Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades

Máster Universitario en Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible

# Propuesta de intervención docente para la integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la asignatura de Química General I de la carrera de Química

| | |
|---|---|
| Trabajo fin de estudio presentado por: | Clara Eliana Rincón Avellaneda |
| Tipo de trabajo: | Propuesta profesionalizante para educación formal |
| Líneas de trabajo: | Propuesta de intervención docente |
| Director/a: | Isabel Lema Blanco |
| Fecha: | 15 de julio de 2026 |

# Resumen

La integración de la sostenibilidad en la educación superior implica entre otras cosas, fomentar experiencias de aprendizaje que permitan articular conocimientos disciplinares con problemas ambientales contemporáneos. En este sentido, el presente Trabajo Fin de Máster tiene como objetivo la elaboración de una propuesta de intervención docente, fundamentada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), para la incorporación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la asignatura Química General I del plan de estudios de Química de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.). La propuesta inicia con el planteamiento problemático de la contaminación del aire ligada a la movilidad vehicular en el campus universitario, para luego hacer relaciones con los ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y 13 (Acción por el clima). Para el desarrollo del trabajo se realizó una revisión bibliográfica sobre Educación para el desarrollo Sostenible, la integración de los ODS en la educación superior, el marco competencial GreenComp y el Aprendizaje Basado en problemas como metodología de enseñanza. Se estructuró como resultado una secuencia didáctica compuesta por cuatro momentos y siete sesiones de aprendizaje que integra contenidos de Química General I, como las reacciones químicas, la estequiometría y las soluciones, con el estudio de una problemática ambiental próxima a la realidad de los estudiantes. También se desarrollaron recursos didácticos y evaluativos para la formación en competencias para la sostenibilidad. La propuesta aporta a una enseñanza de la química más contextualizada que permite interpretar problemáticas ambientales desde una visión científica y sostenible.

**Palabras clave:** Educación para el Desarrollo Sostenible, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Aprendizaje Basado en Problemas, Química General, GreenComp, contaminación atmosférica.

# Abstract

Integrating sustainability into higher education involves, among other things, fostering learning experiences that allow for the connection of disciplinary knowledge with contemporary environmental problems. In this sense, this Master's Thesis aims to develop a teaching intervention proposal, based on Problem-Based Learning (PBL), for incorporating the Sustainable Development Goals (SDGs) into the General Chemistry I course within the Chemistry curriculum at the University of Applied and Environmental Sciences (U.D.C.A.). The proposal begins by framing the problem of air pollution linked to vehicular traffic on the university campus and then connects it to SDGs 7 (Affordable and Clean Energy), 11 (Sustainable Cities and Communities), and 13 (Climate Action). The research involved a literature review on Education for Sustainable Development, the integration of the SDGs in higher education, the GreenComp competency framework, and Problem-Based Learning as a teaching methodology. The resulting learning sequence comprises four stages and seven learning sessions that integrate content from General Chemistry I, such as chemical reactions, stoichiometry, and solutions, with the study of an environmental problem relevant to the students' lives. Didactic and evaluative resources were also developed to foster competencies for sustainability. This proposal contributes to a more contextualized approach to chemistry education, enabling students to interpret environmental problems from a scientific and sustainable perspective.

**Keywords:** Education for Sustainable Development, Sustainable Development Goals, Problem-Based Learning, General Chemistry, GreenComp, air pollution.

# Índice de contenidos

1. Introducción ..... 9

1.1. Contextualización y justificación ..... 10

1.1.1. Análisis del contexto ..... 13

1.1.2 Justificación ..... 15

1.2. Objetivos del TFE ..... 17

1.2.1. Objetivo general ..... 17

1.2.2. Objetivos específicos ..... 18

2. Marco teórico ..... 19

2.1 EDS y normativa internacional y nacional ..... 19

2.1.1 Competencias para la sostenibilidad ..... 21

2.1.2 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible como contexto para la enseñanza de la química ..... 23

2.2. Contaminación atmosférica y calidad del aire urbano ..... 25

2.2.1. Concepto e importancia de la calidad del aire ..... 26

2.2.2. Principales contaminantes atmosféricos generados por el transporte terrestre ..... 26

2.2.3. Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y el entorno ..... 28

2.3. Movilidad vehicular y su incidencia en la calidad del aire ..... 28

2.3.1. Emisiones vehiculares como fuente de contaminación atmosférica ..... 28

2.3.2 Congestión vial y concentración de contaminantes en zonas urbanas ..... 29

2.3.3 Contexto de movilidad y calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A. ..... 29

2.4 Aprendizaje basado en problemas (ABP) ..... 30

2.4.1 Fundamentos y características del aprendizaje basado en problemas ..... 30

2.4.2 Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de la química orientada a los objetivos de desarrollo sostenible ..... 31

2.4.3 Las rúbricas como instrumento de evaluación del aprendizaje basado en problemas ..... 32

3. Diseño de intervención ..... 35

3.1. Presentación de la intervención ..... 35

3.1.1. Título de la propuesta ..... 35

3.1.2. Justificación y contexto ..... 35

3.1.3. Principios de intervención ..... 36

3.2. Personas destinatarias y agentes implicados ..... 37

3.2.1. Personas destinatarias ..... 37

3.2.2. Agentes implicados ..... 38

3.3. Elementos didácticos de la intervención ..... 38

3.3.1. Objetivos generales ..... 38

3.3.2. Objetivos específicos ..... 38

3.3.3. Articulación de objetivos, contenidos, ODS y competencias ..... 39

3.4. Metodología de intervención ..... 40

3.4.1 Articulación de los momentos de la intervención con el ABP ..... 40

3.4.2 Agrupamiento de los estudiantes ..... 42

3.4.3 Recursos materiales y espaciales ..... 42

3.5. Propuesta de intervención ..... 42

3.5.1. Plan de trabajo ..... 43

3.5.2. Implementación de la propuesta Respira ciencia: química aplicada a la calidad del aire 43

3.5.2.1 Momento I: Exploradores del aire ..... 44

3.5.2.2 Momento II. Detectives de la contaminación ..... 45

3.5.2.4 Momento IV. Innovadores por un aire limpio ..... 49

3.5.3. Estrategia de evaluación ..... 51

4. Conclusiones ..... 53

5. Reflexión sobre la propuesta ..... 55

Referencias bibliográficas ..... 56

Anexo A. Programa analítico de la asignatura química general I del programa de Química de la U.D.C.A ..... 61

Anexo B. Recursos didácticos de la propuesta de intervención ..... 65

Anexo C. Rúbricas de evaluación de las actividades de la propuesta de intervención ..... 71

# Índice de figuras

Figura 1 *Ubicación de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.) y de los centros educativos cercanos en Bogotá, Colombia.* ..... 13

Figura 2 *Mapa de la calidad del aire estación Guaymaral* ..... 17

Figura 3 *Representación visual de GreenComp* ..... 22

Figura 4 *Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA)* ..... 27

Figura 5 *Articulación de los momentos de la intervención con los pasos del ABP* ..... 41

# Índice de tablas

Tabla 1 *Principales referentes normativos sobre sostenibilidad y educación* ..... 20

Tabla 2 *Competencias promovidas para la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS)* .... 23

Tabla 3 *Relación entre contenidos de Química General I y ODS* ..... 25

Tabla 4 *Rúbrica de evaluación para Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) con enfoque GreenComp* ..... 33

Tabla 5 *Relación entre objetivos, contenidos, ODS y competencias* ..... 39

Tabla 6 *Cronograma de actividades* ..... 43

Tabla 7 *Sesión 1. Radar de conocimientos:* ..... 44

Tabla 8 *Sesión 2. Expediente X-222* ..... 45

Tabla 9 *Sesión 3. Pizarrón de evidencias* ..... 46

Tabla 10 *Sesión 4. Pasaporte químico* ..... 47

Tabla 11 *Sesión 5. Divulgación química para una comunidad universitaria sostenible* ..... 48

Tabla 12 *Sesión 6. Biblioteca de soluciones* ..... 49

Tabla 13 Sesión 7. *Shark Tank ambiental: propuestas para mejorar la calidad del aire en la U.D.C.A.* ..... 50

Tabla 14 *Rúbrica de evaluación Sesión 4: Pasaporte químico* ..... 51

# 1. Introducción

Este trabajo de fin de máster tiene como finalidad diseñar una propuesta de intervención docente para la inclusión de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) en la asignatura de Química General I de la carrera de Química de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A). Se enmarca en el campo de la educación superior y busca adaptar, en particular de la asignatura química general I, a los desafíos medioambientales asociados al desarrollo sostenible. El problema de partida es la escasa o inexistente incorporación de los ODS en las asignaturas básicas de ciencias, indispensable para la formación integral de los profesionales en Química y ciencias en general, y que además permite articular el saber disciplinar con problemáticas concretas de carácter social, ambiental y económico.

La selección de este tema responde a la necesidad de incluir la sostenibilidad en la enseñanza de la Química General I para que los estudiantes puedan visualizar la conexión entre lo que estudian y los retos ambientales actuales. Por eso, el trabajo propone integrar los contenidos fundamentales de la química general con los ODS, en particular el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), el ODS 11 (Ciudades y Comunidades sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el clima), en función del contexto formativo de la carrera de Química.

En esa línea, el presente Trabajo de Fin de Máster busca diseñar una propuesta de intervención docente apoyada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), con un enfoque socioambiental, para integrar los ODS en la asignatura de Química General I del plan de estudios de Química de la U.D.C.A. Para ello, se analizan los fundamentos teóricos vinculados con la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), la incorporación de los ODS en el currículo universitario y las metodologías de enseñanza-aprendizaje en el nivel superior. También se revisan experiencias educativas documentadas sobre la integración de los ODS en la enseñanza de las ciencias y la química, con el fin de contar con referentes para el diseño de la propuesta.

El trabajo relaciona además ciertos contenidos fundamentales de Química General I (estequiometría, reacciones químicas y soluciones) con los ODS seleccionados, para que el aprendizaje tome sentido en torno a un problema ambiental cercano a la comunidad universitaria. A partir de esa articulación se proponen estrategias de enseñanza-aprendizaje

para el desarrollo del pensamiento crítico, el trabajo colaborativo y la toma de decisiones responsables frente a los desafíos ambientales actuales. Por último, se elabora una secuencia didáctica basada en el ABP que articula contenidos disciplinarios, problemáticas ambientales y criterios de evaluación coherentes con los principios de la sostenibilidad.

El documento está estructurado en varias secciones. Primero se presenta el marco teórico, donde se discuten las bases conceptuales relacionadas con la Educación para el Desarrollo Sostenible, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Aprendizaje Basado en Problemas y su aplicación en la enseñanza de la química. Luego, se describe el diseño de intervención docente incluyendo la metodología y la propuesta realizada, y se cierra con las conclusiones y la reflexión de la propuesta.

## 1.1. Contextualización y justificación

El mundo enfrenta problemáticas ambientales cada vez más complejas: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la contaminación de ecosistemas y el agotamiento de los recursos naturales. Estas problemáticas muestran que los modelos tradicionales de desarrollo ya no son suficientes y que hace falta avanzar hacia modelos más sostenibles. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2023) señala que las actividades humanas han modificado los sistemas climáticos del planeta en profundidad, con repercusiones que van más allá del medio ambiente y alcanzan las dinámicas económicas y sociales.

En este contexto, la educación tiene un papel importante. Formar profesionales capaces de comprender y responder a los retos ambientales de esta era es una tarea que las universidades no pueden dejar de lado. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2017) señala que la EDS busca fortalecer el conocimiento, las habilidades, los valores y las actitudes que contribuyan a construir sociedades más sostenibles. Esto implica no solo enseñar contenidos, sino también estimular el pensamiento crítico, la responsabilidad ambiental y la capacidad de transformar la realidad.

La Agenda 2030, adoptada por la Organización de Naciones Unidas en 2015, es una de las referencias más relevantes en este sentido: sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible buscan erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar el bienestar de las generaciones

presentes y futuras (Organización de Naciones Unidas [ONU], 2015). Dentro de ese marco, la educación tiene un papel central, sobre todo a partir del ODS 4, que busca asegurar una educación inclusiva, equitativa y de calidad para todos.

En la universidad, integrar la sostenibilidad significa transformar los planes de estudio para que los ODS permeen transversalmente las distintas áreas del saber. Lozano et al. (2015) afirman que las universidades plenamente sostenibles deben promover transformaciones no sólo en la docencia sino también en la investigación, la extensión y la gestión institucional. No obstante, en la realidad, esta inclusión continúa siendo limitada, particularmente en disciplinas científicas en las que aún predominan perspectivas más técnicas y tradicionales.

La química es un buen ejemplo, porque se relaciona directamente con problemas como la contaminación, la gestión de residuos peligrosos y los efectos de los procesos industriales. Por eso conviene repensar su enseñanza desde una mirada ética y ambiental. La química verde puede ser una alternativa válida, Anastas y Warner (1998) la definen como el diseño de productos y procesos químicos que reducen o eliminan el uso y la generación de sustancias peligrosas.

En un nivel más general, la educación científica no debería limitarse al desarrollo del conocimiento conceptual, sino también formar una ciudadanía democrática, crítica y comprometida, capaz de tomar decisiones en temas sociales y ambientales. Como señalan algunos autores:

> La Ciencia de la Sostenibilidad, más que una nueva disciplina, ha de constituir una nueva orientación que ha de impregnar a las distintas disciplinas: el trabajo de los biólogos, economistas, educadores, físicos, geógrafos, ingenieros, químicos, etc., no puede hacerse en compartimentos estancos, sino que ha de tener presente el conjunto de las repercusiones socioambientales –tanto a corto como a largo plazo- de su actividad; y eso obliga a estudiar las aportaciones de las otras disciplinas, así como el punto de vista de los movimientos ciudadanos. (Vilches & Gil Pérez, 2013, p.4)

En América Latina, estos desafíos se suman a realidades estructurales difíciles, como la desigualdad social, la pobreza y la vulnerabilidad ambiental. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) señala que avanzar hacia esquemas de desarrollo

sostenibles e inclusivos es fundamental para reducir esas brechas y cuidar el ambiente (ONU, 2018). La educación superior tiene, en ese sentido, una responsabilidad importante en la generación de las capacidades que exige el desarrollo sostenible.

Colombia no es ajena a este proceso. La Política Nacional de Educación Ambiental (PNEA) ha impulsado la inclusión de la sostenibilidad en los procesos educativos, al plantear fortalecer conocimientos, actitudes y prácticas relacionadas con la protección del ambiente y la calidad de vida (Ministerio de Educación Nacional & Ministerio del Medio Ambiente, 2002). Aun así, llevar esto a la práctica en la educación superior sigue siendo uno de los desafíos más grandes por resolver.

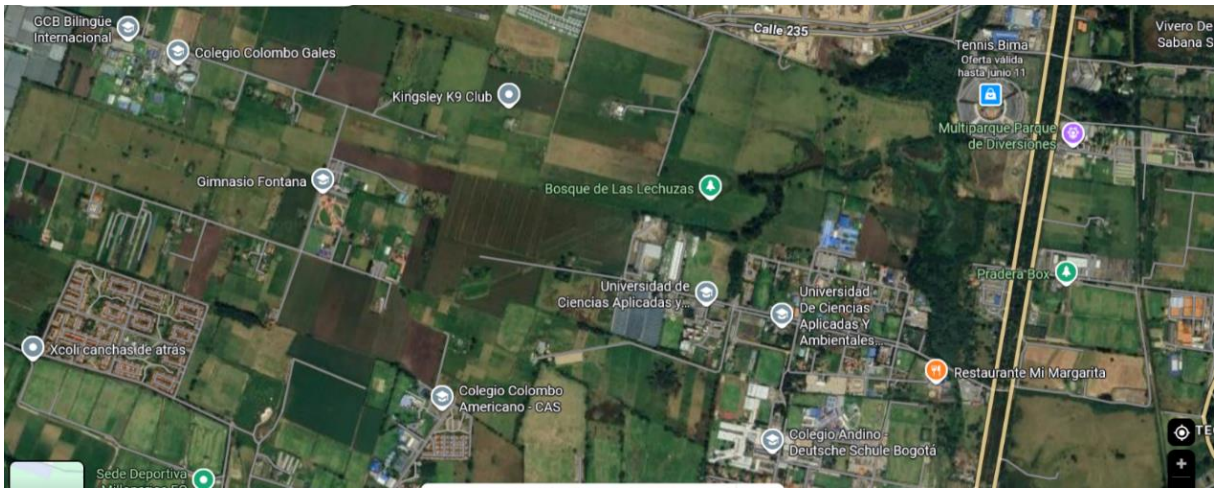
Para las instituciones de educación superior, integrar los ODS en sus currículos conecta la preparación académica con los desafíos locales y globales. Las universidades están en una posición privilegiada para liderar este proceso, ya que producen conocimiento, fomentan la investigación y forman a quienes tomarán decisiones en distintos campos de la sociedad. Como señalan Suárez y Rodríguez (2023), las instituciones de educación superior deben asumir un papel activo en la sostenibilidad, integrándola en todas sus funciones: docencia, investigación, extensión y gestión institucional.

La U.D.C.A se ubica en el norte de Bogotá, cerca de uno de los corredores más importantes de entrada a la ciudad. Esto supone un flujo considerable de vehículos particulares, transporte público y de carga pesada en horas pico. Además, cerca de la universidad hay varios colegios que también generan tráfico relacionado con el transporte escolar y con estudiantes y familias desplazándose. Como resultado, la zona sufre de forma regular el impacto del tráfico vehicular, que acelera el aumento de emisiones contaminantes y el deterioro de la calidad del aire, convirtiendo la polución atmosférica en un problema ambiental relevante para la comunidad universitaria y los residentes del sector. La Figura 1 muestra la ubicación geográfica de la U.D.C.A. y de las instituciones educativas cercanas, que forman parte del entorno de la problemática ambiental a tratar.

Frente a esta situación ambiental en las inmediaciones de la U.D.C.A, este trabajo busca aportar al fortalecimiento de la EDS mediante una propuesta de intervención docente para la asignatura de Química General I. A través del estudio de la contaminación del aire vinculada a la movilidad en las inmediaciones del campus universitario, se busca fortalecer la

relación entre conocimientos científicos y problemáticas socioambientales a escala regional, orientando una formación profesional más crítica, ética y comprometida con la sostenibilidad y la búsqueda de soluciones para los desafíos ambientales de la ciudad.

**Figura 1** *Ubicación de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.) y de los centros educativos cercanos en Bogotá, Colombia.*




*Nota.* Tomado de Google Maps (Google, 2026). https://www.google.com/maps/@4.8022794,-74.0546432,2863m/data=!3m1!1e3!5m1!1e2?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI2MDYwMy4xIKXMDSoASAFQAw%3D%3D

### 1.1.1. Análisis del contexto

La U.D.C.A. ha dado pasos concretos hacia la sostenibilidad. Su Proyecto Educativo Institucional plantea la transformación hacia un "Campus sostenible", definido como el compromiso con los ODS y la sostenibilidad como marco orientador en los procesos académicos, logísticos, administrativos y financieros (U.D.C.A., 2024).

Su Plan de Desarrollo Institucional 2024-2028 propone proyectos estratégicos orientados hacia una gobernanza institucional sostenible, un campus verde y una gestión sostenible de sus procesos académicos. Estas iniciativas ubican a la universidad en línea con las corrientes internacionales en EDS y abren un espacio para implementar propuestas de inclusión de los ODS en los programas académicos (U.D.C.A, 2024).

Con el tiempo, la enseñanza de la química ha privilegiado los conceptos teóricos y los procedimientos técnicos, dejando poco espacio para la reflexión sobre las implicaciones sociales y ambientales de la actividad científica. Burmeister et al. (2012) plantean que la educación química necesita reorientarse hacia enfoques que conecten los contenidos

científicos con las cuestiones de sostenibilidad, para lograr una comprensión más contextualizada y significativa del conocimiento.

La integración de temas ambientales y sociales relacionados con la sostenibilidad en el currículo de ciencias, sobre todo en la educación superior, se ha vuelto relevante en las últimas décadas, como señalan varios estudios. Estos temas ayudan a ubicar el aprendizaje de ciencias en contextos más reales y fomentan habilidades para la sostenibilidad (UNESCO, 2017; Wiek et al., 2011).

Cano y Flórez (2026) consideran que incorporar los ODS en la enseñanza de la química es una oportunidad para relacionar los saberes científicos con problemas de la realidad actual, y así formar ciudadanos analíticos y responsables, capaces de contribuir al desarrollo sostenible. Algunas experiencias educativas muestran que los ODS son útiles como punto de partida para la enseñanza de la química y otras ciencias. Un ejemplo es el estudio de Poya (2026), que presenta dos experiencias de aprendizaje basadas en proyectos: una en la University of the West of Scotland (Reino Unido) y otra en el Wentworth Institute of Technology (Estados Unidos). En la primera, estudiantes de diferentes cursos de ciencias trabajaron en conjunto sobre desafíos planetarios —energía renovable, seguridad hídrica, agricultura sostenible, hidrógeno verde y manejo de materiales críticos— y lograron vincular conceptos químicos con aspectos de los ODS a través de proyectos conjuntos. En el segundo caso, los estudiantes examinaron problemas ambientales de su entorno universitario y propusieron cambios relacionados con los objetivos específicos de la Agenda 2030, usando su conocimiento sobre química ambiental, analítica, de materiales y química verde (Poya, 2026).

Los resultados mostraron que la inclusión de los ODS mejoró la comprensión sobre la conexión entre la química y los retos actuales, y ayudó a desarrollar capacidades como el pensamiento crítico, la resolución de conflictos, la comunicación científica y la colaboración multidisciplinaria. Este tipo de actividades favorecen la incorporación de situaciones relacionadas con la sostenibilidad en el proceso educativo de ciencias, ya que muestran la relevancia social y ecológica del conocimiento científico (Poya, 2026).

Otra experiencia de integración de los ODS en la enseñanza de la química aparece en la Guía sectorial *Química-Imagen personal*, dirigida a la Formación Profesional en Castilla-La

Mancha. La propuesta acerca el contenido químico a problemas reales del sector, como el uso intensivo de agua y energía en los laboratorios, el manejo de reactivos peligrosos y la generación de desechos químicos, e invita a los estudiantes a analizar estos impactos y diseñar soluciones sostenibles. Entre las actividades propuestas están las auditorías ambientales en empresas, los estudios de caso de laboratorios con energías renovables, las simulaciones de gestión sustentable y el diseño de planes de sostenibilidad para laboratorios de análisis clínico, con acciones como optimizar el uso de reactivos, reducir la huella de carbono y aplicar protocolos para el tratamiento de residuos peligrosos. Así, la enseñanza de la química se asocia con los ODS 6, 7, 12 y 13 para desarrollar competencias científicas y profesionales frente a desafíos ambientales en el ámbito laboral (Junta de comunidades de Castilla-La Mancha et al., s. f.).

