EL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE EN LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN ÁREAS DE LA QUÍMICA EN COLOMBIA. UNA CARTOGRAFÍA DOCUMENTAL

ADRIANA CAROLINA OLARTE SAAVEDRA

GRUPO DE INVESTIGACIÓN REPRESENTACIONES Y CONCEPTOS CIENTÍFICOS – IREC

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
Bogotá, 2022

EL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE EN LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN ÁREAS DE LA QUÍMICA EN COLOMBIA. UNA CARTOGRAFÍA DOCUMENTAL

ADRIANA CAROLINA OLARTE SAAVEDRA

CODIGO: 2021183011

DIRECTOR:
RICARDO ANDRES FRANCO MORENO
MDQ, UPN.

CODIRECTOR:
ROYMAN PEREZ MIRANDA
MDQ, UPN.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN REPRESENTACIONES Y CONCEPTOS CIENTÍFICOS – IREC

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
Bogotá, 2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por permitirme realizar y culminar este enorme logro académico, el cual va a sentar las bases para mejorar tanto mi carrera profesional como mi vida personal, a mi familia la cual me ha acompañado, guiado y apoyado en cada etapa de mi vida, siendo un pilar de motivación, esfuerzo y compromiso para alcanzar mis metas trazadas, al semillero de investigación EDUQVERSA, el cual es un espacio de reflexión, participación, creación y por supuesto de hermandad, al director Ricardo Andrés Franco Moreno quien más que un docente fue una mano amiga que me apoyo incondicionalmente en cada paso académico dado a lo largo del programa de formación y por supuesto al codirector Royman Pérez Miranda, el cual siempre aporto con su conocimiento, experiencia, compromiso y comprensión, por último, pero no menos importante a los docentes evaluadores Dora Luz Gómez Aguilar y Jhonatan Mosquera, quienes con sus conceptos y evaluaciones fueron una parte esencial para mejorar la estructura y formulación de la presente investigación.

Por lo anterior y más, ¡Muchas Gracias!

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 9
1. JUSTIFICACIÓN 11
2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 12
3. OBJETIVOS 14
3.1 OBJETIVO GENERAL 14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14
4. MARCO DE REFERENCIA 15
4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 15
4.1.1 Revisiones documentales con respecto al enfoque de química verde 15
4.1.2 Propuestas didácticas para la vinculación del enfoque de química verde 18
4.2 REFERENTES CONCEPTUALES 21
4.2.1 El enfoque de Química Verde 21
4.2.2 Inclusión del enfoque de Química Verde en la enseñanza de la química 28
4.2.3 Sustentabilidad Ambiental en el contexto de la educación científica y su relación con la educación en química verde 30
4.2.4 Química verde y su panorama a nivel global 32
5. METODOLÓGÍA 34
5.1 TIPOLOGÍA Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN 34
5.2 POBLACIÓN PARTICIPANTE 34
5.3 DISEÑO METODOLÓGICO 35
6. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN 39
6.1 MAPEO DE LOS PROGRAMAS DE FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN ÁREAS DE LA QUÍMICA EN COLOMBIA 40
6.1.1 Anexo 1 40
6.2 CARACTERIZACIÓN DE PROGRAMAS ACADEMICOS, EN RELACION CON LA VINCULAICON Y EL ABORDAJE DEL ENFOQUE DE QUIMICA VERDE: MALLAS CURRICULARES, PLANES DE ESTUDIO Y CONTENIDOS ESPECIFICOS. 46
6.2.1 Anexo 2 46
6.2.2 Anexo 3 50
6.3 TENDENCIAS, PROPUESTAS, PERSPECTIVAS TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS, PROYECTOS, ENTRE OTROS ABORDAJES DE LA QUÍMICA VERDE. 56

6.3.1 Anexo 4 56
7. CONCLUSIONES 59
7.1. CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES 61
8. BIBLIOGRÁFIA 62
ANEXOS 66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de información inicial de los programas académicos……..66

Anexo 2. Matriz de caracterización de programas……72

Anexo 3. Rejilla de análisis documental de planes de estudio y mallas curriculares….81

Anexo 4. Rejilla de clasificación documental de proyectos, programas y propuestas…87

Anexo 5. Rubrica de Valoración……..97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías emergentes de análisis e insumos de información y discusión..... 39

Tabla 2. Oferta de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia……..…….40

Tabla 3. Ubicación territorial de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia……..42

Tabla 4. Alusiones de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia. …….……..47

Tabla 5. Áreas temáticas de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia……50

Tabla 6. Obligatoriedad, Componentes y subcomponentes de las Áreas temáticas de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia……53

Tabla 7. Caracterización de las Áreas temáticas de interés obligatorias al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, según su número de créditos y semestre cursado. …….……55

Tabla 8. Porcentaje de IES que constituyen grupos de investigación relacionados con el enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química……..57

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1. Modelo esquemático de los doce principios de la química verde, propuestos por Anastas y Warner (1998)……..……..……...24

Gráfico 2. Modelo esquemático de los nuevos doce principios de la química verde, propuestos por Winterton (2001)……..27

Gráfico 3. Modelo esquemático de la metodología de investigación……..…38

Gráfico 4. Oferta de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia……..……41

Gráfico 5. Confirmación de los datos reportados para la oferta de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus……..41

Gráfico 6. Ubicación territorial de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia……44

Gráfico 7. Confirmación de los datos reportados para la ubicación territorial de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus……..……44

Gráfico 8. Ubicación territorial de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia. ……45

Gráfico 9. Alusiones de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus. ……47

Gráfico 10. Alusiones de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia……..…..48

Gráfico 11. Confirmación de los datos reportados para las alusiones de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus. ……49

Gráfico 12. Confirmación de los datos reportados para las áreas temáticas de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus…… 51

Gráfico 13. Programas académicos en áreas de la química, que Presentan y No presentan grupos de investigación relacionados con el enfoque de Química Verde en Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus..……56

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centra en establecer el estado de abordaje y vinculación del enfoque de la química verde en diferentes programas de educación superior en áreas de la química en Colombia, en tanto este es un enfoque que se ha venido analizando y desarrollando por diversos académicos, con base al impacto que han tenido sus teorías y principios sobre diversas problemáticas socio ambientales relacionadas con el uso de diversos componentes químicos y que aquejan hoy en día a la sociedad.

En tal sentido, en el campo educativo también se registran estudios y avances tanto internacionales como nacionales en revistas indexadas, debido a la importancia que suscita en la búsqueda de una educación en química más contextualizada, humanizante y consiente, tal y como lo demuestran Karpudewan, Ismail y Roth (2012), González, Pérez y Figueroa-Duarte, (2016), Franco y Ordóñez, (2020), entre otros referentes principales los cuales se encontrarán en el desarrollo de la presente investigación.

En este sentido, se ha visto el interés por recopilar y demostrar el impacto que este enfoque está teniendo en la sociedad, por lo mismo, autores como Brandão, Bouzon, dos Santos, Pereira y Chrispino (2018) y Franco, Riveros y Reina (2020), se pusieron en la tarea de identificar y recolectar la información y principales aportes, demostrando que este es un campo de interés en la educación en ciencias y concluyendo que es emergente y con un valor teórico -metodológico indispensable, el cual requiere mayor atención y profundización en sus avances académicos.

Es por esto, que en la presente investigación se profundizo en aquellas bases teóricas y metodológicas en las que el enfoque de química verde puede llegar a aportar en el campo educativo de las ciencias en general y de la química en particular, buscando que el estudiante sea más propositivo frente a diversas problemáticas sociales. De igual modo, la presente propuesta constituye una oportunidad para evidenciar qué tanto se conoce, y se investiga en las diferentes

instituciones de educación superior en áreas de la química en Colombia sobre el enfoque, estableciendo un panorama sobre el estado de avance frente a propuestas educativas en el país.

Para esto, se realizó una cartografía documental mediante una metodología de investigación cualitativa, identificando los programas de formación de interés mediante el aplicativo SNIES, dicha información relevante fue recolectada y sistematizada en una matriz de información inicial, posteriormente y por medio de las páginas web de las diferentes IES se dio la caracterización de cada uno de los programas académicos, identificando las alusiones de interés y los espacios académicos e investigativos, dichos aspectos se ahondaron en dos rejillas de información, la primera de planes de estudio y mallas curriculares y la segunda de proyectos, programas y propuestas investigativas.

De esta forma, se obtuvo una caracterización de los programas de formación con el fin de determinar el grado de abordaje y vinculación del enfoque, a partir de las principales perspectivas teóricas y metodológicas propuestas, sus tendencias y demás aspectos relevantes, a partir de parámetros y categorías específicas establecidas para la óptima sistematización de la información.

En suma, por una parte, se estableció el estado de abordaje del enfoque de química verde, identificando que este es incipiente en las IES, ya que se encontró un bajo porcentaje de alusiones de interés, áreas temáticas e investigativas con respecto a otros componentes seleccionados, con dicha información se espera contribuir a vislumbrar la necesidad de profundizar y desarrollarse en el currículo de educación superior. Y por otra, se aportaron referentes bibliográficos con respecto a propuestas que pueden llegar a guiar un fortalecimiento, difusión e implementación del enfoque en otras instituciones educativas.

1. JUSTIFICACIÓN

Es conocido que en el país existen agrupaciones intelectuales, investigadores e instituciones educativas que desde hace un tiempo han venido abordando el enfoque de química verde en la enseñanza de la química, institucionalizando su educación en programas de formación en áreas de la química, demostrando, que la perspectiva de química verde en las Licenciaturas en ciencias naturales de las universidades públicas colombianas es apenas incipiente (Franco, Riveros y Reina, 2020).

En consecuencia, se hace necesario conocer, desarrollar y establecer un panorama claro acerca del estado de abordaje del enfoque de química vede en los programas de educación superior de pregrado, que forman profesionales en áreas de la química en Colombia, desde sus propuestas curriculares, proyectos, perspectivas teóricas y metodológicas, entre otras, lo cual sentara las bases para evidenciar, proponer y representar posibles aportes que guíen una difusión e implementación del enfoque en diferentes instituciones de educación superior.

Esta también podrá ser una perspectiva que posibilite proyecciones de carácter normativo, a nivel de políticas educativas, curriculares e institucionales específicas.

Así mismo, es posible generar una oportunidad para la reflexión al interior de los programas de formación, dentro de sus propias perspectivas curriculares, desde la necesidad de proyectar la vinculación del enfoque, para lo cual, se presentará una cartografía documental acerca de las alusiones de interés, áreas temáticas y procesos de investigación guiados hacia la implementación y difusión del enfoque de química verde como área de estudio en las diferentes IES de Colombia, siendo estos un modelo para la vinculación en otros planes de estudio.

2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente las ciencias, en especial la Química, tienen una gran deuda ambiental con la sociedad, pues al ser sus productos parte activa de la industrialización, mediante la constante innovación y producción tecnocientífica, han generado grandes cantidades de residuos peligrosos, los cuales no se han desechado correctamente. Tal como lo afirma Machado (2011), estos amenazan con seguir creciendo exponencialmente, sin que buena parte de los sectores de la comunidad científica consideren ampliamente las consecuencias de sus actos a nivel social, político y ambiental. Es por esto que la Química verde, vista como una metadisciplina a causa de su ambición por abarcar todos los dominios de la investigación, enseñanza y aplicación de la química, es una oportunidad de cambio desde la formación de los nuevos profesionales en áreas de la química, desde un enfoque sustentable (Sjöström, Eilks y Zuin, 2016).

Esto es, debido a que la Química Verde se basa en una premisa de química menos peligrosa y tóxica, tanto para la vida humana como en general para todo el ecosistema, mediante una mayor eficiencia energética y una reducción o eliminación de desechos, para llegar a satisfacer las necesidades actuales de la sociedad, a su vez que cuida los intereses de las generaciones futuras (Eilks y Rauch, 2012).

Sin embargo, este enfoque se maneja en la actualidad más catalogado en el ámbito industrial, ya que sus doce principios están encaminados en esta aplicación específicamente, lo que causa que a nivel educativo en muchas ocasiones se trabajen sus aportes más desde una vertiente de la química ambiental que desde su propia fundamentación, esto lleva a que no se conozcan ni interpreten correctamente sus beneficios en la educación en química, como lo es, la comprensión que los estudiantes llegan a generar en cuanto a los impactos de esta ciencia en particular (Brandão, Bouzon, dos Santos, Pereira y Chrispino, 2018).

Además, la mayoría de los países no incorporan su enfoque en las políticas públicas y mucho menos en los currículos de química, en este sentido, el

profesorado queda con la responsabilidad de dar a conocer a sus estudiantes las implicaciones éticas y morales que sus acciones pueden traer (Gress y Shin, 2017). Tal situación conlleva a cuestionar desde la docencia de la química cuál es la preparación que desde enfoques como la química verde se está proyectando en las generaciones de relevo de la actual comunidad científica de áreas de la química, las cuales hoy se forman en programas de pregrado.

En dicho marco y en el contexto específico de la formación de profesionales en áreas de la química en Colombia, tal y como lo señala Castro (2017), la incorporación de la educación ambiental en general en las políticas educativas es débil e incipiente, así como en los planes de estudio desde el Ministerio de Educación Nacional, lo que genera que los objetivos y las prácticas de enseñanza de los lineamientos curriculares y los estándares de competencias se dirijan en otra dirección, esto se refleja en los libros de texto donde se abordan temáticas propias de las ciencias naturales, pero no específicamente de la educación ambiental en general y mucho menos de la química verde en particular.

A partir del panorama expuesto, se reconoce la necesidad de identificar en la actualidad, cual es el estado en el que las Instituciones de Educación Superior - IES abordan curricularmente el enfoque de química verde en sus programas de pregrado que forman en áreas de la química, para lo cual, la siguiente pregunta orientará el curso de la presente propuesta de investigación:

¿Cuál es el estado de inclusión y abordaje del enfoque de química verde en diferentes programas de educación superior en áreas de la química en Colombia?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer el estado de abordaje y vinculación que de la química verde se realiza en programas académicos de pregrado en áreas de la química en Colombia, a partir de una cartografía documental.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los programas de formación de profesionales en áreas de la química en Colombia, a partir del estudio y tratamiento de bases de datos oficiales especializadas.

- Caracterizar aquellos programas académicos identificados, en relación con la vinculación y el abordaje del enfoque de química verde, a partir del estudio de sus mallas curriculares, planes de estudio y contenidos específicos.

- Determinar tendencias, propuestas, perspectivas teóricas y metodológicas, proyectos, entre otros aspectos, desde los que se aborda el enfoque de química verde en los programas objeto de análisis.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La construcción de los antecedentes que se emplearon para la presente investigación, se obtuvieron a nivel internacional por medio de bases de datos suministradas por la Universidad Pedagógica Nacional en su biblioteca virtual, tales como *Scopus, Web Of Science*, *Eric,* entre otras, encontrando artículos en revistas indexadas como la *Journal Of Chemical Education* y *The Royal Society of Chemistry*. En cuanto a nivel Nacional, por medio del repositorio institucional de la Universidad Pedagógica Nacional se recopilaron diversos aportes centrados en la educación en ciencias, la química verde y la sustentabilidad ambiental, como las tesis de grado, los artículos de revistas como la *P.P.D.Q* y demás referentes que se presentaran a continuación.

4.1.1 Revisiones documentales con respecto al enfoque de química verde

El análisis documental es fundamental para contar con un panorama claro acerca del estado actual de alguna situación de interés en específico, en este caso el de la vinculación del enfoque de química verde en programas de formación de profesionales en áreas de la química en Colombia, por tanto, se recopilan antecedentes que demuestran la perspectiva tanto internacional como nacional del enfoque.

De una parte, Brandão, Bouzon, dos Santos, Pereira y Chrispino (2018), realizaron un mapeamiento de publicaciones sobre la enseñanza de la química verde en redes sociales, a partir de una selección de 31 artículos encaminados a comprender y analizar la relevancia y representatividad del enfoque en la enseñanza de las ciencias en Brasil, encontrando que dichas publicaciones se enfocan más al desarrollo de investigaciones encaminadas a generar una

visibilidad internacional, más que a un ámbito educativo con respecto a la enseñanza de la química.

Así mismo, se analiza la gran desconexión que se tiene entre las redes de difusión, ya que al no estar centradas las publicaciones exclusivamente en la enseñanza de la química verde, sino más bien en la aplicación de sus doce principios, sus palabras clave no se articulan con los contenidos que representan al enfoque y por ende se hace más difícil su búsqueda, generando poco consenso en el área y por tanto un lento avance académico, esto demuestra para la investigación actualmente desarrollada, que es imprescindible un panorama claro que busque orientar a las diferentes instituciones educativas hacia el estado de abordaje en el cual se encuentra el enfoque, para vislumbrar la importancia que este tiene y como se puede llegar a vincular, a partir de experiencias anteriormente desarrolladas.

Por otra parte, Franco, Riveros y Reina (2020), desarrollaron un estudio documental exploratorio identificando la perspectiva ambiental en general y el abordaje de la química verde en particular, en programas de formación inicial de profesores de ciencias naturales de universidades públicas Colombianas, a partir de sus respectivos planes de estudio, encontrando que el enfoque de química verde es apenas incipiente y se centra en mayor medida en un enfoque ambiental, orientado hacia una complementariedad en los procesos formativos, más que en la propia formación disciplinar del currículo. Este referente sugiere a grandes rasgos, que la inclusión del enfoque es una oportunidad de cambio y de mejora para las instituciones educativas que aún no cuentan con él en sus planes de estudio, pues es una opción pertinente para cimentar las bases de una formación guiada hacia la sustentabilidad ambiental.

En correspondencia con esto, Franco, Reina y Riveros (2020), caracterizaron las concepciones de los docentes en formación inicial de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional con respecto al enfoque de química verde, por medio de un recurso de indagación, desde perspectiva exploratoria y cualitativa interpretativa, demostrando que las

concepciones se establecen dentro de un nivel declarativo y superficial, ya que si bien identificaron lo que el enfoque representa, cuál es su principal campo de acción y la importancia que podría llegar a tener en la formación de futuros licenciados de química, es muy somero y a grandes rasgos, debido a que el enfoque es incipiente en el currículo, tal como se señaló anteriormente, encontrando así un único espacio académico electivo en el cual se aborda. En general, esta referencia pone de manifiesto la accesibilidad que los estudiantes en formación inicial podrían tener frente al enfoque, ya que lo conciben como una oportunidad de llegar a construir y generar habilidades para el pensamiento crítico, reflexivo y propositivo, frente a los problemas socios ambientales que aquejan en la actualidad.

Dicho interés y accesibilidad del enfoque en la educación en química, la demuestran Velasco y Franco (2020), mediante el desarrollo y elaboración de una estrategia didáctica, la cual se realizó para evidenciar la importancia que tienen los trabajos prácticos de laboratorio basados en el enfoque de química verde para la enseñanza de cualquier concepto químico, en este caso el de enlace químico en estudiantes de secundaria. Encontrando que la propuesta es una oportunidad de propender por un aprendizaje significativo para el estudiante, constituyendo un pensamiento crítico frente a los impactos que sus acciones pueden generar con las prácticas de laboratorio. Esto permite evidenciar que el enfoque de química verde se puede trabajar desde una perspectiva transversal a cualquier temática de interés en química, ya que proporcionara tanto al docente como al estudiante la oportunidad de trabajar desde un punto de vista diferente, llamando su atención al ser interesante y contextualizada con su vida cotidiana y sus conocimientos anteriormente adquiridos.

En conclusión, la perspectiva e inserción del enfoque de química verde en el currículo se podría clasificar mediante tres vertientes principales, obtenidas a partir de producciones científicas internacionales por Marques y Machado (2018), la primera de ellas y las más resistente está guiada mediante la inserción de *“injertos”* de teorías o actividades experimentales del enfoque en la educación en

química, lo cual propende por ser una educación poco contextualizada y sin aportes con otros campos del conocimiento, la segunda y más débil, propone la implementación de un curso independiente, dilucidando de esta forma el enfoque como una disciplina autónoma, para llegar finalmente a la tercera vertiente, la cual propone una química verde transversal en el currículo, que llegue a permear disciplinas y diferentes actividades por medio de sus doce principios, siendo estos aplicables tanto en actividades experimentales, como en los contextos de los estudiantes por medio de la sustentabilidad ambiental.

