

Figura 7. Obtención del ácido acetilsalicílico a partir de un protocolo verde PQFI-3. Fuente: las autoras. Fuente: autoras.



**Identificación de los factores que afectan la velocidad de la reacción, desde los doce principios de la química verde PQFI-4:** El PQFI no presenta un preinforme donde se evidencie el conocimiento del protocolo a efectuar, ni las fichas técnicas de las sustancias a implementar. En el informe se evidencia que el PQFI muestra la evaluación verde para cada uno de los reactivos, pero no la del protocolo en general (anexo C).

Así pues, el análisis que se presenta no es suficiente para el PEV asignado, ya que no se da la clasificación de que tan verde puede llegar a ser el experimento, por lo tanto no se tiene un conocimiento claro del impacto de la química verde en el mismo, ni de los beneficios que este trae, como, la implementación y generación de sustancias inocuas para la salud humana y el ambiente, además de que estas minimizan potencialmente accidentes químicos, sin dejar de lado la poca implementación y uso de energía en el transcurso del experimento.

Esto se puede deber a que no se dio una explicación previa del protocolo y por lo tanto los resultados esperados no se obtuvieron, aun así el PQFI infiere que si hay factores que intervienen en la velocidad de una reacción, estos dependientes de muchos factores, como la concentración y temperatura, ya que estos aumentan la probabilidad del choque entre dos moléculas, aumentando así la posibilidad de que se efectuó la reacción química, adicionalmente el PQFI concluye que la química verde si contribuye a la mejora de procesos químicos que beneficien el ambiente.

*Figura 8. Identificación de los factores que afectan la velocidad de la reacción, desde los doce principios de la química verde PQFI-4. Fuente: autoras.*



**Síntesis de nano partículas de plata por química verde con extracto de geranio común PQFI-6 y PQFI-7:** Para este PEV los PQFI realizan una entrega inicial del pre-informe donde reconocen cada una de las sustancias a usar y sus fichas técnicas, por otro lado plantean el protocolo por elaboración propia, identificando así el paso a paso a efectuar, dicho reconocimiento se ve reflejado en la entrega del informe donde mejoran el diagrama adicionándole cada uno de los pictogramas para los reactivos empleados.

Así mismo, desarrollan la evaluación verde basados en el artículo *¿Qué tan verde es un experimento?* de Morales, M., Martínez, J., & Reyes, L. (2011), identificando que el PEV cumple con tres de los doce principios, llegando a concluir a partir de la escala de colores que es ligeramente café, análisis que se puede llegar a ver permeado, por el hecho de que los PQFI no presentan un estudio de resultados, ni una reflexión sobre el PEV ejecutado en la sesión (anexo C), dejando de lado algunos principios que no aplican al caso en específico de la práctica y por ende se puede estar catalogando mal.

*Figura 9.* Síntesis de nano partículas de plata por química verde con extracto de geranio común PQFI-6 y PQFI-7. *Fuente:* autoras.



Del mismo modo los PQFI, pudieron evidenciar que la práctica de laboratorio llevada a cabo es de gran utilidad tanto para su conocimiento formativo, como para la sociedad en general, ya que la implementación y desarrollo de nano partículas de plata permite grandes avances a nivel médico, estas poseen propiedades

antibacteriales que se pueden enfocar al tratamiento de diversas enfermedades causadas por bacterias y virus, además de su amplio efecto cicatrizante, también se emplean por sus propiedades ópticas y eléctricas, que permiten su implementación como biosensores, medios de contraste para imágenes médicas y sistemas de detección molecular. Involucrando así conocimientos teóricos trabajados por los PQFI, como son el uso de dos o más sustancias conocidas como reactivos, las cuales mediante condiciones termodinámicas favorables (temperatura, concentraciones, etc) pueden llegar a reaccionar para obtener el producto de interés.

Todos los protocolos se desarrollan en busca de reacciones verdes que generen residuos con baja o nula toxicidad al ambiente, y de esta manera no se pongan en riesgo los recursos que se tienen para las futuras generaciones, siendo esto uno de los objetivos fundamentales de la sustentabilidad ambiental, de igual manera cumpliendo con lo que dice Reyes, 2012 donde plantea el uso de lo que se tiene usando y abusando de los mismos, con el propósito de disminuir los efectos que esto traiga.