Estos ejemplos sugieren que la enseñanza de la química con integración de los ODS contribuye a una educación científica más contextualizada, interdisciplinar y aplicable socialmente. En la asignatura de Química General I del plan de estudios de la carrera de Química, es posible relacionar contenidos como las reacciones químicas, la estequiometría y las soluciones con problemáticas ambientales relacionadas con la calidad del aire, vinculando ODS como el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), el ODS 11 (Ciudades y Comunidades sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el clima), y fortaleciendo así el logro de competencias para la sostenibilidad que plantea la Agenda 2030.

### 1.1.2 Justificación

Se ha detectado una escasa presencia de los ODS en contenidos de asignaturas básicas de ciencias, como Química General I, en la carrera de Química de la U.D.C.A. Esto limita la formación integral de los futuros profesionales, que necesitan no solo dominio disciplinar, sino también la capacidad de vincular sus saberes con problemáticas socioambientales de alto impacto, como el cambio climático y la contaminación.

En el contexto global actual, y de acuerdo con la Agenda 2030 de Naciones Unidas, la EDS promovida por la UNESCO adquiere especial relevancia al promover valores, actitudes y competencias críticas en los educandos (UNESCO, 2017). Guarín et al. (2020) señalan que:

El objetivo común es impulsar y acelerar el proceso de implementación de los ODS en las universidades, para todos los actores: estudiantes, profesores, personal administrativo y

líderes. Es importante ayudarles a entender el valor estratégico de trabajar con los ODS, cómo llevarlos a cabo y cómo hacerlo de manera conjunta con otros actores dentro y fuera de la universidad. (p. 372)

En el ámbito internacional, un informe de la CEPAL para las Naciones Unidas señala que se hace necesario "transformar el paradigma de desarrollo dominante en uno que nos lleve por la vía del desarrollo sostenible, inclusivo y con visión de largo plazo" (Naciones Unidas, 2018, p.7).

Por su parte, la U.D.C.A, en su Plan de Desarrollo 2024-2028, propone estrategias como el proyecto "Liderazgo y Gobernanza sostenible", cuyo objetivo es alinear la estrategia universitaria con la sostenibilidad, articular las funciones misionales con la Educación para el Desarrollo Sostenible, aportar al logro de la Agenda 2030 y promover una transformación institucional sostenible en el tiempo (U.D.C.A, 2024).

Sin embargo, llevar estos propósitos a la práctica curricular sigue siendo un reto. El Diagnóstico de Sostenibilidad de la U.D.C.A. (2025) muestra que varios programas académicos, sobre todo en asignaturas de ciencias básicas, aún presentan niveles intermedios o incipientes de integración de la sostenibilidad. En la misma línea, Sáenz (2024) señala como debilidad institucional que los ODS todavía no atraviesan de manera real todos los programas de la universidad.

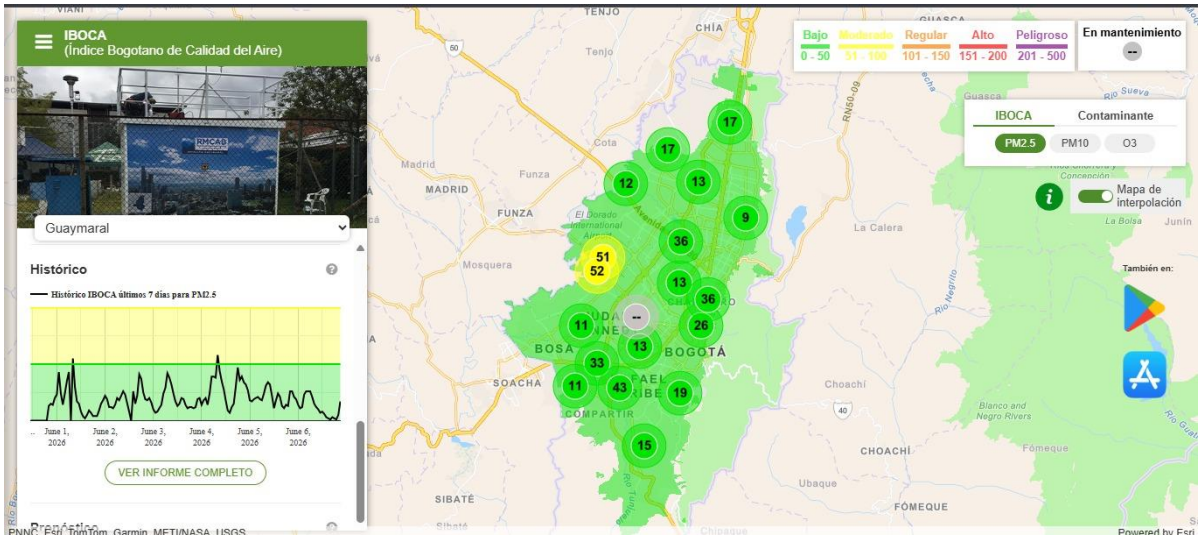
En este contexto, la asignatura de Química General I es una oportunidad que no conviene desaprovechar. Su carácter introductorio y transversal en el plan de estudios la convierte en un espacio propicio para conectar conceptos de la química con aplicaciones concretas de sostenibilidad, como la afectación de la calidad del aire relacionada con la alta circulación de vehículos particulares, transporte público y carga pesada, sobre todo en períodos de mayor demanda vial.

De acuerdo con el reporte histórico de contaminantes de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), conformada por diferentes estaciones que monitorean la calidad del aire de forma horaria, la estación Guaymaral, situada a unos 3,5 km al sur de la sede norte de la UDCA, presenta riesgos leves asociados a la exposición a contaminantes atmosféricos, sobre todo en los periodos de mayor congestión vehicular (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021). Esta condición podría intensificarse si no hay un control efectivo de las

emisiones contaminantes, lo que aumentaría los riesgos para la salud de la comunidad y podría llevar a declarar alertas ambientales en la zona. La Figura 2 muestra la información que se puede consultar por cada estación, con reportes por horas, días o meses, según se requiera.

En este marco, diseñar una propuesta de intervención docente que considere el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), el ODS 11 (Ciudades y Comunidades sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el clima) en la asignatura de Química General I va más allá de un ejercicio teórico. A través de la metodología de ABP, se busca que los estudiantes analicen una problemática real de su entorno, vinculen los conceptos químicos con sus repercusiones ambientales y sociales, y desarrollen una visión crítica que les permita proponer alternativas orientadas a la sostenibilidad y a mejorar la calidad de vida de la comunidad.

**Figura 2** *Mapa de la calidad del aire estación Guaymaral*




Fuente:. Tomado de Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). *¿Qué es el IBOCA?* Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA). http://iboca.ambientebogota.gov.co/publicaciones/175/que-es-el-iboca/

## 1.2. Objetivos del TFE

### 1.2.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de intervención docente apoyada en el Aprendizaje Basado en Problemas con enfoque socioambiental, para la integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la asignatura de Química General I del programa de Química de la U.D.C.A.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Examinar los fundamentos teóricos que sustentan la Educación para el Desarrollo Sostenible, la incorporación de los ODS en el currículo y las metodologías de enseñanza-aprendizaje en la educación superior, con especial atención a la enseñanza de las ciencias y, en particular, de la química.
- Explorar las experiencias y estrategias didácticas documentadas en la literatura sobre la integración de los ODS en la enseñanza de las ciencias y la química, con el fin de identificar elementos concretos que orienten el diseño de la propuesta de intervención docente.
- Identificar relaciones entre determinados contenidos de la asignatura de Química General I (*estequiometría, reacciones químicas y soluciones*) con los ODS específicos (ODS 7: Energía asequible y no contaminante; ODS 11: Ciudades y Comunidades sostenibles; ODS 13: Acción por el clima) en el programa de formación de estudiantes de primer semestre de la carrera de Química.
- Proponer estrategias de enseñanza-aprendizaje que fomenten el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo y la toma de decisiones frente a problemáticas ambientales, en coherencia con la integración del desarrollo sostenible en la asignatura de Química General I.
- Estructurar una secuencia didáctica basada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) que integre los contenidos de Química General I con problemáticas socioambientales relacionadas con los ODS seleccionados, definiendo actividades, recursos y criterios de evaluación.

# 2. Marco teórico

Este marco teórico describe los conceptos, el contexto y los aspectos pedagógicos relacionados con la integración de los ODS en la asignatura de Química General I. Primero se aborda la EDS y las competencias para la sostenibilidad. Luego se estudia la contaminación del aire y el tránsito vehicular como contexto para el aprendizaje. Por último, se presentan el ABP y las rúbricas como instrumentos para facilitar y evaluar el aprendizaje en torno a situaciones reales relacionadas con los ODS.

## 2.1 EDS y normativa internacional y nacional

La UNESCO (2020) en el marco EDS, *Educación para el desarrollo sostenible: hacia la consecución de los ODS para 2030*, destaca la relevancia de la educación en la integración de los ODS planteando como objetivo

> "examinar los propósitos y valores que sustentan la educación y reorientar todos los niveles de educación y de aprendizaje para contribuir al desarrollo sostenible, además de fortalecer la educación y el aprendizaje en todas las actividades que promuevan el desarrollo sostenible" (p.14)

Los ODS plantean la necesidad de una transformación curricular que potencie las competencias para la sostenibilidad, el pensamiento crítico, el conocimiento interdisciplinar y una ciudadanía responsable (UNESCO, 2017). Incorporar los ODS en los currículos es una condición para formar profesionales capaces de responder a los retos ambientales y sociales actuales.

Según SDSN Australia/Pacific (2017), las universidades pueden desempeñar un papel fundamental para poner en práctica los ODS mediante las siguientes acciones:

- Dotar al alumnado de conocimientos, habilidades y motivación para entender y abordar los ODS.
- Empoderar y movilizar a la juventud
- Proporcionar amplia formación académica o vocacional para implementar soluciones de ODS.

- Crear más oportunidades para la creación de capacidades de estudiantes y profesionales de países en desarrollo para abordar los desafíos relacionados con los ODS. (p. 12)

Las universidades tienen entonces el compromiso de fomentar dichas competencias, para que sus egresados puedan liderar procesos de transformación hacia un desarrollo sostenible.

A nivel mundial se han desarrollado políticas y estrategias para incluir la sostenibilidad en los sistemas educativos, promovidas sobre todo por organismos como las Naciones Unidas y la UNESCO. En Colombia, estos lineamientos se basan en la Constitución Política, la Ley General de Educación, la regulación de la educación superior y las políticas de educación ambiental, que hacen énfasis en la formación humanística y el compromiso con la protección del medio ambiente.

La propuesta de intervención docente que se plantea aquí, inspirada y articulada con los ODS, se dirige a integrarlos en el desarrollo de la asignatura Química General I y está avalada por algunos instrumentos de regulación que se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1** *Principales referentes normativos sobre sostenibilidad y educación*

| | *Norma o política* | *Alcance* | *Relación con el tema de TFM* |
|---|---|---|---|
| *Internacional* | **Declaración de Tbilisi (1977)** | Establece los principios, objetivos y orientaciones de la educación ambiental a nivel mundial, promoviendo la formación de ciudadanos conscientes y comprometidos con la solución de problemas ambientales. | Constituye el antecedente conceptual para la incorporación de la dimensión ambiental y la sostenibilidad en los procesos educativos. |
| | **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015)** | Marco global compuesto por 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas que integran dimensiones sociales, económicas y ambientales del desarrollo. | Promueve la incorporación de los ODS en la educación, especialmente a través del ODS 4 (Educación de calidad) y la meta 4.7 relacionada con la sostenibilidad. |
| | **UNESCO (2017). Educación para los ODS: Objetivos de aprendizaje** | Proporciona orientaciones para integrar la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) en currículos, programas académicos y procesos formativos. | Sirve de referencia para el desarrollo de competencias, conocimientos, valores y actitudes orientados a la sostenibilidad en la educación superior. |
| *Nacional (Colombia)* | **Constitución Política de Colombia (1991)** | Reconoce el derecho a la educación (art. 67) y el derecho a gozar de un ambiente sano (art. 79), estableciendo responsabilidades estatales y ciudadanas frente a la protección ambiental. | Proporciona el fundamento jurídico para integrar la sostenibilidad y la educación ambiental en los procesos educativos. |
| | **Ley 30 de 1992** | Organiza el servicio público de educación superior y establece como finalidad la | Sustenta la incorporación de competencias ambientales y de sostenibilidad dentro de |

| | | |
|---|---|---|
| | formación integral de los estudiantes. | la formación universitaria. |
| **Ley 115 de 1994 (Ley General de Educación)** | Define los fines de la educación colombiana, incluyendo la protección del ambiente, el uso racional de los recursos naturales y la formación para la participación ciudadana. | Constituye la base normativa para la educación ambiental en todos los niveles educativos. |
| **Política Nacional de Educación Ambiental – PNEA (2002)** | Establece lineamientos para incorporar la dimensión ambiental en los procesos educativos formales, no formales e informales del país. | Orienta la transversalización de la educación ambiental y la sostenibilidad en las instituciones educativas y universidades. |
| **Decreto 1330 de 2019** | Regula las condiciones de calidad de los programas académicos de educación superior, enfatizando la pertinencia, el contexto y los resultados de aprendizaje. | Favorece la inclusión de competencias relacionadas con la sostenibilidad en el diseño curricular y en los procesos de aseguramiento de la calidad. |

*Nota.* Elaboración propia con base en la Declaración de Tbilisi (UNESCO-PNUMA, 1977), la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), UNESCO (2017), la Constitución Política de Colombia (1991), la Ley 30 de 1992, la Ley 115 de 1994, la Política Nacional de Educación Ambiental (2002) y el Decreto 1330 de 2019.

### 2.1.1 Competencias para la sostenibilidad

La educación con enfoque de competencias es una de las bases de la educación actual y encuentra una aplicación particular en la EDS. Bianchi et al. (2021) destacan la importancia de promover

> "una educación basada en competencias que ayude a los alumnos a desarrollar capacidades verdes basadas en conocimientos y actitudes puede ayudar a promover una acción responsable y a estimular la voluntad de adoptar o exigir medidas a nivel local, nacional y mundial" (p. 6).

Esta perspectiva parte de que la enseñanza y el aprendizaje deben ir más allá de la transmisión de contenidos y orientarse hacia la formación de competencias que incentiven a los estudiantes a actuar de forma crítica y comprometida frente a los desafíos de la sostenibilidad.

En la educación superior, estas competencias son clave, porque permiten a los estudiantes aplicar el conocimiento académico a entornos y problemas fuera del aula. El pensamiento crítico en educación ambiental, desde la perspectiva de la sostenibilidad, es una competencia indispensable. Wiek et al. (2011) sostienen que "partimos de la premisa de que la educación en sostenibilidad debe capacitar a los estudiantes para analizar y resolver

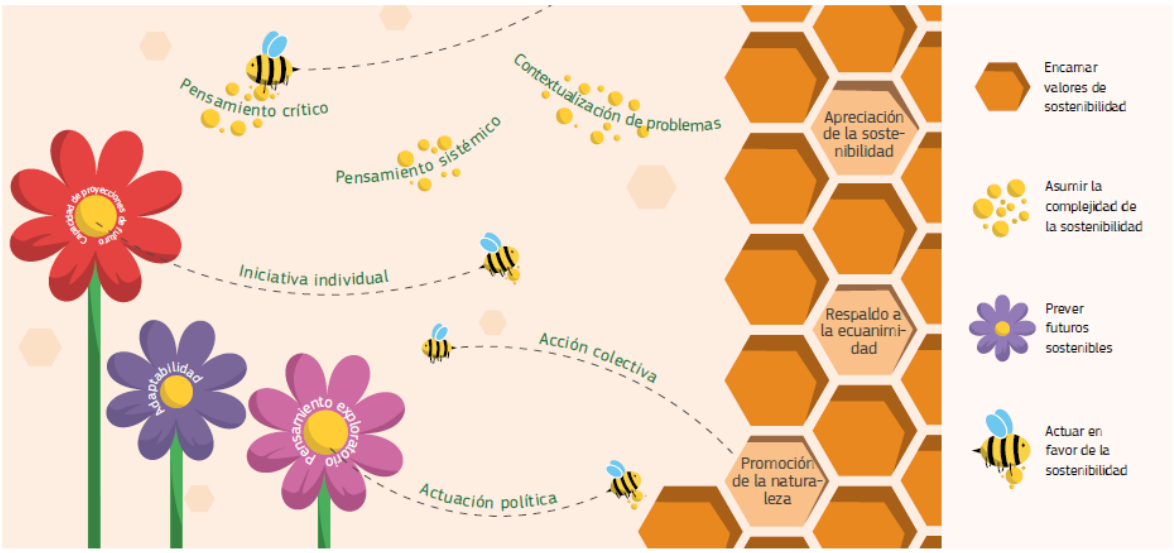
problemas de sostenibilidad, anticipar y prepararse para futuros desafíos en este ámbito, así como crear y aprovechar oportunidades para la sostenibilidad" (p. 204).

La Comisión Europea impulsó, por su parte, el desarrollo de *GreenComp* como marco de referencia para las competencias de sostenibilidad en la Unión Europea. Este marco ofrece un principio rector común para los sistemas educativos y define la sostenibilidad como competencia de la siguiente manera:

> Una competencia de sostenibilidad capacita a los alumnos para que representen valores de sostenibilidad y adopten sistemas complejos, con el fin de adoptar o solicitar medidas que restablezcan y mantengan la salud de los ecosistemas y mejoren la justicia, y así generar visiones para futuros sostenibles. (Bianchi & Cabrera, 2021, p.12).

La figura 3 muestra cómo GreenComp ha relacionado los 4 ámbitos: encarnar valores de sostenibilidad, asumir la complejidad de la sostenibilidad, preveer futuros sostenibles y actuar en favor de la sostenibilidad, con sus 12 competencias. (Bianchi & Cabrera, 2021):

**Figura 3** *Representación visual de GreenComp*




***Nota.*** Metáfora utilizada por GreenCom para relacionar competencias en sostenibilidad. **Tomado de** Bianchi, G., Pisiotis, U. y Cabrera, C. (2021). GreenComp: *The European sustainability competence framework*. Publications Office of the European Union.

La UNESCO (2017) resalta que la EDS favorece capacidades transversales para la sostenibilidad, necesarias para el progreso de todos los ODS, porque permite a los estudiantes tomar decisiones informadas y actuar como ciudadanos responsables frente a

los desafíos ambientales, sociales y económicos. La Tabla 2 recoge algunos aspectos destacables entre las propuestas de competencias para la sostenibilidad.

**Tabla 2** *Competencias promovidas para la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS)*

| ***Aspecto*** | ***GrennComp (UE)*** | ***UNESCO*** | ***Pacto Mundial*** |
|---|---|---|---|
| **Objetivo** | Desarrollar competencias para vivir y actuar de forma sostenible. | Formar ciudadanos para el desarrollo sostenible. | Impulsar la sostenibilidad en la gestión empresarial. |
| **Competencias Clave** | 1. Apreciación de la sostenibilidad<br>2. Respaldo a la ecuanimidad<br>3. Promoción de la naturaleza<br>4. Pensamiento sistémico<br>5. Pensamiento crítico<br>6. Contextualización de problemas<br>7. Capacidad de proyecciones de futuro<br>8. Adaptabilidad<br>9. Pensamiento exploratorio<br>10. Actuación política<br>11. Acción colectiva<br>12. Iniciativa individual. | 1. Pensamiento sistémico<br>2. Pensamiento crítico<br>3. Competencia de anticipación<br>4. Competencia de integración<br>5. Competencia normativa<br>6. Competencia estratégica<br>7. Competencia de colaboración<br>8. Competencia intrapersonal | 1. Liderazgo para los ODS<br>2. Toma de decisiones éticas<br>3. Gestión de grupos de interés<br>4. Pensamiento sistémico empresarial<br>5. Colaboración y alianzas<br>6. Implementación de estrategias de sostenibilidad<br>7. Medición e impacto corporativo.) |
| **Ámbito** | Educación y ciudadanía. | Educación en todos los niveles. | Empresas y organizaciones. |
| **Resultado Esperado** | Ciudadanos agentes de cambio. | Solución de desafíos de sostenibilidad. | Organizaciones alineadas con los ODS. |

*Nota.* Elaboración propia con a partir de Bianchi et al. (2022), *GreenComp: The European Sustainability Competence Framework*; UNESCO (2017), *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*; y United Nations Global Compact (2023), *Blueprint for SDG Leadership*.

### 2.1.2 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible como contexto para la enseñanza de la química

La Agenda 2030 de las Naciones Unidas es uno de los principales marcos internacionales para el desarrollo sostenible, a través de esfuerzos convergentes en las dimensiones social, económica y ambiental. En la educación, la EDS promueve el conocimiento, las habilidades, los valores y las actitudes que permiten a las personas participar en la consecución de los ODS y responder a los desafíos globales actuales (UNESCO, 2017). La meta 4.7 del ODS 4 señala, en concreto, que todos los alumnos deben contar con los conocimientos y habilidades necesarias para promover el desarrollo sostenible a través de la educación para el desarrollo, estilos de vida sostenibles y ciudadanía global (ONU, 2015).

Los ODS se configuraron así como un marco adecuado para reformular la enseñanza de la química, articulando los contenidos disciplinarios con problemas reales que afectan tanto a las sociedades humanas como a los sistemas naturales (Wissinger, 2025). Desde esta óptica, la química deja de ser solo una colección de conceptos, leyes y procedimientos, y se posiciona como una ciencia que contribuye a resolver problemas relacionados con la

seguridad alimentaria, la calidad del agua, la salud pública, la transición energética y el cambio climático. Contextualizar los contenidos químicos en relación con estas problemáticas favorece la motivación del alumnado, el aprendizaje significativo y el pensamiento sistémico, entendido como la capacidad de establecer interrelaciones entre fenómenos científicos, ambientales, sociales y económicos (Mahaffy & Cornell, 2025; Wissinger, 2025).

La integración de los ODS en la educación química también facilita adquirir competencias para la sostenibilidad. Wiek et al. (2011) resumen estas competencias como el pensamiento sistémico y la capacidad para abordar problemas complejos y tomar decisiones informadas, necesarias para integrar y aplicar el conocimiento. Estas capacidades son importantes tanto para los estudiantes actuales como para los futuros profesionales de la química, que deberán enfrentar problemas relacionados con el uso sostenible de los recursos, la innovación tecnológica responsable, la reducción de impactos ambientales y el cambio climático.

Esta necesidad de transformar la enseñanza de las ciencias también ha sido señalada en el campo de la educación química. Li et al. (2026) afirman que las transformaciones tecnológicas y sociales vinculadas con la inteligencia artificial exigen modelos educativos centrados en el pensamiento crítico, la solución de problemas, el razonamiento ético y la toma de decisiones informadas, más que en la transmisión o recepción de información. Desde este punto de vista, proponen que la educación en química se oriente a la generación activa de conocimiento y a la comprensión de problemas reales, promoviendo la alfabetización científica y la participación en los retos globales de la sostenibilidad.