En este sentido, identificar dichas vertientes otorga la posibilidad de reconocer la diversidad y el aumento de las temáticas que se están trabajando en la actualidad en el enfoque, con lo cual se puede llegar a establecer una visión más individualizadora del enfoque y a su vez una mayor comprensión de la formulación de sus propuestas en el aula, las cuales demuestran diferentes aportes que desde la química verde se pueden realizar en la educación en química, como por ejemplo, una educación más alejada del tradicionalismo y ampliamente contextualizada, tanto en temas específicos de la disciplina, como también en problemáticas socio ambientales y de cualquier otra índole, donde el estudiante no llegue a plantear reduccionismo, sino soluciones integradoras de diferentes dimensiones sociales, históricas, políticas, económicas, entre otras.

4.1.2 Propuestas didácticas para la vinculación del enfoque de química verde

Con respecto a la vinculación del enfoque de química verde en la educación en química, la cual constituye un eje central de la presente investigación, se encontraron antecedentes de gran importancia tanto a nivel internacional como nacional, donde se expondrán a continuación los más destacados.

Para empezar, a nivel internacional Karpudewan, Ismail y Roth (2012), realizaron un curso de química verde con 110 estudiantes, basado en un manual de laboratorio conformado con diez actividades adaptándolo al plan de estudios, posteriormente se evaluó los aportes mediante un cuestionario que revisaba los

valores ambientales conformado por 37 ítems clasificados en cuatro categorías: reflectantes, valores egocéntricos, homocéntricos y ecocéntricos, por medio de una escala tipo Likert y entrevistas de tipo semiestructuradas. Así pues, el curso constituye un antecedente importante como ejemplo de implementación de la química verde en el aula para apoyar docentes en su desarrollo de valores ecocéntricos, más que homocéntricas y egocéntricas, es decir en un sistema de valores centrados en la naturaleza.

Así mismo, Gress y Shin (2017), analizaron y evaluaron el currículo y los textos de educación coreanos en relación con el contenido de la energía verde y su eficacia, los cuales son una base para conseguir que los estudiantes conviertan el conocimiento adquirido en acción, concluyendo que dichos textos plantean y desarrollan una educación centrada en el desarrollo sustentable, impulsando transiciones de energía verde para el futuro, lo que demuestra que la química verde, específicamente desde la sustentabilidad, se recomienda ser trabajada en una transversalidad curricular, con el apoyo teórico de los libros de texto, para llevar la teoría a la práctica.

En correspondencia con las investigaciones desarrolladas a nivel nacional, en los programas de Maestría en Docencia de la Química (MDQ) y de Licenciatura en Química (LQ) de la Universidad Pedagógica Nacional se han desarrollado una serie de propuestas para la vinculación del enfoque de química verde en la formación de profesores de química. Por una parte, en la MDQ, Téllez (2020), desarrolla una investigación en didáctica de las ciencias basada en la enseñanza del concepto de cambio químico desde los trabajos prácticos de laboratorio y los principios de la química verde, en un grupo de estudiantes de grado octavo, a partir de un recurso de indagación inicial, seguido por la selección de seis prácticas de laboratorio con metodología de evaluación verde y finalizando con un recurso de indagación, donde se evaluó el cambio en la concepción inicial sobre el cambio químico, concluyendo que a partir de la inclusión de los principios de la química verde en los protocolos de laboratorio, el docente esté en la capacidad de identificar y establecer parámetros que estén encaminados a la conveniencia que

tiene la práctica de laboratorio para el ambiente y la salud, además de la formación de estudiantes críticos que estén en la facultad de tomar decisiones responsables con el ambiente.

En relación con la Licenciatura en Química, se identifica un proyecto transversal en el grupo de Teorías Químicas I, realizado en el año 2019 desde la temática de reacción química por medio de protocolos experimentales verdes. Concluyendo que los estudiantes presentaron un avance conceptual y metodológico con respecto a los impactos ambientales que pueden generar sus acciones en las diferentes ramas de trabajo relacionadas con la química, basados en los doce principios de la química verde y desde el concepto propio de reacción química, para llegar a la formación de ciudadanías sustentables (Olarte y Palacio, 2019).

Guevara y López, (2020), diseñaron una estrategia educativa centrada en procesos a microescala basados en el enfoque de química verde, ecosistemas industriales y la química cotidiana en profesores en formación inicial pertenecientes al semillero EDUQVERSA, a partir de una metodología de tipo cualitativo orientada a grupos focales, la cual se inició con una aplicación de un cuestionario de conocimientos previos, seguido por una contextualización de las temáticas a abordar, para poder llegar a construir los protocolos verdes a mircroescala y el laboratorio en casa por los estudiantes, encaminados a la obtención de un producto industrial, para analizar, reportar y retroalimentar a partir de estos, sus experiencias y conocimientos adquiridos. Se concluye que se fortalecieron las diferentes habilidades investigativas encaminadas a la resolución de problemas desde una química basada en la sustentabilidad y socialmente responsable, lo cual es un referente indispensable de implementación en educación superior con énfasis en la química verde.

En el mismo sentido, Rozo (2020), caracterizó las representaciones sociales acerca de las síntesis sustentables y la química verde en profesores de química en formación inicial pertenecientes a la electiva de química verde y energías alternativas, desarrollada en tres etapas principales que consistieron en

el diseño y ambientalización seguida por la implementación, aplicación y recolección de la información, para finalizar con el análisis de los resultados, en el cual se intuye que la población participante tiene como concepción que la síntesis química es “un mal necesario para el desarrollo de la humanidad”, siendo en ese sentido la implementación de la síntesis química sustentable un beneficio para la sociedad, que si bien conlleva un mayor costo financiero para la industria, traerá consigo mayores ventajas ambientales, lo que demuestra que las representaciones sociales de los estudiantes están orientadas hacia la importancia del cuidado y preservación ambiental desde la sustentabilidad.

Por su parte, Velasco (2019) desarrolló una estrategia didáctica centrada en la vinculación del enfoque de química verde y los trabajos prácticos de laboratorio con profesores en formación inicial de la UPN en electiva de química verde y energías alternativas, mediante una metodología de investigación de tipo cualitativa, con enfoque de aproximación a la acción participativa en grupos focales, donde se implementó y reestructuró por parte de los estudiantes una secuencia de TPL con su respectiva evaluación verde encamina a establecer su nivel de verdor para contribuir con la reducción de los impactos negativos con el medio ambiente, de la cual los estudiantes argumentaron y reflexionaron acerca de la importancia de las prácticas de laboratorio desde una perspectiva verde para contribuir con el cuidado y permanencia ambiental.

4.2 REFERENTES CONCEPTUALES

4.2.1 El enfoque de Química Verde

El libro “Primavera silenciosa” fue publicado en el año 1962 por Rachel Carson, este suscitó un impacto mundial con respecto a la grave problemática ambiental que se afrontaba debido al uso indiscriminado de los pesticidas durante la segunda guerra mundial, cuya toxicidad no solo afecta a sus principales destinatarios, sino que por completo a toda la cadena alimenticia (Chamizo, 2011).

En particular, uno de los pesticidas más criticados por la autora es el *Dicloro Difenil Tricloroetano* o mejor conocido como *DDT*, debido a que era ampliamente utilizado para exterminar los insectos que transmitían la malaria, fumigándolo en usos domésticos y agrícolas sin ningún tipo de control. Es por esto, que se empiezan a manifestar impactos ambientales y en la salud pública, tales como el cáncer, debido a su alta toxicidad y la capacidad de acumularse en los tejidos grasos, manteniéndose así en los organismos vivos (Carson, 1962).

Así mismo, aparte de la alta mortalidad de especies, se presentaron problemáticas en la fertilidad tanto de animales como de seres humanos, ya que este compuesto como muchos otros pesticidas actúa como *"disruptor hormonal",* es decir, que hace las veces de hormonas artificiales en los organismos vivos. Además, en los animales tiene la propiedad de impedir que la cascara de los huevos llegue a endurecerse y por ende se fragmenta antes de completar su ciclo natural (Carson, 1962).

Es por esto, que no solo se verán afectadas las especies transmisores de enfermedades, sino en general, toda la cadena alimenticia, incluyendo los suelos, los recursos hídricos, la biosfera y por completo todos los sistemas que interactúan en el planeta tierra. En este sentido, emerge el nombre de "*primavera silenciosa"* titulado por la autora como una manifestación de una naturaleza sin especies como los insectos o las aves, en completo silencio (Carson, 1962).

A partir de lo anterior, es que se da una imagen de la química venenosa y maligna para los seres vivos, lo que llevó a que todas las dependencias con impacto directo en dicha ciencia tuvieran que ser reestructuradas, creando así entidades que defendieran los intereses del cuidado y preservación ambiental, como lo es la Agencia de Protección Ambiental "EPA" (Chamizo, 2011).

Esta última, propuesta y desarrollado por la candidatura del presidente Richard Nixon en el año 1970 debido a la preocupación por la alta contaminación ambiental, es una agencia del gobierno federal de los EEUU encargada de proteger tanto la salud humana como el medio ambiente, sus prioridades son, mejorar la calidad del aire, concientizar sobre ambientalismo y el trabajo en pro de

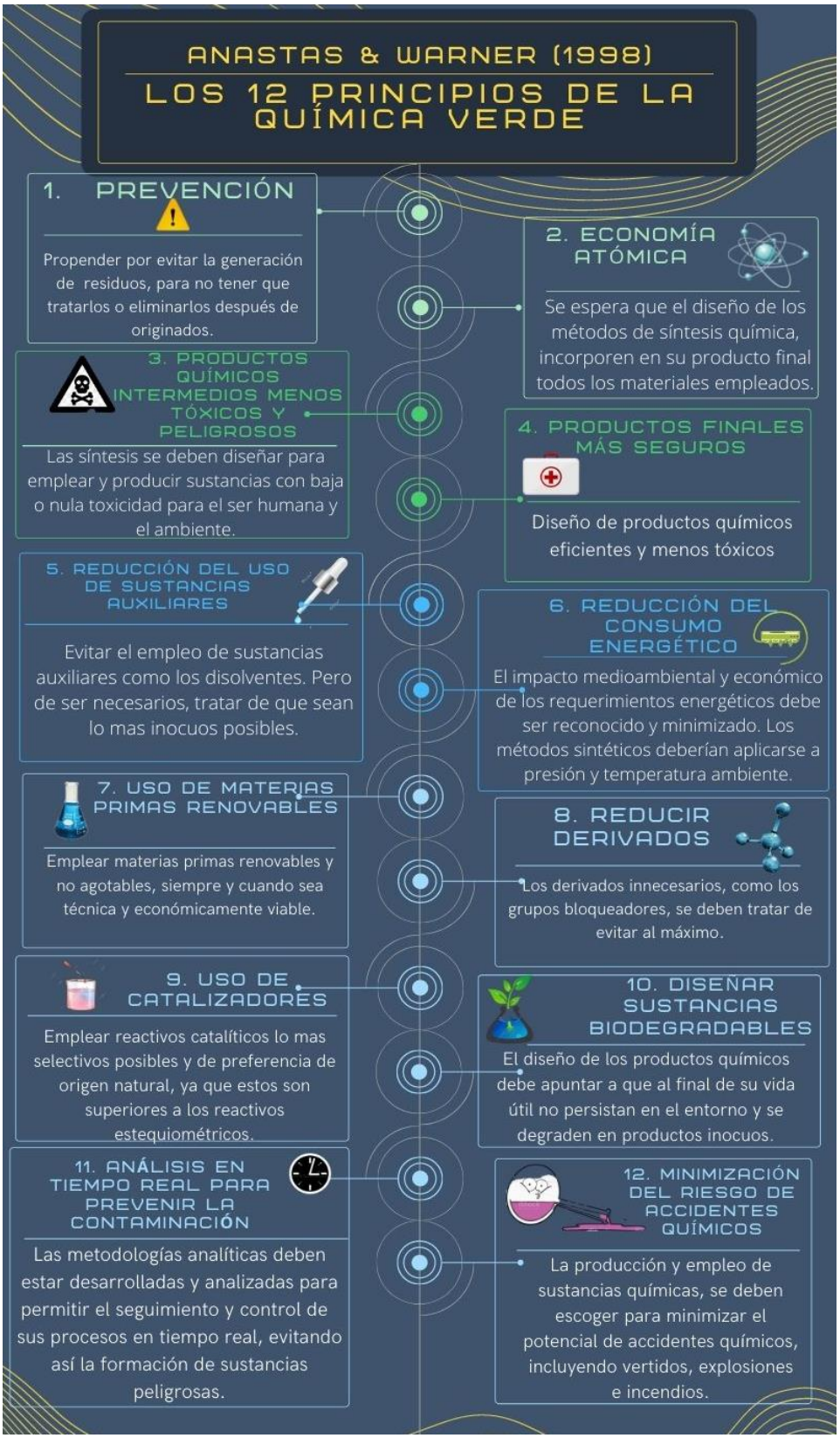
una justicia ambiental, sustancias químicas seguras, toma de acciones sobre el cambio climático, protección de los afluentes hídricos, entre otros relacionados con la preservación y el cuidado ambiental (Vázquez, Lucho-Constantino, Coronel y Beltrán, 2014).

Así mismo, en el nivel educativo se reformaron los currículos cambiando o quitando por completo la palabra química por componentes más biológicos, lo que hizo que perdiera carácter e identidad, olvidando muchos de los beneficios que esta ha suscitado a la humanidad. Es por esto que en los años ochenta los científicos estuvieron más que interesados por generar una transformación en la imagen pública de la química (Chamizo, 2011).

En este punto es que emerge la química verde como materia de estudio a partir de la publicación del libro “Green Chemistry: Theory and Practice”, publicado por Paul Anastas y John Warner en 1998, donde se formularon doce principios, los cuales constituyen un marco teórico para mejorar el desempeño, la economía y cualquier impacto ambiental que se pueda generar tanto en el proceso como en el producto químico, propendiendo por generar una constante sustentabilidad tanto para el ser humano como para el medio ambiente (Doria, 2009).

En este sentido, es importante señalar que el primer principio resume conceptualmente a los once restantes, ya que enuncia la importancia de prevenir industrialmente desde la síntesis y transformación de sustancias químicas, la generación de residuos nocivos para los seres vivos desde sus diferentes etapas en los procesos industriales, es decir, en el diseño, elaboración y aplicación de los mismos (Gráfico 1) (Sjöström, Eilks y Zuin, 2016).

Gráfico 1. Modelo esquemático de los doce principios de la química verde, propuestos por Anastas y Warner (1998). Fuente: elaboración propia.



Después de que se realizó la publicación de los primeros doce principios de la química verde, se denotó una creciente importancia por este campo de estudio, debido al valor en sus objetivos ambientales basados en la conciencia, el pensamiento crítico y pragmático, para llegar a dilucidar las problemáticas actuales y buscar una solución para las mismas desde conocimientos científicos más benignos.

En esta medida, investigadores se interesaron por profundizar y complementar dichos principios, ya que a pesar de su alto valor practico y conceptual, era necesario centrarlos más al ámbito industrial, debido a que estos son algo genéricos y no explican a profundidad características importantes de los procesos, como por ejemplo, la evaluación del ciclo de vida. Esto genera que no se tenga un panorama real, además que se basan en mayor medida en una perspectiva cualitativa, dejando de lado los parámetros cuantitativos tan necesarios para tener una globalidad de todo el proceso industrial.

Es por esto que Winterton (2001), plantea y publica doce nuevos principios, complementarios para el ambito industrial y dirigidos más hacia tecnólogos químicos, ingenieros químicos, químicos de procesos y en general a todos los investigadores interesados en aplicar la química verde a su campo de estudio, estos propenden por fortalecer la relación conceptual y metodológica entra la química y la sustentabilidad, además de planificar y reorientar los procesos a partir de datos útiles y previsibles, en especial desde el estudio y generación de innovaciones orientadas a obtener síntesis desde un enfoque verde, llegando a recopilar y publicar los datos encontrados para generar un avance en cuanto a las evaluaciones verdes de las practicas desarrolladas.

Lo anterior, busca potencializar en los profesionales en este campo de estudio, una concientización y adopción del enfoque desde una perspectiva más proactiva, generando más y mejores procesos y evaluaciones verdes en las diferentes etapas industriales, desde el estudio a micro escala para poder ser reproducible a procesos en macro escala.

En conclusión y en términos generales, es necesario buscar una complementariedad entre los segundos doce principios y sus predecesores, desde una actitud holística, ya que estos contienen interconexiones únicas para que se pueda generar una aplicación y evaluación realmente verde, desde una perspectiva global de todos los ámbitos y aspectos que confluyen en los procesos químicos (Machado, 2012).

Gráfico 2. Modelo esquemático de los nuevos doce principios de la química verde, propuestos por Winterton (2001). Fuente: elaboración propia.

4.2.2 Inclusión del enfoque de Química Verde en la enseñanza de la química

Un aspecto central de la didáctica de las ciencias, es el de generar en el docente un sentido de responsabilidad y reflexión de su quehacer, ya que esta será la base para evaluar en qué medida su práctica educativa está satisfaciendo las necesidades actuales de la sociedad, en relación con esto, la contextualización en el proceso de enseñanza y aprendizaje es fundamental para generar en los estudiantes un mayor interés por los conocimientos adquiridos, ya que estos llegarán a influir directamente con las problemáticas presentes en su cotidianidad y serán útiles y aplicables en su práctica (González, Pérez y Figueroa-Duarte, 2016).

En este sentido, la química verde es una oportunidad para generar esa contextualización desde una química interdisciplinar, ya que esta reúne aspectos biológicos, de ingeniería, éticos, políticos, sociales y económicos basados en una sustentabilidad ambiental, para llegar a fomentar ciudanías más conscientes de las implicaciones de sus acciones, las cuales podrán satisfacer las necesidades sociales, como la producción y desarrollo de nuevos productos, sin dejar de lado sus implicaciones ambientales (González, Pérez y Figueroa-Duarte, 2016).

Además da la oportunidad de propagar una cultura que se base en el respeto con el entorno, desde el fortalecimiento de la capacidad de proponer soluciones y estrategias colectivas y constructivas, para las problemáticas ambientales que aquejan hoy por hoy a la sociedad, donde el papel de la investigación en un marco sustentable es fundamental. Esto lo demuestran, por una parte las publicaciones en revistas especializadas en didáctica de las ciencias en Iberoamérica, donde se evidencia que en las últimas dos décadas la producción intelectual en este campo ha aumentado considerablemente (Franco y Ordóñez, 2020) y por otra, el importante incremento de eventos académicos especializados en el enfoque, en igual periodo de tiempo (Franco, Guevara, López, Olarte y Palacio, 2018).

En relación con lo anterior, un análisis preliminar de las publicaciones a nivel internacional deja claro el abordaje por parte de la comunidad académica especializada en la educación química, pues revistas indexadas como *Journal of Chemical Education*, registran más de 110 artículos relacionados con la inclusión del enfoque en algún sector educativo, en el periodo de 1995 a 2011, donde se constatan procesos en los cuales los diferentes investigadores han innovado e implementado estrategias que integran los fundamentos teóricos en los planes de estudio curricular, en niveles de pregrado y posgrado (Andraos y Dicks, 2012).

De igual manera, al examinar la revista *Chemistry Education Research and Practice*, se encuentran más de doce millones de resultados relacionados con el enfoque de química verde, lo cual indica que en Europa se está investigando y publicando ampliamente sobre la química verde orientada al sector educativo, ya que esta es una de las revistas más prestigiosas del Reino Unido en el ámbito de la educación en química y, junto a la también revista indexada *Green Chemistry*, pertenecen a la Royal Society of Chemistry.

Lo anterior refleja que existe una comunidad científica interesada en desarrollar su actividad investigativa desde el enfoque de Química Verde, la cual se concita periódicamente para discutir y proyectar sus desarrollos, tanto es así, que en Iberoamérica se han establecido doce eventos académicos en los últimos 18 años, los cuales están centrados en áreas como la educación en Química Verde (Franco, Guevara, López, Olarte y Palacio, 2018).

En tal sentido, los investigadores en educación en química se encuentran actualmente interesados en llevar el enfoque al aula para fomentar una cultura de la química verde, llegando con esto a constituir ciudadanías más sustentables, mediante la generación de nuevos planes de estudio y libros de texto, que involucren activamente los doce principios de la química verde (Andraos y Dicks, 2012).

Dicho enfoque sentará las bases para alcanzar un desarrollo integralmente económico, social, político, ambiental y ético, desde la sustentabilidad y con planteamientos y metodologías interdisciplinares, que llegarán a fortalecer las

ciencias en general y la química en particular, desde la conceptualización y la concientización de la importancia y el impacto de las acciones que ejerzan los profesionales en esta rama, donde los docentes se verán implicados para fortalecer o afectarlas en los futuros profesionales (Reyes-Sánchez, 2012).