## **6.2 LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE REACCIÓN QUÍMICA CON PQFI.**

### **6.2.1 Estudio de reacciones químicas específicas desde la perspectiva de la química verde.**

Al realizar el estudio de cada una de las reacciones como por ejemplo el hidróxido de sodio y el ácido clorhídrico los estudiantes reconocen cuáles son los reactivos, cómo se llaman y cuáles son los productos que se espera obtener de igual manera identifican el nombre de ellos, por otro lado, se cuestionan en el tema de la química verde como se hace la evaluación para saber si es o no una reacción de este tipo o en que rango lo es. Los PQFI revelan una apropiación sobre las reacciones químicas, visto desde la definición de Brown, 2004 donde menciona las partes de la reacción química.

Por otro lado al desarrollar los PEV los PQFI evalúan cada una de las reacciones implicadas en cada uno de ellos (anexo C) para poder catalogarlas en que tan verde o no puede llegar a ser y cuál es el impacto que estas tendrían al ambiente, esta evaluación permite al estudiante generar un paralelo entre un protocolo donde se lleven a cabo diferentes reacciones químicas y se hace uso de sustancias en cantidades desmedidas en comparación con la aplicación de protocolos

experimentales verdes donde se hace uso mínimo de los reactivos y se buscan sustancias de consumo cotidiano que puedan reemplazar la acción de algunos de los reactivos pero que cumplan con el mismo fin. De igual manera los PQFI hacen referencia al mecanismo de la reacción como es el caso de PQFI-3 (imagen 6), haciendo énfasis en cómo se da una reacción electrofílica y porque de una sustancia sólida, una líquida se puede llegar a obtener una pasta (anexo C).

### **6.2.1.1 PEV 1 y presentación sobre concepto de reacción química.**

En los PEV ejecutados en la primera sesión se da una serie de reacciones donde se reflejan varios procesos de elaboración de productos de la vida cotidiana, pero elaborados a partir de reactivos de costo bajo y en bajas cantidades, esto con el fin de que los estudiantes identificaran con base en la sesión introductoria cuáles son las partes y que tipos de reacciones se pueden dar, de igual manera el verdor de las mismas y que impactos puede generar al ambiente teniendo en cuenta los daños de la elaboración industrial. Los PQFI presentan interés por reconocer cuáles son los reactivos y cuáles son los productos evidenciando de esta manera que se lleva un cambio en las sustancias iniciales para generar una nueva según la definición de Brown 2004.

### **6.2.2 Desarrollo de Protocolos Experimentales verdes en general.**

#### **PEV 2: “Reacciones químicas que implican al CO<sub>2</sub>.”**

Según las reacciones desarrolladas, los PQFI se cuestionan en como de una manera tan sencilla se puede dar la obtención del CO<sub>2</sub> (anexo C), a partir de materiales de la vida cotidiana, generando un impacto hacia la disminución del uso de reactivos químicos para obtener un mismo producto de interés, es así que se puede decir que las reacciones químicas generadas con los reactivos y los materiales del hogar son similares en cuanto a sus interacciones para generar un mismo producto como lo es el CO<sub>2</sub> en este caso. De la misma manera, con base en la teoría adquirida a partir del texto ¿Qué tan verde es un experimento? Morales, Martínez, Reyes, Martín, Arroyo, Obayo & Miranda (2011) los maestros en formación inicial se desempeñan en el desarrollo del informe correspondiente al PEV de la segunda sesión de una manera mas amplia, esto indica que las sesiones trabajadas fueron de gran provecho y que pudo dar claridad a las terminologías de interés como: ¿ qué es la química verde? O cómo funciona la misma. Así pues se da un abordaje inicial de una transversalidad de la Química verde en los espacios de formación inicial para futuros docentes.

## 7. CONCLUSIONES

Se caracterizaron las ideas previas de los PQFI participantes acerca del enfoque de química verde y su importancia en la educación química por medio de la actividad inicial, la cual permitió determinar que las aproximaciones de los PQFI a dicho enfoque eran mínimas, pues sus respuestas no se correspondían con los principios fundamentales del enfoque, evidenciando una relación a grandes rasgos con la química ambiental, el cuidado de la naturaleza y del ambiente en general.

Se llevó a cabo la vinculación del enfoque de química verde como proyecto transversal en la fundamentación teórica del concepto de reacción química, con maestros en formación inicial del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, a partir de una estrategia didáctica centrada en el desarrollo de protocolos experimentales verdes – PEV, los cuales fueron objeto de desarrollo a través de sesiones de laboratorio e informes, donde se evidenció la comprensión e interpretación del concepto a través de la química verde desde la propuesta: ¿Qué tan verde es un experimento? de Morales, Martínez, Reyes, Martín, Arroyo, Obayo & Miranda (2011) como base de interpretación para catalogar las reacciones en un rango de “verdor”.