Señalan además que incorporar a los procesos educativos instrumentos y enfoques coherentes con los ODS contribuye a la consecución del ODS 4 (Educación de calidad), porque fomenta experiencias de aprendizaje más inclusivas, centradas en el contexto y pertinentes para formar ciudadanos capaces de colaborar en la construcción de un futuro sostenible. Estas reflexiones respaldan a los ODS como marco de referencia para la enseñanza de la química, ya que permiten relacionar los contenidos disciplinares con problemáticas ambientales, sociales y tecnológicas más complejas, y ofrecen un abordaje más integral entre ciencia, sociedad y sostenibilidad.

En la asignatura Química General I esta mirada es particularmente relevante, porque permite enlazar principios básicos con situaciones de relevancia social y ambiental. El análisis químico de las reacciones permite estudiar procesos de tratamiento de contaminantes y calidad ambiental; la estequiometría, la eficiencia en el uso de materias primas y la reducción de desechos industriales; y los contenidos sobre soluciones y mezclas se aplican a la calidad del agua, la contaminación del aire y la concentración de sustancias en distintas condiciones ambientales. Estas conexiones ayudan a comprender los ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), 7 (Energía asequible y no contaminante), 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), 12 (Producción y consumo responsables) y 13 (Acción por el clima), y muestran el aporte de la química a sociedades más sostenibles. La Tabla 3 sintetiza la relación entre algunos contenidos fundamentales de Química General I y los ODS.

**Tabla 3** *Relación entre contenidos de Química General I y ODS*

| ***ODS*** | ***Relación Con La Química*** | ***Ejemplos De Contenidos De Química General I*** |
|---|---|---|
| **ODS 2. Hambre Cero** | Fertilidad de suelos, fertilizantes y producción sostenible de alimentos | Estequiometría, soluciones, ciclo del nitrógeno |
| **ODS 3. Salud Y Bienestar** | Medicamentos, toxicología y contaminación química | Concentración de soluciones, equilibrio químico |
| **ODS 6. Agua Limpia Y Saneamiento** | Calidad del agua, contaminantes y tratamiento de aguas | Soluciones, análisis químico, ácido-base |
| **ODS 7. Energía Asequible Y No Contaminante** | Combustibles, energías alternativas y eficiencia energética | Termoquímica, reacciones químicas |
| **ODS 12. Producción Y Consumo Responsables** | Química verde, gestión de residuos y economía circular | Rendimiento de reacciones, química sostenible |
| **ODS 13. Acción Por El Clima** | Gases de efecto invernadero y cambio climático | Gases, equilibrio químico, termoquímica |

*Nota.* Elaboración propia a partir de ONU (2015), Wissinger (2025), Mahaffy y Cornell (2025) y los contenidos de la asignatura Química General I.

Los ODS constituyen así un contexto apropiado para la enseñanza de Química General I, porque permiten vincular los conocimientos científicos con los retos de la sostenibilidad, en una formación más contextualizada, crítica y comprometida con los problemas socioambientales actuales.

## 2.2. Contaminación atmosférica y calidad del aire urbano

La contaminación del aire es una de las principales problemáticas ambientales de las áreas urbanas, sobre todo en zonas de alta densidad vehicular. El tráfico constante de vehículos particulares, transporte público y carga pesada en el entorno de la U.D.C.A podría afectar la

calidad del aire. Por eso conviene precisar los conceptos de calidad del aire y contaminación atmosférica antes de abordar la problemática ambiental en estudio.

### 2.2.1. Concepto e importancia de la calidad del aire

La calidad del aire se refiere al estado de la atmósfera en cuanto a la concentración y composición de los contaminantes que puede contener, y a su capacidad de no producir efectos adversos en la salud humana, los ecosistemas o los materiales. Una buena calidad del aire es aquella que no genera efectos adversos para la salud o el ambiente; una mala calidad del aire, en cambio, se asocia con altos niveles de contaminantes, según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021).

La calidad del aire es un indicador clave de la sostenibilidad ambiental y la salud pública urbana. Su deterioro está vinculado a actividades humanas como el transporte terrestre, los procesos industriales y la quema de combustibles fósiles, que liberan gases que modifican la composición natural de la atmósfera. La OMS (2021) considera que la contaminación del aire es uno de los principales riesgos ambientales para la salud, porque contribuye a un mayor número de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y otras crónicas, sobre todo en grupos vulnerables.

En las ciudades, controlar la calidad del aire es fundamental para diseñar políticas de gestión ambiental orientadas a reducir las emisiones contaminantes y proteger a la población. El estudio de la calidad del aire aporta información para analizar la relación entre actividades humanas e impactos ambientales, y es relevante tanto para la formación científica como para la educación para el desarrollo sostenible.

### 2.2.2. Principales contaminantes atmosféricos generados por el transporte terrestre

El transporte terrestre es una fuente importante de contaminación atmosférica en las ciudades. Los vehículos que usan combustibles fósiles generan contaminantes que deterioran la calidad del aire y afectan la salud humana y ambiental.

Entre los contaminantes más relevantes están el material particulado fino ($PM_{2,5}$), el material particulado respirable ($PM_{10}$), los óxidos de nitrógeno ($NO_x$), el monóxido de carbono ($CO$) y el ozono troposférico ($O_3$). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), el material particulado fino ($PM_{2,5}$), es uno de los contaminantes más preocupantes,

por su capacidad de llegar a las regiones más profundas del aparato respiratorio y a la sangre.

Para el caso de Bogotá, estos contaminantes son monitoreados de manera constante por la Secretaría Distrital de Ambiente (2021) a través de la RMCAB, con el fin de conocer su comportamiento y respaldar la toma de decisiones ambientales. Esta información se comparte mediante el Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA), que se muestra en la Figura 4, cuya función es comunicar el estado de la calidad del aire, el riesgo para la salud y el nivel de respuesta intersectorial que corresponde.

**Figura 4** *Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA)*

| Atributos del IBOCA | | | | 5 Intervalos de concentración para cada contaminantes y tiempo de exposición del IBOCA (µg/m³) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Media móvil ponderada (NowCast) | | Media móvil | | | |
| 1 Color | 2 Nivel de riesgo por exposición a la calidad del aire | 3 Nivel de actuación o respuesta | 4 Intervalos de valores adimensionales | PM 2.5 (12h) | PM 10 (12h) | O3 (8h) | NO2 (1h) | SO2 (1h) | CO (8h) |
| Verde | Bajo | Prevención | 0 – 50 | 0-12 | 0-27.2 | 0-72 | 0-28.5 | 0-9.6 | 0-2549 |
| Amarillo | Moderado | | 51 - 100 | 12.1-35.4 | 27.3-63.8 | 73-107 | 28.6-84.1 | 9.7-38.5 | 2550-5022 |
| Naranja | Regular | Alerta Fase 1 | 101 - 150 | 35.5-55.4 | 63.9-95.5 | 108-137 | 84.2-132.2 | 38.6-63.5 | 5023-7165 |
| Rojo | Alto | Alerta Fase 2 | 151 - 200 | 55.5-151.2 | 95.6-246.7 | 138-281 | 132.3-361.9 | 63.6-182.7 | 7166-17384 |
| Morado | Peligroso | Emergencia | 201 -300 | 151.3-250.4 | 246.8-405.2 | 282-432 | 362.0-602.6 | 182.8-307.7 | 17385-28099 |
| | | | 301 -500 | 250.5-500.4 | 405.3-800.4 | 433-809 | 602.7-1202.6 | 307.8-619.2 | 28100-54802 |

| | | |
|---|---|---|
| ***ATRIBUTOS DEL IBOCA*** | ***1 Color*** | Escala de colores que indica de forma incremental el estado de la calidad del aire de la ciudad, así como del riesgo asociado en salud. |
| | ***2 Nivel de riesgo por exposición a la calidad del aire*** | Criterio cuantitativo del IBOCA que da una idea general y rápida del peligro de deterioro del ambiente y de la salud humana por causa de la concentración de contaminantes atmosféricos en un lugar y momento determinado. |
| | ***3 Nivel de actuación o respuesta*** | Criterio cualitativo que indica la intensidad de las medidas intersectoriales, institucionales y ciudadanas que deben realizarse para proteger al ambiente y la salud humana para cada nivel de riesgo. |
| | ***4 Intervalos de valores adimensionales*** | Rangos en una escala sin unidades que va de $0$ a $500$, correspondientes a los diferentes colores del IBOCA. |
| | ***5 Intervalos de concentración*** | Rangos en unidades de concentración de los contaminantes criterio ($PM_{2,5}$, $PM_{10}$, $O_3$. $NO_2$, $SO_2$, $CO$)para cada color del IBOCA para $PM_{2,5}$, $PM_{10}$, estas concentraciones corresponden a medias móviles ponderadas (NowCast) de 12 datos horarios. Para los demás contaminantes gaseosos, estas concentraciones corresponden a medias móviles de determinado número de datos horarios (para $O_3$., y $CO$, o datos; para $NO_2$, y $SO_2$, 1 dato) |

*Nota*. Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). *¿Qué es el IBOCA?* Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA). http://iboca.ambientebogota.gov.co/publicaciones/175/que-es-el-iboca/

### 2.2.3. Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y el entorno

La contaminación del aire es una de las mayores amenazas ambientales para la salud pública en todo el mundo. La evidencia científica muestra que la exposición prolongada a altos niveles de contaminación atmosférica se relaciona con más casos de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, además de un aumento de la mortalidad prematura. Según la OMS (2021), la contaminación del aire es el mayor riesgo ambiental para la salud humana, con efectos particularmente severos en poblaciones vulnerables, como niños, adultos mayores y personas con condiciones de salud preexistentes.

El medio natural y las ciudades tampoco se salvan de sus consecuencias. La concentración de contaminantes en el aire puede alterar el equilibrio de los ecosistemas, afectar el desarrollo de la vegetación y reducir la calidad ambiental de los espacios urbanos, además de afectar el bienestar de las personas al deteriorar las condiciones que hacen posible una vida saludable (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2022).

La contaminación atmosférica también implica costos sociales y económicos importantes en atención médica, pérdida de productividad laboral y medidas de control ambiental. Por eso, mejorar la calidad del aire es una prioridad dentro de las estrategias de sostenibilidad urbana.

## 2.3. Movilidad vehicular y su incidencia en la calidad del aire

### 2.3.1. Emisiones vehiculares como fuente de contaminación atmosférica

El transporte terrestre es una de las mayores fuentes de contaminación atmosférica en las ciudades, por la intensidad y frecuencia de los desplazamientos diarios. Las emisiones vehiculares provienen de la combustión y del desgaste de componentes como frenos, neumáticos y calzadas, que liberan sustancias que modifican la composición de la atmósfera. La cantidad de estas emisiones depende de factores como el tipo de combustible, la tecnología del vehículo, el mantenimiento y el tráfico (Agencia Europea de Medio Ambiente [AEMA], 2023).

En las ciudades grandes, la presión sobre la calidad del aire ha aumentado junto con el parque vehicular y la demanda de movilidad. En Bogotá, las fuentes móviles aportan de manera considerable a las emisiones urbanas, sobre todo en corredores de alto flujo

vehicular y actividad logística. El transporte terrestre sigue siendo uno de los mayores retos para la gestión de la calidad del aire, según la Secretaría Distrital de Ambiente (2024), lo que ha impulsado estrategias para reducir emisiones y fortalecer sistemas de movilidad más sostenibles.

### 2.3.2 Congestión vial y concentración de contaminantes en zonas urbanas

La congestión vial es típica de las grandes ciudades y ocurre cuando la demanda de circulación supera la capacidad de la infraestructura vial. Además de afectar los tiempos de viaje, la congestión genera condiciones que aumentan las emisiones por vehículo, como paradas frecuentes, arranques y cambios de velocidad. Algunos estudios indican que las zonas de alta concentración vehicular tienden a presentar mayores niveles de contaminantes del aire, sobre todo en horas pico. Esto no depende solo de la cantidad de vehículos, sino también de factores como la conformación del tejido urbano, las condiciones climáticas y la ventilación del espacio urbano (IDEAM, 2023). En consecuencia, algunas zonas de la ciudad podrían tener niveles más altos de exposición, con un riesgo adicional para la salud pública y la calidad ambiental.

Estudiar el vínculo entre la congestión del tráfico y la contaminación del aire tiene sentido, sobre todo para ciudades que buscan ser sostenibles, porque orienta acciones hacia una movilidad más eficiente, menores emisiones y ambientes más saludables.

### 2.3.3 Contexto de movilidad y calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A.

La U.D.C.A está ubicada en el norte de Bogotá, en una zona de gran dinámica de movilidad entre vehículos privados, transporte público, rutas escolares y vehículos de servicio. La cercanía de corredores viales saturados convierte el entorno universitario en un espacio adecuado para estudiar la relación entre movilidad urbana y calidad del aire.

Las actividades académicas se desarrollan en un ambiente donde estudiantes, profesores y personal administrativo están expuestos diariamente a las condiciones de una zona de alto flujo vehicular. Esto ofrece una oportunidad para abordar problemas ambientales cercanos a la cotidianidad de la comunidad universitaria y articularlos con los contenidos de Química General I.

Desde el punto de vista educativo, la movilidad y sus implicaciones en la contaminación del aire son un contexto propicio para tratar conceptos químicos relacionados con la composición de la atmósfera, las transformaciones de la materia y la contaminación ambiental. Además, es un tema que se vincula de cerca con los ODS relacionados con la salud, las ciudades sostenibles y la acción por el clima, y permite articular el conocimiento científico con los retos ambientales del entorno local.

## 2.4 Aprendizaje basado en problemas (ABP)

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es una metodología centrada en el estudiante, que lo hace protagonista de la construcción del conocimiento a partir del análisis y la solución de problemas en contextos reales. Los alumnos son actores de su propio proceso de aprendizaje y deben usar sus conocimientos, destrezas y actitudes para analizar fenómenos complejos y tomar decisiones. Por su orientación hacia la investigación, el trabajo en equipo y la toma de decisiones, el ABP es un enfoque adecuado para tratar problemáticas de sostenibilidad y ODS, y para relacionar contenidos disciplinares con cuestiones ambientales actuales.

### 2.4.1 Fundamentos y características del aprendizaje basado en problemas

El ABP se originó en la formación médica en la década de 1960, desarrollado por Barrows, ante la necesidad de un aprendizaje más significativo y cercano a la realidad. Barrows (1986) lo describió como una forma de aprender en la que los problemas son el motivo para adquirir e integrar nuevos conocimientos: el problema deja de ser una actividad posterior al aprendizaje y se convierte en el elemento que guía la indagación.

Varios autores coinciden en que el ABP se basa en el constructivismo, donde el estudiante participa activamente en la construcción de significados a partir de experiencias contextualizadas. El aprendiz determina sus necesidades de aprendizaje, recoge información y elabora respuestas, mientras el docente actúa como facilitador mediante preguntas, retroalimentación y acompañamiento (Savery, 2006).

Entre las principales características del ABP están el uso de problemas reales, la integración interdisciplinar, el trabajo en equipo y el desarrollo del pensamiento de orden superior. Esta metodología promueve además la autonomía, la capacidad reflexiva y la transferencia de

conocimientos a contextos reales, competencias importantes para profesionales que deben resolver problemas dinámicos y complejos.

Restrepo (2005) presenta el método de nueve pasos, que se atribuye a la Academia de Matemáticas y Ciencias de Illinois (2001). Esta propuesta toma dicha versión metodológica como referencia para aplicar el ABP. El método comprende los siguientes pasos: presentar el problema, activar los conocimientos previos, identificar las necesidades de aprendizaje, delimitar y definir el problema, recopilar y compartir información pertinente, formular posibles soluciones, evaluar las alternativas propuestas, valorar el desempeño durante el proceso y sistematizar los aprendizajes obtenidos.

### 2.4.2 Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de la química orientada a los objetivos de desarrollo sostenible

La enseñanza de la química ofrece múltiples oportunidades para abordar problemáticas de sostenibilidad, porque muchos de los desafíos ambientales actuales están ligados a procesos químicos que ocurren en la atmósfera, el agua, el suelo y los sistemas productivos. El ABP es una estrategia especialmente pertinente en este contexto, porque permite articular los contenidos disciplinares con situaciones reales que exigen comprensión científica, análisis crítico y toma de decisiones.

La EDS promueve metodologías participativas que favorecen la reflexión, el análisis de problemas complejos y la búsqueda de alternativas frente a los retos ambientales, sociales y económicos actuales (UNESCO, 2020). El ABP facilita así incorporar los ODS en la enseñanza, al situar el aprendizaje en contextos donde los estudiantes deben movilizar conocimientos científicos para comprender fenómenos de su entorno y proponer soluciones.

En esta propuesta, la contaminación atmosférica asociada a la movilidad vehicular se plantea como eje del aprendizaje, por su relevancia ambiental y su cercanía con la realidad cotidiana de la comunidad universitaria. Esta problemática permite conectar contenidos de Química General I como la estructura y propiedades de la materia, las mezclas gaseosas, las reacciones químicas, la estequiometría y las soluciones, con fenómenos relacionados con la calidad del aire.

El estudio de esta situación favorece además la integración de varios ODS, en particular el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), el ODS 11 (Ciudades y comunidades

sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el clima). Así, los estudiantes fortalecen su comprensión de conceptos químicos y desarrollan competencias para interpretar problemáticas ambientales, analizar evidencias científicas y valorar el papel de la química en la construcción de alternativas sostenibles.

### 2.4.3 Las rúbricas como instrumento de evaluación del aprendizaje basado en problemas

La evaluación auténtica de competencias requiere instrumentos que permitan valorar el desempeño del estudiante de forma holística, transparente y formativa. Las rúbricas son una herramienta adecuada para metodologías activas como el ABP, porque establecen criterios explícitos y niveles de logro bien definidos que guían tanto al docente como al estudiante durante el proceso de aprendizaje.

Según Andrade (2005), las rúbricas mejoran la claridad en la evaluación, la retroalimentación y la autorregulación del aprendizaje, porque permiten que los estudiantes vean qué se espera de ellos y en qué medida lo están logrando. Brookhart (2013) añade que, cuando las rúbricas tienen criterios claros y descriptores precisos, ayudan a los estudiantes a entender qué significa desempeñarse con éxito.

En el ABP orientado a la sostenibilidad, la rúbrica permite evaluar de forma integrada competencias como el pensamiento crítico, la resolución de problemas complejos, el trabajo colaborativo y la capacidad de plantear propuestas fundamentadas en evidencias desde una perspectiva científica y ambiental.

La Tabla 4 muestra un ejemplo de rúbrica para evaluar actividades de ABP, con base en las competencias del marco GreenComp. Incluye al menos estas dimensiones: comprensión de problemáticas ambientales, pensamiento crítico, trabajo colaborativo y elaboración de propuestas justificadas desde la sostenibilidad. El instrumento busca una evaluación coherente con los resultados de aprendizaje esperados y con las competencias que se desarrollan a lo largo de la intervención. Como estas actividades se dan en distintas etapas del proceso de aprendizaje y con distintos grados de dificultad, los criterios y capacidades a evaluar pueden adaptarse a los objetivos didácticos de cada actividad.

**Tabla 4** *Rúbrica de evaluación para Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) con enfoque GreenComp*

| *Criterio de evaluación* | *Competencia GreenComp asociada* | *Excelente (4)* | *Bueno (3)* | *Básico (2)* | *Inicial (1)* |
|---|---|---|---|---|---|
| **Comprensión sistémica de la problemática ambiental** | Pensamiento sistémico | Analiza la problemática de manera integral, identificando causas, actores, relaciones e impactos ambientales, sociales y económicos, estableciendo conexiones fundamentadas entre ellos. | Identifica adecuadamente los principales elementos y relaciones de la problemática. | Reconoce algunos elementos de la problemática, pero con relaciones limitadas. | Presenta una comprensión superficial o fragmentada de la problemática. |
| **Análisis de relaciones e interacciones en sistemas socioambientales** | Pensamiento sistémico | Establece relaciones claras entre procesos químicos, factores ambientales, actividades humanas y estrategias de mitigación. | Establece la mayoría de las relaciones relevantes. | Identifica algunas relaciones de forma parcial. | Presenta relaciones incorrectas o desconectadas de la problemática. |
| **Gestión y evaluación de información científica** | Pensamiento crítico | Localiza, selecciona, organiza y utiliza información científica confiable y pertinente para sustentar sus análisis. | Utiliza información adecuada para sustentar su trabajo. | Emplea información limitada o poco organizada. | Utiliza información insuficiente o poco pertinente. |
| **Argumentación científica basada en evidencias** | Pensamiento crítico | Sustenta sus conclusiones mediante evidencias pertinentes y argumentos científicamente fundamentados. | Utiliza evidencias adecuadas para respaldar la mayoría de sus conclusiones. | Emplea evidencias limitadas o parcialmente fundamentadas. | Presenta conclusiones sin evidencia suficiente. |
| **Aplicación de conceptos químicos y resolución de cálculos** | Pensamiento crítico | Aplica correctamente conceptos químicos y desarrolla los cálculos requeridos con precisión. | Presenta errores menores que no afectan las conclusiones. | Presenta errores que limitan la interpretación. | No logra aplicar adecuadamente los conceptos ni realizar los cálculos requeridos. |
| **Rigor y fundamentación científica** | Pensamiento crítico | Presenta información precisa, relevante y científicamente fundamentada. | Presenta información adecuada con imprecisiones menores. | Presenta información limitada o inconsistencias conceptuales. | Presenta información incorrecta o insuficiente. |
| **Comunicación y divulgación de la información** | Comunicación para la sostenibilidad | Comunica información de manera clara, organizada y adecuada para el público objetivo. | Comunica adecuadamente la información. | Presenta dificultades de claridad u organización. | El mensaje resulta confuso o poco comprensible. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Compromiso y contribución a la sostenibilidad** | Acción colectiva | Relaciona explícitamente la problemática o propuesta con la sostenibilidad y los ODS, promoviendo acciones concretas. | Establece relaciones claras con la sostenibilidad. | Presenta relaciones superficiales con la sostenibilidad. | No logra relacionar el trabajo con la sostenibilidad. |
| **Viabilidad e impacto de la propuesta** | Iniciativa para la sostenibilidad | Propone soluciones innovadoras, viables y con potencial impacto positivo. | Propone soluciones pertinentes y viables. | Presenta limitaciones importantes de aplicación. | La propuesta resulta poco viable. |
| **Trabajo colaborativo** | Acción colectiva | Participa activamente y contribuye al logro de los objetivos comunes. | Colabora adecuadamente con el grupo. | Participa de forma irregular. | Presenta baja participación. |
| **Reflexión crítica sobre el aprendizaje** | Autoeficacia | Reflexiona sobre aprendizajes, limitaciones y oportunidades de mejora. | Reconoce aprendizajes y aspectos por mejorar. | Presenta una reflexión superficial. | No evidencia reflexión sobre el proceso. |

*Nota.* Elaboración propia con base en el marco GreenComp propuesto por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (Bianchi et al., 2022) y los principios del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

Integrar los ODS en la asignatura de Química General I es una oportunidad para dar sentido al aprendizaje y vincular los contenidos de la ciencia con problemáticas de interés social y ambiental. El ABP permite que los estudiantes enfrenten situaciones reales —calidad del aire, contaminación, uso responsable de recursos— y aplique conocimientos de química para comprenderlas y proponer soluciones. Esta combinación de ODS, ABP y contenidos disciplinares favorece un aprendizaje más significativo y ayuda a desarrollar las competencias necesarias para responder a los desafíos de la sostenibilidad con una mirada científica y responsable.