En esta medida, la implementación de laboratorios ambientalmente seguros es una de las metodologías en las que se ha generado e impulsado la vinculación del enfoque en el ámbito educativo, en estos el material de vidrio y las sustancias a micro escala son un factor primordial para generar una disminución en el impacto ambiental con respecto a las prácticas de laboratorio, sin llegar a afectar de ninguna medida el rigor, ni los estándares educativos (Singh, Szafran y Pike, 1999).

Así mismo, se puede implementar ampliamente en la química orgánica, ya que esta permite involucrar los aspectos más relevantes de la química verde y la sustentabilidad, por medio de prácticas de laboratorio novedosas centradas en la síntesis química, las cuales generan procesos verdes como el empleo de catalizadores ambientalmente amigables y seguros, centrados en los doce principios de la química verde (Timmer, Schaufelberger, Hammarberg, Franzen, Ramstrom y Dineŕ, 2018).

Dichas inserciones en el ámbito educativo de la educación en química, son fundamentales para llevar a que los investigadores en química no se centran únicamente en el desarrollo tecnológico, sino que también en los impactos que estos puedan generar, como los menos cuantificables, por ejemplo, la alteración endocrina, entre otros, que llevaran a mejor indiscutiblemente la educación en ciencias (Kitchens, 2006).

4.2.3 Sustentabilidad Ambiental en el contexto de la educación científica y su relación con la educación en química verde

En la actualidad se puede encontrar como en muchos escenarios políticos, sociales y culturales se emplea indistintamente los términos de sostenibilidad y

sustentabilidad, debido a que en el año 1987 tras la reunión de la comisión mundial de desarrollo y medio ambiente de la ONU, se presentó un informe denominado *“Informe Brundtland”,* donde se empleó el término inglés *“sustainable development”* para hacer referencia al desarrollo sostenible, este crea una confusión en el momento de hacer la traducción al idioma español, dejando la incógnita de si el desarrollo sustentable hace referencia al mismo desarrollo sostenible (Zarta, 2018).

Posteriormente se vio la necesidad de precisar cada uno de los términos en cuanto a sus semejanzas y diferencias, por medio de sus características particulares, dentro de las cuales se encuentra que la sostenibilidad propende por el crecimiento sostenido, es decir, el crecimiento económico a lo largo del tiempo donde se pueda producir más con menos, llegando a alcanzar una sostenibilidad en términos independientes, considerando cada subsistema por separado, en cuanto a sostenibilidad social, sostenibilidad ambiental y sostenibilidad económica. Esto demuestra que la sostenibilidad propiamente dicha, se puede ver limitada y hasta con contradicciones en su propia definición, ya que al plantear independencia en sus subsistemas es complicado que se propenda por un crecimiento económico a la vez que por una protección del medio ambiente (Marques y Machado, 2014).

Mientras que el termino sustentable, relaciona diversos aspectos que conforman un todo en armonía, es decir, los aspectos económicos, sociales, ambientales y éticos, donde prevalece la concientización de que los recursos naturales son escasos y finitos, este aspecto se acentúa con el crecimiento cada vez más exponencial de la población, la industrialización y en general todo el agotamiento de los recursos naturales (Zarta, 2018).

Sin embargo, ambos conceptos tienen el mismo objetivo principal, el cual propende por satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las de las generaciones futuras, lo que genera que se lleguen a emplear cualquiera de los dos términos dependiendo de las ideologías políticas o sociales.

Así, se evidencia como en la actualidad el término sostenible es el más empleado y aceptado mundialmente, como se constata en los objetivos del desarrollo sostenible de la asamblea general de las naciones unidas “UNESCO”, producidos en el año 2015 para la agenda 2030 del desarrollo sostenible. Estos demuestran la importancia que tiene la sostenibilidad como plan de acción para mitigar los impactos negativos y generar una prosperidad social, política, económica y ambiental, donde la paz y la equidad social son factores determinantes, desde un compromiso común y universal (Naciones Unidas, 2018).

En este sentido, la química verde es una posibilidad para cimentar las bases de una práctica científica socialmente responsable desde una constante sustentabilidad, ya que propende por generar alternativas a las problemáticas actuales desde la economía, el ambiente y la sociedad, propendiendo por ser factibles, deseables, respetuosos y equilibradas, para alcanzar el progreso en condiciones de seguridad, libertad y educación, además de generar en los investigadores la necesidad de desarrollar alternativas de origen natural, que involucren una constante búsqueda de materias primas y procesos más eficientes y menos contaminantes (Reyes-Sánchez, 2012).

4.2.4 Química verde y su panorama a nivel global

La asamblea nacional de las Naciones Unidas determino el riesgo latente para la vida en el planeta tierra que representan en la actualidad la cantidad desmedida de productos químicos peligrosos y contaminantes que son liberados al medio ambiente, tanto así, que se posiciona dentro de las principales causas de enfermedades y mortandad humana. Sobra con dilucidar las altas tasas de productos sintéticos que el ser humano consume en su cotidianidad, muchos de los cuales cuentan con componentes químicos peligrosos, que pueden liberarse a lo largo del ciclo de vida del producto y en cantidades que no son sencillas de cuantificar. En esta medida, es indispensable realizar un análisis exhaustivo de todo el ciclo de vida de un producto, es decir, desde su producción, consumo y eliminación, basados en métricas, estándares, parámetros y procesos, que

propendan por generar un producto completamente seguro y sostenible, en este panorama, es que sale a flote la química verde, como solución y herramienta para alcanzar los Objetivos de Desarrollo sostenible.

Dicho enfoque, ha tomado fuerza a nivel global desde su conceptualización, como base de innovación de procesos y productos químicos con ciclos de vida más sostenibles y seguros, a partir de una visión holística e interdisciplinar, como por ejemplo, en el diseño y producción de materiales de construcción sostenibles o el mejoramiento de sistemas de almacenamiento de energía, entre otros, que apuntan directamente al cumplimiento y desarrollo de los ODS, tal como, el 3 “salud y bienestar”, 6 “agua limpia y saneamiento”, 7 “energía asequible y no contaminante”, 12 “producción y consumo responsable”, 13 “acción climática” y demás, tal es el caso, que la sociedad se está interesando ampliamente por adquirir y consumir productos químicos más ecológicos y sostenibles, trayendo consigo el crecimiento del mercado y por ende el interés global por el enfoque.

En conclusión, la química verde es una oportunidad más que viable, para transformar la imagen pública de la química y así mismo, demostrar que esta es totalmente afín con la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, llegando a suscitar alternativas y soluciones para las exigencias ambientales, sociales y económicas que el planeta requiere en la actualidad, esto se puede lograr con un constante énfasis en el enfoque desde la formación inicial de futuros profesionales en áreas de la química, ya que al reconocerlo en las primeras etapas educativas, va a ser posible evidenciar su importancia, llegar a apropiarlo en su práctica profesional y así mismo comprender la importancia de innovar desde su conceptualización (Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2020).

5. METODOLÓGÍA

5.1 TIPOLOGÍA Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se propone para llevar a cabo el presenta trabajo se guía mediante una metodología cualitativa, debido a que se busca encontrar y producir datos descriptivos los cuales no sean reducidos a variables, sino considerados más como un todo, para permitir unos resultados más completos, humanizados y válidos, a la vez que contextualizados y flexibles, tratando de dejar de lado las creencias propias, así como las perspectivas y posibles predisposiciones que se puedan tener con los resultados encontrados (Taylor y Bogdan, 1987).

En este sentido, se plantea realizar una investigación documental como proceso sistemático de recolección de información, mediante una indagación, organización y análisis como medio para establecer el estado de abordaje y la vinculación de la química verde en programas académicos de pregrado en áreas de química en Colombia, por medio de una cartografía documental (Rizo, 2015).

Esta última, es una herramienta que va a permitir realizar una representación espacial, obteniendo una visión tanto global como particular de cada una de las instituciones educativas, en cuanto al estado de abordaje y las posibles formas en las que se ha generado la vinculación del enfoque, logrando llegar a estructurar la indagación encontrada, mediante una organización comprensible de la misma, para generar una fácil interpretación de cualquier lector interesado por la información presentada (Vivas y Martos, 2011).

5.2 POBLACIÓN PARTICIPANTE

El universo con el que se realizara la presente investigación, estará conformado por todas las universidades de Colombia, las cuales cuenten con programas de formación de profesionales en áreas de la química, como las que se evidencian en la rejilla de información del Anexo 1. En este sentido, las

muestras representativas de información que se tomarán, estarán constituidas por la selección de los programas que cuenten tanto en sus mallas curriculares, planes de estudio, contenidos específicos y sus aspectos investigativos con la vinculación del enfoque de química verde.

5.3 DISEÑO METODOLÓGICO

Se pretende iniciar el desarrollo de la cartografía con una identificación de los programas de formación de profesionales en áreas de la química en Colombia, a partir del estudio y tratamiento de datos oficiales especializados en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), este otorgará información confiable, relevante, oportuna y útil para reconocer las instituciones de educación superior - IES aprobadas por el Ministerio de Educación Nacional. Posteriormente se pretende recopilar y organizar la información relevante para la presente investigación, por medio de una rejilla de información (Anexo 1), en la cual se encontrarán datos oportunos de las instituciones educativas, tales como: su ciudad de origen, departamento, la carrera que se oferta, entre otros.

Para continuar con una caracterización de los programas académicos identificados, por medio de una matriz documental para la clasificación de sus mallas curriculares, sus planes de estudio y contenidos específicos, encontrados en los sitios web de cada institución educativa, además de una minuciosa revisión de sus grupos, semilleros, líneas de investigación y los principales eventos académicos, es decir, que se pretende obtener un panorama de las dinámicas de investigación de los programas de interés.

A partir de lo anterior, se determinan ciertos parámetros y categorías para poder vislumbrar las tendencias, propuestas, perspectivas teóricas y metodológicas, entre cualquier otro aspecto relevante, con la finalidad de establecer perspectivas de abordaje y vinculación de la química verde en las diferentes instituciones educativas, y basados en REDIQ-CPIQ-ACOFI (2020), se pretende clasificar el componente académico de las asignaturas de interés, a partir de componentes (recopila asignaturas que poseen un fin específico común) y

subcomponentes (grupos de asignaturas con temáticas similares y competencias particulares) de la siguiente manera:

- Componente fundamental: asignaturas relacionadas con los fenómenos físicos, químicos y biológicos
  - ✓ Subcomponente ciencias básicas: Tienen la finalidad de dar comprensión acerca de los fenómenos asociados con la naturaleza, sus leyes e interacciones - “Matemáticas y probabilidad, Física, Química y biología”.
- Componente de formación profesional o disciplinar: asignaturas propias de la profesión
  - ✓ Subcomponente Básica Disciplinar: base conceptual de competencias específicas de la profesión – “Termodinámica, Operaciones Unitarias”.
  - ✓ Subcomponente Contexto Profesional: asignaturas consolidadas como parte esencial dentro del contexto profesional – “Industrial, Medio Ambiente”.
- Componente complementario: formación integral en áreas no específicas de la profesión
  - ✓ Subcomponente Humanidades e Idiomas: asignaturas que complementan la formación académica en cuanto a contexto cultural, social, económico, político, además de habilidades en pensamiento crítico, comunicación, principios éticos y morales – “Ética y política, humanidades, lengua extranjera”.
  - ✓ Subcomponente Electiva: Grupo de asignaturas que buscan llegar a construir una integralidad en la formación profesional del estudiante, complementando la formación académica en áreas de su interés.

En este aspecto, será importante identificar el número de créditos que se otorgan, ya que esta es la medida de tiempo estimado en la que el estudiante realiza la actividad académica en función de las competencias que se esperan alcanzar, así mismo, otro factor a analizar es la obligatoriedad de las asignaturas cursadas, para determinar la dinámica con la que se trabaja y su flexibilidad en el currículo, así

como cualquier otro aspecto relevante, en los que en un futuro se pueda ver la presente investigación favorecida para llegar a alcanzar los objetivos planteados.

En este marco, se aborda la siguiente metodología general:

Gráfico 3. Modelo esquemático de la metodología de investigación. Fuente: elaboración propia.

6. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para el análisis del abordaje y vinculación que de la química verde se realiza en programas académicos de pregrado que forman profesionales en áreas de la química en Colombia, en concordancia con el objeto central de esta investigación documental y a partir de las informaciones recabadas se generaron las siguientes tres categorías emergentes, cuyos insumos de información y de discusión se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Categorías emergentes de análisis e insumos de información y discusión. Fuente: elaboración propia.

Categoría	**Insumos de información**	**Número de anexo**
1. Mapeo de los programas de formación de profesionales en áreas de la química en Colombia.	Base de datos del SNIES Páginas Web de programas académicos.	1. Matriz de información inicial de los programas académicos.
2. Caracterización de programas académicos, en relación con la vinculación y el abordaje del enfoque de química verde: mallas curriculares, planes de estudio y contenidos específicos.	Documentos marco de los programas académicos Planes de estudio de programas académicos Mallas curriculares de programas académicos Contenidos sintéticos y analíticos de asignaturas y espacios académicos.	2. Matriz de caracterización de programas. 3. Rejilla de análisis documental de planes de estudio y mallas curriculares.

3. Tendencias, propuestas, perspectivas teóricas y metodológicas, proyectos, entre otros abordajes de la química verde.	Documentos marco de los programas académicos Proyectos, programas, propuestas, entre otros de: investigación, innovación, profundización.	4. Rejilla de clasificación documental de proyectos, programas y propuestas.

De acuerdo con lo anterior, a continuación se presentan los resultados y sus respectivos análisis para cada una de las categorías propuestas.

6.1 MAPEO DE LOS PROGRAMAS DE FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN ÁREAS DE LA QUÍMICA EN COLOMBIA

6.1.1 Anexo 1

A partir de la revisión en la base de datos SNIES se encontraron los 9 siguientes programas académicos: Licenciatura en química, Química, Ingeniería Química, Química Farmacéutica, Química Industrial, Química Ambiental, Ingeniería Petroquímica, Ingeniería Bioquímica y Bioquímica, los cuales son ofertados por 62 Instituciones de Educación superior (IES), distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 2. Oferta de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia. Fuente: elaboración propia.

Programa Académico	**Licenciatura en química (LQ)**	**Química (Q)**	**Ingeniería Química (IQ)**	**Química Farmacéutica (QF)**
Cant. IES	6	20	18	9
Química Industrial (QI)	**Química Ambiental (QA)**	**Ingeniería Petroquímica (IP)**	**Ingeniería Bioquímica (IB)**	**Bioquímica (B)**
3	1	1	3	1

Gráfico 4. Oferta de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia. Fuente: elaboración propia

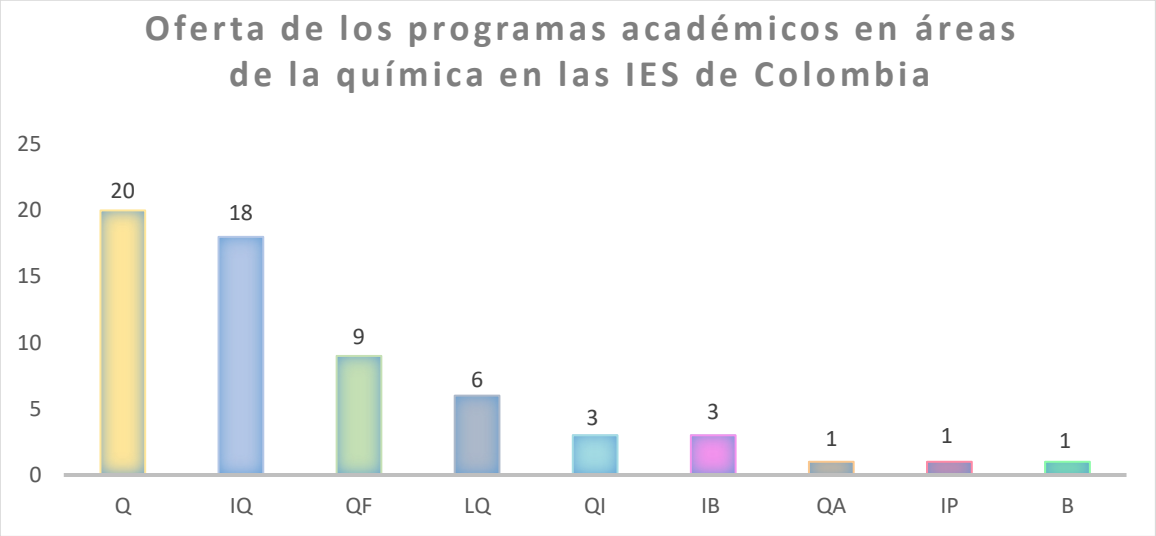
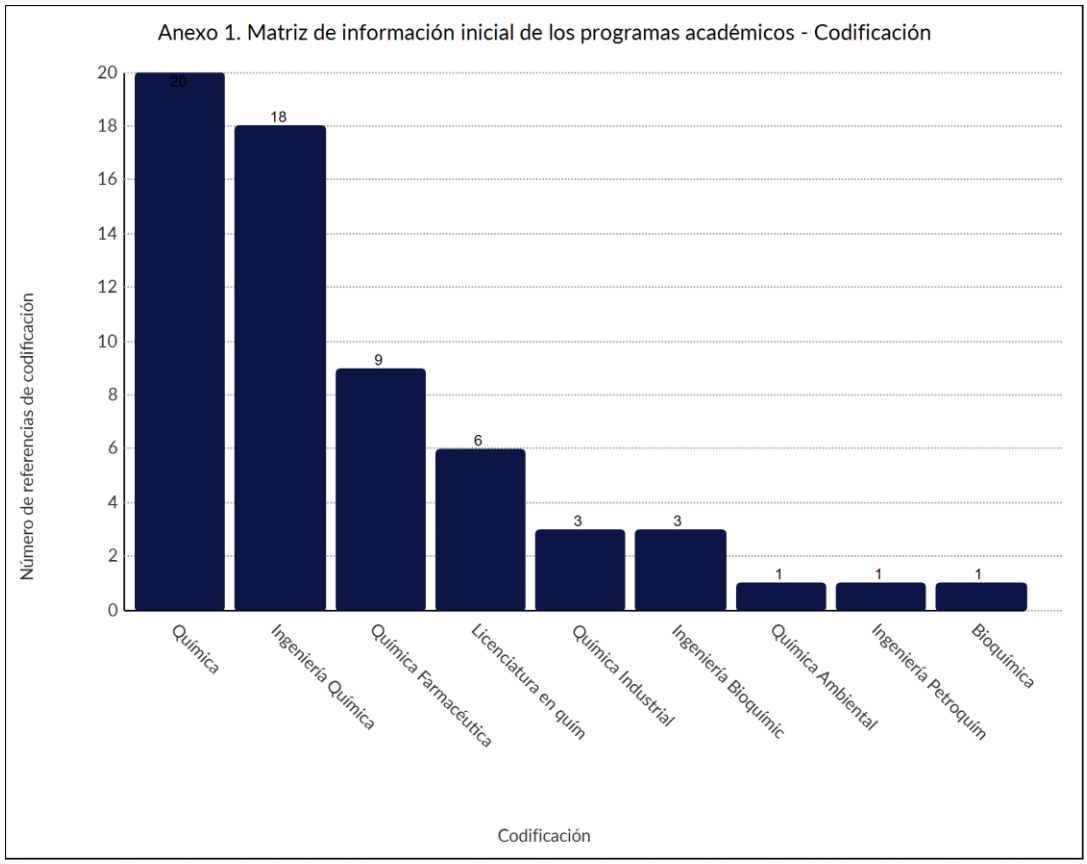


Gráfico 5. Confirmación de los datos reportados para la oferta de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus. Fuente: elaboración propia.



Se identifica a partir de la gráfica 4, de la cual fue corroborada su información mediante el software especializado Nvivo 12 plus, que la carrera de Química es la más ofertada, encontrándose en 20 diferentes IES en el país, seguida por la ingeniería química. Así mismo, carreras como Química Ambiental, Ingeniera Petroquímica y Bioquímica, tienen muy poca demanda, siendo ofertadas en solo una IES. En términos de denominación, como se aprecia, las licenciaturas en química ocupan una cuarta posición existiendo seis programas, cuatro de los cuales se ubican en el Distrito Capital, dos de ellos en universidades públicas y dos en privadas; a nivel nacional uno de estos programas es ofertado por una universidad pública y el otro por una privada.