Se desarrolló una estrategia didáctica para la enseñanza de tópicos sobre reacción química, dirigida al grupo de Teorías Químicas I del programa de Licenciatura en Química de la UPN, desde el enfoque de química verde, a partir del desarrollo de protocolos experimentales verdes – PEV. Dichos protocolos sirvieron como guía y apoyo conceptual en las temáticas trabajadas, con la continua relación del enfoque de química verde, esto evidenció que el manejo de un concepto desde el enfoque tiene una buena utilidad, puesto que los PQFI interpretan como una reacción que no es controlada en el uso indiscriminado de los reactivos químicos puede llegar a perjudicar el ambiente, a la vez que se aproximan a rutas alternativas para la obtención de un producto de interés sin manipular sustancias tóxicas o nocivas.

Se evaluaron los aportes generados a partir de la estrategia didáctica desarrollada, por medio de una actividad de cierre, obteniendo que los estudiantes presentaron un avance conceptual significativo en cuanto a la temática de reacción química, ya que lograron avanzar teóricamente en las partes de una ecuación química, junto con las condiciones de las mismas y los tipos de reacción química. Esto se evidenció igualmente con el enfoque de química verde, en el cual los PQFI examinaron y concluyeron a partir de algunas reacciones químicas trabajadas, cuales eran verdes o no por medio de los doce principios del enfoque.

Se reconoce la importancia y el impacto metodológico, conceptual y cultural que el enfoque de química verde puede llegar a tener en las nuevas generaciones, a partir de la vinculación e implementación del mismo en los cursos de química de educación superior en la formación de docentes de química, mediante un conocimiento crítico sobre los impactos que pueden llegar a generar sus acciones en diferentes ramas de trabajo, con base en los doce principios de la química verde, aportando así a un cambio hacia la sustentabilidad ambiental.

## **8. RECOMENDACIONES**

Se recomienda para la implementación de futuros trabajos de grado que sigan la vinculación del enfoque de química verde como proyecto transversal en la fundamentación teórica de conceptos químicos, con profesores de química en formación inicial.

Es de tener en cuenta el manejo de nuevas rutas de protocolos que le demuestren a los PQFI que la química contribuye al cuidado y preservación del ambiente desde el enfoque de química verde, de esta manera se llevará el conocimiento al aula y a nuevas generaciones que consigo traen nuevos impactos socio-ambientales. Ha de ser desde este tipo de propuestas como el profesor de ciencias aportará en la formación de ciudadanías y por ende de sociedades sustentables.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anastas, P.T., Warner, J. (1998), Green chemistry: theory and practice. *Oxford University Press*.
- Brown, T. (2004). *Química la ciencia central* (Novena ed.). Mexico : Pearson Educacion 60-62.
- Cann, M. y Dickneider, T. (2004). Infusing the Chemistry Curriculum with Green Chemistry Using Real-World Examples, Web Modules, and Atom Economy in Organic Chemistry Courses. *Journal of Chemical Education*, 81 (7), 977-980.
- Carrizosa, J. (2002). Ética, Vida, Sustentabilidad. *Pensamiento Ambiental Latinoamericano*, 43-50.
- Carson, R. (1962). *Primavera silenciosa*. Boston, New York: Mariner Books.
- Chang, R. (2002). Química Séptima edición. *McGRAW-HILL*, 82-83.
- Collins, T. (1995). Introducing Green Chemistry in Teaching and Research. *Journal of Chemical Education*, 72 (11), 965-966.
- Cornejo, N., Martínez, M., Vilaplana, O., Sepúlveda, E. y Molina, J. (2015). Química Verde: trabajo de laboratorio en la Microescala. Departamento de Química Inorgánica. Universidad de Alicante.
- Cortés, Reyes, & Bustos. (2016). Aproximación a la química verde escolar, a través de los protocolos verdes. *Tecné, Episteme y Didaxis TED. Extraordinario*, 340-352.
- Doria, C. (2009). La enseñanza de la química desde la perspectiva de la química verde para el cuidado del medio ambiente. *Educación Química*, 20 (4), 412-420.
- Florian, A. y Franco, M. (2015). La biodegradación de biopolímeros: un aporte a la educación en ciencias para la sustentabilidad en la formación de profesores de Química, *revista PPDQ*, 7-14.
- Franco, R., Gallego, R. y Pérez, R. (2015). La dimensión investigativa en la formación inicial de profesores de química de la universidad pedagógica nacional, *Revista Científica*, 22, 129-136.
- Franco, R. (2017). Semillero-club de química verde y energías renovables para la sustentabilidad ambiental: una apuesta por la formación de profesores de química. *VI Seminario Internacional de Química aplicada para la Amazonia*, 13-15.
- Franco, R., Guevara, E., López, H., Olarte, A. y Palacio, L. (2018). Eventos académicos sobre Química Verde en Iberoamérica: proyecciones para la comunidad de educación en Química, *Educación y ciencia*. 21, 943- 950.
- Franco, R., Reina, J. y Riveros, C. (2019). Boletín PPDQ. (60), 1-9.
- Gallego, R., Royman, P., Gallego, T y Torres, N. (2004). Formación inicial de profesores de ciencias en Colombia: un estudio a partir de programas acreditados, *Universidad Pedagógica Nacional-CIUP*, 15 ,219-234.
- González, Pérez, y Figueroa. (2016). La enseñanza de la química desde la perspectiva de la química verde. *Revista Científica* (24), 24-40.
- González Gaudiano, E. J. (2010). El perfil de la educación ambiental en América Latina y el Caribe: Un corte transversal en el marco del Decenio de la Educación para el desarrollo sustentable. *Pesquisa em Educação Ambiental*, 5(1), 27-45.