# 3. Diseño de intervención

En este capítulo se presenta la propuesta de intervención docente para integrar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en la asignatura Química General I. Se describen los objetivos, los elementos didácticos y las estrategias metodológicas, tomando la contaminación atmosférica y el ABP como eje central de la propuesta.

## 3.1. Presentación de la intervención

### 3.1.1. Título de la propuesta

Respira ciencia: química aplicada a la calidad del aire

### 3.1.2. Justificación y contexto

Esta propuesta surge de la necesidad de incorporar la sostenibilidad de forma transversal en la formación de los estudiantes de Química de la U.D.C.A. Aunque la química ofrece herramientas para comprender y afrontar problemas ambientales, en las asignaturas básicas estos contenidos suelen abordarse de forma aislada de los contextos donde adquieren sentido. Como resultado, los estudiantes no siempre reconocen el potencial de la disciplina para interpretar y responder a los desafíos ambientales de su entorno.

La intervención se desarrolla en Química General I, dirigida a estudiantes de primer semestre, y toma como contexto la contaminación atmosférica asociada al flujo vehicular en los alrededores de la universidad. Es una problemática cercana a la experiencia cotidiana de los estudiantes, que permite analizar la formación de contaminantes atmosféricos y las reacciones químicas de los procesos de combustión, incluida la composición de las mezclas gaseosas del aire.

Esta temática conecta contenidos propios de Química General I, como las reacciones químicas, la estequiometría y las soluciones, con los ODS seleccionados: el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el clima). Wissinger (2025) señala que incorporar los ODS en la enseñanza de la química ofrece un marco que facilita relacionar los conocimientos científicos con problemáticas locales y globales, y ayuda a comprender las interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente. La Agenda 2030 reconoce, además, que los retos de

la energía, la calidad ambiental urbana y el cambio climático requieren la participación de la comunidad científica y de los futuros profesionales (ONU, 2015).

Desde esta perspectiva, la propuesta busca que los estudiantes comprendan el papel de la química tanto en identificar las causas de la contaminación atmosférica como en buscar alternativas de mitigación. Así, el aprendizaje de los contenidos disciplinares se conecta con situaciones reales de su entorno y aporta a una formación científica más crítica y comprometida con la sostenibilidad.

### 3.1.3. Principios de intervención

La propuesta se fundamenta en el ABP como estrategia metodológica central. La contaminación atmosférica derivada del tránsito vehicular en el entorno de la universidad es el problema de referencia a partir del cual los estudiantes analizarán información, formularán hipótesis, interpretarán fenómenos químicos y explorarán alternativas de solución desde una perspectiva científica y sostenible.

Uno de los principios que orienta la intervención es la contextualización del aprendizaje mediante los ODS. Según la UNESCO (2017), la EDS debe promover competencias que permitan comprender problemas complejos y actuar de forma responsable frente a los desafíos globales. Los ODS seleccionados actúan aquí como eje transversal de toda la propuesta.

El ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) permite analizar la relación entre los procesos de combustión, el consumo energético y la generación de emisiones, y abre la reflexión sobre alternativas energéticas más limpias. El ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) se enfoca en cómo las emisiones vehiculares afectan la calidad del aire y en el papel de la química en su monitoreo y control. El ODS 13 (Acción por el clima) permite estudiar la relación entre ciertos contaminantes atmosféricos y el cambio climático, y el papel de la química tanto para entender estos procesos como para reducir sus impactos.

Un segundo principio es el desarrollo del pensamiento sistémico. La propuesta busca que los estudiantes comprendan que los problemas ambientales resultan de múltiples interacciones entre factores científicos, tecnológicos, económicos, sociales y ambientales. Esta capacidad es clave para abordar situaciones complejas y es una de las competencias centrales para la sostenibilidad (Wiek et al., 2011).

También se promueve el aprendizaje colaborativo, para favorecer el intercambio de ideas, la construcción conjunta de explicaciones y la toma de decisiones fundamentadas, junto con el pensamiento crítico mediante el análisis de información científica, la valoración de alternativas y la reflexión sobre las implicaciones ambientales de las actividades humanas.

Por último, la propuesta busca un aprendizaje significativo de la química. Como señala Wissinger (2025), integrar los ODS en la enseñanza de esta disciplina conecta los contenidos curriculares con problemáticas socialmente relevantes, y ayuda a que los estudiantes comprendan el papel de la química en la construcción de soluciones para un futuro más sostenible. Los contenidos de Química General I dejan así de ser solo conocimientos teóricos y se convierten en herramientas para interpretar la realidad y actuar frente a los desafíos ambientales.

## 3.2. Personas destinatarias y agentes implicados

### 3.2.1. Personas destinatarias

La propuesta está dirigida a estudiantes de primer semestre del programa de Química de la U.D.C.A., con edades entre los 17 y los 20 años, matriculados en la asignatura Química General I. Los grupos de clase suelen tener entre 30 y 40 estudiantes, y la asignatura se desarrolla de forma presencial, principalmente en el aula de clase. Algunas actividades, sin embargo, se realizan en distintos espacios del campus universitario, lo que permite observar y analizar problemáticas ambientales cercanas al contexto de los estudiantes. Por tratarse de una asignatura básica y obligatoria del plan de estudios, es un espacio adecuado para incorporar la sostenibilidad desde las primeras etapas de la formación profesional y para relacionar los conocimientos químicos con los desafíos ambientales del entorno.

Con esta intervención se espera que los estudiantes amplíen su comprensión sobre el papel de la química en la sociedad y reconozcan las relaciones entre los procesos químicos y los retos del desarrollo sostenible. Asimismo, se busca fortalecer el pensamiento crítico y la capacidad de formular soluciones fundamentadas desde la disciplina en la que ejercerán su profesión.

### 3.2.2. Agentes implicados

La implementación de la propuesta requiere la participación de distintos actores del contexto universitario. Los estudiantes son los protagonistas de su propio proceso de aprendizaje, mientras que el docente orienta y acompaña ese proceso, facilita la reflexión y guía el desarrollo de las actividades.

Según las necesidades de cada sesión, podrán vincularse también recursos y espacios institucionales de la universidad, como laboratorios de docencia, herramientas digitales y proyectos relacionados con la sostenibilidad ambiental. Esta articulación busca acercar a los estudiantes a situaciones reales de su entorno y favorecer la conexión entre los contenidos de Química General I y los desafíos ambientales de su contexto inmediato.

## 3.3. Elementos didácticos de la intervención

### 3.3.1. Objetivos generales

Diseñar una estrategia pedagógica basada en ABP que permita a los estudiantes de Química General I comprender, analizar y proponer alternativas de solución frente al incremento de material particulado $PM_{10}$ registrado en el corredor vial en torno a la U.D.C.A, mediante la aplicación de conceptos relacionados con las reacciones químicas, la estequiometría y las soluciones.

### 3.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los procesos químicos asociados a la generación de contaminantes atmosféricos provenientes de la combustión vehicular.
- Relacionar los principios de la estequiometría con la cuantificación de emisiones y la formación de contaminantes atmosféricos.
- Aplicar conceptos de soluciones químicas al análisis de tecnologías aplicadas al monitoreo y control de contaminantes.
- Interpretar información ambiental relacionada con la calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A.
- Desarrollar habilidades de investigación, argumentación y trabajo colaborativo.
- Formular propuestas de mitigación fundamentadas en principios químicos y alineadas con los ODS 7, 11 y 13.

### 3.3.3. Articulación de objetivos, contenidos, ODS y competencias

La propuesta se desarrolla en la asignatura Química General I y toma como contexto de aprendizaje la problemática de la contaminación atmosférica en el entorno de la U.D.C.A. A partir de la metodología ABP, los estudiantes analizan información de situaciones reales, interpretan fenómenos químicos relacionados con la calidad del aire y construyen propuestas orientadas a la mitigación de esta problemática desde una perspectiva científica y sostenible.

La asignatura Química General I es un espacio de formación básica donde se trabajan contenidos teórico-prácticos sobre la estructura y propiedades de la materia, las reacciones químicas, la estequiometría, las soluciones y sus aplicaciones. En esta intervención se seleccionaron los contenidos con relación directa con la contaminación atmosférica y con los ODS priorizados. El programa analítico completo de la asignatura se presenta en el Anexo A.

Este enfoque integra los ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y 13 (Acción por el clima) con los contenidos de la asignatura, y favorece competencias del marco GreenComp, en especial el pensamiento sistémico, el pensamiento crítico, la acción colectiva y la iniciativa para la sostenibilidad. La Tabla 5 muestra la relación entre los objetivos didácticos, los contenidos curriculares, los ODS y las competencias que orientan la intervención.

**Tabla 5** *Relación entre objetivos, contenidos, ODS y competencias*

| Objetivo didáctico | Contenido curricular | ODS | Competencias GreenComp |
|---|---|---|---|
| Comprender la problemática de la contaminación atmosférica mediante el análisis de evidencias ambientales y su relación con la sostenibilidad. | Contaminación atmosférica, calidad del aire y contexto ambiental. | ODS 11 y ODS 13 | Pensamiento sistémico y pensamiento crítico. |
| Analizar las reacciones químicas involucradas en la formación de contaminantes atmosféricos. | Reacciones químicas, combustión y balanceo de ecuaciones. | ODS 11 y ODS 13 | Pensamiento sistémico y pensamiento crítico. |
| Aplicar principios estequiométricos para estimar emisiones y evaluar alternativas de reducción de contaminantes. | Estequiometría, relaciones masa-mol y cálculos químicos. | ODS 7 y ODS 13 | Pensamiento crítico e iniciativa para la sostenibilidad. |
| Evaluar estrategias de mitigación de la contaminación atmosférica desde una perspectiva científica y sostenible. | Química ambiental, sostenibilidad y control de emisiones. | ODS 7, ODS 11 y ODS 13 | Acción colectiva e iniciativa para la sostenibilidad. |
| Diseñar y comunicar propuestas de intervención fundamentadas en evidencia científica para contribuir a la mejora de la | Aplicación integrada de contenidos de Química General I. | ODS 7, ODS 11 y ODS 13 | Acción colectiva, pensamiento crítico e iniciativa para la sostenibilidad. |

| | |
|---|---|
| calidad del aire. | |

*Nota.* Elaboración propia a partir del Proyecto Educativo Institucional de la U.D.C.A. (2024), los Resultados de Aprendizaje del Programa de Química, el Programa Analítico de Química General I (2025), el marco GreenComp (Bianchi et al., 2022) y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015).

La evaluación se desarrollará de forma progresiva a lo largo de la secuencia didáctica, mediante actividades del ABP como el análisis de evidencias ambientales, la construcción de explicaciones científicas, la resolución de problemas contextualizados, la divulgación de información y la formulación de propuestas de mitigación. Para ello se usarán rúbricas analíticas alineadas con las competencias GreenComp y con los resultados de aprendizaje previstos.

## 3.4. Metodología de intervención

La propuesta se fundamenta en el ABP y toma como contexto de aprendizaje la contaminación atmosférica asociada al flujo vehicular presente en las inmediaciones de la U.D.C.A. A partir de esta situación cercana a la realidad de los estudiantes, se abordarán contenidos de Química General I relacionados con las reacciones químicas, la estequiometría y las soluciones, y se establecerán conexiones con los ODS 7, 11 y 13.

El desarrollo de la propuesta seguirá los nueve pasos del aprendizaje basado en problemas propuestos por la Academia de Matemáticas y Ciencias de Illinois (2001) que son presentar el problema (1), activar los conocimientos previos (2), identificar las necesidades de aprendizaje (3), delimitar y definir el problema (4), recopilar y compartir información pertinente (5), formular posibles soluciones (6), evaluar las alternativas propuestas (7), valorar el desempeño durante el proceso (8) y sistematizar los aprendizajes obtenidos (9).

### 3.4.1 Articulación de los momentos de la intervención con el ABP

La secuencia didáctica se organiza en cuatro momentos, que incorporan de forma progresiva los nueve pasos del ABP. Los estudiantes pasan de explorar el problema a proponer soluciones con respaldo científico para una situación ambiental de su entorno.

**Momento I. Exploradores del aire**

Este momento corresponde a la presentación de la problemática y a la activación de conocimientos previos (pasos 1 y 2 del ABP). En la actividad Radar de conocimientos y en el análisis del caso ¿Qué contamina el aire alrededor de la U.D.C.A.?, los estudiantes exploran

conceptos sobre contaminación atmosférica, identifican qué necesitan aprender (paso 3) y formulan las preguntas que guiarán la investigación.

**Momento II. Detectives de la contaminación**

En esta etapa los estudiantes profundizan en el análisis de la problemática ambiental a partir de evidencias sobre calidad del aire y movilidad urbana. Interpretan datos, analizan información y formulan hipótesis para delimitar el problema (paso 4) y recopilar información pertinente (paso 5). Con esto se busca que aborden la contaminación atmosférica desde una mirada científica y ligada a su contexto.

**Momento III. Laboratorio de soluciones**

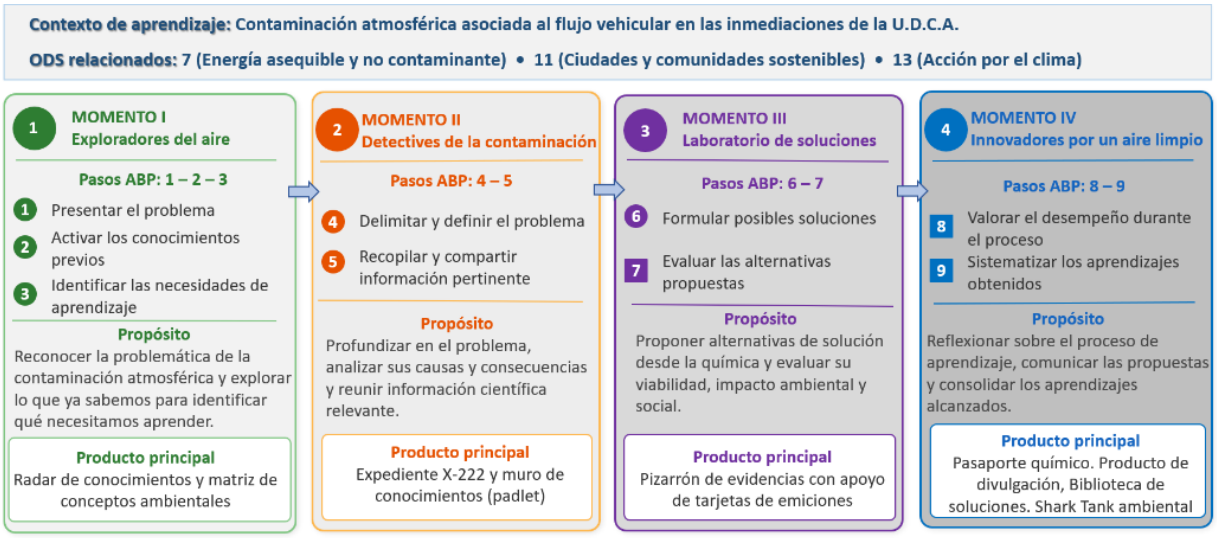
Este momento se centra en los procesos químicos implicados en la problemática y en el análisis de posibles alternativas de intervención. Los estudiantes trabajan con reacciones de combustión, cálculos estequiométricos y aplicaciones de las soluciones químicas en el monitoreo ambiental, y a partir de ahí construyen explicaciones sobre la generación de contaminantes atmosféricos. Con base en la evidencia recopilada, formulan posibles soluciones (paso 6) e investigan estrategias de mitigación relacionadas con tecnologías limpias, movilidad sostenible y acciones alineadas con los ODS 7, 11 y 13. Por último, valoran la viabilidad de las alternativas identificadas (paso 7) según criterios científicos, ambientales y sociales.

**Momento IV. Innovadores por un aire limpio**

En la fase final los estudiantes integran y aplican lo aprendido durante la intervención. Diseñan propuestas para mejorar la calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A. y las presentan en una feria de innovación con formato tipo Shark Tank ambiental. Ese espacio exige argumentar, tomar decisiones y comunicar ideas con respaldo en evidencia científica. También sirve para valorar el desempeño individual y colectivo (paso 8) y sistematizar los aprendizajes alcanzados (paso 9), con lo cual los estudiantes reflexionan sobre el papel de la química en la comprensión y solución de problemas del desarrollo sostenible.

La Figura 5 relaciona los cuatro momentos de la propuesta con los nueve pasos del ABP, y muestra cómo el proceso avanza desde la comprensión de la problemática hasta la formulación de propuestas de solución.

**Figura 5** *Articulación de los momentos de la intervención con los pasos del ABP*




Nota: elaboración propia

### 3.4.2 Agrupamiento de los estudiantes

Las actividades se desarrollarán principalmente en equipos de cuatro o cinco estudiantes, para favorecer la colaboración y la construcción conjunta de conocimiento. Algunas tareas, sin embargo, incluyen momentos de trabajo individual para la reflexión personal, así como espacios de discusión con el grupo completo.

### 3.4.3 Recursos materiales y espaciales

La implementación de la propuesta requiere recursos materiales, digitales y espaciales. Entre los materiales están la calculadora científica, la tabla periódica, dispositivos con acceso a internet y los materiales didácticos diseñados para cada sesión.

Se usarán herramientas digitales como Canva, Padlet, Genially, Netlify y Google Colab, principalmente para el trabajo colaborativo y la elaboración de productos de aprendizaje. Las actividades se desarrollarán en el aula de clase, organizada para trabajo en equipos, y se complementarán con espacios virtuales donde los estudiantes consulten información y socialicen resultados

## 3.5. Propuesta de intervención

La propuesta de intervención se desarrolla mediante una secuencia didáctica organizada en cuatro momentos, que guían a los estudiantes desde la identificación de una problemática ambiental cercana a su contexto hasta la formulación de propuestas de solución con

respaldo científico. Cada momento integra actividades del ABP y combina la construcción de conocimientos con el desarrollo de competencias para la sostenibilidad, aplicando contenidos de Química General I en situaciones reales.

### 3.5.1. Plan de trabajo

El plan de trabajo se estructura en los cuatro momentos didácticos descritos en el apartado 3.4.1, y se desarrolla a través de siete sesiones de aprendizaje. La Tabla 6 presenta el cronograma de actividades correspondiente a los distintos momentos de la propuesta.

**Tabla 6** *Cronograma de actividades*

| MOMENTO | ACTIVIDAD | MES 1 | | | | MES 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 |
| **I Exploradores del aire** | ***Sesión 1:*** Radar de conocimientos y matriz de clasificación de conceptos ambientales | | | | | | | | |
| **II Detectives de la contaminación** | ***Sesión 2:*** Expediente X-222 y muro de conocimientos (padlet) | | | | | | | | |
| **III Laboratorio de soluciones** | ***Sesión 3.*** Pizarrón de evidencias | | | | | | | | |
| | ***Sesión 4:*** Caso de estudio y Pasaporte químico | | | | | | | | |
| | ***Sesión 5:*** Divulgación química para una comunidad universitaria sostenible | | | | | | | | |
| **IV Innovadores por un aire limpio** | ***Sesión 6.*** Biblioteca de soluciones y Ficha Laboratorio de soluciones | | | | | | | | |
| | **Sesión 7.** Shark Tank ambiental: propuestas para mejorar la calidad del aire en la U.D.C.A. | | | | | | | | |

***Nota.*** Elaboración propia

### 3.5.2. Implementación de la propuesta Respira ciencia: química aplicada a la calidad del aire

La implementación de la propuesta se organiza alrededor de la pregunta *¿Qué contamina el aire alrededor de la U.D.C.A.?,* que orienta el desarrollo de las actividades de ABP. A partir de esta problemática, los estudiantes analizan evidencias, aplican conocimientos de Química General I y formulan propuestas desde una perspectiva de sostenibilidad

### 3.5.2.1 Momento I: Exploradores del aire

La Tabla 7 presenta la primera sesión de la propuesta denominada Radar de conocimientos, orientada a explorar los conocimientos previos de los estudiantes sobre la contaminación atmosférica, la calidad del aire y su relación con la sostenibilidad.

**Tabla 7** *Sesión 1. Radar de conocimientos:*

| ***Aspecto*** | ***Descripción*** |
|---|---|
| **Duración** | 3 horas (Semana 1) |
| **Objetivo didáctico** | Identificar y clasificar los conocimientos previos relacionados con la contaminación atmosférica y la calidad del aire, reconociendo aquellos conceptos que requieren profundización para comprender la problemática ambiental asociada al entorno de la U.D.C.A. |
| **Competencias y metas ODS** | Desarrolla pensamiento sistémico y crítico para comprender las relaciones entre la contaminación atmosférica, la calidad del aire y la sostenibilidad<br>***Metas ODS***<br>• ODS 11.6 (calidad del aire urbano). La actividad se centra en la comprensión de conceptos asociados a la calidad del aire urbano y la contaminación atmosférica.<br>• ODS 13.3 (educación y sensibilización sobre cambio climático). La consulta y clasificación de conceptos ambientales fortalece la alfabetización climática y la comprensión de las causas e impactos del cambio climático. |
| **Contextualización y descripción de la actividad** | Los estudiantes deberán acceder de manera individual al recurso interactivo denominado *Radar de conocimiento* (ver Anexo B, F1), allí encontrarán una lista de 40 conceptos relacionados con la problemática ambiental de estudio en el entorno universitario *¿Qué contamina el aire alrededor de la U.D.C.A.?.*<br>En esta herramienta clasificarán los conceptos relacionados con la problemática en tres categorías:<br>• Conceptos que pueden explicar con seguridad.<br>• Conceptos que conocen parcialmente.<br>• Conceptos que desconocen.<br>Una vez obtengan los resultados, deberán consultar los conceptos ubicados en las dos últimas categorías con el fin de fortalecer su comprensión del tema.<br><br>Posteriormente, en grupos de trabajo, realizarán una nueva clasificación de todos los conceptos, en la matriz denominada *Clasificador de conceptos ambientales* (ver Anexo B, F2), organizándolos en las siguientes categorías temáticas:<br>• Química de la contaminación atmosférica.<br>• Calidad del aire y contaminantes.<br>• Factores ambientales y cambio climático.<br>• Sostenibilidad y desarrollo sostenible.<br>Finalmente, cada grupo deberá justificar los criterios utilizados para ubicar los conceptos en cada categoría.<br><br>A partir de los conceptos clasificados, cada grupo formulará entre tres y cinco preguntas de aprendizaje relacionadas con la problemática de la calidad del aire en el entorno universitario. Estas preguntas deberán reflejar aspectos que el grupo considera necesario investigar para comprender mejor las causas, consecuencias y posibles alternativas de solución al problema planteado. |
| **Recursos** | ✓ *Radar de conocimiento:* https://colab.research.google.com/drive/1Qv4CRR4yXip6xqK_7J-EEJljbGwmXkRX#forceCopy=true<br>✓ *Clasificador de conceptos ambientales:* https://clasificador-de-conceptos-452c6a.netlify.app/<br>✓ Diccionario ambiental: https://www.ambientebogota.gov.co/web/transparencia/glosario<br>✓ Computador o dispositivo móvil con acceso a internet |
| **Producto entregable** | ▪ Radar de Conocimiento. Pantallazo de resultados (individual)<br>▪ Matriz de clasificación de conceptos. Pantallazo de resultados (en grupo)<br>▪ Formulación grupal de preguntas de aprendizaje sobre la problemática de calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A. |

*Nota***.** Elaboración propia

**Valoración de la actividad.** Esta actividad se evaluará con una rúbrica analítica orientada a valorar la comprensión inicial de la problemática ambiental, la identificación de conocimientos previos y las relaciones que los estudiantes establecen entre contaminación atmosférica y sostenibilidad. El instrumento correspondiente se presenta en el Anexo C1.