Una posibilidad por la que se puede presentar una mayor demanda en la carrera de química en comparación con los otros programas académicos, es que el estudiante busca tener conocimientos relacionados con el estudio de la metería en cuanto a su composición, estructura y propiedades a nivel atómico e interatómico, desde una visión global y no especifica, relacionando diversos saberes inherentes para su comprensión, como lo son, los físicos, matemáticos, tecnológicos, entre otros, que puedan ser aplicados versátilmente en cualquier panorama profesional, como por ejemplo la industria petroquímica, biotecnológica, medioambiental o en general en el sector educativa o de investigación según sea la preferencia personal del estudiante.

Tabla 3. Ubicación territorial de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia. Fuente: elaboración propia.

Departamento	**Ciudad**	**Programa Académico**									**Total**
		LQ	**Q**	**IQ**	**QF**	**QI**	**QA**	**IP**	**IB**	**B**	
Antioquia	Carepa								1		1
	El Carmen del Viboral								1		1
	Medellín		1	3	2	1					7

Atlántico	Barranquilla		1	1							2
Bolívar	Cartagena de indias		1	3	1						5
Boyacá	Tunja		1								1
Caldas	Manizales			1							1
Caquetá	Florencia		1								1
Cauca	Popayán		1								1
Córdoba	Montería		1								1
Cundinamarca	Bogotá	4	4	6	4					1	19
	Chía			1							1
Magdalena	Santa Marta	1									1
Nariño	pasto	1	1								2
Norte de Santander	Pamplona		1	1							2
	San José de Cúcuta					1					1
Quindío	Armenia		1								1
Risaralda	Pereira					1					1
Santander	Barrancabermeja		1								1
	Bucaramanga		1	1			1	1			4
Tolima	Ibagué		1								1
Valle del Cauca	Cali		3	1	2				1		7

Gráfico 6. Ubicación territorial de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia. Fuente: elaboración propia.

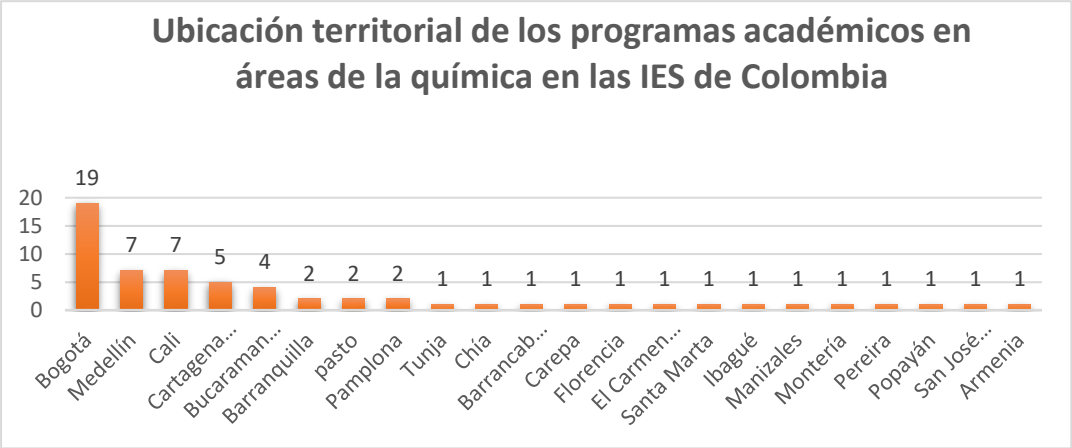


Gráfico 7. Confirmación de los datos reportados para la ubicación territorial de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus. Fuente: elaboración propia.

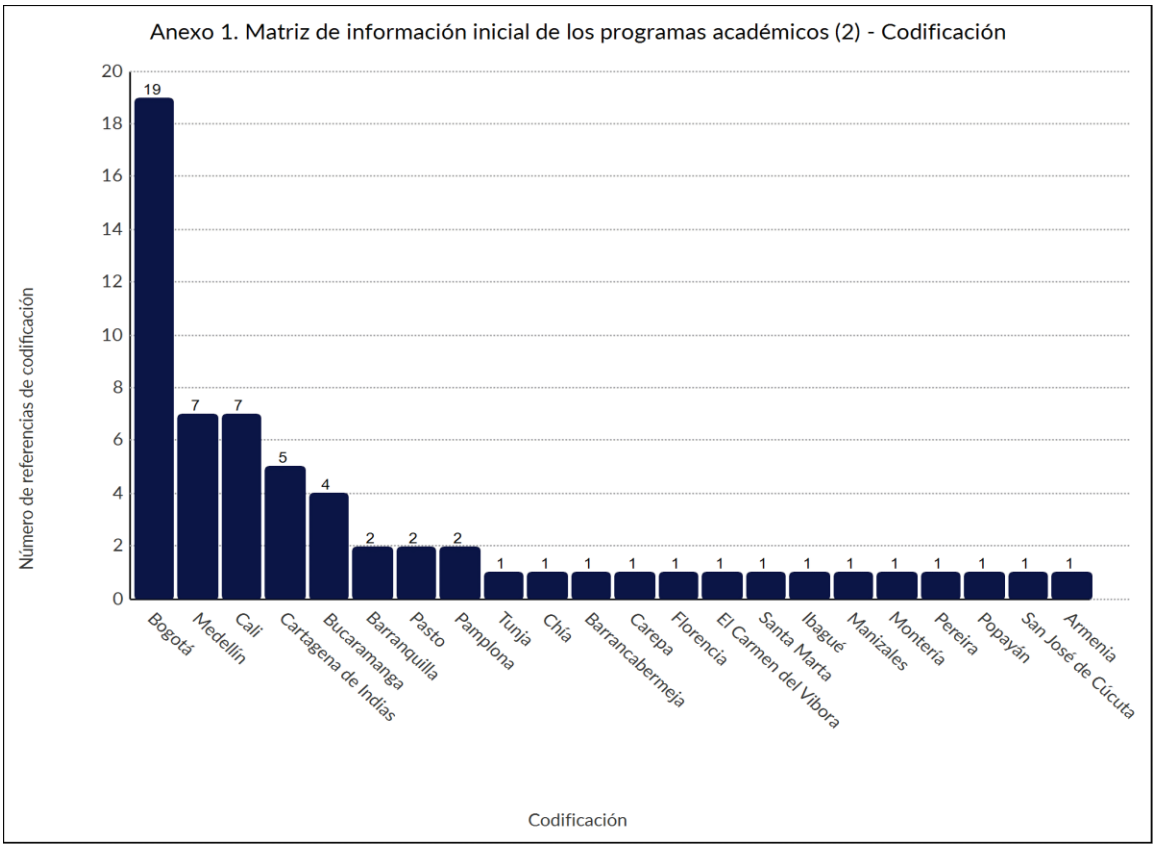
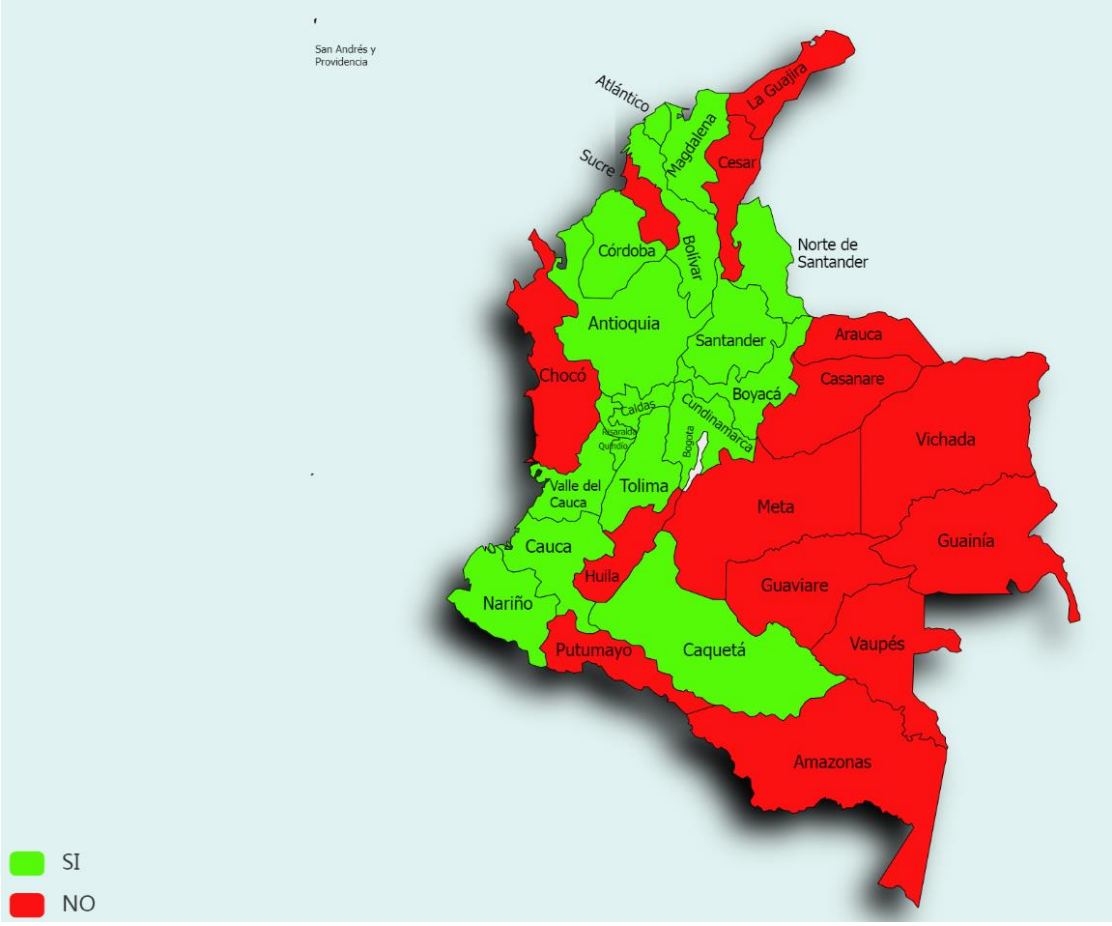


Gráfico 8. Ubicación territorial de los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia. Fuente: elaboración propia.



Así mismo, se puede evidenciar a partir del gráfico 8, que en la región Andina, pacífica y caribe se encuentra una mayor concentración de programas académicos, a diferencia del amazonas donde solo se encuentra presencia en el Caquetá y por otra parte en la Orinoquia no se tiene ninguna cobertura relacionada con programas académicos en IES en áreas de la química.

Lo anterior, se debe a las condiciones sociales, económicas, políticas y ambientales por las cuales las diferentes regiones se han visto expuestas, tal es el caso de la Orinoquia y Amazonia, donde su población históricamente ha tenido

que sufrir una mayor presencia del conflicto armado, el cual ha dejado una huella enorme en cuanto a desigualdad socioeconómica en comparación con otras regiones, esto ha desencadenado en una baja calidad en los derechos básicos del ser humano, como lo son, la salud, el saneamiento, vivienda digna y por supuesto en la educación, donde se tienen altas tasas de deserción académica, déficits tecnológicos, de infraestructura, de desconexión, entre otros (Alarcón, Martínez y Rodríguez, 2019).

Situación que diverge de las principales ciudades de Colombia, como lo son Bogotá, Medellín, Cali y Cartagena (gráfico 6), las cuales han tenido una mayor presencia estatal, favoreciendo en esta medida una inserción y establecimientos de mas IES, junto con una amplia diversidad y cobertura de programas académicos, dicha información fue corroborada y confirmada mediante el software especializado Nvivo 12 plus, tal y como se evidencia en el grafico 7.

6.2 CARACTERIZACIÓN DE PROGRAMAS ACADEMICOS, EN RELACION CON LA VINCULAICON Y EL ABORDAJE DEL ENFOQUE DE QUIMICA VERDE: MALLAS CURRICULARES, PLANES DE ESTUDIO Y CONTENIDOS ESPECIFICOS.

6.2.1 Anexo 2

Se realizó la caracterización de los programas académicos seleccionados a partir de su documento marco, encontrando que de los 62 programas académicos, 19 realizan alusiones ambientales (A), 5 relacionan referentes sostenibles, sustentables y ambientales (SO,SU,A), 21 sostenibles y ambientales (SO,A), 1 sostenible y sustentable (SO,SU), 2 sustentable (SU), 2 sustentable y ambiental (SU,A), 1 química verde, sostenible y ambiental (QV,SO,A), 2 química verde, sostenible, sustentable y ambiental (QV,SO,SU,A), 1 sostenible (SO) y por ultimo 8 IES no realizan ninguna alusión de interés (NP), tal y como se evidencia en el gráfico 9, obtenido mediante el software especializado Nvivo 12 plus.

Gráfico 9. Alusiones de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus. Fuente: elaboración propia.

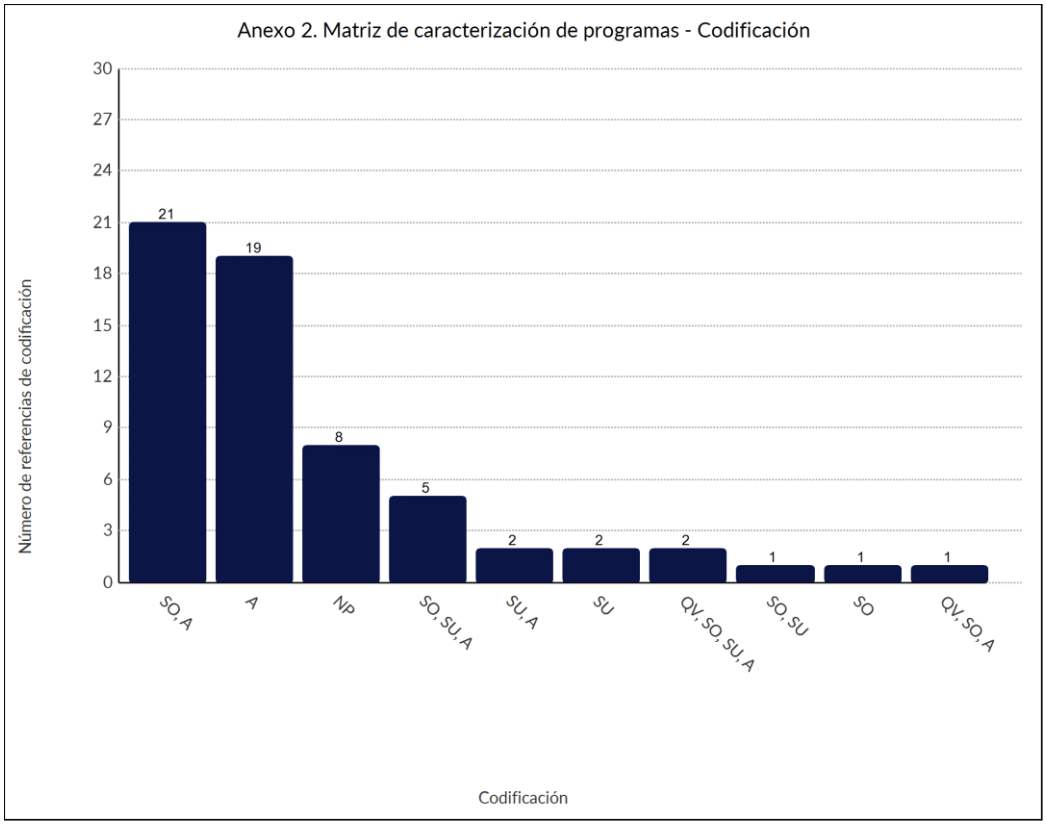


Tabla 4. Alusiones de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia. Fuente: elaboración propia.

Alusiones de interés	Programa Académico									Total
	LQ	Q	IQ	QF	QI	QA	IP	IB	B	
SO,SU		1								1
QV, SO, A			1							1
SO				1						1
SU		1		1						2
SU,A		2								2
QV, SO, SU, A			1			1				2
SO, SU, A		2	2				1			5

A	3	7	4	3	1				1	19
SO, A		6	8	2	2			3		21
NP	3	1	2	2						8
% de aplicación de Alusiones	50	95	89	78	100	100	100	100	100	62

Se puede observar que en los programas de Química Industrial, Química Ambiental, Ingeniería Petroquímica, Ingeniería Bioquímica y Bioquímica se tiene un porcentaje de aplicación de alusiones del 100%, es decir que todos los programas encontrados relacionan algún concepto de interés a la química verde en sus documentos marco, mientras que en los programas de Licenciatura en química, Química, Ingeniería Química y Química Farmacéutica, tiene porcentajes inferiores, como es el caso de la Licenciatura en Química con un 50% de aplicación.

Gráfico 10. Alusiones de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia. Fuente: elaboración propia.

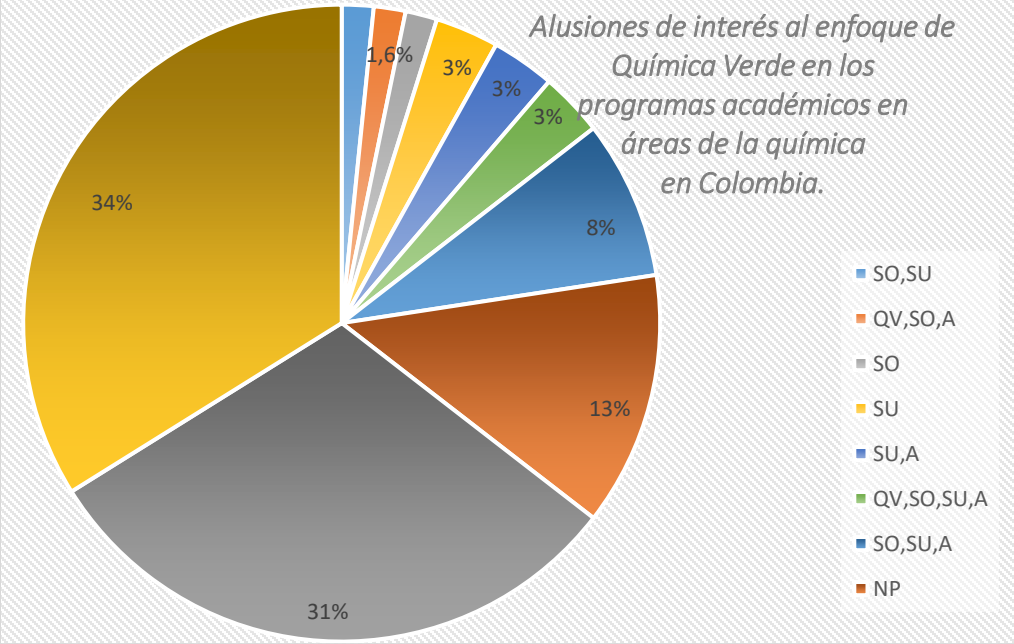
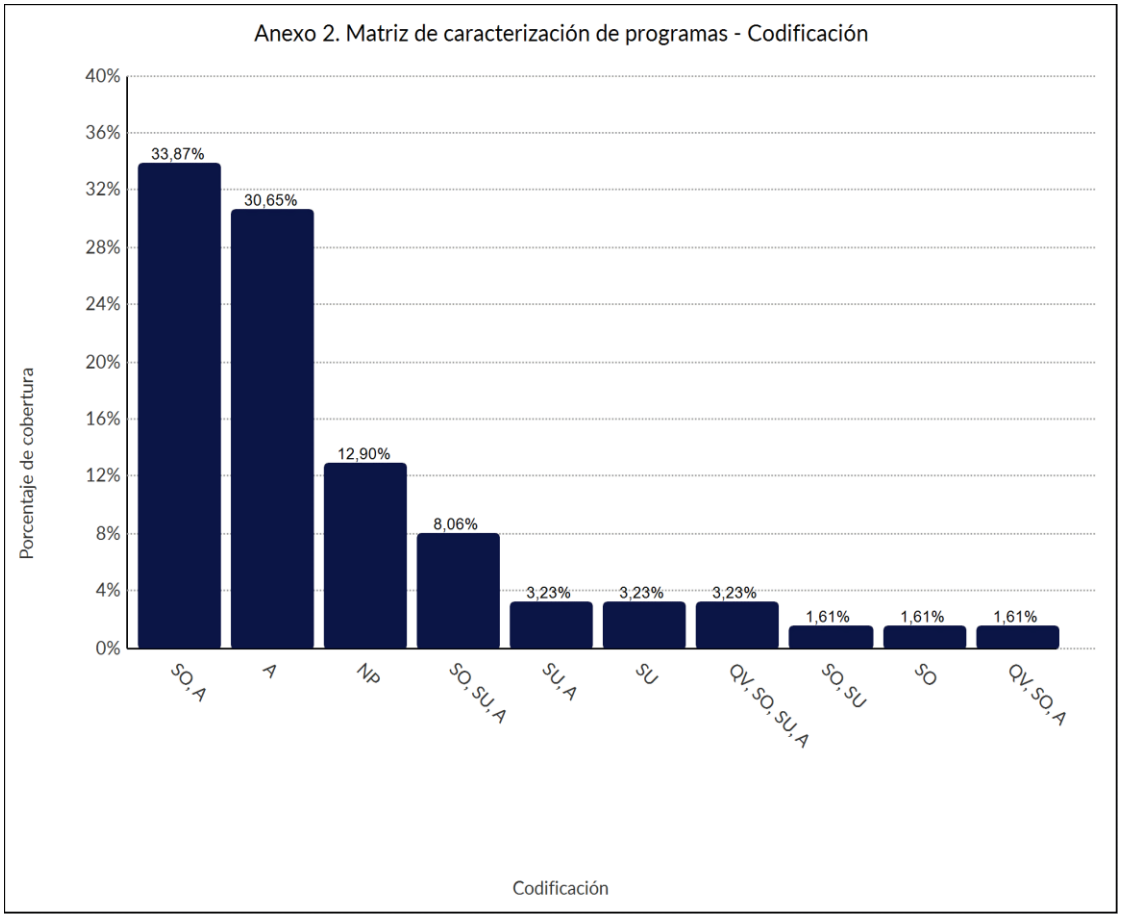


Gráfico 11. Confirmación de los datos reportados para las alusiones de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus. Fuente: elaboración propia



Se analiza que en los documentos marco se encuentran mayores alusiones en relación al énfasis ambiental y sostenible, esto se puede relacionar con los Objetivos de desarrollo sostenibles (ODS), a partir de los cuales las entidades educativas están en la tarea de adaptarlos e implementarlos en sus currículos, denotando la importancia que tienen las políticas y objetivos internacionales, dentro de los estándares educativos Colombianos.