- Graham, K., Jones, T., Schaller, C., y McIntee, E. (2014) Implementing a Student-Designed Green Chemistry Laboratory Project in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91 (11), 1895–1900.
- Gross, E. (2013). Green Chemistry and Sustainability: An Undergraduate Course for Science and Nonscience Majors. *Journal of Chemical Education*, 90 (4), 429–431.
- Gudynas, E. (2011). Desarrollo y sustentabilidad ambiental: diversidad de posturas, tensiones persistentes. *Universidad de granada*, 69-96.
- Haley, R., Ringo, J., Hopgood, H., Denlinger, K., Das, A. y Waddell, D. (2018). Graduate Student Designed and Delivered: An Upper-Level Online Course for Undergraduates in Green Chemistry and Sustainability. *Journal of Chemical Education*, 95 (4), 560–569.
- Hernández, B. (2015). *Enseñanza de la química para la sustentabilidad, una propuesta didáctica* (tesis de grado). Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
- Jiménez, M., y Manjarrés, M. (2011). La investigación como estrategia pedagógica una apuesta por construir pedagogías críticas en el siglo XXI. *Praxis & Saber: Revista de investigación y pedagogía*, 2 (4), 127-177.
- Kennedy, S. (2016). Design of a Dynamic Undergraduate Green Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 93 (4), 645–649.
- Kitchens, C. (2006). Completing Our Education; Green Chemistry in the Curriculum. *Journal of Chemical Education*, 83 (8), 1126-1129.
- Lancaster, M. (2003). Green Chemistry: An Introductory Text. *Journal of Chemical Education*, 80 (10), 1141-1142.
- Leff, E. (2004). *Racionalidad Ambiental. La Reapropiación Social de la Naturaleza*. Ciudad de México, México: SIGLO XXI.
- Machado, A. A. (2011). Da gênese ao ensino da química verde. *Química. Nova*, 34 (3), 535-543.
- Manjarrés, M., Mejía, M. y García, A. (2014). *Sofía, Inti y sus amigos en la Onda de la Energía para el Futuro. Guía de la Investigación y la Innovación como Estrategia Pedagógica*. Bogotá, Colombia: COLCIENCIAS.
- Marqués, y Machado. (2017). Una visión sobre propuestas de enseñanza de la Química Verde. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 19-43.
- Mascarell Peña, L., y Vilches Peña, A. (2016). Química Verde y Sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 34.2, 25-42.
- Mejía, M. (2011). La investigación como estrategia pedagógica una apuesta por construir pedagogías críticas en el siglo XXI. *Investigación y pedagogía*. 2 (4), 127-177.
- Melo, M. (2014). *Estrategia de intervención educativa para el aprovechamiento de residuos de material vegetal desde el enfoque de química verde* (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Morales Galicia, M. L., Martínez, J. O., Reyes Sanchez, L. B., Martín Hernández, O., Arroyo Roza, G. A., Obayo Valdivia, A., & Miranda Ruvalcaba, R. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? *Química Verde*, 22(3), 240-248.
- Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza De Las Ciencias*, 28(1), 5–18.