### 3.5.2.2 Momento II. Detectives de la contaminación

La Tabla 8 presenta la segunda sesión de la propuesta, Expediente X-222, en la que los estudiantes analizan evidencias sobre la contaminación atmosférica e identifican posibles factores asociados a la problemática estudiada.

**Tabla 8** *Sesión 2. Expediente X-222*

| ***Aspecto*** | ***Descripción*** |
|---|---|
| **Duración** | 3 horas (Semana 2) |
| **Objetivo didáctico** | Analizar información ambiental proveniente de fuentes oficiales para formular y contrastar hipótesis sobre las posibles causas del deterioro de la calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A. |
| **Competencias y metas ODS** | Desarrolla pensamiento sistémico y pensamiento crítico para analizar evidencias ambientales y comprender las relaciones entre movilidad, calidad del aire y sostenibilidad urbana.<br>***Metas ODS***<br>• ODS 11.6 (calidad del aire urbano). La actividad permite analizar evidencias sobre la calidad del aire y reconocer la contaminación atmosférica como una problemática urbana.<br>• ODS 13.3 (educación y sensibilización sobre cambio climático). El análisis de información ambiental fortalece la comprensión de las causas e impactos de la contaminación atmosférica y promueve la conciencia ambiental.<br>• ODS 7.3 (eficiencia energética). La actividad favorece la comprensión de la relación entre movilidad, consumo de energía e impactos ambientales |
| **Contextualización y descripción de la actividad** | Organizados en equipos de trabajo, los estudiantes asumirán el rol de investigadores encargados de analizar una posible problemática ambiental relacionada con la calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A. Para ello, accederán al recurso interactivo denominado *Expediente X-222* (ver Anexo B, F3), en el cual se presenta información contextual sobre las condiciones ambientales y de movilidad del sector.<br><br>A partir del análisis inicial del expediente, cada equipo formulará hipótesis sobre las posibles causas del deterioro de la calidad del aire en el entorno universitario. Posteriormente, deberán contrastar dichas hipótesis mediante el análisis de información proveniente de fuentes oficiales, incluyendo registros de calidad del aire de la estación de monitoreo de Guaymaral, datos de concentración de material particulado, información sobre movilidad vehicular y variables meteorológicas relevantes.<br><br>El propósito de la actividad es que los estudiantes identifiquen evidencias que permitan sustentar o descartar sus hipótesis iniciales, reconociendo la existencia de una problemática ambiental fundamentada en datos verificables. En esta etapa no se espera una explicación química detallada del fenómeno, sino el desarrollo de habilidades para analizar información, interpretar evidencias y establecer relaciones entre distintos factores que influyen en la calidad del aire. Los equipos sistematizarán sus resultados en un *Muro de conocimientos* (ver Anexo B, F4), organizando la información en cinco categorías. Esta actividad facilitará la discusión y construcción colectiva del problema de estudio. |
| **Recursos** | ✓ *Expediente X-222:* https://view.genially.com/6a274fe3e465bc7d3edea8e8<br>✓ *Muro de conocimientos :* https://padlet.com/ndriosr/mi-padlet-destacado-nl9p7cyob1oktzq7<br>✓ Computador o dispositivo móvil con acceso a internet |
| **Producto entregable** | ▪ Padlet colaborativo con hipótesis, evidencias analizadas, conclusiones preliminares y preguntas de investigación sobre la problemática de calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A. |

*Nota*. Elaboración propia

**Valoración de la actividad.** Esta actividad se evaluará con una rúbrica analítica que valora el análisis de evidencias, la interpretación de información ambiental y la argumentación científica. El instrumento correspondiente se presenta en el Anexo C2.

3.5.2.3 Momento III. Laboratorio de soluciones

La Tabla 9 recoge la tercera sesión de la propuesta, Pizarrón de evidencias, centrada en el análisis e interpretación de información científica y ambiental sobre la calidad del aire.

**Tabla 9** *Sesión 3. Pizarrón de evidencias*

| ***Aspecto*** | ***Descripción*** |
|---|---|
| **Duración** | 3 horas (semana 3) |
| **Objetivo didáctico** | Relacionar procesos de combustión, reacciones químicas y variables ambientales para explicar, mediante evidencias, la problemática de contaminación atmosférica identificada en el entorno de la U.D.C.A. |
| **Competencias y metas ODS** | Desarrolla pensamiento sistémico y pensamiento crítico para interpretar las interacciones entre procesos químicos, factores ambientales y problemáticas de sostenibilidad.<br>***Metas ODS***<br>• ODS 11.6 (calidad del aire urbano). La actividad permite comprender las causas y procesos asociados al deterioro de la calidad del aire en entornos urbanos.<br>• ODS 13.3 (educación y sensibilización sobre cambio climático). El análisis de procesos de combustión y emisiones atmosféricas fortalece la comprensión científica de problemas ambientales relacionados con el cambio climático. |
| **Contextualización y descripción de la actividad** | Organizados en equipos de trabajo, los grupos recibirán un conjunto de *15 tarjetas* con información sobre emisiones atmosféricas (ver Anexo B, F5), procesos de combustión y reacciones químicas asociadas a la contaminación atmosférica. A partir del análisis de este material y de las evidencias recopiladas previamente en el *Expediente X-222*, cada grupo construirá un *Pizarrón de evidencias* (ver Anexo B, F6), una representación visual destinada a identificar y relacionar los diferentes factores que intervienen en la problemática de calidad del aire estudiada.<br><br>Durante la elaboración del pizarrón, los estudiantes deberán establecer conexiones entre variables ambientales, fuentes de emisión, procesos de combustión, transformaciones químicas y formación de contaminantes atmosféricos. Cada relación propuesta deberá estar sustentada mediante evidencias provenientes de las fuentes de información analizadas, promoviendo la argumentación científica y la construcción colectiva del conocimiento.<br><br>Posteriormente, los grupos socializarán sus pizarrones y contrastarán las relaciones establecidas, discutiendo cuáles cuentan con mayor respaldo científico y cuáles requieren una revisión más profunda. Esta actividad busca favorecer la comprensión de la contaminación atmosférica como un fenómeno complejo, resultado de la interacción entre procesos químicos y factores ambientales. |
| **Recursos** | ✓ *Tarjetas* emisiones atmosféricas, procesos de combustión y reacciones químicas: https://canva.link/4w8nqwn1nq4zxo4<br>✓ *Pizarrón de evidencias* https://canva.link/prbjq8ffo9fprr0<br>✓ Computador o dispositivo móvil con acceso a internet |
| **Producto entregable** | ▪ Pizarrón de evidencias con las relaciones establecidas entre emisiones atmosféricas, procesos de combustión, reacciones químicas, factores ambientales y contaminación del aire, sustentadas mediante evidencias científicas. |

***Nota*.** Elaboración propia

**Valoración de la actividad.** La evaluación de esta actividad se realizará mediante una rúbrica analítica orientada a valorar el análisis sistémico de la problemática, el establecimiento de relaciones entre procesos químicos y contaminación atmosférica, y el uso de evidencias

científicas para sustentar conclusiones. El instrumento de evaluación correspondiente se presenta en el Anexo C3.

La Tabla 10 presenta la cuarta sesión, *Pasaporte químico*, en la que los estudiantes profundizan en el estudio de contaminantes atmosféricos específicos y sus implicaciones ambientales.

**Tabla 10** *Sesión 4. Pasaporte químico*

| ***Aspecto*** | ***Descripción*** |
|---|---|
| **Duración** | 3 horas (Semana 4) |
| **Objetivo didáctico** | Relacionar los procesos de combustión y las reacciones químicas asociadas a la formación de contaminantes atmosféricos mediante el análisis de evidencias y la resolución de cálculos estequiométricos, con el fin de comprender la problemática de calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A. |
| **Competencias y metas ODS** | Desarrolla pensamiento sistémico y pensamiento crítico para interpretar las relaciones entre actividades humanas, procesos químicos y problemáticas ambientales asociadas a la calidad del aire.<br>***Metas ODS***<br>• ODS 11.6 (calidad del aire urbano). La actividad permite comprender los procesos que contribuyen al deterioro de la calidad del aire y sus implicaciones en los entornos urbanos.<br>• ODS 13.3 (educación y sensibilización sobre cambio climático). El análisis de contaminantes atmosféricos favorece la comprensión de los impactos ambientales asociados a las emisiones derivadas del transporte y otras actividades humanas. |
| Contextualización y descripción de la actividad | En el marco del *caso de estudio ¿Qué contamina el aire alrededor de la U.D.C.A.?* (ver Anexo B, F7), cada equipo de trabajo asumirá el papel de un grupo de investigadores ambientales encargado de analizar uno de los contaminantes atmosféricos identificados en el entorno universitario.<br><br>A cada equipo se le asignará un contaminante específico y un conjunto de datos relacionados con su formación. Con base en esta información, los estudiantes deberán identificar las fuentes de emisión asociadas, balancear las reacciones químicas involucradas, realizar cálculos de masa, volumen o concentración y analizar los efectos ambientales y sobre la salud vinculados al contaminante estudiado.<br><br>Los resultados de la investigación serán consignados en un *Pasaporte Químico del contaminante* (ver Anexo B, F8), donde se integrará la información química, ambiental y contextual obtenida. Finalmente, los grupos socializarán sus hallazgos con el propósito de construir una visión global de la problemática de contaminación atmosférica en el entorno de la U.D.C.A |
| **Recursos** | ✓ *Caso de estudio: ¿Qué contamina el aire alrededor de la U.D.C.A.?* https://drive.google.com/file/d/1wy0oKI82dIPrPwSP5TEzu0w9q8-sjtkM/view?usp=drive_link<br>✓ Tarjetas emisiones atmosféricas, procesos de combustión y reacciones químicas: https://canva.link/4w8nqwn1nq4zxo4<br>✓ *Pizarrón de evidencias* https://canva.link/prbjq8ffo9fprr0<br>✓ *Pasaporte Químico* https://canva.link/yeqi62br6vbe86l<br>✓ Calculadora científica.<br>✓ Tabla periódica.<br>✓ Computador o dispositivo móvil con acceso a internet. |
| **Producto entregable** | ▪ Pasaporte Químico del contaminante completamente diligenciado, incluyendo fuente de emisión, reacción química balanceada, cálculos realizados, análisis de resultados, efectos ambientales y relación con la problemática de calidad del aire estudiada. |

***Nota.*** Elaboración propia

**Valoración de la actividad.** Para esta actividad se usará una rúbrica analítica centrada en la aplicación de conceptos químicos, el rigor científico y la comprensión de las relaciones entre

contaminantes atmosféricos y calidad del aire. El instrumento correspondiente se presenta en el Anexo C4.

La quinta sesión, Divulgación química, se centra en comunicar información científica sobre la calidad del aire a la comunidad universitaria. Su desarrollo se describe en la Tabla 11.

**Tabla 11** *Sesión 5. Divulgación química para una comunidad universitaria sostenible*

| ***Aspecto*** | ***Descripción*** |
|---|---|
| **Duración** | 3 horas (Semana 5) |
| **Objetivo didáctico** | Comunicar información científica relacionada con la contaminación atmosférica y la calidad del aire mediante productos de divulgación dirigidos a la comunidad universitaria, promoviendo la sensibilización ambiental y la comprensión de problemáticas asociadas a la sostenibilidad. |
| **Competencias y metas ODS** | Desarrolla pensamiento crítico y acción colectiva mediante la comunicación de información científica orientada a la sensibilización y participación frente a problemáticas ambientales.<br>***Metas ODS***<br>• ODS 11.6 (calidad del aire urbano). La actividad promueve la difusión de información sobre la contaminación atmosférica y sus impactos en los entornos urbanos.<br>• ODS 13.3 (educación y sensibilización sobre cambio climático). La elaboración de materiales de divulgación fortalece la educación ambiental y la conciencia sobre los desafíos asociados a la sostenibilidad. |
| **Contextualización y descripción de la actividad** | A partir de los resultados obtenidos en el *Pizarrón de Evidencias* y en el *Pasaporte Químico*, cada equipo de trabajo diseñará un producto de divulgación científica dirigido a la comunidad universitaria. El propósito será comunicar, de manera clara y accesible, las características del contaminante estudiado, su origen, los procesos químicos asociados a su formación, sus efectos sobre la salud y el ambiente, así como posibles acciones para reducir su impacto.<br>Con el fin de diversificar las estrategias de comunicación, cada grupo trabajará con un formato diferente:<br>• Grupo 1: Infografía digital.<br>• Grupo 2: Reel o video corto para redes sociales.<br>• Grupo 3: Carrusel informativo para Instagram o Facebook.<br>• Grupo 4: Póster científico de divulgación.<br>• Grupo 5: Podcast o cápsula radial de divulgación.<br><br>Los productos elaborados serán socializados en clase y podrán difundirse a través de espacios institucionales o redes sociales universitarias, con el propósito de promover la alfabetización científica y ambiental dentro de la comunidad académica. |
| **Recursos** | ✓ *Pizarrón de evidencias* https://canva.link/prbjq8ffo9fprr0<br>✓ *Pasaporte Químico* https://canva.link/yeqi62br6vbe86l<br>✓ Computador o dispositivo móvil con acceso a internet.<br>✓ Herramientas digitales de diseño y edición (Canva, Genially, CapCut, PowerPoint, entre otras) |
| **Producto entregable** | ▪ Producto de divulgación científica en el formato asignado, acompañado de una breve justificación donde se explique el público objetivo, el mensaje principal y la información científica utilizada para su elaboración. |

*Nota*. Elaboración propia

**Valoración de la actividad.** Esta rúbrica analítica valora el rigor científico de la información presentada, la claridad de la comunicación y el enfoque en sostenibilidad de la propuesta divulgativa. El instrumento correspondiente se presenta en el Anexo C5.

### 3.5.2.4 Momento IV. Innovadores por un aire limpio

En la sexta sesión, Biblioteca de soluciones, los estudiantes investigan y analizan estrategias de mitigación de la contaminación atmosférica desde una perspectiva científica y de sostenibilidad. Su desarrollo se presenta en la Tabla 12.

**Tabla 12** *Sesión 6. Biblioteca de soluciones*

| ***Aspecto*** | ***Descripción*** |
|---|---|
| **Duración** | 3 horas (Semana 6) |
| **Objetivo didáctico** | Analizar estrategias de mitigación de la contaminación atmosférica mediante la búsqueda y evaluación de información científica, con el fin de identificar alternativas viables para mejorar la calidad del aire desde una perspectiva de sostenibilidad. |
| **Competencias y metas ODS** | ✓ Pensamiento crítico: evalúa información científica y técnica para sustentar la selección de estrategias de mitigación.<br>✓ Pensamiento sistémico: analiza las relaciones entre las propuestas de solución, los procesos químicos involucrados y sus posibles impactos ambientales.<br>✓ Acción colectiva: reconoce la importancia de las acciones individuales e institucionales en la mejora de la calidad del aire.<br>***Metas ODS***<br>ODS 11.6 (calidad del aire urbano). La actividad promueve el análisis de estrategias orientadas a reducir la contaminación atmosférica y mejorar la calidad ambiental de las ciudades.<br>ODS 13.3 (educación y sensibilización sobre cambio climático). La búsqueda y evaluación de información científica fortalece la comprensión de alternativas para enfrentar problemáticas ambientales asociadas a las emisiones atmosféricas.<br>ODS 7.3 (eficiencia energética). Algunas de las estrategias analizadas permiten reconocer el papel de la eficiencia energética y las tecnologías limpias en la reducción de emisiones contaminantes. |
| **Contextualización y descripción de la actividad** | Una vez identificadas las causas y características de la problemática de calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A., los estudiantes conformarán equipos de investigación para explorar posibles alternativas de mitigación. Cada grupo seleccionará una estrategia relacionada con la mejora de la calidad del aire, la movilidad sostenible, la transición energética, la educación ambiental, la planificación urbana o las políticas públicas.<br><br>A partir de la consulta de artículos científicos, informes técnicos y documentos institucionales, los equipos recopilarán información relevante sobre la estrategia seleccionada y analizarán su relación con los procesos químicos asociados a la generación o reducción de contaminantes atmosféricos.<br><br>Los hallazgos serán registrados en la *Ficha Laboratorio de Soluciones* (ver Anexo B, F9), donde se sistematizará la información consultada, los beneficios potenciales de la estrategia y sus posibles aportes a la sostenibilidad. Finalmente, todas las fichas serán integradas en un banco de evidencias para la toma de decisiones, que funcionará como una biblioteca colectiva de alternativas para abordar la problemática estudiada. |
| **Recursos** | ✓ Ficha *Laboratorio de soluciones*: https://canva.link/c2lm6i60dlysq0c<br>✓ Artículos científicos y bases de datos académicas.<br>✓ Informes técnicos y documentos institucionales.<br>✓ Computador o dispositivo móvil con acceso a internet.<br>✓ Banco de evidencias para la toma de decisiones (carpeta compartida en onedrive) |
| **Producto entregable** | ▪ Ficha Laboratorio de Soluciones diligenciada y sustentada con fuentes científicas.<br>▪ Registro de la propuesta en el Banco de evidencias para la toma de decisiones. |

***Nota.*** Elaboración propia

**Valoración de la actividad.** Esta actividad se evaluará con una rúbrica analítica que valora el análisis crítico de las estrategias de mitigación, el uso de información científica y la relación

entre las propuestas evaluadas y los ODS. El instrumento correspondiente se presenta en el Anexo C6.

La séptima y última sesión, Shark Tank Ambiental, consiste en formular, argumentar y evaluar propuestas de intervención para mejorar la calidad del aire y se describe en la Tabla 13.

**Tabla 13** Sesión 7. *Shark Tank ambiental: propuestas para mejorar la calidad del aire en la U.D.C.A.*

| ***Aspecto*** | **Descripción** |
|---|---|
| **Duración** | 3 horas (Semana 7) |
| **Objetivo didáctico** | Diseñar y defender una propuesta de intervención para mejorar la calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A., integrando evidencias científicas, fundamentos de Química General I y criterios de sostenibilidad relacionados con los ODS. |
| **Competencias y metas ODS** | ✓ Pensamiento sistémico: analiza la problemática ambiental considerando sus múltiples causas e interrelaciones.<br>✓ Pensamiento crítico: evalúa evidencias científicas para sustentar la propuesta de intervención.<br>✓ Acción colectiva: propone soluciones orientadas al bienestar común y la sostenibilidad del entorno.<br>✓ Iniciativa para la sostenibilidad: plantea acciones viables para contribuir a la solución de problemas ambientales.<br>***Metas ODS***<br>ODS 7.3 (eficiencia energética). Las propuestas pueden incorporar medidas relacionadas con el uso eficiente de la energía y tecnologías de bajas emisiones.<br>ODS 11.6 (calidad del aire urbano). La actividad busca generar alternativas que contribuyan a reducir el impacto de la contaminación atmosférica en entornos urbanos.<br>ODS 13.3 (educación y sensibilización sobre cambio climático). La formulación y socialización de propuestas fortalece la comprensión y participación frente a los desafíos ambientales contemporáneos |
| **Contextualización y descripción de la actividad** | Los estudiantes participarán en un Shark Tank Ambiental, un espacio de presentación y defensa de propuestas orientadas a mejorar la calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A. Cada equipo diseñará una propuesta de intervención fundamentada en la evidencia recopilada durante toda la secuencia de aprendizaje, incluyendo los resultados obtenidos en el *Radar de Conocimientos*, el *Expediente X-222*, el *Pizarrón de Evidencias*, el *Pasaporte Químico del contaminante*, la actividad de *Divulgación Química* y la *Biblioteca de Soluciones*.<br><br>Cada grupo elaborará un pitch científico orientados por la *guía de elaboración* (ver Anexo B, F10) en el que deberá presentar la problemática identificada, explicar los procesos químicos involucrados, justificar la solución propuesta con base en evidencia científica, analizar su viabilidad y argumentar su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.<br><br>Las propuestas serán presentadas ante un comité evaluador que asumirá el rol de tomadores de decisiones. Durante la sesión, los equipos responderán preguntas orientadas a valorar la solidez científica, la viabilidad de implementación y el potencial impacto ambiental de cada propuesta. |
| **Recursos** | ✓ Evidencias recopiladas durante la secuencia ABP.<br>✓ Biblioteca de Soluciones.<br>✓ Computador y proyector.<br>✓ Presentación digital (PowerPoint, Canva, Genially u otra herramienta).<br>✓ *Guía para la elaboración* del pitch científico. https://drive.google.com/file/d/1_--gOp0dguCQe6S-CCOFihEa_dCNd50L/view?usp=sharing |
| **Producto entregable** | ▪ Pitch científico de la propuesta de intervención.<br>▪ Presentación digital utilizada durante la sustentación.<br>▪ Resumen ejecutivo de la propuesta (1-2 páginas) con descripción del problema, evidencia científica, solución propuesta, viabilidad e impacto esperado. |

*Nota*. Elaboración propia

**Valoración de la actividad.** Esta actividad se evaluará con una rúbrica analítica que valora la fundamentación científica, la viabilidad de las propuestas, la argumentación, la comunicación oral y la contribución de las soluciones a la sostenibilidad. El instrumento correspondiente se presenta en el Anexo C7.