Así mismo, con respecto al enfoque de química verde se puede observar como este se relaciona con conceptos sostenibles, sustentables y ambientales, pero con un bajo porcentaje de incidencia en las IES.

Por otro lado, se encuentra un porcentaje bastante relevante de IES que no presentan ninguna alusión de interés, esto es una situación preocupante ya que desde sus objetivos, metas y demás aspectos, no asumen la necesidad de concientizar a los estudiantes en la problemática ambiental que se tiene en la actualidad, esta información es corroborada por el software especializado Nvivo 12 plus, como se evidencia en el gráfico 11.

6.2.2 Anexo 3

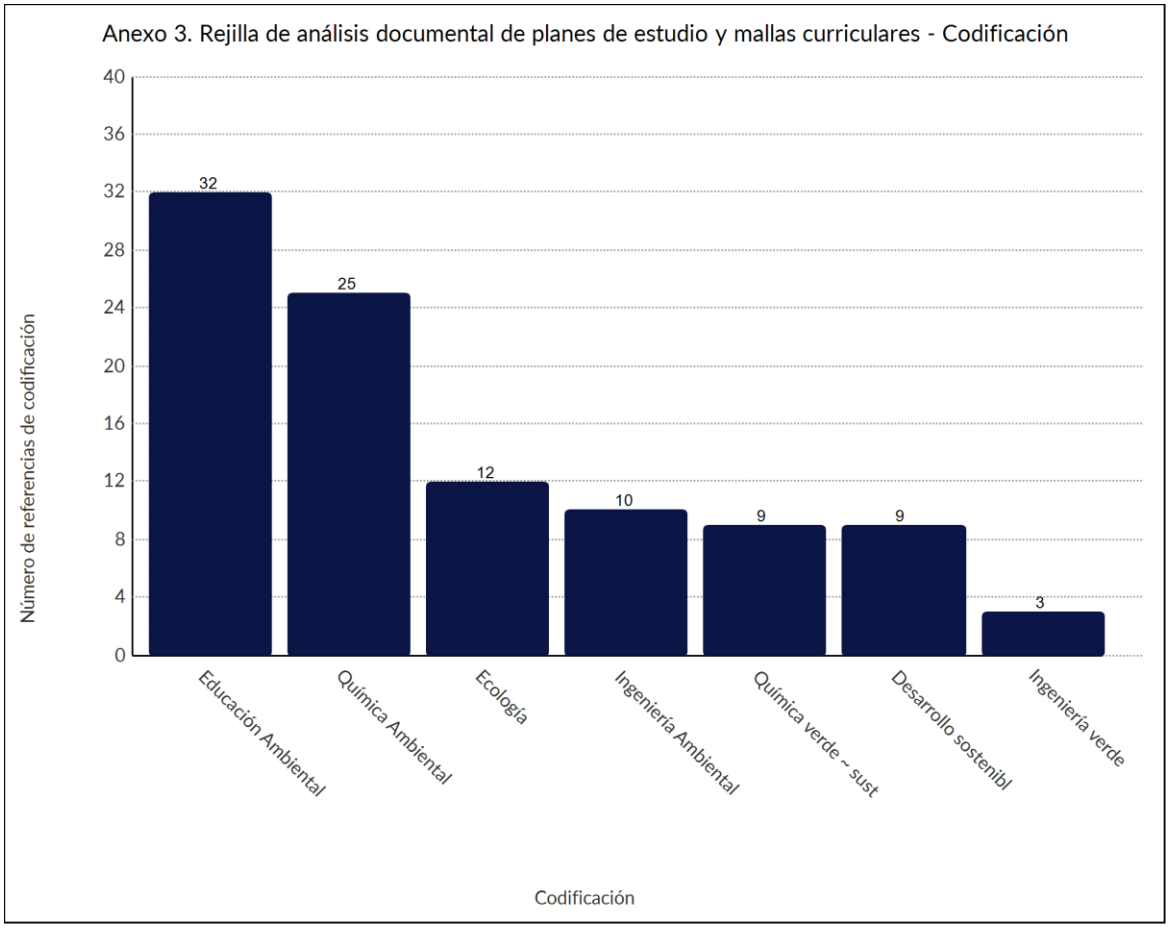
Se identificaron las áreas temáticas de interés relacionadas con la vinculación y el abordaje del enfoque de química verde en áreas de la química en las IES de Colombia a partir de sus mallas curriculares y planes de estudio accesibles en los sitios web de los programas académicos, encontrando que el área de educación ambiental es el que más se imparte en las aulas, seguido de química ambiental, Ecología, Ingeniería ambiental, Desarrollo sostenible-sustentable, Química verde / sustentable / sostenible-energías alternativas y por último Ingeniería verde, tal como se evidencia a continuación:

Tabla 5. Áreas temáticas de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia. Fuente: elaboración propia.

Área Temática	**Programa Académico**									**Total**
	LQ	**Q**	**IQ**	**QF**	**QI**	**QA**	**IP**	**IB**	**B**	
Educación Ambiental (p, c y s)	4	11	8	1	3	3	1	1		32
Química Ambiental	2	16	3		2	2				25
Ingeniería Ambiental			6				2	2		10
Ecología	1	4	4	1		1		1		12
Desarrollo sostenible-sustentable	3	1	3	1	1					9

Química verde / sustentable / sostenible y energías alternativas	2	5	2							9
Ingeniería verde		1	2							3
No Presenta	1	2	5	6					1	
% de Incidencia de las Áreas Temáticas por programa académico	83	90	72	33	100	100	100	100	0	
Total, Asignaturas										100

Gráfico 12. Confirmación de los datos reportados para las áreas temáticas de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus. Fuente: elaboración propia



Así mismo y relacionando el porcentaje de incidencia de las áreas temáticas obtenido a partir de la totalidad de programas académicos encontrados en comparación con los programas que tenían alguna asignatura de interés, con respecto al porcentaje de aplicación de alusiones en los documentos marco, se puede observar que a pesar de que la carrera de Bioquímica tiene un 100% de aplicación de alusiones, esta información no se ve representada en sus mallas curriculares, ya que no se encuentra ninguna relación de interés de áreas temáticas con el enfoque de química verde, situación que difiere con los programas de Química Industrial, Química Ambiental, Ingeniería Petroquímica e Ingeniería Bioquímica, los cuales presentan un 100% de incidencia tanto en sus documentos marco como en sus mallas curriculares, lo que demuestra que su planeación curricular es congruente con sus objetivos planteados.

Por otra parte, los programas de Química Farmacéutica, Química e Ingeniería Química presentan un menor porcentaje de incidencia de las áreas temáticas en comparación con los documentos marco, lo que diverge del programa de Licenciatura en Química, el cual maneja un 50% de incidencia en sus documento marco en comparación con un 83% en sus áreas temáticas, esto es significativo para el programa, ya que demuestra interés por llevar al aula conocimientos relacionados con el enfoque de química verde.

Por último y corroborando los datos encontrados a partir del software especializado Nvivo 12 plus como se evidencia en el gráfico 12, se identifica que 32 de las 100 asignaturas están relacionadas con un enfoque desde la educación ambiental con aspectos políticos, culturales y sociales, en comparación con las 9 asignaturas encontradas que se fundamentan específicamente desde el enfoque de química verde y sus conceptos relacionados tales como sustentable, sostenible y energías alternativas, lo cual indica que los programas académicos en áreas de la química en las instituciones de educación superior, tienden a ofrecer currículos orientados hacia una generalización de la educación ambiental desde diferentes aspectos de la vida cotidiana, más que en una especificidad de cada uno de los

contextos profesionales en los que se pueda ver involucrado el estudiante, tal y como lo es el enfoque de química verde.

Tabla 6. Obligatoriedad, Componentes y subcomponentes de las Áreas temáticas de interés al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia. Fuente: elaboración propia.

O : 55				
C.F	**C.D**		**C.C**	
S.C.B	**S.B.D**	**S.C.P**	**S.H**	**S.E**
24	0	31	0	45
24%	0%	31%	0%	45%

Por otra parte, una información sumamente relevante obtenida de la estructura curricular de los programas académicos a partir de sus mallas curriculares, fue el componente, subcomponente y obligatoriedad de las asignaturas seleccionadas, las cuales en los diferentes programas académicos ya contaban con una caracterización y conceptualización definida, pero por motivos de sistematización de la presente investigación y a partir de los objetivos establecidos por cada una de las asignaturas, se tomaron tres categorías principales en cuanto a los componentes y subcomponentes y se relacionaron con su obligatoriedad, tal y como se especifica en el diseño metodológica a partir de REDIQ-CPIQ-ACOFI (2020), en este sentido se identificó que:

De las 100 asignaturas seleccionadas 55 son de carácter obligatorio dentro de la malla curricular, es decir que el mayor porcentaje de asignaturas tienen que ser vistas por todos los estudiantes que cursen los programas académicos, estas se dividieron en dos componentes específicos, los cuales son, el componente fundamental y el componente de formación profesional o disciplinar, el primero de estos es la categoría que menor porcentaje tiene, debido a que solo 24 asignaturas encontradas tienen como objetivo fundamental la reflexión acerca de los principales fenómenos físicos, químicos y biológicos a partir de sus leyes e

interacciones, por esta razón el subcomponente de ciencias básicas, el cual tiene como principal finalidad la comprensión de los fenómenos asociados a la naturaleza, tiene una menor relación de asignaturas en comparación con otras categorías.

Por otra parte, el segundo componente de formación profesional o disciplinar, tiene un mayor porcentaje de incidencia, encontrando que 31 de 100 asignaturas seleccionadas, están caracterizadas como propias de la profesión, las cuales son necesarias para formar profesionales íntegros desde aspectos teóricos, metodológicos y prácticos, donde el subcomponente de básica disciplinar no tienen ninguna asignatura relacionada en comparación con el de contexto profesional, esto quiere decir que las asignaturas relacionadas se inclinan en mayor medida por una caracterización de la parte fundamental del contexto profesional, más que en una parte netamente conceptual de las competencias específicas de cada una de las profesiones.

Por último, se encuentra el componente complementario, este cuanta con un porcentaje bastante considerable de incidencia, encontrando que 45 de las 100 asignaturas encontradas están orientadas en buscar una formación integral, pero que no necesariamente hacen parte obligatoria o especifica de la profesión, a pesar que pueden generar y/o construir un pensamiento mucho más contextualizado y crítico en el ejercicio profesional, es decir, que se ven como una área electiva dentro del currículo, por esto las asignaturas seleccionadas hacen parte del subcomponente electivo, a diferencia del subcomponente de humanidades e idiomas, el cual no tiene ninguna incidencia debido a que los objetivos planteados en las diferentes asignaturas no se centran específicamente en contribuir con una formación integral en aspectos netamente éticos, políticos, de idiomas, entre otros.

En conclusión, se identifica que la mayoría de asignaturas son obligatorias dentro de la malla curricular con un 55% de incidencia, en comparación con las asignaturas complementarias las cuales cuentan con un 45%, pero es necesario señalar que la mayoría de estas asignaturas se centran en la Educación Ambiental

en términos generales, pero específicamente hablando del enfoque de química verde el cual es central para la presente investigación, se encuentra que 7 de las 9 asignaturas encontradas son complementarias, esto indica que en el panorama nacional de los programas académicos en áreas de la química, el enfoque es visto como un conocimiento complementario dentro de los procesos formativos y no necesario para generar procesos de enseñanza y aprendizaje críticos, reflexivos, contextualizados y propositivos en la formación académica de futuros profesionales en química.

Tabla 7. Caracterización de las Áreas temáticas de interés obligatorias al enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en las IES de Colombia, según su número de créditos y semestre cursado. Fuente: elaboración propia.

O	**N.C**				**S**									
	1	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**N.P**
55	3	24	22	6	6	5	2	2	6	6	15	7	3	3

Por otra parte, se realizó la identificación de los números de créditos y el semestre cursado para cada una de las asignaturas de interés obligatorias, interpretando que un crédito académico está definido como el tiempo que un estudiante otorga a una actividad académica especifica en función de las competencias que se esperan obtener, en este marco, un crédito académico equivale a un total de 48 horas de trabajo dentro y fuera del aula (MEN, 2003), analizando dicha conceptualización, se entiende que la mayoría de asignaturas encontradas, manejan de 2 a 3 créditos académicos, es decir que se espera que el estudiante dedique de 96 a 144 horas de trabajo académico por asignatura, lo cual es un promedio de tiempo bastante favorable para que el estudiante desarrollo conocimientos y competencias necesarias para una buena educación ambiental.

Así mimo, se observa que el semestre en que más se cursan dichas asignaturas es en octavo, lo cual es favorable ya que se tiene un recorrido

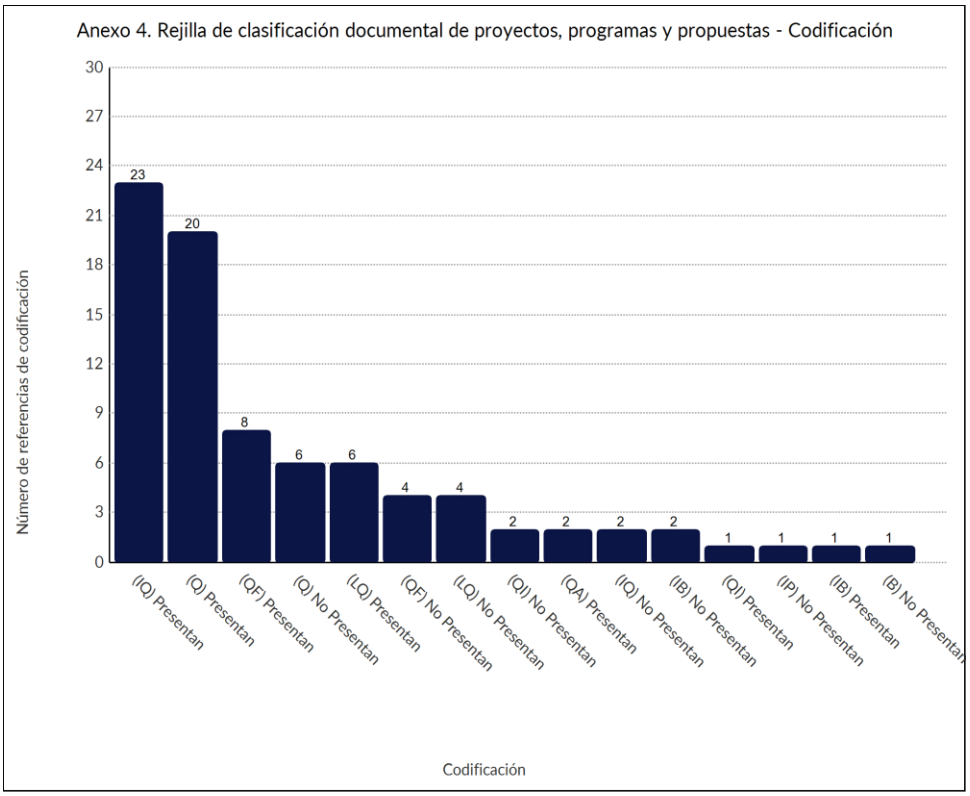
adquirido de experiencias y saberes que pueden complementar y fortalecer los conocimientos relacionados con el enfoque de química verde.

6.3 TENDENCIAS, PROPUESTAS, PERSPECTIVAS TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS, PROYECTOS, ENTRE OTROS ABORDAJES DE LA QUÍMICA VERDE.

6.3.1 Anexo 4

Para obtener un panorama mucho más claro acerca del grado de abordaje y vinculación que de la química verde se maneja es los programas de química de las diferentes IES de Colombia, se realizó una búsqueda y análisis de los principales grupos de investigación que tuvieran relación conceptual con el enfoque de química verde, encontrando 61 grupos diferentes distribuidos en los programas de la siguiente manera:

Gráfico 13. Programas académicos en áreas de la química, que Presentan y No presentan grupos de investigación relacionados con el enfoque de Química Verde en Colombia, mediante el software especializado Nvivo 12 plus. Fuente: elaboración propia



Así mismo, se idéntico que 6 de los 61 grupos encontrados, no reportan información de sus líneas de investigación en las principales páginas web de las instituciones de educación superior, mientras que de los 55 restantes, se aprecia que 5 de estos constituyen líneas de investigación relacionadas con el enfoque de química verde y conceptos afines, tales como, sostenible, sustentable y energías alternativas, en cuanto a los que restan, se basan en investigaciones de índole ambiental, de las cuales derivan sus principales problemáticas, tales como, la calidad del agua, suelo, aire, escasez de los recursos energéticos, entre otros, que afectan ampliamente a la sociedad.

Además y a partir de la información recolectada en el gráfico 13, se puede inferir que de las 62 IES que ofertan programas académicos en áreas de la química, 22 IES no presentan ningún grupo de investigación vinculado con el enfoque de química verde. Con dicha información fue posible calcular el porcentaje de incidencia de los grupos de investigación, relacionando la totalidad de los programas académicos encontrados con respecto a los que presentan grupos de investigación de interés, tal y como se evidencia en la tabla 8.

Tabla 8. Porcentaje de IES que constituyen grupos de investigación relacionados con el enfoque de Química Verde en los programas académicos en áreas de la química en Colombia. Fuente: elaboración propia.

Programa Académico	**Presentan**	**No presentan**	**% de incidencia de grupos de investigación**
Licenciatura en química (LQ)	2	4	33
Química (Q)	14	6	70
Ingeniería Química (IQ)	16	2	89
Química Farmacéutica (QF)	5	4	56
Química Industrial (QI)	1	2	33
Química Ambiental (QA)	1	0	100

Ingeniería Petroquímica (IP)	0	1	0
Ingeniería Bioquímica (IB)	1	2	33
Bioquímica (B)	0	1	0

A partir de la anterior tabla, se puede observar que el programa de ingeniería petroquímica y Bioquímica no cuentan con ningún grupo de investigación relacionado con el enfoque de química verde, seguidos por los programas de licenciatura en química, química industrial e ingeniería bioquímica, los cuales cuentan con un 33% de incidencia, dichos porcentajes son un llamado a la reflexión al interior de los programas académicos para que incentiven tanto a docentes como estudiantes en la importancia de la investigación científica con énfasis en la protección y preservación ambiental desde principios de la química verde con objetivos sustentables.

Además de la anterior información relacionada, fue sumamente relevante realizar una investigación exhaustiva de otras tendencias y propuestas académicas que tuvieran alguna relación con el enfoque de química verde, para poder obtener un panorama más global y completo de la presente investigación, encontrando que de las 62 IES, 12 presentan simposios, seminarios, noticias, cursos y conferencias centrados específicamente en el enfoque de química verde, lo cual evidencia que las IES se están interesando por el enfoque y lo están dando a conocer por diferentes medios académicos. Además es un llamado de atención para que otros programas también se interesen por conocerlo, abordarlo e institucionalizarlo en sus diferentes instituciones de educación superior.