### 3.5.3. Estrategia de evaluación

La evaluación de los aprendizajes se concibe como un proceso continuo y formativo, orientado a valorar tanto la comprensión de los contenidos de Química General I como el desarrollo de competencias para la sostenibilidad. A lo largo de la secuencia didáctica se aplican distintas estrategias de evaluación coherentes con la metodología ABP, que permiten seguir el progreso de los estudiantes en la interpretación de problemas, el análisis de evidencias, la argumentación científica y la formulación de propuestas de solución.

Para esto se usan rúbricas analíticas adaptadas a cada actividad, cuyos criterios están alineados con los objetivos didácticos, las competencias GreenComp y los resultados de aprendizaje previstos. Así, la evaluación no se centra solo en los contenidos conceptuales, sino también en competencias como el pensamiento sistémico, el pensamiento crítico, la acción colectiva y la iniciativa para la sostenibilidad.

Por ejemplo, en el Momento III, la sesión 4 (Pasaporte químico) se centra en el análisis de contaminantes atmosféricos específicos y evalúa la comprensión de esta problemática. Sus criterios de rúbrica son el análisis sistémico de la contaminación atmosférica, la aplicación de conceptos químicos y el uso de evidencias científicas. La Tabla 14 muestra la rúbrica usada para evaluar esta actividad.

**Tabla 14** *Rúbrica de evaluación Sesión 4: Pasaporte químico*

| ***Criterio de evaluación*** | ***Competencia GreenComp asociada*** | ***Excelente (4)*** | ***Bueno (3)*** | ***Básico (2)*** | ***Inicial (1)*** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Comprensión sistémica de la problemática ambiental** | Pensamiento sistémico | Explica integralmente el contaminante, sus fuentes, impactos y relación con la calidad del aire. | Explica adecuadamente los aspectos principales del contaminante. | Presenta una comprensión parcial del problema. | Presenta una comprensión limitada del contaminante. |
| **Aplicación de conceptos químicos y resolución de cálculos** | Pensamiento crítico | Balancea correctamente las ecuaciones y desarrolla con precisión los cálculos requeridos. | Presenta errores menores que no afectan significativamente los resultados. | Presenta errores que limitan la interpretación. | No aplica correctamente los conceptos químicos. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Argumentación científica basada en evidencias** | Pensamiento crítico | Sustenta sus conclusiones mediante datos y evidencias científicas pertinentes. | Utiliza evidencias adecuadas para respaldar sus conclusiones. | Emplea evidencias limitadas. | Presenta conclusiones sin suficiente respaldo científico. |
| **Rigor y fundamentación científica** | Pensamiento crítico | Presenta información precisa, relevante y científicamente fundamentada. | Presenta información adecuada con algunas imprecisiones menores. | Presenta inconsistencias conceptuales. | Presenta información insuficiente o incorrecta. |

*Nota.* Elaboración propia con base en el marco GreenComp propuesto por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (Bianchi et al., 2022) y los principios del aprendizaje basado en problemas (ABP).

Las versiones completas de los instrumentos de evaluación creados para las siete sesiones de la propuesta se encuentran en el Anexo C. Estos criterios se diseñaron según los objetivos educativos, las competencias del marco GreenComp y los logros académicos planeados, para un sistema de evaluación formativo y vinculado con el entorno real de los estudiantes.

# 4. Conclusiones

El presente Trabajo Fin de Máster tuvo como objetivo diseñar una propuesta de intervención docente apoyada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) con enfoque socioambiental, para integrar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la asignatura Química General I del programa de Química de la U.D.C.A. A partir del análisis teórico y del diseño de la propuesta didáctica, se considera que este objetivo se cumplió, ya que se logró estructurar una intervención contextualizada que articula contenidos de la química con problemáticas ambientales cercanas a la realidad de los estudiantes.

El análisis de la literatura permitió examinar los elementos clave de la Educación para el Desarrollo Sostenible, la Agenda 2030 y la integración de los ODS en la educación superior. También se revisaron los aportes de metodologías activas, en particular el ABP, como herramienta para generar aprendizajes ligados al contexto de los estudiantes y desarrollar competencias para la sostenibilidad.

La revisión de experiencias documentadas mostró distintas estrategias para incorporar la sostenibilidad y los ODS en la enseñanza de las ciencias y la química. Estas experiencias sirvieron como referente para el diseño de la propuesta, sobre todo en el uso de problemas contextuales y el análisis de situaciones reales.

Se logró relacionar elementos esenciales de Química General I, como las reacciones químicas, la estequiometría y las soluciones, con los ODS seleccionados. Se encontraron conexiones con el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el clima), que muestran cómo estos contenidos se pueden usar para abordar problemas de calidad del aire y sostenibilidad ambiental.

e diseñaron estrategias pedagógicas para promover el pensamiento crítico, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones con base en datos reales. Estas estrategias buscan que el estudiante sea el protagonista del proceso educativo y que formule explicaciones científicas sobre problemas sociales y ambientales.

El quinto objetivo específico se tradujo en una secuencia basada en el ABP que guía a los estudiantes desde la exploración de conocimientos previos hasta el diseño de propuestas de mitigación con respaldo científico. La propuesta incluye actividades, materiales virtuales, estrategias de trabajo cooperativo y métodos de evaluación alineados con las competencias del marco GreenComp.

Entre los principales logros del trabajo está el diseño de una propuesta didáctica que conecta los contenidos de Química General I, los ODS y las competencias para la sostenibilidad en un contexto universitario real. La propuesta también ofrece un enfoque más contextual para enseñar química, que vincula el conocimiento científico con los problemas ambientales actuales.

Más allá de la propuesta pedagógica, este trabajo plantea la necesidad de incluir los ODS en la enseñanza de la química en la educación superior. La contaminación ambiental, entre otros ejemplos, muestra que enfrentar los desafíos ambientales no requiere solo conocimientos teóricos y disciplinares, sino también que los estudiantes desarrollen competencias analíticas, de interpretación de problemas y de búsqueda de respuestas. Vincular la sostenibilidad al estudio de la química ayuda a que los estudiantes entiendan cómo su formación y su futura profesión pueden aportar a la comprensión y solución de problemas ambientales.

# 5. Reflexión sobre la propuesta

El desarrollo de este Trabajo Fin de Máster permitió diseñar una propuesta de intervención docente para integrar los ODS en la asignatura Química General I mediante el ABP y el marco de competencias GreenComp. El trabajo mostró que es posible abordar problemáticas socioambientales desde la enseñanza de la química y generar aprendizajes más ligados a la sostenibilidad y de mayor interés para los estudiantes.

No obstante, hay que señalar algunas limitaciones. La principal es que la propuesta todavía está en etapa de diseño, sin haberse implementado en un aula real. Por eso no fue posible valorar su impacto en el aprendizaje de los estudiantes, en el desarrollo de competencias para la sostenibilidad ni en el grado de apropiación de los ODS. Verificar esos elementos requeriría una etapa posterior de aplicación y evaluación con los estudiantes.

Los contenidos de Química General I y los ODS se seleccionaron por su relación directa con la contaminación atmosférica, una problemática cercana al contexto de los estudiantes que permitió construir la propuesta. Sin embargo, la enseñanza de la química ofrece muchas otras oportunidades para trabajar la sostenibilidad, así que futuras propuestas podrían abordar contenidos distintos, ligados a problemáticas como la calidad del agua, la gestión de residuos o la economía circular.

Este trabajo abre varias líneas para continuar más allá del diseño de la propuesta. La más inmediata es su implementación en el aula, como proyecto de investigación educativa centrado en medir su efecto sobre el aprendizaje y las competencias para la sostenibilidad. También podría ampliarse hacia un proyecto de ciencia ciudadana, en el que los estudiantes recojan datos reales sobre la calidad del aire en la U.D.C.A. y los compartan con la comunidad universitaria. Además, al no depender de un contenido químico específico, la estructura basada en el ABP y en las competencias GreenComp podría adaptarse a otras asignaturas del programa de Química o a programas afines, como Química Farmacéutica, Biología o Ingeniería Ambiental, cambiando la problemática de partida según el contexto de cada disciplina.

# Referencias bibliográficas

Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). *Química verde: Teoría y práctica*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780198506980.001.0001

Andrade, H. G. (2005). Teaching with rubrics: The good, the bad, and the ugly. *College Teaching, 53*(1), 27–30. https://doi.org/10.3200/CTCH.53.1.27-30

Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education, 20*(6), 481–486. https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x

Bianchi, G., Pisiotis, U. y Cabrera, C. (2021). GreenComp: *The European sustainability competence framework*. Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2760/13286

Brookhart, S. M. (2013). *How to create and use rubrics for formative assessment and grading*. ASCD.

Brundtland, G.H. (1987). *Development and international economic co-operation: environment.* United Nations. Oxford University Press.

Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I. (2012). Education for sustainable development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice, 13*(2), 59–68. https://doi.org/10.1039/C1RP90060A

Cano Salazar, L. F., & Flores Guía, T. E. (2026). Educar en química para un futuro sostenible: Los ODS como eje formativo. *Divulgación*, *22*(86), 206–214.

Congreso de Colombia. (1992). *Ley 30 de 1992 por la cual se organiza el servicio público de la educación superior*. Diario Oficial No. 40.700.

Congreso de Colombia. (1994). *Ley 115 de 1994 por la cual se expide la Ley General de Educación*. Diario Oficial No. 41.214.

Constitución Política de Colombia. (1991). Artículo 67. Gaceta Constitucional No. 116. https://www.constitucioncolombia.com

European Environment Agency (EEA). (2023). *Air quality in Europe 2023 report*. Publications Office of the European Union. https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2023

Google. (2026). Ubicación de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.) y de los centros educativos cercanos en Bogotá, Colombia [Mapa]. Google Maps. Recuperado el [08, 06, 2026], de https://www.google.com/maps/@4.8022794,-74.0546432,2444m/data=!3m1!1e3!5m1!1e2?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI2MDYwMy4xIKXMDSoASAFQAw%3D%3D

Guarín Tarquino, S., Parra, G., & Toman, I. (2020). Pensando global y actuando local: Implementación de los ODS en las instituciones de educación superior y sus asociaciones. Una experiencia de colaboración. *Educación Superior y Sociedad, 32*(2), 353–374

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2023). *Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2022*. https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/informes/publicacion-vie-01122023-1200

IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Consejería de Desarrollo Sostenible, Consejería de Educación, Cultura y Deportes, & Red Española para el Desarrollo Sostenible (SDSN España). (s. f.). *Química–Imagen personal: Mini guía para la integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la Formación Profesional*. Red Española para el Desarrollo Sostenible.

Li, Y., Tolosa, L., Rivas Echeverria, F., & Marquez, R. (2026). Translating UNESCO artificial intelligence guidelines to chemical education and its intersection with sustainable development goals. *Journal of Chemical Education, 103*(4), 1135–1144. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00819

Lozano, R., Ceulemans, K., Alonso-Almeida, M., Huisingh, D., Lozano, F., Waas, T., Lambrechts, W., Lukman, R., & Hugé, J. (2015). A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education. *Journal of Cleaner Production, 108*, 1-18.

Mahaffy, P. G., & Cornell, S. E. (2025). *Sustainability Frameworks I – Planetary Boundaries*. En C. H. Middlecamp, M. M. Kirchhoff, P. Mahaffy y K. Kümmerer (Eds.), *Chemistry Education for a Sustainable Future*. Royal Society of Chemistry.

Ministerio de Educación Nacional & Ministerio del Medio Ambiente. (2002). *Política Nacional de Educación Ambiental (PNEA)*. República de Colombia. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-339480_archivo_pdf_politica_educacion_ambiental.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2019). *Decreto 1330 de 2019*. Diario Oficial No. 51.025.

Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Educación Nacional. (2002). *PNEA—Política Nacional de Educación Ambiental*. https://rds.org.co/aa/img_upload/a76e2099718f1cb6a4534ac2990d1dc1/POLITICA_EDU.pdf

Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G.2681-P/Rev.3). Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40155

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* (Resolución A/RES/70/1). https://undocs.org/es/A/RES/70/1

Organización de las Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. CEPAL. https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenible-oportunidad-america

Organización Mundial de la Salud. (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter ($PM_{2.5}$ and $PM_{10}$), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization.

Poya, Y. (2026). Embedding UN SDGs in chemistry education through project-based learning: Insights from case studies in the UK and USA. RSC Sustainability, 4, 1557–1569. https://doi.org/10.1039/D5SU00954E

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2022). Actions on air quality. https://www.unep.org/explore-topics/air

Restrepo Gómez, B. (2005). *Aprendizaje basado en problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria*. Educación y Educadores, 8, 9–19

Sáenz, O. (2024). *Implementation of the Sustainable Development Goals (SDGs) in higher education institutions: Recommendations based on the experience of a Latin American university*. https://oses-alc.net/publicacion/implementation-of-the-sustainable-development-goals-sdgs-in-higher-education-institutions-recommendations-based-on-the-experience-of-a-latin-american-university/

Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 1*(1), 9–20. https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002

SDSN Australia/Pacifíco. (2017). Cómo empezar con los ODS en las universidades. Una guía para las universidades, los centros de educación superior y el sector académico. Sustainable Development Solutions Network. https://reds-sdsn.es/wp/wp-content/uploads/2017/02/Guia-ODS-Universidades-1800301-WEB.pdf

Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). *¿Qué es el IBOCA?* Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA). http://iboca.ambientebogota.gov.co/publicaciones/175/que-es-el-iboca/

Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). *¿Qué es el IBOCA?* Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud (IBOCA). http://iboca.ambientebogota.gov.co/publicaciones/175/que-es-el-iboca/

Secretaría Distrital de Ambiente. (2024). *Inventario de emisiones contaminantes criterio y carbono negro de Bogotá D.C. 2023*. https://www.ambientebogota.gov.co/

Sterling, S. (2001). *Sustainable education: Re-visioning learning and change* (Schumacher Briefing No. 6). Green Books for the Schumacher Society.

Suárez, J. B., & Rodríguez, P. M. P. (2023). Necesidad de la educación por la sustentabilidad en las universidades y cómo lograrla. *Revista Científica Hallazgos 21, 8*(1), 82–91. https://doi.org/10.69890/hallazgos21.v8i1.613

UNESCO, & United Nations Environment Programme. (1978). *Intergovernmental Conference on Environmental Education: Final report (Tbilisi, USSR, 14–26 October* 1977).

UNESCO. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423

UNESCO. (2020). Educación para el desarrollo sostenible: Hoja de ruta. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802

United Nations Global Compact. (2023). *Blueprint for SDG Leadership*. https://unglobalcompact.org/take-action/action/sdg-blueprint

Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. (2024). *Proyecto Educativo Institucional*. https://www.udca.edu.co/wp-content/uploads/2024/10/pei/PEI-2024.html

Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. (2024). *Plan de Desarrollo Institucional 2024–2028*. U.D.C.A. https://www.udca.edu.co/wp-content/uploads/2025/09/Plan-de-Desarrollo-Institucional-2024-2028.pdf

Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. (2025). Periódico Institucional. Año 16. No. 40. https://www.udca.edu.co/wp-content/uploads/2025/02/Periodico-Institucional-2025-feb.pdf

Vilches, A., & Gil-Pérez, D. (2016). La Ciencia de la Sostenibilidad: una necesaria revolución científica. Ciência & Educação (Bauru), 22(1), 1-6.

Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science, 6*(2), 203–218. https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6

Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science, 6*(2), 203–218. https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6

Wissinger, J. (2025). *Sustainability Frameworks II – UN Sustainable Development Goals*. En C. H. Middlecamp, M. M. Kirchhoff, P. Mahaffy y K. Kümmerer (Eds.), *Chemistry Education for a Sustainable Future*. Royal Society of Chemistry.

# Anexo A. Programa analítico de la asignatura química general I del programa de Química de la U.D.C.A

**Tabla A1** *Programa analítico de la asignatura Química General I del programa de Química U.D.C.A*

| **Identificación del curso** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nombre del Curso: | Química General I | | | | |
| Código UXXI del curso | 2972 | | | | |
| Código UXXI Plan de Estudios | 1-CIE-A | | | | |
| Programa(s) al (los) que se ofrece | Química | | | | |
| Área o componentes de Formación | Institucional ☐ | Básica ☐ | Básica profesional ☒ | | |
| | Profesional ☐ | Electiva de complementación profundización ☐ | Electiva general ☐ | | |
| Área disciplinar del programa | Matemáticas y Ciencias Naturales. | | | | |
| Naturaleza del Curso | Obligatorio ☒ | Electivo ☐ | | | |
| Tipo de Curso | Teórico ☒ | teórico-práctico ☐ | práctico ☐ | | |
| Créditos académicos del curso | 4 | | | | |
| Horas de trabajo semanal | HTCAP[1] 6 por 16 semanas | HTI[2] 6 | | | |
| Modalidad del curso | Presencial x | Presencial MT | Virtual | Distancia | Híbrido |
| Prerrequisitos | NA ☐ | ☐ | ☐ | | |

[1]Horas de Trabajo con el acompañamiento del profesor. [2] Horas de trabajo Independiente
* Mediado por tecnología

| **Justificación** |
|---|
| El ofrecimiento del curso de Química General I es fundamental para la formación de los estudiantes de los programas de Química y Química Farmacéutica, ya que constituye la base conceptual y metodológica para la comprensión de los fenómenos químicos que sustentan su desarrollo profesional. Este curso se articula con la misión institucional al promover una formación integral, crítica y ética, fortaleciendo habilidades analíticas, científicas y comunicativas necesarias para el aprendizaje permanente. Asimismo, aporta de manera significativa a la investigación formativa al introducir el pensamiento científico, la formulación de problemas y el análisis riguroso de datos, esenciales para la generación de conocimiento. Desde el enfoque ambiental, el curso favorece la comprensión del impacto de los procesos químicos en el entorno, promoviendo el uso responsable de los recursos y la sostenibilidad. En conjunto, Química General I contribuye al perfil de egreso al formar profesionales con sólidas bases disciplinares, conciencia ambiental y capacidad para la investigación y la innovación. |
| **Objetivos de formación** |
| **Objetivos Generales:**<br>• Comprender y valorar la importancia de la Química en todos los aspectos de la vida cotidiana.<br>• Generar en los estudiantes capacidades para comunicarse adecuadamente en el ámbito científico, tanto de manera oral como escrita. |
| **Objetivos Específicos:**<br>• Tener conciencia de las magnitudes físicas como masa o longitud en diferentes sistemas de unidades<br>• Dar los fundamentos conceptuales y necesarios de la química para comprender el comportamiento de la materia, como son la estructura atómica, reactividad y las propiedades periódicas.<br>• Relacionar rápidamente nombres de sustancias con sus fórmulas y viceversa.<br>• Reconocer los aspectos más relevantes en el desarrollo del modelo atómico que permitieron tener el modelo actual.<br>• Relacionar la energía con los cambios tanto físicos como químicos ocurridos en los sistemas químicos. |
| **Competencias** |
| **Generales:**<br>• Comunicar de forma oral y escrita su trabajo, mostrando un manejo correcto de una segunda lengua.<br>• Usar las tecnologías de la información, software, recursos audiovisuales e Internet en el desarrollo de las actividades académicas habituales.<br>• Reconocer el valor de las ideas de otras personas para enriquecer sus proyectos y compartir conocimiento. |

**Específicas:**

- Reconocer las unidades del Sistema Internacional de medidas a través de talleres y ejercicios prácticos, implementando el análisis dimensional de cálculos básicos en química.
- Representar compuestos y estructuras químicas mediante el uso del concepto de enlace y periodicidad química y lo aplicarlo al desarrollo de ejercicios colaborativos en clase y en plataformas virtuales para describir las propiedades físicas y químicas de la materia.
- Aplicar los conceptos fundamentales de la estequiometría en fase líquida y en fase gaseosa mediante ejercicios colaborativos, ejercicios prácticos, discusiones grupales sincrónicas y asincrónicas para calcular relaciones molares en transformaciones químicas.
- Identificar los fundamentos básicos de las disoluciones, dependiendo de estado físico del soluto y el disolvente, a través de talleres colaborativos y aplicando unidades de concentración.
- Reconocer las ecuaciones y los fundamentos básicos de las leyes de los gases ideales a través de ejercicios numéricos y lectura de artículos científicos, aplicándolos al análisis químico de sistemas reversibles.

**Resultados de Aprendizaje**

**Generales:**

- Explicar los principios y procedimientos usados en análisis químicos y en la caracterización de compuestos químicos, adaptando metodologías para el estudio y síntesis de compuestos químicos amigables con el ambiente

**Específicos:**

- Describir las bases teóricas fundamentales que rigen el comportamiento de los sistemas moleculares.
- Evaluar el uso y el impacto de sustancias químicas utilizadas en un proceso de síntesis o transformación.

**Contenidos**

| Semana | Contenido |
|---|---|
| 1 | Presentación del profesor y del curso, parámetros del curso.<br>Mediciones en química: unidades de medida, sistema internacional de unidades (SI), prefijos.<br>Uso de los números: Notación científica, cifras significativas.<br>Análisis dimensional y factores de conversión. |
| 2 | Conceptos de precisión y exactitud. Incertidumbre en las medidas.<br>Conceptos básicos sobre estructura de la materia: propiedades y clasificación (densidad, calor, temperatura, sustancias químicas, elementos, compuestos, mezclas) |
| 3 | Concepto de peso atómico y molecular, concepto de mol.<br>Composición porcentual y fórmulas de los compuestos, fórmulas empírica y molecular |
| 4 | Estructura de los átomos. Modelos atómicos. Énfasis modelo actual. |
| 5 | Números cuánticos y configuración electrónica. |
| 6 | **Primera evaluación programada**<br>Elementos químicos, isótopos, masa ponderada.<br>Tabla Periódica. Propiedades periódicas de los elementos. |
| 7 | Nomenclatura en Química Inorgánica: compuestos binarios, ácidos ternarios y sales. |
| 8 | Fórmulas y reacciones químicas. Balanceo de ecuaciones diferentes métodos |
| 9 | Estequiometría Reactivo límite y exceso.<br>Rendimiento de reacciones. Pureza de reactivos. |
| 10 | |
| 11 | **Segunda evaluación programada**<br>Gases y leyes de los gases ideales. Ecuaciones de estado y Estequiometría en fase gaseosa. |
| 12 | Termoquímica. Conceptos generales (Energía, tipos de energía, sistema, universo, trabajo y calor). Generalidades de ley cero (definición). Calorimetría.<br>Primera Ley de la termodinámica: Entalpía, entalpía estándar, entalpía estándar de formación, ecuaciones termoquímicas, calorimetría, ley de Hess, energía de enlace. |
| 13 | Acidos y bases, pH en soluciones<br>Disoluciones: enfoque molecular, Solubilidad, límite de saturación, concepto de electrolito fuerte y electrolito débil.<br>Diluciones y unidades de concentración (%p/p, %p/v, %v/v, ppm) |
| 14 | Diluciones y unidades de concentración (m, M, N, fracción molar)<br>Preparación de disoluciones, a partir de solutos sólidos y solutos líquidos. |
| 15 | Estandarización de soluciones |
| 16 | **Tercera Evaluación programada.** |

**Metodología**

La metodología del curso de Química General I se desarrolla mediante la articulación de actividades presenciales y de

trabajo independiente, orientadas a promover un aprendizaje autónomo y significativo en estudiantes de las carreras de Química y Química Farmacéutica.

Las clases presenciales combinan exposiciones magistrales con estrategias activas como el aprendizaje basado en proyectos, el estudio de casos y el aula invertida, que permiten contextualizar los conceptos teóricos y fomentar el pensamiento crítico. De manera complementaria, las actividades independientes fortalecen la profundización conceptual, la resolución de problemas y la preparación previa de contenidos. El curso integra la investigación formativa a través del análisis de problemáticas reales vinculadas con la química y la formación ambiental, promoviendo la reflexión sobre el impacto científico, social y ambiental de la disciplina.

Para el desarrollo de las actividades se emplean diversos recursos, incluyendo plataformas virtuales de aprendizaje, laboratorios académicos, salidas de campo cuando el contexto lo permite, bibliografía especializada y el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), favoreciendo una experiencia educativa integral, actualizada y alineada con los desafíos contemporáneos.

**Evaluación**

Identifica las diferentes magnitudes y sus unidades de medida aplicando factores de conversión para transformar dichas magnitudes entre sí describiendo a través de estos cálculos las propiedades de la materia. *Estrategia de evaluación*: Prueba práctica con resolución de problemas contextualizados, en la que el estudiante realice conversiones de unidades utilizando factores de conversión y aplique los resultados para describir propiedades físicas de la materia. Se evalúa mediante rúbrica considerando el procedimiento, la correcta selección de unidades y la interpretación química de los resultados.

Representa compuestos químicos diferenciando entre fórmulas moleculares y estructurales aplicando para estas últimas el concepto de enlace químico. *Estrategia de evaluación*: Elaboración y análisis de representaciones de compuestos químicos, incluyendo fórmulas moleculares y estructurales. Se valora la correcta aplicación del concepto de enlace químico, la claridad de las representaciones y la justificación escrita de las diferencias entre ambos tipos de fórmulas.

Identifica los tipos de reacciones químicas de acuerdo con los reactivos usados y los productos obtenidos empleando los tres tipos de nomenclatura para nombrar las sustancias involucradas en las reacciones y propone estrategias de resolución de problemas haciendo uso de la estequiometria aplicada a diferentes contextos. *Estrategia de evaluación*: Estudio de caso con informe escrito, donde el estudiante clasifique reacciones químicas, nombre las sustancias empleando las tres nomenclaturas y resuelva problemas estequiométricos asociados a contextos reales. Se evalúa la coherencia del análisis, el uso adecuado de la nomenclatura y la estrategia de resolución propuesta.

Identifica los diferentes factores que intervienen en el proceso de formación de una disolución y los aplica adecuadamente en el cálculo de unidades de concentración, a través de talleres colaborativos. *Estrategia de evaluación:* Taller colaborativo evaluado, en el que los estudiantes calculan diferentes unidades de concentración a partir de situaciones planteadas. La evaluación considera el trabajo en equipo, la aplicación correcta de los conceptos teóricos y la presentación clara de los resultados mediante una rúbrica grupal e individual.

Reconoce correctamente las ecuaciones y fundamentos de las leyes de los gases ideales. Se evaluará mediante la resolución de ejercicios de sistemas reversibles la lectura de artículos científicos. *Estrategia de evaluación:* Prueba escrita con preguntas de aplicación conceptual, que incluya ejercicios de identificación, interpretación y uso de las ecuaciones de las leyes de los gases ideales en situaciones problemáticas. Se evalúa la comprensión conceptual, el uso correcto de las ecuaciones y la argumentación de las respuestas.

| Tipo de evaluación | Porcentaje |
|---|---|
| Evaluaciones programadas | |
| Evaluaciones permanentes | |
| Talleres y consultas | |
| Autoevaluación | |
| Coevaluación | |

**Bibliografía**

**Bibliografía básica:**


- Brown, T.L.; LeMay Jr, H.E.; Bursten, B.E & Burdge, J.R.(2004). "Química, La Ciencia Central", Pearson Education,
- Whitten, K.W.; Davis, R.E.; Peck, M.L.; Stanley, G.G.; (2008) "Química", Cengage Learning,
- Chang, R., (2010), Química, Ed. Mac Graw Hill, México.
- Kotz, J.C. y Treichel, P.M., (2003), Química y Reactividad Química, 5a Edición, Ed. Thomson, México.
- Whitten, K., Davis, R. y Peck, M., (1998), Química General, 5ª Ed., Ed. Mac Graw Hill, Madrid.
- Petrucci, R. y Harwood, W., (1999), Química General, 7ª Ed., Ed. Prentice may Iberia, Madrid.
- Briceño, C.O. y Rodríguez de Cáceres, L., (1999), Química, 2ª Ed., Fondo Educativo Panamericano, Bogotá.


**Sitios en la red:**

- Study.com course of chemistry (Highschool): Curso gratuito de química general, que cubre la totalidad de los ejes

temáticos del curso. Es posible acceder de forma libre y tener las lecciones libres durante 5 días. http://study.com/academy/course/highschool-chemistry.html.

- Berkeley eCHEM1A: Curso gratuito de química general ofrecido por la universidad de California; presenta un repositorio de videos de diferentes ejes temáticos del curso.
- National Institute of Standars and Technology (NIST): Base de datos físicos y químicos de sustancias de libre acceso http://webbook.nist.gov/chemistry/

**Revistas electrónicas:**

- Journal of chemical education: Revista especializada en la enseñanza de la química de la American Chemical Society (Acceso restringido). http://pubs.acs.org/journal/jceda8
- Sciencedirect: Base de datos de contenido científico, técnico y médico con más de 2500 revistas y 3000 libros; es una de las fuentes primarias de consulta de la mayor parte de investigadores en todo el mundo (Acceso restringido). http://www.sciencedirect.com/
- Springer link: Base de datos de contenido científico técnico y médico. Cuenta con aproximadamente 2000 revistas y una amplia gama de libros (Acceso restringido). http://link.springer.com/
- ACS publications homepage: la sociedad Americana de química es una de las comunidades científicas más grande del mundo. Cuenta con 47 revistas especializadas en las ciencias químicas (Acceso restringido). http://pubs.acs.org/
- Investigación y ciencia: Es la versión en castellano de la revista científica más antigua publicada en serie en los estados unidos. (Acceso restringido) http://www.investigacionyciencia.es

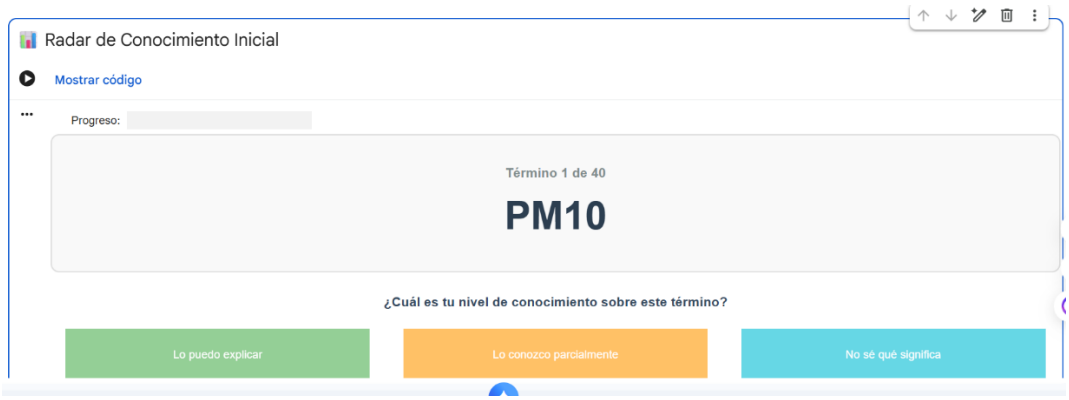
**Artículos específicos:**

- Geoffrey Rayner-Canham. (2000). Periodic Patterns. Journal of Chemical Education 2000 77 (8), 1053. DOI: 10.1021/ed077p1053.
- Cristian Buendía-Atencio, Gilles Paul Pieffet, and Vaneza Paola Lorett Velásquez (2022). Werner: A Card Game for Reinforcement Learning of Inorganic Chemistry Nomenclature. Journal of Chemical Education 99 (5), 2198-2203. DOI: 10.1021/acs.jchemed.2c00166
- Eric Carlson. (2022). Improving Student Success in Stoichiometry via the Scale Factor Method. Journal of Chemical Education 99 (5), 1863-1867. DOI: 10.1021/acs.jchemed.1c01155

*Nota.* Reproducido del programa analítico del curso Química General I, documento interno de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.

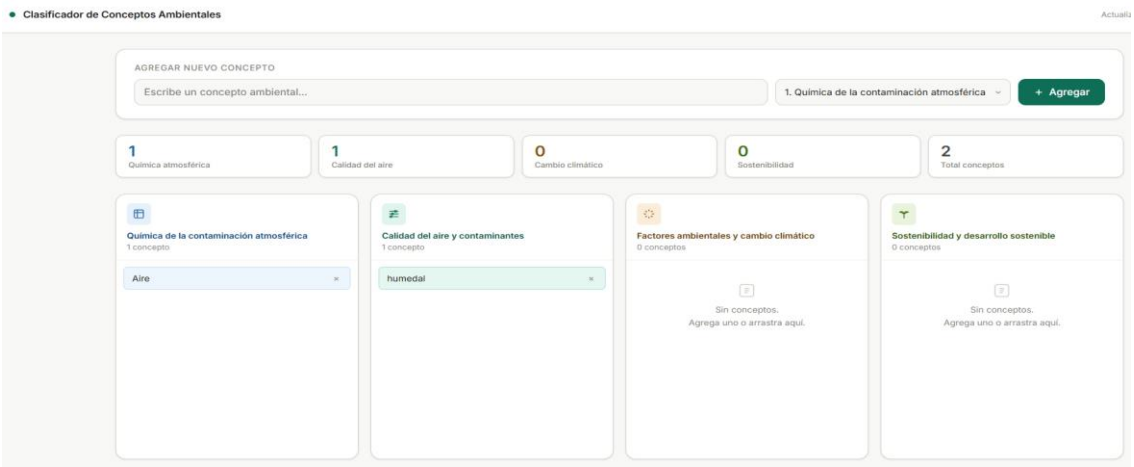
# Anexo B. Recursos didácticos de la propuesta de intervención

**Figura B1** *Radar de conocimiento*



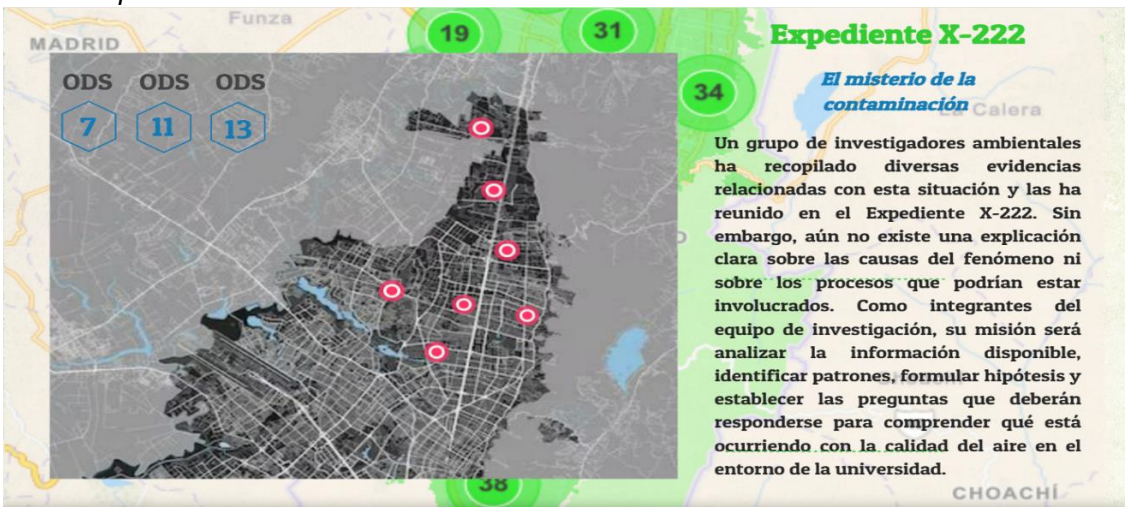

*Nota.* Elaboración propia. Disponible en: https://colab.research.google.com/drive/1Qv4CRR4yXip6xqK_7J-EEJljbGwmXkRX#forceCopy=true

**Figura B2** *Radar de conocimiento*



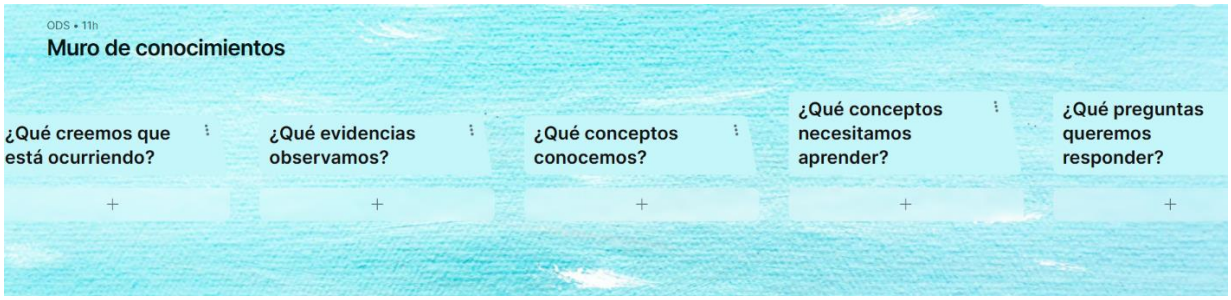

*Nota.* Elaboración propia Disponible en: https://clasificador-de-conceptos-452c6a.netlify.app/

**Figura B3** *Expediente X-222*



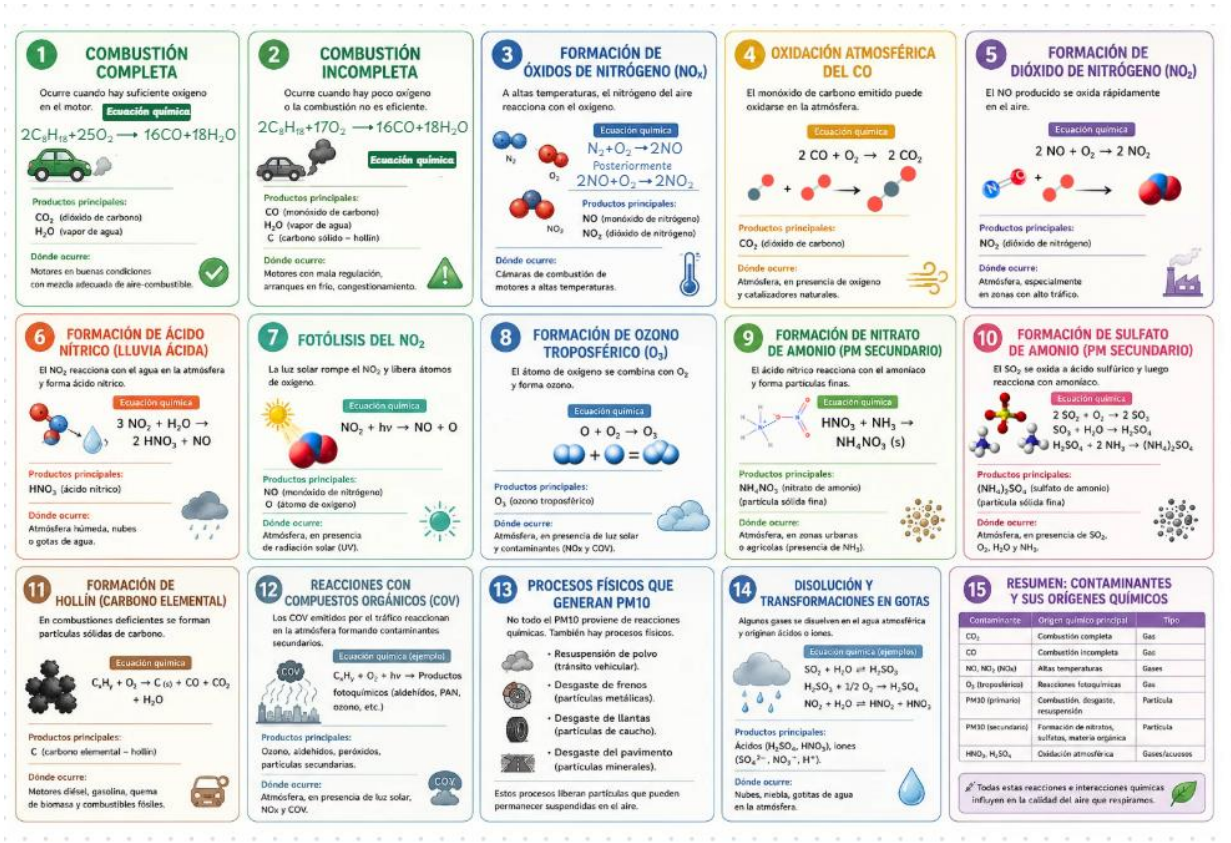

*Nota.* Elaboración propia Disponible en: https://view.genially.com/6a274fe3e465bc7d3edea8e8

**Figura B4** *Muro de conocimiento*




*Nota.* Elaboración propia Disponible en: https://padlet.com/ndriosr/mi-padlet-destacado-nl9p7cyob1oktzq7

**Figura B5** *Tarjetas* emisiones atmosféricas, procesos de combustión y reacciones químicas




*Nota.* Elaboración propia Disponible en: https://canva.link/4w8nqwn1nq4zxo4

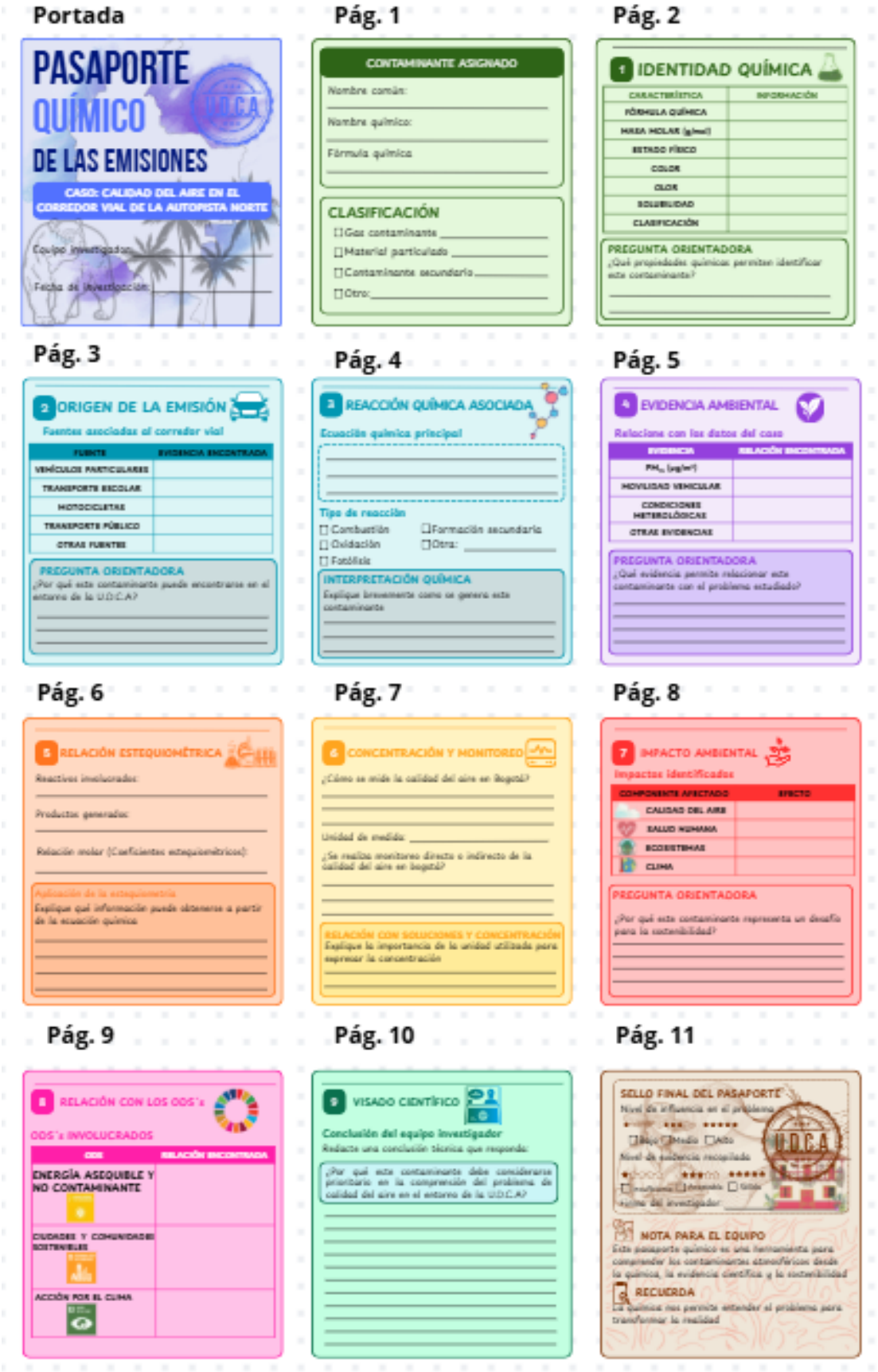
**Figura B6** *Pizarrón de evidencias*

*Nota*. Elaboración propia Disponible en: https://canva.link/prbjq8ffo9fprr0

**Figura B7** *Caso de estudio*

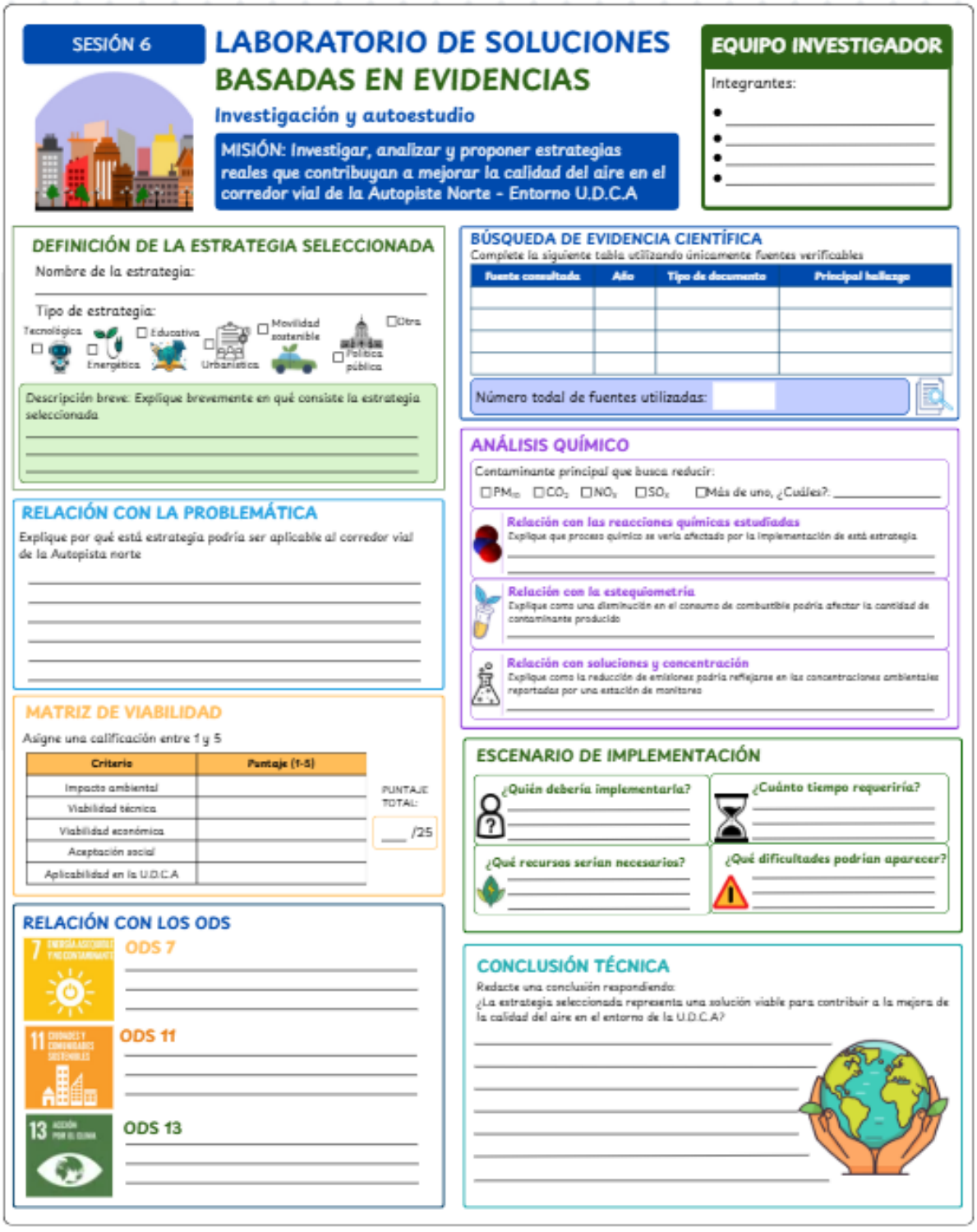
*Nota.* Elaboración propia Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1wy0oKI82dIPrPwSP5TEzu0w9q8-sjtkM/view?usp=drive_link