7. CONCLUSIONES

Se realizó la identificación de los programas de formación de profesionales en áreas de la química en Colombia, a partir del estudio y tratamiento de la base de datos oficial especializada SNIES, encontrando a nivel nacional nueve diferentes programas académicos, los cuales son ofertados por 62 IES, así mismo, se reconoce que el programa de química es el que cuenta con la mayor demanda académica, determinando que la mayoría de IES tienen una distribución territorial ubicada en Bogotá D.C

Se llevó acabo la caracterización de los programas académicos identificados en las 62 IES, en relación con la vinculación y el abordaje del enfoque de química verde, iniciando por el estudio y análisis de sus documentos marco, encontrando que la mayoría de instituciones realizan alusiones del componente sostenible y ambiental con un 34% de incidencia, en comparación con el enfoque de química verde el cual se ve relacionado con conceptos afines, tales como, sostenibilidad, sustentabilidad y ambiental, los cuales no superan un porcentaje del 3%, esto da a inferir que el enfoque no se está proyectando en los objetivos, metas, alcances y propósitos de los diferentes programas académicos.

Así mismo, se identificaron 100 asignaturas de interés con el enfoque de química verde por medio del análisis de las mallas curriculares, las cuales fueron sistematizadas por áreas temáticas y caracterizadas mediante obligatoriedad, componentes y subcomponentes, encontrando que un 55% son de carácter obligatorio y se clasifican en mayor medida en el componente de formación profesional desde el subcomponente de contexto profesional, lo que indica que las asignaturas de interés están orientadas a promover una educación contextualizada, dejando un total de 45% para las asignaturas complementarias, de las cuales se debe denotar que 7 de las 9 asignaturas encontradas para el enfoque de química verde y sus áreas afines tales como, sostenible, sustentable y energías alternativas hacen parte de dicha categoría, esto refleja que las diferentes IES evidencian el enfoque como un conocimiento complementario dentro de la formación académica y no como una necesidad de generar procesos

formativos propositivos, íntegros y reflexivos encaminados a mejorar las problemáticas socio ambientales de la actualidad.

Por otra parte, el área de educación ambiental es el que más asignaturas de interés relaciona con un total de 32% de incidencia, identificando así mismo, que la mayoría de asignaturas obligatorias encontradas manejan de 2 a 3 créditos académicos y son vistas en mayor medida en octavo semestre, esto en un buen panorama frente a las horas de trabajo y el semestre académico, ya que sirve como base para generar buenos procesos formativos.

Se determinaron las principales tendencias, propuestas, perspectivas teóricas y metodológicas, entre otros aspectos de investigación desde los que se abordan el enfoque de química verde, encontrando 61 grupos de investigación de los cuales 5 tienen líneas específicas con el enfoque de química verde y 12 IES presentan eventos que promueven el interés de conocer, socializar y promover el enfoque, esto demuestra que a pesar que no se tiene una mayor cantidad de líneas o eventos de investigación, si se quiere dar a conocer por parte de la comunidad académica el enfoque de química verde como alternativa de cuidado, prevención y preservación ambiental a los profesionales en áreas de la química en Colombia.

Se reconoce que de los nueve programas académicos analizados, cuatro cumplen con un porcentaje del 100% en aspectos relevantes e importantes, tales como, la inclusión de alusiones de interés en sus documentos marco y las áreas temáticas relacionadas con el enfoque de química verde, dichos programas son, química industrial, química ambiental, ingeniería petroquímica e ingeniería bioquímica. Mientras que en aspectos netamente investigativos, solo el programa de química ambiental cuenta con un 100% de incidencia, esto es de esperar debido a los objetivos y planteamientos curriculares propios del programa.

Se concluye que el estado de abordaje del enfoque de química verde es incipiente en las IES, ya que sus porcentajes de incidencia tanto en las alusiones de interés, como en las áreas temáticas e investigativas es bastante inferior con respecto a otras categorías, lo cual es una oportunidad de mejora y motivación al interior de los programas académicos, para que estos identifiquen la importancia

de generar una posible reformulación gradual de los planes de estudio, donde la educación ambiental en general y de la química verde en particular, sean un factor primordial en el currículo, desde una educación propositiva, preventiva y consiente de la problemática ambiental, esto se puede dar desde diversas alternativas, por ejemplo, desde una inserción transversal, donde se llegue a permear diferentes disciplinas y contextos tanto académicos como cotidianos, para poder alcanzar una educación alejada del tradicionalismo y mucho más interdisciplinar, la cual reconozca el importante papel social, político, económico y por su puesto ambiental, que tiene la química como ciencia indispensable para la existencia humana.

7.1. CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES

La cartografía presentada es una herramienta necesaria para identificar el panorama nacional en el que se encuentran los programas en áreas de la química en Colombia, en cuanto a la educación ambiental en términos generales y en específico de la educación en química verde, como herramienta concientizadora, contextualizadora y propositiva frente a las diversas problemáticas ambientales, de la cual las diferentes IES pueden llegar a evaluar la pertinencia del enfoque al interior de los programas académicos, orientando sus currículos hacia un constante cuidado y preservación ambiental.

Se recomienda para futuras tesis relacionadas con conocer el estado y abordaje del enfoque de química verde en la formación de profesionales en áreas de la química en Colombia, abordar aspectos sumamente importantes y relevantes, como lo son, la identificación de las diferentes perspectivas, conceptualizaciones, trabajos prácticos de laboratorio, entre otros aspectos de los cuales el docente lleva al aula para implementar el enfoque, es decir, que se realice una investigación de campo para profundizar aspectos necesarios para la presente investigación.

8. BIBLIOGRÁFIA

Alarcón, M. F., Martínez, U. y Rodríguez, H. (2019). La educación en Orinoquia: detrás de las cifras. *Revista Llano Adentro. Boletín*, (4). https://ceo.uniandes.edu.co/images/Bolet%C3%ADn_4.pdf

Anastas, P y Warner, J. (1998). Green Chemistry. Theory and Practice. *New York: Oxford University Press.*

Andraos, J. y Dicks, A. P. (2012). Green chemistry teaching in higher education: a review of effective practices. *The Royal Society of Chemistry, 13,* 69-79. https://doi.org/10.1039/C1RP90065J

Brandão, J., Bouzon, J., dos Santos, T., Pereira, V., & Chrispino, Á. (2018). Mapeamento de publicações sobre o ensino da química verde no Brasil a partir de redes sociais. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, 14*(30), 59-76. http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v14i30.5338

Carson, R. (1962). Silent Spring. *Houghton Mifflin Harcourt.*

Castro, J. A. (2017). Algunas reflexiones sobre el papel de la filosofía en la integración de las ciencias naturales y la educación ambiental. *DIE-UPN*, 1-25.

Chamizo J. A. (2011). La imagen pública de la química. *Educación Química, 22* (4), 320-331.

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.

Eilks, I. y Rauch, F. (2012). Sustainable development and green chemistry in chemistry education. *The Royal Society of Chemistry, 13,* 57-58. https://doi.org/10.1039/C2RP90003C

Franco, R. A., 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. A. y Ordoñez, L. Y. (2020). El enfoque de química verde en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Su abordaje en revistas

iberoamericanas: 2002-2018. *Educación Química, 31*(1), 84-104. DOI: 10.22201/fq.18708404e.2020.1.70414

Franco, R. A., Riveros, C. M. y Reina, J. A. (2020). La perspectiva ambiental en programas de licenciatura en ciencias naturales de universidades públicas de Colombia: ¿se aborda el enfoque de química verde?. *P.P.D.Q. Boletín*, (60). https://doi.org/10.17227/PPDQ.2019.num60.11789

Franco, R. A., Reina, J. A., y Riveros, C. M. (2020). Concepciones sobre química verde en profesores de química en formación inicial. *Noria Investigación Educativa, 1*(5), 94–108. https://doi.org/10.14483/25905791.16507

Gress, D. R. y Shin, J. (2017). Potential for knowledge in action? An analysis of Korean Green energy related K3–12 curriculum and texts. *Environmental Education Research, 23*(6), 874-885. https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1204987

González, P., Pérez, C. y Figueroa-Duarte, S. (2016). La enseñanza de la química desde la perspectiva de la química verde. *Revista Científica, 24*, 24-40. DOI: 10.14483/udistrital.jour.RC.2016.24.a3

Guevara, E. A. & López, H. L. (2020). Habilidades investigativas en el semillero EDUQVERSA: una estrategia educativa verde desde procesos a microescala. *Universidad pedagógica Nacional.* http://hdl.handle.net/20.500.12209/12237.

Karpudewan, M., Ismail, Z. y Roth, W. M. (2012). The efficacy of a green chemistry laboratory-based pedagogy: changes in environmental values of malaysia pre-service teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education, 10,* 497–529. https://doi.org/10.1007/s10763-011-9295-y

Kitchens, C. (2006). Completing Our Education; Green Chemistry in the Curriculum. *Journal of Chemical Education, 83* (8), 1126-1129.

Machado, A. (2011). Da Génese ao ensino da Química Verde. *Química Nova, 34,* 535-543.

Machado, A. (2012). Dos primeiros aos segundos doze princípios da Química Verde. *Química Nova*, *35* (6), 1250-1259. https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000600034.

Marques, C. A. y Machado, A. (2014). Environmental Sustainability: implications and limitations to Green Chemistry. *Found Chem, 16***,** 125–147. https://doi.org/10.1007/s10698-013-9189-x

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

MEN. (2003). Decreto 2566 de septiembre 10 de 2003. *Mineducación. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86425_Archivo_pdf.pdf*

Naciones Unidas (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe.

Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2020). Química Verde y Sostenible: Manual de referencia. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/35312/GreenChemistry_ESSP.pdf

Olarte, A. C. y Palacio, A. L. (2019). El enfoque de Química verde en la fundamentación teórica de profesores en formación inicial: abordaje de reacciones químicas. *Universidad pedagógica Nacional.* http://hdl.handle.net/20.500.12209/11797.

REDIQ-CPIQ-ACOFI. (2020). Una mirada a la Ingeniería Química Colombiana Academia - Industria – Gobierno*. ACOFI*, 20-40.

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

Rozo, N. S. (2020). Química verde y representaciones sociales sobre síntesis sustentable en profesores en formación inicial. *Universidad pedagógica Nacional.* http://hdl.handle.net/20.500.12209/12238

Rizo, M. (2015). Técnicas de investigación documental. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*. https://repositorio.unan.edu.ni/12168/1/100795.pdf

Singh, M., Szafran, Z. y Pike, R. (1999). Microscale Chemistry and Green Chemistry: Complementary Pedagogies. *Journal of Chemical Education, 76* (12), 1684-1686

Sjöström, J., Eilks, I. y Zuin, V. G. (2016). Towards Eco-reflexive Science Education a Critical Reflection about Educational Implications of Green Chemistry. *Sci & Educ , 25,* 321-341. https://doi.org/10.1007/s11191-016-9818-6

Taylor, S. y Bogdan, R. (1987). Introducción a los métodos cualitativos de investigación: la búsqueda de significados. *Ediciones Paidó,* 18-25.

Téllez, J. A. (2020). Enseñanza del cambio químico en grado octavo. Una estrategia didáctica desde la química verde y los trabajos prácticos de laboratorio. *Universidad pedagógica Nacional.* http://hdl.handle.net/20.500.12209/12371.

Timmer, B., Schaufelberger, F., Hammarberg, D., Franzen, J., Ramstron, O. y Dinér, P. (2018) Simple and Effective Integration of Green Chemistry and Sustainability Education into an Existing Organic Chemistry Course. *Journal of Chemical Education, 95* (8), 1301–1306.

Vázquez, G. A., Lucho-Constantino, C., Coronel, C. y Beltrán, I. (2014). Esbozo histórico de las Ciencias Ambientales I. De Hipócrates a Primavera silenciosa. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, *2*(3). https://doi.org/10.29057/icbi.v2i3.528

Velasco, M. A. (2019). La química verde y los TPL en el abordaje de conceptos químicos: una estrategia con profesores en formación. *Universidad pedagógica Nacional.* Recuperado de: http://hdl.handle.net/20.500.12209/10829

Velasco, M. A. y Franco, R. A. (2020). Estrategia para la enseñanza del concepto de enlace químico en grado décimo desde el enfoque de química verde y los trabajos prácticos de laboratorio (tpl). *P.P.D.Q. Boletín*, (60). https://doi.org/10.17227/PPDQ.2019.num60.11787

Vivas, A. y Martos, A. (2011). La cartografía conceptual y su utilidad para el estudio de la lectura como práctica histórico-cultural: El Quijote como ejemplo. *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información, 24*(51). DOI: http://dx.doi.org/10.22201/iibi.0187358xp.2010.51.24334

Winterton, N. (2001), Twelve more green chemistry principles, *Green Chem*, *3*, 73–75. DOI: 10.1039/b110187k

Zarta, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa,* (28), 409-423. https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de información inicial de los programas académicos

Denominación de programas	Cód. Institución de Educación Superior - IES	Ciudad	Departamento	Página WEB
Licenciatura en química	1. Fundación Universitaria Salesiana	Bogotá	Cundinamarca	https://salesiana.edu.co/licenciatura-en-quimica/
	2. Universidad CESMAG – UNICESMAG	Pasto	Nariño	https://educacion.unicesmag.edu.co/index.php/licenciatura-en-quimica/
	3. Universidad De Los Andes	Bogotá	Cundinamarca	https://educacion.uniandes.edu.co/es/programas/pregrado/licenciatura-quimica
	4. Universidad Del Magdalena – UNIMAGDALENA	Santa Marta	Magdalena	https://unimagdalena.edu.co/presentacionPrograma/Programa/7082
	5. Universidad Distrital-Francisco José De Caldas	Bogotá	Cundinamarca	http://licquimica.udistrital.edu.co:8080/plan-de-estudios
	6. Universidad Pedagógica Nacional	Bogotá	Cundinamarca	http://cienciaytecnologia.pedagogica.edu.co/vercontenido.php?idp=373&idh=376
Química	7. Instituto Universitario De La Paz	Barrancabermeja	Santander	https://unipaz.edu.co/quimica.html
	8. Universidad De Antioquia	Medellín	Antioquia	https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/unidades-academicas/ciencias-exactas-naturales/estudiar-facultad/pregrados/quimica
	9. Universidad De Cartagena	Cartagena de Indias	Bolívar	https://www.unicartagena.edu.co/estudia-con-nosotros/programa-quimica

10. Universidad De Ciencias Aplicadas Y Ambientales – UDCA	Bogotá	Cundinamarca	https://www.udca.edu.co/pregrado/quimica/
11. Universidad De Córdoba	Montería	Córdoba	https://www.unicordoba.edu.co/index.php/facultad-ciencias-basicas/quimica/
12. Universidad De La Amazonia	Florencia	Caquetá	https://www.uniamazonia.edu.co/inicio/index.php/programas/pregrado/ciencias-basicas/quimica.html
13. Universidad De Los Andes	Bogotá	Cundinamarca	https://quimica.uniandes.edu.co/es/programas/pregrado-quimica
14. Universidad De Nariño	Pasto	Nariño	https://www.udenar.edu.co/facultades/facien/quimica/
15. Universidad De Pamplona	Pamplona	Norte de Santander	https://www.unipamplona.edu.co/pquimica/
16. Universidad Del Atlántico	Barranquilla	Atlántico	https://www.uniatlantico.edu.co/uatlantico/docencia/ciencias-basicas/programas/quimica
17. Universidad Del Cauca	Popayán	Cauca	https://www.unicauca.edu.co/versionP/oferta-academica/programas-de-pregrado/quimica
18. Universidad Del Quindío	Armenia	Quindío	https://www.uniquindio.edu.co/programas/publicaciones/303/quimica/
19. Universidad Del Tolima	Ibagué	Tolima	http://facultadciencias.ut.edu.co/programas-ft/pregrados/quimica.html
20. Universidad Del Valle	Cali	Valle del Cauca	https://ciencias.univalle.edu.co/pregrados/quimica
21. Universidad Distrital-Francisco José De Caldas	Bogotá	Cundinamarca	http://www1.udistrital.edu.co:8080/web/quimica/plan-de-estudio
22. Universidad ICESI	Cali	Valle del Cauca	https://www.icesi.edu.co/facultad-ciencias-naturales/quimica

	23. Universidad Industrial De Santander	Bucaramanga	Santander	https://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/ciencias/escuelas/quimica/programasAcademicos/quimica/index.jsp?variable=14
	24. Universidad Nacional De Colombia	Bogotá	Cundinamarca	http://ciencias.bogota.unal.edu.co/areas-curriculares/area-curricular-de-quimica/programas-academicos/pregrado-en-quimica/informacion-general/?L=3
	25. Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia – UPTC	Tunja	Boyacá	http://www.uptc.edu.co/facultades/f_ciencias/pregrado/quimica/inf_general/
	26. Universidad Santiago De Cali	Cali	Valle del Cauca	https://cienciasbasicas.usc.edu.co/index.php/programas-de-pregrado/quimica
Ingeniería Química	27. Fundación Universidad De América	Bogotá	Cundinamarca	https://www.uamerica.edu.co/programas-academicos/pregrado/ingenieria-quimica/
	28. Fundación Universidad De Bogotá - Jorge Tadeo Lozano	Bogotá	Cundinamarca	https://www.utadeo.edu.co/es/facultad/ciencias-naturales-e-ingenieria/programa/bogota/ingenieria-quimica
	29. Universidad De Antioquia	Medellín	Antioquia	https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/unidades-academicas/ingenieria/estudiar-facultad/pregrados/ingenieria-quimica
	30. Universidad De Cartagena	Cartagena de Indias	Bolívar	https://www.unicartagena.edu.co/estudia-con-nosotros/programa-ingenieria-quimica
	31. Universidad De La Sabana	Chía	Cundinamarca	https://www.unisabana.edu.co/ingenieriaquimica/
	32. Universidad De La Salle	Bogotá	Cundinamarca	https://www.lasalle.edu.co/pregrado/ingenieria-Quimica/
	33. Universidad De Los Andes	Bogotá	Cundinamarca	https://quimicayalimentos.uniandes.edu.co/es/programas-academicos/pregrados/ingenieria-quimica

	34. Universidad De Pamplona	Pamplona	Norte de Santander	https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_137/recursos/general/24042015/plan_de_estudio.jsp
	35. Universidad De San Buenaventura	Cartagena de Indias	Bolívar	http://usbcartagena.edu.co/new/index.php/ingenieria-quimica
	36. Universidad Del Atlántico	Barranquilla	Atlántico	https://www.uniatlantico.edu.co/uatlantico/docencia/ingenieria/programas/ingenieria-quimica
	37. Universidad Del Valle	Cali	Valle del Cauca	http://programasingenieria.univalle.edu.co/ingenieria-quimica
	38. Universidad EAN	Bogotá	Cundinamarca	https://universidadean.edu.co/programas/carreras-profesionales/carrera-de-ingenieria-quimica
	39. Universidad Industrial De Santander	Bucaramanga	Santander	https://www.uis.edu.co/webUIS/es/academia/facultades/fisicoQuimicas/escuelas/ingenieriaQuimica/programaAcademicos/ingenieriaQuimica/index.jsp?variable=33
	40. Universidad Nacional De Colombia- Sede Bogotá	Bogotá	Cundinamarca	https://ingenieria.bogota.unal.edu.co/es/formacion/pregrado/ingenieria-quimica.html
	41. Universidad Nacional De Colombia- Sede Manizales	Manizales	Caldas	https://www.manizales.unal.edu.co/menu/programas-academicos/carreras/ingenieria-quimica/
	42. Universidad Nacional De Colombia- Sede Antioquia	Medellín	Antioquia	https://minas.medellin.unal.edu.co/formacion/pregrado/ingenieriaquimica
	43. Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	Antioquia	https://www.upb.edu.co/es/pregrados/ingenieria-quimica-medellin
	44. Universidad Tecnológica De Bolívar	Cartagena de Indias	Bolívar	https://www.utb.edu.co/pregrados/ingenieria-quimica/
Química Farmacéutica	45. Fundación Universitaria Salesiana	Bogotá	Cundinamarca	https://salesiana.edu.co/quimica-farmaceutica/
	46. Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Cundinamarca	https://www.javeriana.edu.co/info-prg/carrera-quimica-farmaceutica