**Figura B8** *Pasaporte Químico del contaminante*



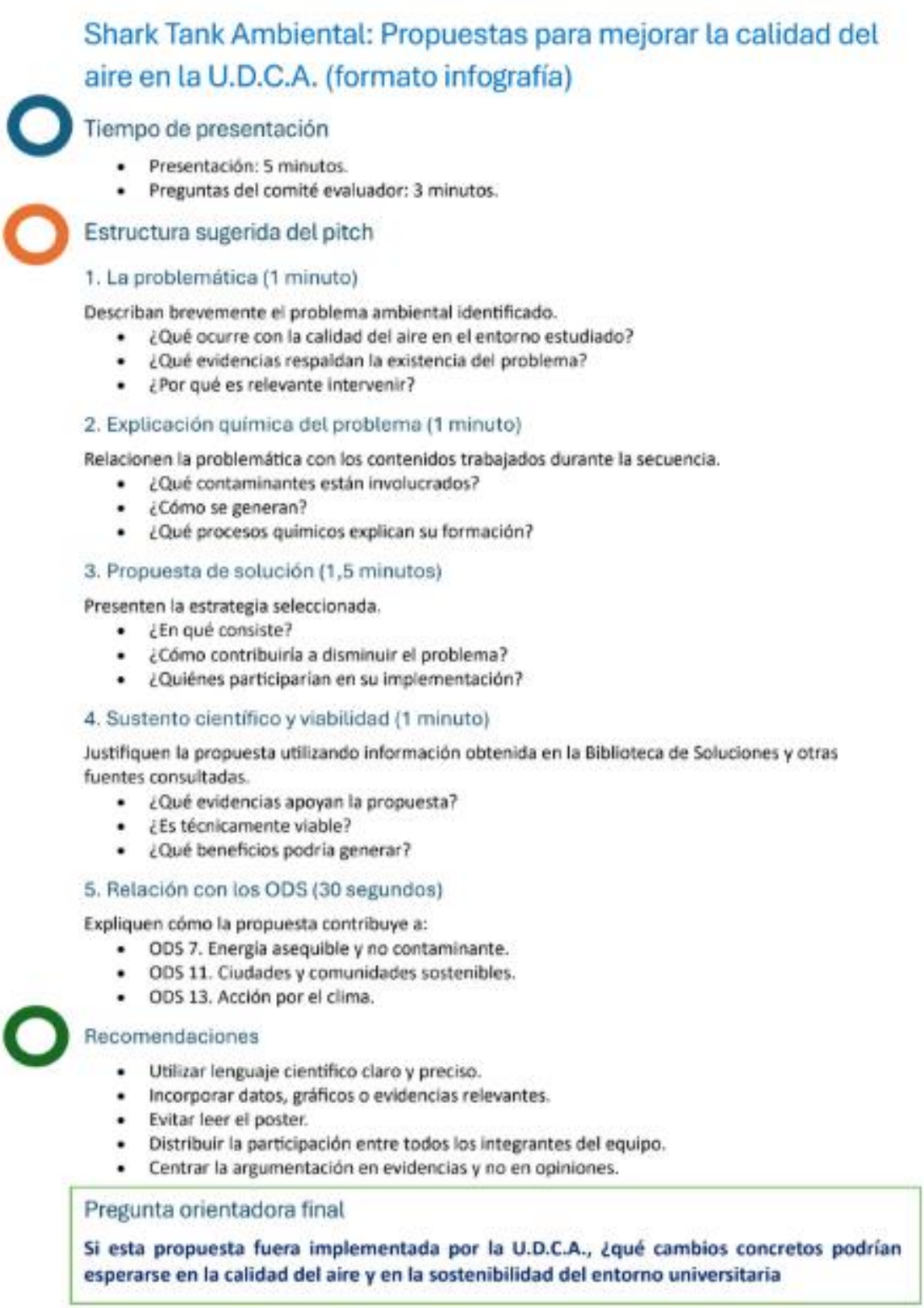

*Nota.* Elaboración propia Disponible en: https://canva.link/yeqi62br6vbe86l

**Figura B9** *Laboratorio de soluciones*




*Nota*. Elaboración propia Disponible en: https://canva.link/c2lm6i60dlysq0c

**Figura B10** *Guía para la elaboración del pitch científico.*



## Shark Tank Ambiental: Propuestas para mejorar la calidad del aire en la U.D.C.A. (formato infografía)

### Tiempo de presentación

- Presentación: 5 minutos.
- Preguntas del comité evaluador: 3 minutos.

### Estructura sugerida del pitch

#### 1. La problemática (1 minuto)

Describan brevemente el problema ambiental identificado.

- ¿Qué ocurre con la calidad del aire en el entorno estudiado?
- ¿Qué evidencias respaldan la existencia del problema?
- ¿Por qué es relevante intervenir?

#### 2. Explicación química del problema (1 minuto)

Relacionen la problemática con los contenidos trabajados durante la secuencia.

- ¿Qué contaminantes están involucrados?
- ¿Cómo se generan?
- ¿Qué procesos químicos explican su formación?

#### 3. Propuesta de solución (1,5 minutos)

Presenten la estrategia seleccionada.

- ¿En qué consiste?
- ¿Cómo contribuiría a disminuir el problema?
- ¿Quiénes participarían en su implementación?

#### 4. Sustento científico y viabilidad (1 minuto)

Justifiquen la propuesta utilizando información obtenida en la Biblioteca de Soluciones y otras fuentes consultadas.

- ¿Qué evidencias apoyan la propuesta?
- ¿Es técnicamente viable?
- ¿Qué beneficios podría generar?

#### 5. Relación con los ODS (30 segundos)

Expliquen cómo la propuesta contribuye a:

- ODS 7. Energía asequible y no contaminante.
- ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.
- ODS 13. Acción por el clima.

### Recomendaciones

- Utilizar lenguaje científico claro y preciso.
- Incorporar datos, gráficos o evidencias relevantes.
- Evitar leer el poster.
- Distribuir la participación entre todos los integrantes del equipo.
- Centrar la argumentación en evidencias y no en opiniones.

### Pregunta orientadora final

**Si esta propuesta fuera implementada por la U.D.C.A., ¿qué cambios concretos podrían esperarse en la calidad del aire y en la sostenibilidad del entorno universitaria**

*Nota.* Elaboración propia Disponible en:
https://drive.google.com/file/d/1_--gOp0dguCQe6S-CCOFihEa_dCNd50L/view?usp=sharing

# Anexo C. Rúbricas de evaluación de las actividades de la propuesta de intervención

## Sesión 1

Para evidenciar lo aprendido en esta sesión, los estudiantes entregan tres productos, el pantallazo de resultados del Radar de conocimientos, que responden de forma individual, el pantallazo de la matriz de clasificación de conceptos, resuelta en grupo, y las preguntas de aprendizaje que formulan en conjunto sobre la calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A. Con estos tres productos se puede ver qué saben los estudiantes al iniciar la secuencia y qué quieren averiguar. Con estos tres productos se puede ver qué saben los estudiantes al iniciar la secuencia y qué quieren averiguar. La rúbrica de evaluación se presenta en la C1.

**Tabla C1** *Rúbrica de evaluación Sesión 1: Radar de Conocimientos*

| ***Criterio De Evaluación*** | ***Competencia Greencomp Asociada*** | ***Excelente (4)*** | ***Bueno (3)*** | ***Básico (2)*** | ***Inicial (1)*** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Comprensión sistémica de la problemática ambiental** | Pensamiento sistémico | Identifica y relaciona de manera integral los conceptos asociados a la contaminación atmosférica, la calidad del aire y la sostenibilidad. | Identifica adecuadamente la mayoría de los conceptos y algunas relaciones entre ellos. | Reconoce algunos conceptos, pero establece pocas relaciones. | Presenta una comprensión limitada de los conceptos abordados. |
| **Gestión y evaluación de información científica** | Pensamiento crítico | Consulta y organiza información pertinente para profundizar los conceptos desconocidos o parcialmente conocidos. | Consulta información adecuada y utiliza fuentes pertinentes. | Consulta información limitada o poco organizada. | No consulta información suficiente o utiliza fuentes poco pertinentes. |
| **Trabajo colaborativo** | Acción colectiva | Participa activamente en la clasificación grupal, aportando ideas y favoreciendo el consenso. | Participa de manera adecuada en el trabajo grupal. | Participa de forma ocasional o limitada. | Presenta escasa participación en el trabajo grupal. |

## Sesión 2

La evidencia de aprendizaje de esta sesión es el Padlet colaborativo que construyen los estudiantes, donde registran sus hipótesis, las evidencias que analizan, las conclusiones preliminares y las preguntas de investigación sobre la calidad del aire en el entorno de la U.D.C.A. Este producto permite ver cómo avanzan en la delimitación del problema y en la

búsqueda de información. Este producto permite ver cómo avanzan en la delimitación del problema y en la búsqueda de información. Los criterios de evaluación se detallan en la C2.

**Tabla C2** *Rúbrica de evaluación Sesión 2: Expediente X-222*

| ***Criterio de evaluación*** | ***Competencia GreenComp asociada*** | ***Excelente (4)*** | ***Bueno (3)*** | ***Básico (2)*** | ***Inicial (1)*** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Gestión y evaluación de información científica** | Pensamiento crítico | Selecciona y utiliza información pertinente proveniente de diversas fuentes para analizar la problemática. | Utiliza información adecuada para sustentar el análisis. | Emplea información limitada o poco pertinente. | Utiliza información insuficiente o inadecuada. |
| **Argumentación científica basada en evidencias** | Pensamiento crítico | Formula hipótesis y conclusiones sustentadas en evidencias verificables. | Sustenta adecuadamente la mayoría de sus conclusiones. | Presenta argumentaciones parcialmente fundamentadas. | Presenta conclusiones sin evidencia suficiente. |
| **Comprensión sistémica de la problemática ambiental** | Pensamiento sistémico | Reconoce causas, actores e impactos de la problemática ambiental a partir de la evidencia analizada. | Identifica adecuadamente los principales elementos de la problemática. | Reconoce algunos elementos relevantes. | Presenta una comprensión superficial de la problemática. |
| **Trabajo colaborativo** | Acción colectiva | Participa activamente en la discusión y construcción colectiva de conclusiones. | Colabora adecuadamente con el grupo. | Participa de manera limitada. | Presenta baja participación. |

## Sesión 3

En esta sesión, el producto entregable es el Pizarrón de evidencias, en el que los estudiantes plantean las relaciones que encuentran entre las emisiones atmosféricas, los procesos de combustión, las reacciones químicas, los factores ambientales y la contaminación del aire, respaldadas con evidencias científicas. Ese pizarrón es la evidencia de que los estudiantes lograron conectar los conceptos químicos con la problemática ambiental. Ese pizarrón es la evidencia de que los estudiantes lograron conectar los conceptos químicos con la problemática ambiental. La tabla C3 recoge la rúbrica correspondiente.

**Tabla C3** *Rúbrica de evaluación Sesión 3: Pizarrón de evidencias*

| ***Criterio de evaluación*** | ***Competencia GreenComp asociada*** | ***Excelente (4)*** | ***Bueno (3)*** | ***Básico (2)*** | ***Inicial (1)*** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Análisis de relaciones e interacciones en sistemas socioambientales** | Pensamiento sistémico | Establece relaciones claras y coherentes entre procesos químicos, emisiones y | Establece la mayoría de las relaciones relevantes. | Identifica algunas relaciones de manera parcial. | Presenta relaciones incorrectas o desconectadas. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | problemática ambiental. | | | |
| **Argumentación científica basada en evidencias** | Pensamiento crítico | Justifica todas las conexiones mediante evidencias científicas pertinentes. | Justifica adecuadamente la mayoría de las relaciones propuestas. | Presenta evidencias limitadas. | No sustenta adecuadamente sus afirmaciones. |
| **Trabajo colaborativo** | Acción colectiva | Contribuye activamente a la construcción y discusión del pizarrón de evidencias. | Participa de manera adecuada en la actividad. | Participa de forma limitada. | Presenta escasa participación. |

## Sesión 4

El aprendizaje de esta sesión se evidencia en el Pasaporte químico del contaminante, que cada grupo diligencia por completo con la fuente de emisión, la reacción química balanceada, los cálculos realizados, el análisis de resultados, los efectos ambientales y la relación con la problemática de calidad del aire. Este documento muestra si los estudiantes lograron aplicar los conceptos estudiados a un caso concreto. Este documento muestra si los estudiantes lograron aplicar los conceptos estudiados a un caso concreto. La rúbrica utilizada para esta actividad se encuentra en la tabla C4.

**Tabla C4** *Rúbrica de evaluación Sesión 4: Pasaporte químico*

| ***Criterio de evaluación*** | ***Competencia GreenComp asociada*** | ***Excelente (4)*** | ***Bueno (3)*** | ***Básico (2)*** | ***Inicial (1)*** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Comprensión sistémica de la problemática ambiental** | Pensamiento sistémico | Explica integralmente el contaminante, sus fuentes, impactos y relación con la calidad del aire. | Explica adecuadamente los aspectos principales del contaminante. | Presenta una comprensión parcial del problema. | Presenta una comprensión limitada del contaminante. |
| **Aplicación de conceptos químicos y resolución de cálculos** | Pensamiento crítico | Balancea correctamente las ecuaciones y desarrolla con precisión los cálculos requeridos. | Presenta errores menores que no afectan significativamente los resultados. | Presenta errores que limitan la interpretación. | No aplica correctamente los conceptos químicos. |
| **Argumentación científica basada en evidencias** | Pensamiento crítico | Sustenta sus conclusiones mediante datos y evidencias científicas pertinentes. | Utiliza evidencias adecuadas para respaldar sus conclusiones. | Emplea evidencias limitadas. | Presenta conclusiones sin suficiente respaldo científico. |
| **Rigor y fundamentación científica** | Pensamiento crítico | Presenta información precisa, relevante y científicamente | Presenta información adecuada con algunas | Presenta inconsistencias conceptuales. | Presenta información insuficiente o incorrecta. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | fundamentada. | imprecisiones menores. | | |

**Sesión 5**

Para esta sesión, los estudiantes entregan un producto de divulgación científica en el formato que hayan elegido, junto con una breve justificación en la que explican a quién está dirigido, cuál es el mensaje principal y qué información científica usaron para construirlo. Esta justificación es la que permite valorar si el producto cumple su función divulgativa, y no solo si se ve bien. Esta justificación es la que permite valorar si el producto cumple su función divulgativa, y no solo si se ve bien. Los criterios de valoración se presentan en la tabla C5.

**Tabla C5** *Rúbrica de evaluación Sesión 5: Divulgación química para una comunidad universitaria sostenible*

| ***Criterio de evaluación*** | ***Competencia GreenComp asociada*** | ***Excelente (4)*** | ***Bueno (3)*** | ***Básico (2)*** | ***Inicial (1)*** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Rigor y fundamentación científica** | Pensamiento crítico | Presenta información precisa y científicamente sustentada. | Presenta información adecuada con imprecisiones menores. | Presenta información limitada o parcialmente correcta. | Presenta errores conceptuales relevantes. |
| **Comunicación y divulgación de la información** | Comunicación para la sostenibilidad | Comunica el mensaje de forma clara, atractiva y adecuada para la comunidad universitaria. | Comunica adecuadamente la información. | Presenta dificultades de organización o claridad. | El mensaje resulta confuso o poco comprensible. |
| **Compromiso y contribución a la sostenibilidad** | Acción colectiva | Promueve la reflexión y la adopción de acciones relacionadas con la calidad del aire y los ODS. | Establece relaciones claras con la sostenibilidad. | Presenta relaciones superficiales con la sostenibilidad. | No relaciona el contenido con la sostenibilidad. |
| **Trabajo colaborativo** | Acción colectiva | Participa activamente en el diseño y desarrollo del producto divulgativo. | Colabora adecuadamente con el grupo. | Participa de forma limitada. | Presenta escasa participación. |

**Sesión 6**

En esta sesión los estudiantes entregan dos productos, la Ficha de laboratorio de soluciones, diligenciada y sustentada con fuentes científicas, y el registro de su propuesta en el Banco de evidencias para la toma de decisiones. Con ambos se puede valorar si la alternativa que proponen tiene respaldo científico y está lista para pasar a la etapa final. La rúbrica de esta sesión se encuentra en la tabla C6.

**Tabla C6** *Rúbrica de evaluación Sesión 6: Biblioteca de soluciones*

| *Criterio de evaluación* | *Competencia GreenComp asociada* | *Excelente (4)* | *Bueno (3)* | *Básico (2)* | *Inicial (1)* |
|---|---|---|---|---|---|
| **Análisis de relaciones e interacciones en sistemas socioambientales** | Pensamiento sistémico | Analiza integralmente la estrategia de mitigación y sus implicaciones ambientales y sociales. | Analiza adecuadamente la estrategia seleccionada. | Describe la estrategia con análisis limitado. | Presenta una descripción superficial o incompleta. |
| **Gestión y evaluación de información científica** | Pensamiento crítico | Utiliza información científica confiable y pertinente para sustentar sus análisis. | Utiliza información adecuada para fundamentar la propuesta. | Emplea información limitada. | Utiliza información insuficiente o poco pertinente. |
| **Compromiso y contribución a la sostenibilidad** | Acción colectiva | Relaciona claramente la estrategia con los ODS y la mejora de la calidad del aire. | Identifica adecuadamente su contribución a la sostenibilidad. | Establece relaciones limitadas con los ODS. | No relaciona la propuesta con la sostenibilidad. |
| **Trabajo colaborativo** | Acción colectiva | Participa activamente en la elaboración de la ficha y el banco de evidencias. | Colabora adecuadamente con el equipo. | Participa de forma limitada. | Presenta baja participación. |

## Sesión 7

El cierre de la propuesta se evidencia en tres productos, el pitch científico que cada grupo presenta, la presentación digital que usan durante la sustentación y un resumen ejecutivo de una a dos páginas donde describen el problema, la evidencia científica, la solución propuesta, su viabilidad y el impacto esperado. Estos tres productos son los que permiten valorar si los estudiantes lograron comunicar y argumentar su propuesta de manera completa. Estos tres productos son los que permiten valorar si los estudiantes lograron comunicar y argumentar su propuesta de manera completa. La tabla C7 presenta la rúbrica de evaluación.

**Tabla C7** *Rúbrica de evaluación Sesión 7: Shark Tank Ambiental: Propuestas para mejorar la calidad del aire en la U.D.C.A.*

| *Criterio de evaluación* | *Competencia GreenComp asociada* | *Excelente (4)* | *Bueno (3)* | *Básico (2)* | *Inicial (1)* |
|---|---|---|---|---|---|
| **Comprensión sistémica de la problemática ambiental** | Pensamiento sistémico | Integra de manera clara causas, evidencias, procesos químicos e impactos ambientales en la propuesta. | Explica adecuadamente la problemática y sus relaciones principales. | Presenta una comprensión parcial de la problemática. | Presenta una comprensión limitada o fragmentada. |
| **Rigor y** | Pensamiento | Fundamenta la | Sustenta | Presenta | Carece de |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **fundamentación científica** | crítico | propuesta con evidencia científica sólida y conceptos químicos correctamente aplicados. | adecuadamente la propuesta con evidencia pertinente. | evidencia limitada o aplicación parcial de los conceptos. | sustento científico suficiente. |
| **Viabilidad e impacto de la propuesta** | Iniciativa para la sostenibilidad | Propone una solución innovadora, viable y con potencial impacto positivo sobre la calidad del aire y la sostenibilidad. | Propone una solución pertinente y viable. | Presenta limitaciones importantes de aplicación o impacto. | La propuesta resulta poco viable o insuficiente. |
| **Comunicación y divulgación de la información** | Comunicación para la sostenibilidad | Presenta el pitch de manera clara, convincente y bien estructurada, respondiendo con solvencia a las preguntas formuladas. | Presenta adecuadamente la propuesta y responde la mayoría de las preguntas. | Presenta dificultades de claridad o argumentación. | La presentación es confusa o carece de coherencia. |

*Nota.* Elaboración propia con base en el marco GreenComp propuesto por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea (Bianchi et al., 2022) y los principios del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).