	47. Universidad CES	Medellín	Antioquia	https://www.ces.edu.co/es/programas/carreras/quimica-farmaceutica/plan-de-estudio-quimica-farmaceutica/
	48.Universidad De Antioquia	Medellín	Antioquia	https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/institucional/unidades-academicas/facultades/ciencias-farmaceuticas-alimentarias/programas-academicos/contenido/asmenulateral/programas-pregrado
	49. Universidad De Cartagena	Cartagena de Indias	Bolívar	https://www.unicartagena.edu.co/estudia-con-nosotros/programa-quimica-farmaceutica
	50. Universidad De Ciencias Aplicadas Y Ambientales – UDCA	Bogotá	Cundinamarca	https://www.udca.edu.co/pregrado/quimica-farmaceutica/
	51. Universidad El Bosque	Bogotá	Cundinamarca	https://www.unbosque.edu.co/ciencias/carrera/quimica-farmaceutica
	52. Universidad ICESI	Cali	Valle del Cauca	https://www.icesi.edu.co/facultad-ciencias-naturales/quimica-farmaceutica
	53. Universidad Santiago De Cali	Cali	Valle del Cauca	https://cienciasbasicas.usc.edu.co/index.php/programas-de-pregrado/quimica-farmaceutica
Química Industrial	54. Instituto Tecnológico Metropolitano	Medellín	Antioquia	https://www.itm.edu.co/aspirante-pregrado/programas-profesionales/quimica-industrial/
	55. Universidad Francisco De Paula Santander	San José de Cúcuta	Norte de Santander	https://ww2.ufps.edu.co/oferta-academica/quimica-industrial/1781
	56. Universidad Tecnológica De Pereira - UTP	Pereira	Risaralda	https://tecnologias.utp.edu.co/quimica-industrial/
Química Ambiental	57. Universidad Santo Tomas	Bucaramanga	Santander	http://facultadquimicaambiental.ustabuca.edu.co
Ingeniería Petroquímica	58. Universidad De Santander - UDES	Bucaramanga	Santander	https://bucaramanga.udes.edu.co/estudia/pregrados/ingenieria-petroquimica

Ingeniería Bioquímica	59. Universidad De Antioquia	El Carmen del Viboral	Antioquia	https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/unidades-academicas/ingenieria/estudiar-facultad/pregrados/ingenieria-bioquimica
	60.Universidad De Antioquia	Carepa	Antioquia	https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/unidades-academicas/ingenieria/estudiar-facultad/pregrados/ingenieria-bioquimica
	61.Universidad ICESI	Cali	Valle del Cauca	https://www.icesi.edu.co/facultad-ingenieria/ingenieria-bioquimica
Bioquímica	62. Universidad Antonio Nariño	Bogotá	Cundinamarca	https://www.uan.edu.co/bioquimica-plan-de-estudio

Anexo 2. Matriz de caracterización de programas

Denominación de programas	Cód. Institución De Educación Superior - IES	Alusiones de interés programa				Espacio Académico/ Asignatura de interés	Electivas	Investigación
		Q.V	Q.S.S	Ambiental	N.P			
Licenciatura En Química	1. Fundación Universitaria Salesiana				X	Química Ambiental / Ambiente y sustentabilidad	N.P	N.P
	2. Universidad CESMAG – UNICESMAG			X		Ecología	Electiva Libre Ambiental / Educación Ambiental	N.P
	3. Universidad De Los Andes				X	N.P	N.P	N.P
	4. Universidad Del Magdalena – UNIMAGDALENA				X	Química Sostenible / Desarrollo Sostenible y Educación	Línea de Química Ambiental	N.P
	5. Universidad Distrital-Francisco José De Caldas			X		Química ambiental y sostenible	Educación ambiental	Grupo de investigación de instrumentación química
	6. Universidad Pedagógica Nacional			X		Temas transversales en ciencias naturales y educación ambiental	Química verde y energías alternativas	Representaciones y conceptos científicos. IREC
Química	7. Instituto Universitario De La Paz		X	X		Química ambiental	N.P	N.P
	8. Universidad De Antioquia			X		N.P	Química Ambiental	Química de recursos energéticos y medio ambiente - QUIREMA / síntesis y biosíntesis de metabolitos naturales

	9. Universidad De Cartagena		X(Sostenible)	X		N.P	N.P	N.P
	10. Universidad De Ciencias Aplicadas Y Ambientales – UDCA		X(Sustentable)			Catedra ambiental / Química ambiental / Ecología química / Química verde	Cosmética Verde	Sostenibilidad ambiental
	11. Universidad De Córdoba			X		Química ambiental / Constitución política y legislación ambiental	N.P	N.P
	12. Universidad De La Amazonia		X			Universidad, región y medio ambiente / Química ambiental / Química de productos naturales	Ecología Química	Materiales, ambiente y desarrollo- MADE
	13. Universidad De Los Andes				X	N.P	N.P	Grupo de adsorbentes y catalizadores para la protección ambiental
	14. Universidad De Nariño		X(Sostenible)	X		N.P	Química ambiental / Contexto socio histórico, cultural y ambiental	Estudios de sistemas contaminantes
	15. Universidad De Pamplona		X(Sostenible)	X		Educación ambiental	N.P	Grupo energía, transformación química y medio ambiente
	16. Universidad Del Atlántico			X		Ambiente y sociedad / Química Ambiental	Gestión Ambiental	N.P

	17. Universidad Del Cauca			X		N.P	Química Ambiental / Ecología Química	Biotecnología, calidad medioambiental y seguridad agroalimentaria (BICAMSA) / Grupo de investigación en procesos electroquímicos – GIPEL / Grupo de investigación en química analítica ambiental
	18. Universidad Del Quindío			X		Química Ambiental	N.P	Grupo químico de investigación y desarrollo ambiental (QIDEA) / Grupo de investigación en fisicoquímica ambiental y computacional
	19. Universidad Del Tolima		X(Sostenible)	X		Química Ambiental	N.P	Química aplicada a procesos ecológicos QUAPE / Grupo de investigación en materiales porosos con aplicaciones ambientales y tecnológicas (GIMPOAT)
	20. Universidad Del Valle		X(Sustentabilidad)	X		Química verde y ambiental	N.P	N.P
	21. Universidad Distrital-Francisco José De Caldas		X(Sostenible)	X		Química Verde / Química Ambiental	Educación ambiental y desarrollo sostenible / Toxicología ambiental / Tendencias de la investigación ambiental	Grupos de investigación UDINEX

	22. Universidad ICESI			X		N.P	Conflictos socio ambientales - nuevas miradas de la justicia ambiental: CTS / Agua, tecnología y justicia ambiental: ciencia, tecnología y sociedad	N.P
	23. Universidad Industrial De Santander			X		Química Ambiental	Introducción a la Química Verde/ Ecología	Centro de investigación para el desarrollo sostenible en industria y energía
	24. Universidad Nacional De Colombia		X(Sostenible)	X		N.P	Química Ambiental	Síntesis orgánica sostenible / Grupo de estudios para la remediación y mitigación de impactos negativos al ambiente - GERMINA
	25. Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia – UPTC		X	X		Química Ambiental	N.P	Grupo de investigaciones en química ambiental
	26. Universidad Santiago De Cali		X(Sustentable)	X		Química Ambiental	Química Verde	Microbiología, industria y ambiente (GIMIA) / Grupo de investigación en electroquímica y medio ambiente (GIEMA)
Ingeniería Química	27. Fundación Universidad De América		X(Sostenible)	X		N.P	N.P	Semillero: Energías Alternativas
	28. Fundación Universidad De Bogotá - Jorge Tadeo Lozano			X		Pensamiento ambiental / Eco Diseño / Química ambiental	Química Verde / Introducción a la Ingeniería ambiental	Grupo de investigación en energía, ambiente y desarrollo –EADE / Sostenibilidad en procesos

	29. Universidad De Antioquia		X(Sostenible)	X		N.P	N.P	Catálisis Ambiental
	30. Universidad De Cartagena		X	X		N.P	Evaluación Ambiental / Ingeniería Ambiental / Fundamentos de ecología y medio ambiente	Modelación Ambiental
	31. Universidad De La Sabana		X	X		Salud, Seguridad y Medio Ambiente	Medio ambiente y sostenibilidad	Gema - Energías, Materiales y Ambiente
	32. Universidad De La Salle		X(Sostenible)	X		Ambiente y desarrollo Sostenible / Ingeniería Verde	Gestión ambiental	Semillero del centro lasallista de investigación y modelación ambiental (CLIMA) / Remediación ambiental con usos sostenibles y sustentables (RACUSS)
	33. Universidad De Los Andes		X(Sostenible)	X		N.P	Química ambiental / Introducción a la problemática ambiental	N.P
	34. Universidad De Pamplona	X	X(Sostenible)	X		Educación Ambiental	N.P	Semillero de investigación en ingeniería química (SINVINQ)
	35. Universidad De San Buenaventura				X	N.P	N.P	Grupo de investigación en asentamientos urbanos y desarrollo sostenible

	36. Universidad Del Atlántico		X(Sostenible)	X		Gestión ambiental	N.P	Procesos químicos y bioquímicos sostenibles / Química de metales de transición
	37. Universidad Del Valle			X		Producción más limpia	N.P	N.P
	38. Universidad EAN	X	X	X		Constitución política colombiana y sostenibilidad	Procesos verdes	Gestión ambiental
	39. Universidad Industrial De Santander		X(Sostenible)	X		N.P	Gestión ambiental en la industria de procesos químicos / Ecología industrial	Centro de investigación para el desarrollo sostenible en industria y energía / Grupo de investigación en tecnologías de valorización de residuos y fuentes agrícolas e industriales para la sustentabilidad energética.
	40. Universidad Nacional De Colombia- Sede Bogotá		X(Sostenible)	X		N.P	Contexto ambiental colombiano / Diseño ambiental de procesos / Prevención de la contaminación industrial / herramientas de química verde y ecología industrial	Grupo de investigación en materiales, catálisis y medio ambiente / Mecanismos de desarrollo limpio y gestión energética
	41. Universidad Nacional De Colombia- Sede Manizales			X		N.P	Ingeniería ambiental	Grupo de trabajo académico en ingeniería hidráulica y ambiental

	42. Universidad Nacional De Colombia- Sede Antioquia			X		N.P	Ecología general	Evaluación de riesgo ambiental del uso de compuestos químicos
	43. Universidad Pontificia Bolivariana		X(Sostenible)	X		N.P	N.P	Grupo de investigaciones ambientales / Grupo de investigación en calidad de aguas y modelación hídrica y ambiental - CAMHA
	44. Universidad Tecnológica De Bolívar				X	N.P	N.P	Grupo de investigación sistemas ambientales e hidráulicos (GISAH) / Grupo de investigación estudios químicos y biológicos / semillero de investigación en ciencias ambientales
Química Farmacéutica	45. Fundación Universitaria Salesiana		X(Sostenible)	X		Ambiente y sustentabilidad	N.P	N.P
	46. Pontificia Universidad Javeriana				X	Fundamentos de ecología	N.P	Unidad de saneamiento y biotecnología ambiental (USBA)
	47. Universidad CES			X		N.P	N.P	N.P
	48.Universidad De Antioquia		X(Sostenible)	X		N.P	N.P	Grupo de investigación salud y ambiente, salud y sostenibilidad.
	49. Universidad De Cartagena		X(Sostenible)			N.P	N.P	N.P

	50. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales – UDCA		X(Sustentable)			Catedra Ambiental	N.P	Productos Naturales U.D.C.A
	51. Universidad del Bosque				X	N.P	N.P	Saneamiento ecológico, salud y medio ambiente
	52. Universidad ICESI			X		N.P	N.P	N.P
	53. Universidad Santiago De Cali			X		N.P	N.P	(GIMIA GI) microbiología, industria y medio ambiente,
Química Industrial	54. Instituto Tecnológico Metropolitano			X		Gestión Ambiental	Química Ambiental / Procesos Ambientales	Química básica, aplicada y ambiente
	55. Universidad Francisco De Paula Santander		X(Sostenibilidad)	X		Desarrollo sostenible / Reciclaje de materiales	N.P	N.P
	56. Universidad Tecnológica De Pereira - UTP		X(Sostenibilidad)	X		Química Ambiental	N.P	N.P
Química Ambiental	57. Universidad Santo Tomas	X	X	X		Introducción a la química ambiental / Política ambiental / Ecología / Laboratorio de análisis ambiental / Gestión ambiental / Toxicología ambiental	N.P	Grupo de investigación en nuevos materiales y energías alternativas (GINMEA) / Grupo investigaciones ambientales para el desarrollo sostenible (GIADS)
Ingeniería Petroquímica	58. Universidad De Santander - Udes		X	X		Constitución política y legislación ambiental / Gestión ambiental en la industria petroquímica / Impacto ambiental de proyectos	N.P	N.P

Ingeniería Bioquímica	59. Universidad De Antioquia		X(Sostenibilidad)	X		Biotecnología industrial y ambiental	Legislación ambiental / Ecología y biodiversidad	N.P
	60.Universidad De Antioquia		X(Sostenibilidad)	X		Biotecnología industrial y ambiental	Legislación ambiental / Ecología y biodiversidad	N.P
	61.Universidad ICESI		X(Sostenibilidad)	X		Diseño De Bioprocesos	N.P	Grupo de investigación ICUBO
Bioquímica	62. Universidad Antonio Nariño			X		N.P	N.P	N.P

Abreviación	Significado
Q.V	Química Verde
Q.S.S	Química Sostenible-Sustentable
N.P	No Presenta

Anexo 3. Rejilla de análisis documental de planes de estudio y mallas curriculares

Denominación de programas	Cód., Institución de Educación Superior - IES	Parámetros de la revisión documental									
		Espacio Académico/ Asignatura de Interés	C.F	C.D		C.C		O	N.C	S
			S.C.B	S.B.D	S.C.P	S.H	S.E			
Licenciatura en química	1. Fundación Universitaria Salesiana	Química Ambiental	x					x	3	9
		Ambiente y Sustentabilidad			x			x	3	6
	2. Universidad CESMAG – UNICESMAG	Ecología			x			x	2	9
		Electiva Libre Ambiental					x			
		Educación Ambiental					x			
	4. Universidad Del Magdalena – UNIMAGDALENA	Química Sostenible	x					x	3	8
		Desarrollo Sostenible y Educación			x			x	2	8
		Línea De Química Ambiental					x			
	5. Universidad Distrital-Francisco José De Caldas	Química Ambiental y Sostenible	x					x	2	7
		Educación Ambiental					x			
	6. Universidad Pedagógica Nacional	Temas Transversales en Ciencias Naturales y Educación Ambiental			x			x	3	8
		Química Verde y Energías Alternativas					x			
Química	7. Instituto Universitario De La Paz	Química Ambiental	x					x	4	6
	8. Universidad De Antioquia	Química Ambiental					x			
	10. Universidad De Ciencias Aplicadas Y Ambientales – UDCA	Catedra Ambiental			x			x	2	2
		Química Ambiental	x					x	3	8
		Ecología Química	x					x	3	8
		Química Verde					x			
		Cosmética Verde					x			

	11. Universidad De Córdoba	Constitución Política y Legislación Ambiental			x			x	2	1
		Química Ambiental	x					x	3	8
	12. Universidad De La Amazonia	Universidad, Región y Medio Ambiente			x			x	3	6
		Química Ambiental	x					x	4	7
		Química de productos naturales	x					x	4	8
		Ecología Química					x			
	14. Universidad De Nariño	Contexto socio histórico, cultural y Ambiental					x			
		Química Ambiental					x			
	15. Universidad De Pamplona	Educación Ambiental			x			x	2	2
	16. Universidad Del Atlántico	Ambiente y Sociedad			x			x	2	8
		Química Ambiental	x					x	4	9
		Gestión Ambiental					x			
	17. Universidad Del Cauca	Química Ambiental					x			
		Ecología Química					x			
	18. Universidad Del Quindío	Química Ambiental	x					x	3	9
	19. Universidad Del Tolima	Química Ambiental	x					x	4	8
	20. Universidad Del Valle	Química Verde y Ambiental	x					x	3	8
	21. Universidad Distrital-Francisco José De Caldas	Química Verde	x					x	2	4
		Química Ambiental	x					x	3	6
		Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible					x			
		Toxicología Ambiental					x			
		Tendencias De La Investigación Ambiental					x			

	22. Universidad ICESI	Conflictos Socio Ambientales - Nuevas Miradas De La Justicia Ambiental: CTS					x			
		Agua, Tecnología y Justicia Ambiental: Ciencia, Tecnología y Sociedad					x			
	23. Universidad Industrial De Santander	Química Ambiental	x					x	3	8
		Introducción a la Química Verde					x			
		Ecología					x			
	24. Universidad Nacional De Colombia	Química Ambiental					x			
	25. Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia – UPTC	Química Ambiental	x					x	4	6
	26. Universidad Santiago De Cali	Química Ambiental	x					x	2	2
		Química Verde					x			
Ingeniería Química	28. Fundación Universidad De Bogotá - Jorge Tadeo Lozano	Pensamiento Ambiental			x			x	2	
		Eco Diseño			x			x	2	
		Química Ambiental	x					x	3	
		Química Verde					x			
		Introducción a La Ingeniería Ambiental					x			
	30. Universidad De Cartagena	Evaluación Ambiental					x			
		Ingeniería Ambiental					x			
		Fundamentos De Ecología y Medio Ambiente					x			
	31. Universidad De La Sabana	Salud, Seguridad y Medio Ambiente			x			x	2	8
		Medio Ambiente y Sostenibilidad					x			
	32. Universidad De La Salle	Ambiente y Desarrollo Sostenible			x			x	2	1
		Ingeniería Verde			x			x	2	5

		Gestión Ambiental					x			
	33. Universidad De Los Andes	Química Ambiental					x			
		Introducción a La Problemática Ambiental					x			
	34. Universidad De Pamplona	Educación Ambiental			x			x	2	1
	36. Universidad Del Atlántico	Gestión Ambiental			x			x	2	10
	37. Universidad Del Valle	Producción más limpia			x			x	3	9
	38. Universidad EAN	Constitución Política Colombiana y Sostenibilidad			x			x	3	7
		Procesos Verdes					x			
	39. Universidad Industrial De Santander	Gestión Ambiental en la industria de procesos Químicos					x			
		Ecología Industrial					x			
	40. Universidad Nacional De Colombia- Sede Bogotá	Contexto Ambiental Colombiano					x			
		Diseño Ambiental De Procesos					x			
		Prevención De La Contaminación Industrial					x			
		Herramientas De Química Verde y Ecología Industrial					x			
	41. Universidad Nacional De Colombia- Sede Manizales	Ingeniería Ambiental					x			
	42. Universidad Nacional De Colombia- Sede Antioquia	Ecología General					x			
Química Farmacéutica	45. Fundación Universitaria Salesiana	Ambiente y Sustentabilidad			x			x	3	6
	46. Pontificia Universidad Javeriana	Fundamentos De Ecología			x			x	2	5
	50. Universidad De Ciencias Aplicadas Y Ambientales – UDCA	Catedra Ambiental			x			x	2	1

Química Industrial	54. Instituto Tecnológico Metropolitano	Gestión Ambiental			x			x	1	2
		Química Ambiental					x			
		Procesos Ambientales					x			
	55. Universidad Francisco De Paula Santander	Desarrollo Sostenible			x			x	2	7
		Reciclaje De Materiales			x			x	3	9
	56. Universidad Tecnológica De Pereira - UTP	Química Ambiental			x			x	3	10
Química Ambiental	57. Universidad Santo Tomas	Introducción a La Química Ambiental	x					x	1	1
		Política Ambiental			x			x	1	2
		Ecología			x			x	2	4
		Laboratorio De Análisis Ambiental	x					x	2	7
		Gestión Ambiental			x			x	2	8
		Toxicología Ambiental			x			x	2	8
Ingeniería Petroquímica	58. Universidad De Santander - UDES	Constitución Política y Legislación Ambiental			x			x	2	1
		Gestión Ambiental en la Industria Petroquímica	x					x	3	9
		Impacto Ambiental De Proyectos			x			x	3	10
Ingeniería Bioquímica	59. Universidad De Antioquia	Biotecnología Industrial y Ambiental	x					x	3	7
		Legislación Ambiental					x			
		Ecología y Biodiversidad					x			
	61.Universidad ICESI	Diseño De Bioprocesos	x					x	3	8

Abreviación	Significado
C.F	Componente fundamental
S.C.B	Subcomponente ciencias básicas
C.D	Componente disciplinar

S.B.D	Subcomponente Básica Disciplinar
S.C.P	Subcomponente Contexto Profesional
C.C	Componente complementario
S.H	Subcomponente Humanidades e Idiomas
S.E	Subcomponente Electiva
O	Obligatoriedad
N.C	número de créditos
S	semestre
N	No presenta

Educación Ambiental (p, c y s)
Química Ambiental
Ingeniería Ambiental
Ecología
Desarrollo sostenible-sustentable
Química verde / sustentable / sostenible y energías alternativas
Ingeniería verde

Anexo 4. Rejilla de clasificación documental de proyectos, programas y propuestas

Denominación de programas	Cód. Institución de Educación Superior - IES	Grupo / Semillero de investigación	Línea de investigación
Licenciatura en química	5. Universidad Distrital-Francisco José De Caldas	Grupo de Investigación de Instrumentación Química	Caracterización, análisis, y tratamiento de aguas, Manejo de residuos peligrosos, Educación ambiental
	6. Universidad Pedagógica Nacional	Representaciones y Conceptos Científicos. IREC	Educación química verde y sustentabilidad ambiental
		Didáctica y sus ciencias	Incorporación de la educación ambiental al currículo de ciencias, Modelos de enseñanza-aprendizaje desde la química de los productos naturales
		Biología Enseñanza y Realidades	Enseñanza de las ciencias naturales, ambiente y ciudadanías
		Alternativas para la Enseñanza de las Ciencias: ALTERNACIENCIAS	Enseñanza de las ciencias con enfoque CTSA
		Educación en ciencias, ambiente y diversidad	Ciencia, Tecnología, Sociedad, Ambiente y Formación Ciudadana, Educación en ciencias y formación Ambiental
	8. Universidad De Antioquia	Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente - QUIREMA	Valorización química y energética de combustibles fósiles , biomasa y residuos; Diseño, preparación y caracterización de catalizadores y materiales carbonosos; Reducción del impacto ambiental causado por el uso de combustibles fósiles
	10. Universidad De Ciencias Aplicadas Y Ambientales – UDCA	Sostenibilidad Ambiental	Sostenibilidad Ambiental, Sostenibilidad social, Tecnologías Digitales
	12. Universidad De La Amazonia	Materiales, Ambiente y Desarrollo- MADE	Educación Ambiental, Estado sólido y catálisis ambiental, Fisicoquímica, Geoquímica del petróleo, Tratamiento de aguas residuales
	13. Universidad De Los Andes	Grupo de Adsorbentes y Catalizadores para la Protección Ambiental	N.P

Química	14. Universidad De Nariño	Estudios de Sistemas Contaminantes	Contaminación del Agua, Control y Contaminación de Alimentos, Manejo de Residuos Sólidos
	15. Universidad De Pamplona	Grupo Energía, Transformación Química y Medio Ambiente	N.P
	17. Universidad Del Cauca	Biotecnología, Calidad Medioambiental y Seguridad Agroalimentaria (BICAMSA)	Biotecnología, Ciencias de la vida y Genómica, Calidad Medioambiental, Estandarización y validación de técnicas analíticas, Indicadores Químicos de Calidad y Seguridad agro-alimentaria, Servicios e-learning, Uso de Productos y Subproductos Agro-alimentarios
		Grupo de investigación en procesos electroquímicos - GIPEL (técnicas analíticas verdes)	N.P
		Grupo de Investigación en Química Analítica Ambiental	N.P
	18. Universidad Del Quindío	Grupo Químico de Investigación y Desarrollo Ambiental (QIDEA)	Electroquímica, Nano encapsulación de productos naturales, Obtención de Productos Químicos a partir de Productos Naturales, Plantas Medicinales, aromáticas y condimentarías, Productos Naturales y Cromatografía
		Grupo de Investigación en Fisicoquímica Ambiental y Computacional	Fisicoquímica, Nano química, Química Computacional, Química Ambiental
	19. Universidad Del Tolima	Química Aplicada a Procesos Ecológicos QUAPE – UT	Caracterización fisicoquímica de suelos georreferenciados y aguas y sus contaminantes, Desarrollo de nuevos de métodos amigables con el medio ambiente para análisis de suelos y aguas, Ecotoxicología, Electroquímica ambiental, Tecnologías de descontaminación

		Grupo de Investigación en materiales porosos con aplicaciones ambientales y tecnológicas (GIMPOAT)	Sólidos porosos, Aprovechamiento de biomasa residual para la producción de materiales carbonosos, Biocatálisis heterogénea en matrices porosas, Didáctica de la Química
	21. Universidad Distrital-Francisco José De Caldas	Grupos de investigación UDINEX	Ciencias Básicas, Medio Ambiente y Desarrollo Social, Desarrollo tecnológico local, Servicios ambientales, Bienes ambientales
	23. Universidad Industrial De Santander	Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible en Industria y Energía	Elaboración de los fundamentos teóricos y experimentales para desarrollo sostenible de los procesos industriales y de la generación de energía, Evaluación la sostenibilidad de las aplicaciones en energía renovables sistemas de energía sostenible para la electrificación rural mediante la selección asistida por ordenador para obtener soluciones optimas, Investigación en combustión eco eficiente y segura para mezcla de gases, Optimización de procesos con énfasis en la protección del medio ambiente
	24. Universidad Nacional De Colombia	Síntesis orgánica sostenible	Desarrollo y caracterización de nuevos materiales, química verde y sostenible
		Grupo de estudios para la remediación y mitigación de impactos negativos al ambiente - GERMINA	Diversidad de la micro biota nacional y su potencial en el desarrollo y mejora de procesos bio-tecnológicos ambientales e industriales, Desarrollo de sistemas de remediación para medios contaminados con metales y metaloides, Síntesis de compuestos órgano-metálicos con aplicación analítica e industrial.
	25. Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia – UPTC	Grupo de investigaciones en química ambiental	Análisis, residuos de la industria alimentaria, residuos industriales, técnicas electroquímicas.
	26. Universidad Santiago De Cali	Grupo de investigación en Microbiología, Industria y Medio Ambiente (GIMIA)	Biología molecular, Salud pública, Sustentabilidad en el uso y transformación de la naturaleza

		Grupo de Investigación en Electroquímica y Medio Ambiente (GIEMA)	Biodiversidad, desarrollo sostenible, riqueza del medio ambiente, Química verde entre otros
Ingeniería Química	27. Fundación Universidad De América	Semillero: energías alternativas	Energías alternativas
	28. Fundación Universidad De Bogotá - Jorge Tadeo Lozano	Grupo de Investigación en Energía, Ambiente y Desarrollo -EADE	N.P
	29. Universidad De Antioquia	Catálisis Ambiental	Estrategias de mejoramiento energético y ambiental de procesos, Fijación de gases efecto invernadero y control de la contaminación del aire, Valorización de aceites esenciales
	30. Universidad De Cartagena	Modelación Ambiental	Gestión Ambiental, Saneamiento Básico, Modelación de Mecanismos de Transporte y Transformación de la contaminación en el medio ambiente.
	31. Universidad De La Sabana	GEMA - Energías, Materiales y Ambiente	Energías, Materiales, Ambiente.
	32. Universidad De La Salle	Semillero del Centro Lasallista de Investigación y Modelación Ambiental (CLIMA)	Aplicación de nuevas tecnologías en la solución de problemáticas ambientales, Diagnóstico y Evaluación de la Contaminación Ambiental e Impacto en la Salud Humana, Modelación de procesos químicos y de calidad ambiental, Políticas públicas, valoración económica y medio ambiente, Producción de biocombustibles a partir de biomasas residuales por medio de procesamiento a condiciones de alta presión y temperatura
		Remediación Ambiental con Usos Sostenibles y Sustentables (RACUSS)	Salud Pública, Microbiología Ambiental, Compostaje y Microorganismos de Alta Montaña.
	34. Universidad De Pamplona	Semillero de investigación en ingeniería química (SINVINQ)	Oxidación, corrosión y protección, y tribología; Estudios sobre procesos fisicoquímicos y bioprocesos; Contaminación y remediación ambiental; Seguridad de procesos y toxicología

	35. Universidad De San Buenaventura	Grupo de investigación en asentamientos urbanos y desarrollo sostenible	N.P
	36. Universidad Del Atlántico	Procesos Químicos y Bioquímicos Sostenibles	Coquización, Extracción e hinchamiento en solventes orgánicos, Procesos de Beneficio y de Transformación del carbón, Usos no- energéticos
		Química de Metales de Transición	Desarrollar sistemas catalíticos homogéneos que cumplan con los principios de la Química Verde, Desarrollo nuevos procesos industriales con un mayor ahorro energético y una reducción significativa de residuos a través de una mejora en la economía atómica y utilizando disolventes amigables con el medio ambiente.
	38. Universidad EAN	Gestión Ambiental	Desarrollo Sostenible, Metodologías e Instrumentos para la Gestión Ambiental.
	39. Universidad Industrial De Santander	Grupo de Investigación en Tecnologías de Valorización de Residuos y Fuentes Agrícolas e Industriales para la Sustentabilidad Energética	Agroindustrial, Celdas de combustible, Combustibles alternos, Refinación y petroquímica, Valorización de desechos
		Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible en Industria y Energía	Elaboración de los fundamentos teóricos y experimentales para desarrollo sostenible de los procesos industriales y de la generación de energía, Evaluación la sostenibilidad de las aplicaciones en energía renovables sistemas de energía sostenible para la electrificación rural mediante la selección asistida por ordenador para obtener soluciones optimas, Investigación en combustión eco eficiente y segura para mezcla de gases, Optimización de procesos con énfasis en la protección del medio ambiente, Producción de biocombustibles de primera y segunda generación.

	40. Universidad Nacional De Colombia- Sede Bogotá	Grupo de investigación en materiales, catálisis y medio ambiente	Aprovechamiento de residuos industriales, procesos avanzados de oxidación, catálisis ambiental, nano materiales
		Mecanismos de desarrollo limpio y gestión energética	Simulación y control de procesos térmicos, sistemas solares y eólicos, eficiencia y gestión energética, aprovechamiento de residuos urbanos y agrícolas como fuente de energía, biocombustibles, construcción de prototipos, motores de vapor, desarrollo sostenible y gestión ambiental
	41. Universidad Nacional De Colombia- Sede Manizales	Grupo de trabajo académico en ingeniería hidráulica y ambiental	Monitoreo hidrometeoro lógico y ambiental, flujo y transporte de sedimento en ladera y cauces.
	42. Universidad Nacional De Colombia- Sede Antioquia	Evaluación de riesgo ambiental del uso de compuestos químicos	Impacto ambiental del uso de agroquímicos sobre los recursos hídricos
	43. Universidad Pontificia Bolivariana	Grupo de Investigaciones Ambientales.	Laboratorio Ambiental- GIA, Línea de estudios atmosféricos, Línea de Gestión Ambiental, Línea de Gestión y valorización de residuos, Línea de uso eficiente y calidad de aguas.
		Grupo de Investigación en Calidad de Aguas y Modelación Hídrica y Ambiental - CAMHA	Calidad de Agua, Gestión Ambiental, Modelización ambiental.
	44. Universidad Tecnológica De Bolívar	Grupo de Investigación Estudios Químicos y Biológicos	Diseño y síntesis de compuestos con actividad biológica, Microbiología y toxicología ambiental, Microorganismos de ambientes extremos, Origen y emergencia de patógenos microbianos
		Grupo de Investigación Sistemas Ambientales e Hidráulicos (GISAH)	Contaminación atmosférica, Evaluación de la sustentabilidad en los procesos, Microbiología ambiental, Oceanografía e hidráulica, Recursos hídricos

		Semillero de Investigación en Ciencias Ambientales	Microorganismos de ambientes extremos, Bioinformática Aplicada, Microbiología y toxicología ambiental, diseño y síntesis de compuestos con actividad biológica
Química Farmacéutica	46. Pontificia Universidad Javeriana	Unidad de Saneamiento y Biotecnología Ambiental (USBA)	Adaptación riesgo y clima, Biogeociencias y riesgo en sistemas biogeofísicos, Riesgos, tecnología e innovación, Sismología, ingeniería sísmica y dinámica de suelos.
	48.Universidad De Antioquia	Grupo de Investigación Salud y Ambiente.	Agua, Saneamiento Ambiental y Servicios Públicos Domiciliarios, Epidemiología Ambiental y Ocupacional, Gestión Sanitaria y Ambiental, Área de Profundización: Gestión del Riesgo en Desastres
		Salud y Sostenibilidad.	Agroecología, análisis institucional y de políticas, condicionantes socio ecológicos de la salud, educación Ambiental y fundamentos de ciencia de la sostenibilidad.
	50. Universidad De Ciencias Aplicadas Y Ambientales – UDCA	Productos naturales U.D.C.A	Salud Humana y Animal, Sostenibilidad Ambiental
	51. Universidad El Bosque	Saneamiento ecológico, Salud y Medio ambiente	Medio ambiente y salud, Saneamiento ecológico
	53. Universidad Santiago De Cali	GIEMA GI en Electroquímica y Medio Ambiente	Alimentos y fármacos, Aseguramiento de la calidad, Electroquímica y nuevos materiales, Solución a problemas ambientales.
		ECONACUA GI en Ecología y Contaminación Acuática	Ecología de la Conservación, Eco toxicología, Educación ambiental, Monitoreo Ambiental.
		GIMIA GI en Microbiología, Industria y Medio Ambiente	Microbiología Ambiental, Microbiología Clínica. Microbiología Industrial.

Química Industrial	54. Instituto Tecnológico Metropolitano	Química Básica, Aplicada y Ambiente,	Desarrollo de Nuevos Materiales, Desarrollo sostenible y Química Ambiental, Enseñanza de las ciencias, Gestión Ambiental y Salud Ocupacional, Materiales y Tecnología de la construcción
Química Ambiental	57. Universidad Santo Tomas	Grupo de Investigación en Nuevos Materiales y Energías Alternativas (GINMEA)	Biocombustibles y generación de hidrógeno, Determinación estructural de nuevos materiales, Nano materiales, Determinación estructural de nuevos materiales
		Grupo Investigaciones Ambientales para el Desarrollo Sostenible (GIADS)	Química molecular y supramolecular, Tecnologías Limpias, Biomasa y Biodiversidad, Nuevos materiales (síntesis con protocolos de química verde)
Ingeniería Bioquímica	61.Universidad ICESI	Grupo de Investigación ICUBO	Diseño de Bioprocesos, Diseño y gestión de procesos de manufactura y servicios, Gestión de recursos y sostenibilidad, Modelado y Simulación, Educación en ingeniería.

Denominación de programas	**Cód. Institución de Educación Superior - IES**	**Eventos académicos/ Noticias relacionadas**	**Temáticas abordadas**
Química	17. Universidad Del Cauca	Conferencia "Química verde: un nuevo reto para el cuidado del medio ambiente"	Investigación en química, incluyendo la producción de sustancias y los procesos químicos, a través de procesos sustentable con la aplicación de los principios de la Química Verde
		Profesora y estudiante de Unicauca presentaron estudio en evento internacional sobre química ambiental	N.P

	20. Universidad Del Valle	Investigadores en Química Verde ofrecen conferencias	Temáticas de complejos metálicos y evolución a procesos sostenibles.
	24. Universidad Nacional De Colombia	Sistemas de membranas y química verde en la UN	Busca prevenir la contaminación a través del diseño de productos y procesos químicos ambientalmente benignos, así como disminuir los costos de producción y el consumo energético son algunos de los objetivos de la química verde o sustentable, cada vez más imprescindible en las empresas. Diseño de procesos y productos amigables al medio ambiente.
	26. Universidad Santiago De Cali	I Simposio Colombiano de Química verde	Síntesis química, materias primas renovables, catálisis, biotransformaciones, medios alternos de reacción y activación, fluidos supercríticos, seguridad ambiental, micro escala, aplicaciones industriales de la química verde.
		Curso de Química Verde	N.P
Ingeniería Química	43. Universidad Pontificia Bolivariana	La UPB representó a Colombia en el 24th Annual Green Chemistry & Engineering Conference	N.P
		Seminario: Química verde creando conciencia global	Evaluación del papel de los productos químicos en la sociedad, por medio de los doce principios de la química verde, por medio de temáticas como la catálisis, usos de solventes, materias primas en proceso, eliminación y reducción de los residuos químicos, con énfasis en los beneficios que la química verde a traído para las industrias.
		UPB se fortalece en Química Verde	N.P

Química Farmacéutica	46. Pontificia Universidad Javeriana	XII Simposio Latinoamericano de Química Analítica y Ambiental	Contaminación y control en agua, aire y suelo; energías alternativas, limpias y renovables; contaminantes emergentes en el ambiente; nuevas tendencias en preparación de muestras para el análisis ambiental; entre otros.
	51. Universidad El Bosque	VIII Seminario Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	Manejo integrado del recurso hídrico, Calidad de suelos
Química Industrial	56. Universidad Tecnologica De Pereira - Utp	V Seminario Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo Sostenible Colombia 2019	N.P

Anexo 5. Rubrica de Valoración

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA, DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA

EL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE EN LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES EN ÁREAS DE LA QUÍMICA EN COLOMBIA. UNA CARTOGRAFÍA DOCUMENTAL

Realizado por: *Adriana Carolina Olarte Saavedra*

Director: *Ricardo Andrés Franco Moreno*

Codirector: *Royman Pérez Miranda*

Apreciado (a) experto (a)

La presente rubrica de validación se realiza con la finalidad de evaluar por un par académico, los instrumentos de recolección de información en aras de dar cuenta de los principales planteamientos de la investigación en curso, resaltados a continuación:

1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el estado de inclusión y abordaje del enfoque de química verde en diferentes programas de educación superior en áreas de la química en Colombia?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer el estado de abordaje y vinculación que de la química verde se realiza en programas académicos de pregrado en áreas de la química en Colombia, a partir de una cartografía documental.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los programas de formación de profesionales en áreas de la química en Colombia, a partir del estudio y tratamiento de bases de datos oficiales especializadas.
- Caracterizar aquellos programas académicos identificados, en relación con la vinculación y el abordaje del enfoque de química verde, a partir del estudio de sus mallas curriculares, planes de estudio y contenidos específicos.
- Determinar tendencias, propuestas, perspectivas teóricas y metodológicas, proyectos, entre otros aspectos, desde los que se aborda el enfoque de química verde en los programas objeto de análisis.

Se solicita de la manera más atenta, diligenciar la siguiente rubrica en cuanto a cada uno de los aspectos relevantes que intervienen en los instrumentos de recolección, señalando con una (X) el indicador que le parezca más oportuno, según las abreviaciones que se muestran a continuación:

- **C:** Cumple
- **PC:** Parcialmente Cumple
- **NC:** No cumple
- **IES:** Institución de Educación Superior

Actividades	Parámetros	C	PC	NC	Observaciones
Matriz de información inicial de los programas académicos	Permite identificar y recopilar la información inicial de las diferentes IES	**X**			La información que se desea recopilar es concisa, se sugiere que la matriz haga parte de un mismo documento en el que se manejen hipervínculos que permitan hacer más Interactiva la base de datos.
	Con la información adquirida es posible realizar un mapeo documental acerca del estado actual del abordaje y vinculación que de la química verde se realiza en programas académicos de pregrado en áreas de la química en Colombia		**X**		
Matriz de caracterización de programas	Aporta la información necesaria para identificar y caracterizar los diferentes programas académicos de interés, en relación con la vinculación y el abordaje del enfoque de química verde, además de las asignaturas afines al mismo.	**X**			Se sugiere incluir las publicaciones que las instituciones han realizado sobre química verde, esto enriquece dicho mapeo.

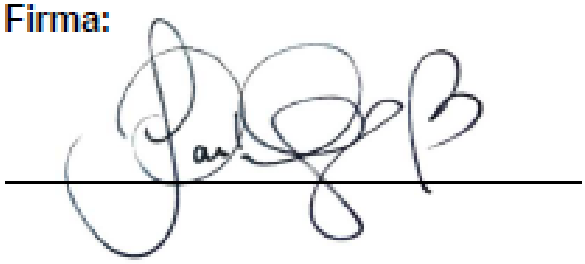
Rejilla de análisis documental de planes de estudio y mallas curriculares	Se identifican los parámetros principales, que posibilitarán el análisis de los planes de estudio y las mallas curriculares, para dar cuenta del estado de abordaje y vinculación de la química verde en las diferentes IES.	**X**			La rejilla de análisis documental es asertiva con los objetivos de la investigación.
Rejilla de clasificación documental de proyectos, programas y propuestas	La información suministrada permite obtener un panorama de las dinámicas de investigación, relacionadas con el enfoque de química verde de los programas de interés.		**X**		

Observaciones adicionales:

Se entiende que la información será recopilada a partir de revisión documental, pero la química verde puede estar incluida en los programas como parte del currículo oculto, no necesariamente como área o línea de investigación, sugiero que se realice un instrumento que permita reconocer esta información a partir de las líneas de investigación de las IES.

Nombre:

Paola Andrea Arango Benítez

Licenciada en Química- Magister en docencia de la química

Firma: