



<sup>1</sup> Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt. Huancayo, Perú. huancayo.rchuquillanqui@uroosevelt.edu.pe.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Huancavelica. Huncavelica, Perú. huancavelica.elsy.carhuachuco@unh.edu.pe.

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Cañete. San Luis de Cañete, Perú. lima.jmedinaa@undc.edu.pe.

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. trujillo.gvela@unitru.edu.pe.

<sup>5</sup> Universidad Peruana los Andes. Huancayo, Perú. huancayo.d.golivera@upla.edu.pe.

\*Autor para correspondencia: huancayo.rchuquillanqui@uroosevelt.edu.pe.

Recibido: 05/06/2024. Última revisión: 03/07/2024 Aceptado: 04/10/2024.

## Educación química para la sostenibilidad en áreas residenciales: mitigación de desechos peligrosos y promoción de un entorno ambientalmente seguro

### Resumen

El principal propósito de esta investigación fue estudiar la importancia de la educación química para la sostenibilidad en áreas residenciales, donde es necesario generar menos desechos peligrosos para promover un entorno ambientalmente seguro. La metodología utilizada fue una revisión sistemática mediante la búsqueda actualizada en Dialnet y Google Académico de artículos científicos en idioma español, asociados a los descriptores de la investigación. En los resultados se resalta la importancia de la educación química para la sostenibilidad en la consecución de un entorno ambientalmente seguro, también se logran reconocer compuestos químicos que se generan en las áreas residenciales y los desechos peligrosos que surten efectos nocivos en las poblaciones urbanas. En las conclusiones se destaca la necesidad de promover una educación en el campo de la química bajo los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) 3 y 4 que proponen la protección de la salud y el ambiente en las áreas residenciales, así como la educación de calidad para lograrlo. Las prácticas de identificación y manejo adecuado de desechos químicos peligrosos, siendo eficientes, inciden en la calidad de vida de los ciudadanos, garantizando áreas residenciales ambientalmente seguras.

**Palabras clave:** educación química para la sostenibilidad; desechos peligrosos; entorno ambiental seguro.

## Chemical education for sustainability in residential areas: hazardous waste mitigation and promotion of a safe environment

### Abstract

The main purpose of this research was to study the importance of chemical education for sustainability in residential areas, where it is necessary to generate less hazardous waste to promote a safe environment. The methodology used was a systematic review through an updated search in Dialnet and Google Scholar of scientific articles in Spanish, associated with the research descriptors. The results highlight the importance of chemical education for sustainability in achieving a safe environment, an also recognize chemical compounds that are generated in residential areas and hazardous waste that have harmful effects on urban populations. The conclusions highlight the need to promote education in the field of chemistry under the Sustainable Development Goals (SDG) 3 and 4 that propose the protection of health and the environment in residential areas, as well as quality education to achieve this. The practices of identification and proper management of hazardous chemical waste, being efficient, impact the quality of life of citizens, guaranteeing environmentally safe residential areas.

**Keywords:** chemical education for sustainability; hazardous waste; safe environment.

## Educação química para a sustentabilidade em áreas residenciais: mitigação de resíduos perigosos e promoção de um ambiente seguro

### Resumo

O principal objetivo desta pesquisa foi estudar a importância da educação química para a sustentabilidade em áreas residenciais, onde é necessário gerar menos resíduos perigosos para promover um ambiente seguro. A metodologia utilizada foi uma revisão sistemática por meio de busca atualizada no Dialnet e Google Acadêmico de artigos científicos em espanhol, associados aos descritores de pesquisa. Os resultados destacam a importância da educação química para a sustentabilidade na obtenção de um ambiente seguro. Eles também identificam compostos químicos gerados em áreas residenciais e resíduos perigosos que têm efeitos nocivos em populações urbanas. As conclusões destacam a necessidade de promover a educação na área da química no âmbito dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 3 e 4, que propõem a proteção da saúde e do meio ambiente em áreas residenciais, bem como uma educação de qualidade para atingir esse objetivo. Práticas eficientes para identificar e gerenciar adequadamente resíduos químicos perigosos impactam a qualidade de vida dos cidadãos ao garantir áreas residenciais ambientalmente seguras.

**Palavras-chave:** educação química para a sustentabilidade; resíduos perigosos; ambiente seguro.



## Introducción

En el marco de una sociedad global orientada hacia el desarrollo sostenible, es importante propiciar cambios en los comportamientos arraigados de los grupos poblacionales que interactúan constantemente con sustancias químicas peligrosas y conviven con estos elementos desconociendo sus propiedades contaminantes. En los centros urbanos, y específicamente en las áreas residenciales, existe un sistema de relaciones y prestaciones de servicios que genera miles de desechos cuyo tratamiento y disposición final, la mayoría de las veces, pone en riesgo la salud de los habitantes y el medio que les rodea. Por lo que resulta necesario desarrollar una educación que permita un manejo de los componentes químicos de los desechos con mayor pertinencia social, orientada a educar ciudadanos con un criterio ecológico, sustentable y autárquico. Rasgos que necesariamente tendrán que prevalecer si se desea realmente impulsar, desde los procesos educativos asociados a la química verde, una sociedad global más equilibrada, armónica y justa.

Para la ONU “una parte fundamental de cómo la química nos puede ayudar, además de la investigación, está en la educación de las futuras generaciones” [1]. Promover una educación que impacte la calidad de vida como objetivo en las comunidades urbanas, especialmente dentro de las áreas residenciales cada día más saturadas ambientalmente, constituye no solo una aspiración de cada nación, sino que es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Por lo tanto, se considera importante que el compromiso social requerido de todas las partes involucradas inicie en la conexión de los procesos de educación, organización y convivencia, los cuales constituyen condiciones indiscutibles para el alcance de un ambiente seguro.

En la actualidad, la dinámica de las áreas residenciales y la generación de desechos poco controlados demanda soluciones que impacten la conciencia y promuevan la reducción de desechos peligrosos, cuya composición química, la mayoría de las veces, es desconocida por los habitantes en estas zonas urbanas. Pero hay que tener en cuenta que la cotidianidad está impregnada de la química, “desde la alimentación y la medicina, hasta la tecnología y la sostenibilidad. Su relevancia es innegable y su comprensión es fundamental para tomar decisiones informadas en un mundo cada vez más complejo y tecnológico” [2].

En el presente artículo se resalta la necesidad de una educación química para la sostenibilidad en áreas residenciales que esté centrada en la mitigación de desechos peligrosos y en la promoción de un entorno ambientalmente seguro. La educación en este ámbito quiere dar cuenta de la presencia de sustancias químicas en diversos productos de uso cotidiano que son fuente de contaminación, especialmente aquellos que se convierten en residuos peligrosos. Para ello se identifican componentes químicos catalogados como peligrosos y se educa sobre el uso de esos productos y los problemas socio ambientales que trae consigo una inadecuada manipulación de los mismos.

La promoción de una química sostenible surge como una alternativa para atenuar dichos efectos y concientizar sobre las repercusiones de diversas sustancias químicas en la salud humana, beneficiando a las generaciones futuras. A razón de lo descrito, el propósito de esta revisión es estudiar la importancia de la educación química en áreas residenciales y reconocer que la reducción adecuada de los desechos peligrosos es parte de la solución para la promoción un entorno ambientalmente seguro.

## Materiales y métodos

Se llevó a cabo una revisión sistemática de bibliografía en cinco áreas generales: 1) educación química para la sostenibilidad, 2) áreas residenciales y manejo de residuos, 3) mitigación de desechos peligrosos, 4) evaluación de agentes químicos y ambiente, y 5) sostenibilidad y promoción de un entorno seguro. Se empleó la metodología PRISMA (figura 1), utilizando las palabras clave “educación”, “química” y “sostenibilidad” en las ecuaciones de búsqueda en Dialnet y Google Académico. El número de resultados obtenidos fue de 74 en Dialnet y de 745 en Google Académico, entre los cuales se encontraron 13 y 689 tesis, 44 y 32 artículos científicos y 15 y 17 revisiones, respectivamente, además de un libro en cada uno de los buscadores.

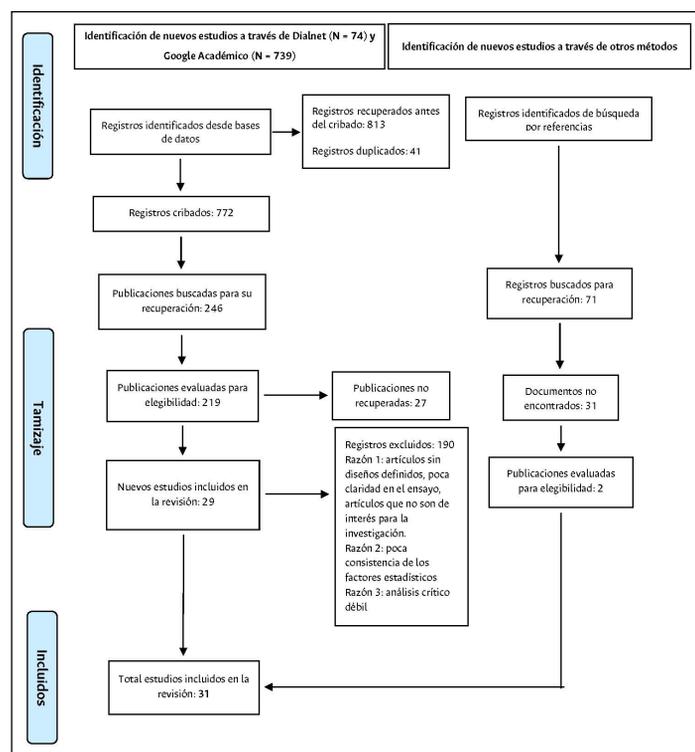


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA.

La ruta de la revisión se realizó mediante una matriz analítica de registro de información que permitió identificar los efectos de sustancias químicas contaminantes en diversos ambientes. Se revisó un total 813 publicaciones en español en Dialnet y Google Académico, se descartaron aquellas que hacían referencia a indicadores fuera de Latinoamérica y se tuvieron en cuenta artículos científicos, reportes de investigaciones médicas y trabajos de investigación regional, todos relevantes para identificar la presencia de sustancias peligrosas para la salud y el ambiente. A continuación, se reportan los resultados de 31 investigaciones, se tomó como criterio de elegibilidad aquellas realizadas en los últimos 5 años y aquellas que se refieren directamente a la problemática ambiental y a las sustancias químicas presentes en el ambiente dentro de áreas residenciales.

## Resultados

En la tabla 1 se enumeran las áreas de estudio con sus referencias correspondientes y el porcentaje de calidad asociado. Las áreas mencionadas incluyen química, sostenibilidad, educación, residuos y materiales avanzados, entre otras. Cada área tiene las referencias asociadas al estudio, seguidas de un valor porcentual que representa la calidad de la referencia o del trabajo realizado en esa área, los porcentajes fueron calculados con base al 100% de las referencias consultadas, incorporadas progresivamente en cada área desarrollada. La tabla 2 muestra los hallazgos en las diferentes áreas relacionadas con la química, la sostenibilidad y la educación.

Tabla 1. Áreas de estudio de la búsqueda sobre educación química para la sostenibilidad en áreas residenciales.

Área	Referencias asociadas	Calidad (%)
Educación química para la sostenibilidad	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8] y [9]	29,03%
Áreas residenciales y manejo de residuos	[3], [9], [10], [11], [12], [13] y [14]	22,58%
Mitigación de desechos peligrosos	[1], [15], [14], [16], [17] y [18]	19,35%
Evaluación de agentes químicos y ambiente	[14], [15], [18] y [19]	9,67%
Sostenibilidad y promoción de un entorno seguro	[20], [21], [22], [23], [24] y [25]	6%

Tabla 2. Hallazgos por área de estudio.

Área	Hallazgos
<b>Educación química para la sostenibilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La educación química de calidad para la sostenibilidad se basa en el proceso formativo de la ciudadanía.</li> <li>• Necesita de la planificación de políticas públicas.</li> <li>• Debe considerar la importancia de la enseñanza y el aprendizaje de la química en la formación de ciudadanos responsables y comprometidos con el ambiente.</li> <li>• Se alcanza con la inversión y promoción de una gestión ambiental urbana.</li> </ul>
<b>Áreas residenciales y manejo de residuos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existen muchos estudios sobre la importancia de la disposición de desechos y el desarrollo urbanístico.</li> <li>• Los desechos químicos peligrosos en las ciudades provienen en su mayoría de actividades domésticas, sanitarias, industriales y comerciales.</li> </ul>
<b>Mitigación de desechos peligrosos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay un control débil y pocos conocimientos de los alcances de la contaminación por sustancias químicas.</li> <li>• Existen dificultades para el desarrollo de la gobernanza y falta de conciencia en los ciudadanos y en las instituciones sobre la disposición de desechos peligrosos.</li> </ul>
<b>Evaluación de agentes químicos y ambiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es necesario conocer el impacto de agentes químicos en las zonas urbanas para evaluar sus demandas ambientales locales. Por lo tanto, se requiere actualización sobre demandas ambientales.</li> <li>• El avance tecnológico es un aliado para evaluar y educar a la ciudadanía en favor de la protección del ambiente.</li> <li>• Se requiere un conocimiento de la composición química de los desechos en diversos ambientes y niveles educativos.</li> </ul>
<b>Sostenibilidad y promoción de un entorno seguro</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se necesitan nuevas prácticas para proteger la vida.</li> <li>• Es necesario el diseño de procesos y productos químicos que reduzcan o desaparezcan la generación de sustancias peligrosas.</li> </ul>

### Educación química para la sostenibilidad

En los espacios educativos, la química siempre se relaciona con componentes tóxicos que contaminan y ponen en riesgo la salud; sin embargo, “es sabido que la química tiene un papel esencial en casi todos los aspectos de la vida, se relaciona con el aire, el agua, los plásticos, el vestuario, comida, agricultura, edificaciones, entre otros” [3], por lo tanto, la química cumple un papel muy importante en la gestión ambiental. “La gestión ambiental urbana del espacio público implica acciones de planificación, diseño y construcción que tienen como objetivo incorporar la dimensión ambiental y mejorar la calidad ambiental y paisajística del espacio público” [4]. Dentro de esta gestión se incluye la problemática de los efectos de diversos residuos en el ambiente, sobre los cuales se debe educar para que la población implemente prácticas que permitan una coexistencia segura con el uso algunos componentes durante su dinámica cotidiana.

Por ejemplo, una educación basada en los problemas ambientales, orientaría la reflexión hacia el impacto de estos componentes en el ambiente: “el aprendizaje basado en problemas (ABP) como estrategia didáctica, asume el estudiante como protagonista del aprendizaje” [5], por lo tanto, la preocupación por los problemas del entorno constituye una ventaja en los ambientes formativos para el

desarrollo sostenible. “La educación para el desarrollo sostenible (EDS) proporciona a los educandos valores, actitudes y conocimientos en pro de dar alternativas de solución a los desafíos sociales, ambientales y económicos que posiblemente se estén dando en el presente y a futuro” [6]. Esto requiere de la activación de procesos formativos ajustados a cada realidad social.

El proceso formativo de la ciudadanía a favor del ambiente se encuentra vinculado a la planificación de políticas públicas, las cuales se ajustan a las necesidades de los centros poblacionales, desde las comunidades menos organizadas hasta la creación de organizaciones que trabajan en beneficio de su entorno. De tal manera, “la EDS apunta a promover competencias que permitan a los individuos reflexionar sobre sus propias acciones” [7]. Además, considerando la importancia de la enseñanza y el aprendizaje de la química como clave para la formación de ciudadanos responsables y comprometidos con el ambiente, y para la consecución de una educación ciudadana en materia del manejo responsable de diversos desechos y especialmente con químicos peligrosos para la salud y el ambiente, “es importante repensar la forma en que la educación debe configurar y transformar la mentalidad de niños, jóvenes y adultos para lograr desarrollar una sensibilidad hacia la vida y los recursos que

posee la tierra, con foco en la transformación social, económica y sostenible” [8].

Mientras más cercana a diversos grupos sea la educación para la protección ambiental, y si se hace de manera integral y abordando diversos escenarios y grupos sociales, mayores serán los efectos en las generaciones futuras. Por tal motivo “es conveniente conocer la presencia y concentración de residuos tóxicos y peligrosos para evaluar el riesgo que su manejo, tratamiento, reprocesado y reutilización, puedan aportar a la salud humana y al medio ambiente” [9]. La educación en química resulta un valioso instrumento para reducir riesgos a la salud y el ambiente, y crear las condiciones necesarias para un entorno más seguro.

### Áreas residenciales y manejo de residuos

Por lo general, en las áreas residenciales, el mal manejo de residuos se produce por “mala disposición de los mismos por parte de la ciudadanía, que mezclan los residuos con materiales peligrosos, residuos infecciosos de hospitales y sustancias industriales” [10]. Esta forma de hacerlo afecta la salud por diversas causas, bien sea por lesiones en la manipulación de los residuos o por efectos bacterianos o virales. Es importante señalar que los procesos de ocupación del suelo, el déficit de espacios urbanos de calidad y la intensificación de las desigualdades sociales han marcado el desarrollo de las ciudades actuales. De acuerdo a diversos estudios científicos, “el volumen mundial de residuos peligrosos está provocando el envenenamiento del planeta y de todos sus ecosistemas, con lo que se degrada la calidad de vida de millones de seres humanos y se provocan serios problemas de salud pública” [11]. La magnitud de esta problemática no ha sido evaluada con rigurosidad, pues en algunos casos se desconocen las características y la peligrosidad de ciertos productos. Un producto químico peligroso (PQP) se define como “toda sustancia química, ya sea aislada o mezclada, fabricada u obtenida de la naturaleza que, por la cantidad, características de peligrosidad o combinación de ambas, represente un peligro para la salud humana y el medio ambiente” [12]. Por esto es importante conocer sus propiedades y los niveles de riesgo a los que se expone la salud del ser humano.

Para considerar la peligrosidad de un agente químico derivado de diversos residuos en las áreas residenciales, se establecen diferentes criterios y se mencionan características como las propiedades físico-químicas (explosivo, oxidante, extremadamente inflamable, altamente inflamable e inflamable), los efectos sobre la salud (muy tóxico, tóxico, nocivo, corrosivo, irritante, sensibilizante, carcinogénico, mutagénico, tóxico para la reproducción) y su peligrosidad para el medio ambiente [12]. También se considera peligroso “todo elemento que al ser eliminado constituye un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Para determinar si un residuo es o no peligroso se creó el código CRETIVER (antes Cretib). Un residuo es peligroso si cumple por lo menos con una de estas características (cada letra representa una característica): C (Corrosivo), R (Reactivo), E (Explosivo), T (Tóxico), I (Inflamable), V (Volátil), E (Ecotóxico), R (Radioactivo)” [13]. Estas características permiten clasificar el tipo de efectos derivados de la acción de sustancias peligrosas.

Por ejemplo, en las ciudades se dispone de servicios sanitarios que originan una diversidad de residuos calificados como peligrosos, “los desechos sanitarios se consideran los segundos desechos más peligrosos del mundo después de los desechos radiactivos, estos abarcan diversas formas, como objetos punzocortantes, partes del cuerpo humano, sangre, desechos químicos, desechos farmacéuticos y dispositivos médicos” [14]. Además, elementos como “arsénico, cadmio, mercurio, antimonio, disolventes clorados, elementos con características de inflamabilidad, corrosividad, reactividad, ecotoxicidad, toxicidad o cualidades cancerígenas, mutagénicas o teratológicas, suelen estar presentes en los residuos urbanos,

normalmente procedentes de actividades industriales y hospitalarias” [9], al igual que detergentes, pinturas, lubricantes y otros compuestos que se usan en la cotidianidad residencial urbana.

Las superficies urbanas tienen características compartidas por las dinámicas residenciales, donde el deterioro progresivo de suelos y de la calidad del aire se intensifica a medida que se incrementa la producción de desechos, con el aumento de la densidad poblacional. Por ejemplo, “desde la expansión urbana, el suelo ha sido utilizado como vertedero de desechos sólidos y líquidos. (...) Un problema es la dificultad para establecer la definición de ‘concentraciones normales’. Puede ser relativamente sencillo establecer concentraciones peligrosas para sustancias hechas por el hombre que no se presentan naturalmente en el suelo, pero esta labor es más compleja cuando se trata de metales pesados y metaloides, los cuales pueden tener como origen la meteorización de rocas y minerales” [15]. La atención que debería darse a los tipos de desechos y la distribución de cualquier origen crea preocupación por su impacto negativo en los ciudadanos y por ende en la superficie urbana de las ciudades. “Actualmente, el manejo adecuado de los residuos es uno de los retos ambientales a los que se enfrentan todos los países, en sus etapas de recolección, tratamiento y disposición” [16]. Esto demanda una gestión efectiva por parte de las autoridades y de organizaciones no gubernamentales para abordar esta problemática tanto en las zonas residenciales como fuera de ellas.

### Disposición de desechos peligrosos

En las áreas residenciales es recurrente la contaminación química del aire que “se genera por la presencia de agentes químicos que alteran la composición del mismo, perjudicando su calidad. Se presentan en forma de partículas, gases y vapores, que pueden causar daños a la salud, cuando nos exponemos de manera prolongada y crónica” [17]. Con relación a estos contaminantes químicos del aire, se señala “que son 5 las variedades de materiales que son considerados como los mayores contaminantes del aire dado que constituyen más del 90% de los factores de contaminación en las ciudades, estas son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburo (HC), óxido de azufre (SO<sub>x</sub>) y sólidos suspendidos (PM-10, PM-2,5). Tanto las fuentes naturales como antropogénicas provocan la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera” [18]. Esta variedad de compuestos da cuenta de la magnitud e impacto que tienen en el ambiente.

Otro de los problemas que resalta en las zonas residenciales son los desechos tecnológicos, al respecto se explica que “uno de los principales y serios problemas actuales es la disposición de este tipo de basura, ya que la mayoría de los dispositivos electrónicos contienen elementos tóxicos. Si no se manejan o manipulan adecuadamente durante el proceso de remoción, causará un gran daño al medio ambiente” [19]. Cada día se hace más apremiante en las áreas residenciales impulsar un manejo responsable de estos desechos. Se resalta la necesidad de promover un conocimiento adaptado a solucionar las necesidades sociales en las ciudades. “El manejo responsable de los PQP tiene relación directa con el conocimiento, comprensión y percepción de riesgo que tengan los individuos involucrados” [20]. Por ello es preciso dar a conocer sus efectos para saber cómo deben actuar las personas en lo relacionado con estos compuestos.

El manejo inadecuado de estos desechos contamina con elementos que el ser humano no conoce o considera inocuos, pero que pueden afectar su ecosistema y, en consecuencia, su salud. En el caso de desechos tecnológicos, se mencionan porque los desechos de “la chatarra electrónica se pueden dividir en dos grupos: metales básicos: cobre del 20 al 50%, hierro del 8 al 20%, níquel del 2 al 5%, estaño del 4 al 5%, plomo aproximadamente 2%, aluminio del 2 al 5% y zinc del 1 al 3%, y metales preciosos: oro de 170 a 850 g aproximadamente el 0,1%, plata de 198 a 1698 g aproximadamente el

0,2%, paladio de 3 a 17 g aproximadamente el 0,005%” [21]. Estos elementos son señalados en menor o mayor cuantía, de acuerdo a la concentración en áreas residenciales y su desarrollo comercial, es decir, a mayor número de agentes químicos peligrosos, mayor son sus efectos sobre el ambiente.

### **Evaluación de agentes químicos y ambiente**

Las evaluaciones de los alcances de la contaminación por sustancias químicas en las ciudades representan una limitante para conocer sus efectos en naciones latinoamericanas, enfocadas en políticas poco favorecedoras de la disposición responsable de residuos líquidos y sólidos. Según la identificación realizada, hay que tener en cuenta dentro de las emisiones de agentes químicos en las ciudades la importancia de “los compuestos orgánicos volátiles (COV). Son hidrocarburos que existen en estado gaseoso a temperatura ambiente o son altamente volátiles a esta temperatura. Tienen fuentes naturales (VOC biológicas) y artificiales (debido a la evaporación de disolventes orgánicos, quema de combustible, transporte, etc.). En cuanto a su riesgo, los COV se pueden dividir en 3 grupos. Compuestos de clase A: pueden causar daños importantes al medio ambiente. Por ejemplo: acetaldehído, anilina, tricloroetileno, etc. Compuestos de clase B: tienen menos impacto en el medio ambiente. Por ejemplo: acetona y etanol. Junto con los NO<sub>x</sub> y la luz solar, los COV son el precursor del ozono a nivel del suelo (ozono troposférico), que es nocivo para la salud y puede producir el llamado ‘smog fotoquímico’” [18]. Estos efectos son poco conocidos en el ámbito comunitario de las áreas residenciales.

Ahora bien, es preciso señalar que la problemática avanza, “la cantidad y diversidad de contaminantes se encuentra en constante incremento a causa del desarrollo agroquímico e industrial. Esta diversidad, y la transformación en los suelos por la actividad biológica de los componentes orgánicos en diversos metabolitos, hacen que los estudios de suelos para identificar a los contaminantes sean complejos y costosos” [15]. Se destaca en las ciudades que “los rellenos sanitarios (RS) y los vertederos abiertos son responsables de la generación significativa de altas cantidades de lixiviados y gases que se incorporan al agua subterránea y a la atmósfera, principalmente COV, metales pesados y macro inorgánicos (N y P). Debido a que los RS bien diseñados conllevan altos costos de instalación, operación y mantenimiento” [22]. Esto causa deficiencias en el control de emisiones contaminantes en áreas urbanas. Por tanto, en muchas ciudades son escasos los estudios de los efectos contaminantes de diversas sustancias químicas que se producen en su quehacer cotidiano y la manera en que se interactúa con ellas. En consecuencia, la población desconoce sus efectos, desde los más leves hasta los más peligrosos, por lo que existe un déficit de acciones preventivas para la mitigación de desechos y sus efectos nocivos a la salud y los ecosistemas urbanos.

### **Sostenibilidad y promoción de un entorno seguro**

El desarrollo de la sostenibilidad para promover un ambiente seguro se orienta a una constante dinámica de actualización de las demandas ambientales, “el desarrollo sostenible no es un estado de armonía fijo, sino un proceso de cambio que va dirigido al uso adecuado de procesos científicos y tecnológicos que no atenten contra el bienestar prospectivo de las generaciones presentes ni de las generaciones futuras” [23]. El avance tecnológico puede convertirse en un gran aliado para mitigar efectos nocivos y replantear estrategias de impacto ecológico para las ciudades. En este orden de ideas, “el enfoque de la sostenibilidad o sustentabilidad es multidisciplinario, multiescala y multiperspectiva porque abarca, entre otros ámbitos, la economía, la cultura, las estructuras sociales, además del uso y protección de los recursos” [24]. Por lo tanto, para el manejo de sustancias químicas provenientes de diversas fuentes, algunas veces desconocidas, en las áreas urbanas residenciales,

este enfoque se adecúa a las prácticas humanas de conservación ambiental y el impacto que las mismas pueden tener en las generaciones futuras.

Reflexionando sobre la gestión que se emprende para el avance oportuno de los ODS, algunos expertos aseguran que “hoy el desarrollo sostenible sufre las consecuencias de un incompleto estudio y manipulada interpretación. Por ello se necesita innovar en lo metodológico y práctico. Pero sin hacer lecturas parcializadas que miran fundamentalmente en la naturaleza y soslayan la economía y la sociedad ante un fenómeno acuciante de analfabetismo ambiental” [25]. Entre las alternativas de desarrollo surgen propuestas: “la química verde se relaciona con diseño de procesos y productos químicos y que estos reduzcan o eliminen la generación de sustancias peligrosas, se hace referencia a ‘verde’ debido a que con ella se busca un ambiente inocuo” [4]. Esta química resulta vital para la promoción de un ambiente seguro, la cual debe ajustarse a diseños y políticas educativas, “recomendamos la creación específica de asignaturas medioambientales en las distintas etapas educativas, que contribuirían a resolver los graves problemas medioambientales a los que nos enfrentamos” [26]. Por lo tanto, para la promoción de un ambiente seguro, es necesario un proceso educativo en todos los entornos y ambientes posibles.

De acuerdo al recorrido documental, actualizado y sistemático de la información, se puede afirmar que “el manejo inadecuado de los desechos puede conducir a la contaminación del agua, el suelo y el aire, y las personas están expuestas a altos niveles de este ambiente contaminado e insalubre” [27]. Por consiguiente, “el manejo inadecuado de los residuos sólidos puede tener efectos negativos en la salud pública, el medio ambiente y la economía” [28]. En cuanto a los mecanismos para desarrollar una educación sostenible y para asegurar un ambiente sano, se puede iniciar con una adecuada disposición de los desechos que se generan alrededor de las áreas residenciales mediante un proceso formativo planificado y amplio: “la generación de residuos sólidos urbanos está orientada a lograr un desarrollo sostenible, lo que requiere políticas claras, reglas que fomenten la buena gobernanza y la conciencia de los seres humanos sobre la necesidad de cambiar sus hábitos tanto en la producción como en el consumo” [29]. La crisis civilizatoria obliga a la humanidad a generar nuevas prácticas para asegurar su vida en el planeta, por lo tanto, la educación química para la sostenibilidad en áreas residenciales conduce a la mitigación de desechos peligrosos, como parte de una acción estratégica conjunta entre todos los actores sociales, y permite la promoción de un entorno ambientalmente seguro. De acuerdo a los indicadores del estudio, se resaltan en la **figura 1** los hallazgos más relevantes de la revisión sistemática, de acuerdo con las categorías manejadas por los artículos revisados, los cuales revelan un conjunto de determinantes en la dinámica urbana que se interrelacionan con la problemática estudiada.

### **Discusión**

Asumiendo que el origen de los residuos catalogados como peligrosos provienen de diferentes actividades domésticas, industriales y sanitarias, su disposición adecuada depende del conocimiento que tengan los pobladores de las ciudades sobre las repercusiones que dichos desechos pueden tener en su salud y en la conservación del medio ambiente que les rodea. Por lo tanto, la educación es la principal estrategia en las áreas residenciales para alcanzar este conocimiento tan importante para el discernimiento entre los desechos altamente peligroso y los que tiene efectos menos nocivos, así como la disposición adecuada de los mismos. Con respecto al origen y las repercusiones de estos residuos, de acuerdo con la investigación, se “identificó que los residuos en los que se debe prestar atención son los envases vacíos de agroquímicos, aceites lubricantes y aceites vegetales usados, ya que no hay control sobre ellos en el área

de estudio, lo que causa contaminación al ambiente (aire, suelo y agua) en que viven sus habitantes, y las acciones realizadas como la reutilización ponen en riesgo su salud” [16]. La problemática es señalada también como relevante en las zonas residenciales, pues allí es donde tiene su origen más común: “la contaminación ocasionada por la generación de los residuos domésticos, industriales y hospitalarios constituye un problema serio y complejo de una civilización que ha promovido el crecimiento económico y la industrialización como prototipo de la modernización y el desarrollo económico” [11].

En cuanto al impacto de esta problemática, esta es confirmada por diversos informes y trabajos de investigación, donde “los países de Europa y Latinoamérica tienen similitudes y diferencias en torno a la gestión pública, ambas regiones se enfocan en la administración eficiente de los recursos públicos, pero a diferencia de América Latina, la gestión pública enfrenta desafíos como la corrupción y la falta de recursos” [30]. Ante este problema, la educación para un entorno ambientalmente seguro emerge como una necesaria política pública en las ciudades, donde el impacto y desconocimiento de las propiedades químicas de los contaminantes representa una amenaza. En cuanto al desarrollo sostenible en las áreas residenciales, surgen algunas alternativas, como las mencionadas, para “el desarrollo de baterías, materiales de construcción sostenibles; mejorar la reciclabilidad y biodegradabilidad de una serie de productos; o convertir el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y los desechos en sustancias intermedias químicas” [31]. Las iniciativas para mejorar el ambiente en las áreas residenciales son como las mencionadas en “un estudio del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) en el 2020 que señaló que, basado en encuestas del sector constructor, hoy 35% de los proyectos residenciales del país emplean materiales de bajas emisiones. Además, más de 40% de los proveedores y fabricantes de dichos insumos cuentan con criterios de sostenibilidad que superan el 80%” [32].

Con relación a la química como ciencia comprometida con el mejoramiento ambiental y los avances del conocimiento, se sostiene que “el uso e implantación de las tecnologías químicas más sostenibles, y en particular la electroquímica, se presentan como alternativas a las tecnologías más tradicionales, con el objetivo de promover procesos y transformaciones químicas más respetuosas con el medio ambiente” [33]. Situación que da cuenta de los esfuerzos por mejorar el impacto de las sustancias peligrosas en las ciudades, en beneficio de la salud de sus habitantes y en mejora del medio donde viven. De tal manera, “un desafío para la educación científica es impactar en la formación ciudadana; es decir, que desde ella se enfoquen acciones para ayudar a superar problemas de la región como la pobreza, la calidad de vida digna y la injusticia” [34]. En el campo de la química se gesta una nueva visión para que, en áreas residenciales, donde el impacto de diversas sustancias es cada día más evidente, se muestre como una necesidad la educación en los espacios sociales comunitarios que mitiguen la incidencia de estos compuestos en el modo de vida de sus residentes.

## Conclusiones

De acuerdo al objetivo planteado de estudiar la importancia de la educación química en áreas residenciales, para conocer los procesos de mitigación de desechos peligrosos como parte de la solución desde la promoción de un entorno ambientalmente seguro, se confirma que la educación química tiene un impacto directo sobre la salud del ser humano y es una de las principales estrategias para lograr un ambiente seguro. Sin embargo, en la revisión teórica, las investigaciones no establecen una temática directa de clasificación de residuos químicos peligrosos conectados directamente con las dinámicas urbanas de las áreas residenciales, o iniciativas para una educación en áreas residenciales para el tratamiento de residuos. Mientras que sí se demuestra en la revisión sistemática un reco-

nocimiento parcial de desechos peligrosos en áreas urbanas residenciales para diferentes ámbitos, bien sea institutos educativos, hospitales o municipios.

Con relación a la educación química para la sostenibilidad, se reconoce la importancia de impulsar acciones educativas desde la gestión pública y la organización ciudadana para mitigar los efectos de estas sustancias peligrosas, a través de planes y programas de impacto hacia el conocimiento y concientización de los efectos sobre la salud y el medio ambiente. En el desarrollo actual de los procesos de sostenibilidad en áreas residenciales, se determinó que no son desarrollados de modo eficiente procesos para la disposición adecuada de desechos peligrosos, lo que justifica la presencia de diversos componentes químicos y altos niveles de contaminación en áreas urbanas, tanto en el suelo como en el aire y en el agua. En cuanto a la promoción de un ambiente seguro, se destacan algunos avances asociados a nuevas tecnologías y procesos que pueden contribuir con una educación sostenible para la promoción de un ambiente seguro bajo los principios de la sostenibilidad.

## Referencias

- [1] Noticias ONU, “La química de todos los días”, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2019/09/146140>. [Último acceso: 17/03/2024].
- [2] Studenta, “La Importancia de la Química en la Vida Cotidiana Aplicaciones y Relevancia”, 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.studenta.com/content/126226342/la-importancia-de-la-quimica-en-la-vida-cotidiana-aplicaciones-y-relevancia>. [Último acceso: 15/03/2024].
- [3] I. Guzmán, “Propuesta para el fortalecimiento de la sostenibilidad ambiental a través del uso de la química verde en educación técnica en química”, tesis de especialización, Universidad ECCI, 2021.
- [4] R. Carrasco-Jocope, S. Vigil-Requena, V. Saldaña-Yoni y D. González-González, “Contaminación urbano ambiental y espacio público del centro de Piura, Perú: Revisión sistemática”, *Koinonía*, vol. 8, nro. 16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i16.2542>
- [5] L. Castro, R. Nieto, J. Bilbao y F. Sánchez, “Aprendizaje Basado en Problemas-ABP. Experiencia educativa en Biología y Química en la Universidad Metropolitana de Barranquilla - Colombia”, *Revista Interamericana de investigación, Educación y Pedagogía*, vol. 15, nro. 2, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.15332/25005421.6091>
- [6] D. Gómez-Aguilar, J. Esteban-Muñoz y E. Guevara-Ortiz, “Fortalecimiento de la competencia para el desarrollo sostenible análisis crítico: aplicación de un ambiente virtual de aprendizaje”, *Discimus: Revista Digital de Educación*, vol. 2, nro. 2, pp. 126–140, 2023. DOI: <https://doi.org/10.61447/20231211/art7>
- [7] H. Odetti, *Prácticas de la enseñanza de la Química que promuevan la Educación para el Desarrollo Sostenible: tensiones entre la tradición y los cambios*, Santa Fe, Universidad Nacional del Litoral, 2020.
- [8] C. Cárcamo, N. Cifuentes y Y. Sierralta, “Resignificación del Compromiso Educativo en la Formación de sociedades Sostenibles”, en *Investigar y Educar para la Sostenibilidad. Principios Pedagógicos*, San Cristóbal, Centro de Investigación Educativa Georgina Calderón (UPEL), 2022, pp. 38–64.
- [9] E. Medioambiental, “Características químicas de los residuos sólidos urbanos”, 2022. [En línea]. Disponible: [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental). [Último acceso: 28/05/2024].
- [10] M. Rey y L. Avendaño, “Estrategia para el Manejo de residuos Sólidos en el Conjunto Residencial Aitana del Salitre”, seminario de investigación, Universidad EAN, Bogotá, 2023.
- [11] R. Mex-Álvarez, P. Garma-Quen y W. León-Reyes, “Manejo de residuos peligrosos biológicos e infecciosos en una escuela de química de nivel superior”, *RIDE. Revista Iberoamericana de Investigación y Desarrollo*, vol. 10, nro. 20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.23913/ride.v10i20.651>

- [12] A. Gil y S. Pell del Rio, "Diagnóstico del manejo de productos químicos peligrosos en el sector del trabajo por cuenta propia en dos comunidades de la ciudad de La Habana, Cuba", *Estudios de Desarrollo social: Cuba y América Latina*, vol. 8, nro. 1, 2020. Disponible: <https://cuba.vlex.com/vid/diagnostico-manejo-productos-quimicos-873922427>
- [13] U. MEDICAL, "Clasificación de los residuos hospitalarios", 2023. [En línea]. Disponible: <https://um.com.co/blog/clasificacion-de-los-residuos-hospitalarios>. [Último acceso: 30/05/2024].
- [14] R. Dávila *et al.*, "Impacto en la salud pública por el manejo inadecuado de los desechos peligrosos", *Boletín de Malaria y Salud Ambiental*, vol. 63, pp. 63–71, 2022. DOI: <https://doi.org/10.52808/bmsa.7e6.621.009>
- [15] N. Rodríguez, M. Mac Laughlin y D. Pennock, *La Contaminación del Suelo: Una Realidad Oculta*, Roma, Organización de naciones unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO), 2020.
- [16] M. Aguilera, A. Garay-Fernández, M. Contreras-Ramírez, V. Ávila-Vázquez y Y. Rodríguez-Martínez, "Diagnóstico de las prácticas comunes del manejo de residuos en localidades marginadas: un caso de estudio", *Revista de ciencias ambientales*, vol. 55, nro. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.55-2.12>
- [17] M. Bravo, "La Contaminación Química del Aire y su Influencia en las Capacidades Cognitivas de los Escolares a Nivel de Lima Metropolitana", tesis de doctorado, Universidad de San Martín de Porres, 2023.
- [18] K. Vera, M. Zapata, A. Nomberto y B. Pasco, "Niveles de concentración de material particulado en el aire en Lima Metropolitana: Un estudio Teórico", *Revista de Ciencias Sociales y Sostenibilidad*, vol. 1, nro. 1, pp. 80–103, 2022. DOI: <https://doi.org/10.56111/recsys.2021.v1.n1.p80-103>
- [19] D. Cajamarca-Carrasco, L. Hidalgo-Viteri, S. Vaca-Zambrano y Y. Jua-Tandu, "Basura tecnológica, contaminante ambiental silenciosa del siglo XXI causas y repercusiones", *Dominio de las Ciencias*, vol. 8, nro. 2, pp. 228–244, 2022. DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v8i2.2753>
- [20] S. Pell del Rio, M. Perdomo, J. Llanes y D. Valdez, "Nivel de seguridad en el manejo de los productos químicos peligrosos en la comunidad Mantilla", *Revista Cubana de Salud Pública*, vol. 45, nro. 3, 2020.
- [21] H. Molina Zambrano, "Modelo de Procedimientos sobre el manejo de desechos electrónicos en la Universidad Estatal Del sur del Manabí", tesis de grado, Universidad Estatal Del sur del Manabí, 2020.
- [22] A. Dávila-Sámamo, L. Castillo-Suárez, I. Linares-Hernández y V. Martínez-Miranda, "Gestión de los residuos sólidos urbanos y su efecto en el aire, agua y suelo", *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, vol. 5, nro. 15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.128>
- [23] B. Madrid-Rangel, L. Gutiérrez y J. Vielma, "La Enseñanza de la Química desde la Perspectiva de una Educación para el desarrollo Sostenible", *Acta Bioclínica*, vol. 10, nro. 19, 2020.
- [24] A. Ivanova, "Cambio climático y desarrollo Sostenible, retos y oportunidades", *UNAM Internacional*, nro. 3, pp. 14–31, 2022. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8929552>
- [25] M. Charbonet, "Una didáctica de la Química para el desarrollo sostenible", *Varona*, nro. 74, 2022. Disponible: <https://www.re-dalyc.org/journal/3606/360657468025/html/>
- [26] F. J. Hoyuelos-Álvaro y J. Ibáñez-Quintana, "Conocimientos previos erróneos del alumnado en la asignatura de Química del Medio Ambiente", *Education in the Knowledge Society (EKS)*, nro. 24, pp. 1–24, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14201/eks.28493>
- [27] M. Herrera-Uchalin, Y. Valiente-Saldaña, J. Garibay-Castillo y S. Herrera-Cherres, "Manejo de residuos sólidos en la gestión municipal; revisión Sistemática", *Koinomía*, vol. 8, nro. 16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i16.2540>
- [28] J. Chancafe, "Análisis medioambiental del manejo de residuos sólidos de los mercados abiertos en Perú, una revisión narrativa", *Revista de ciencias*, vol. 25, nro. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.25100/rc.v25i2.12514>
- [29] L. Sumarriva-Bustinza, H. Ticona-Arapa, N. Zela. Payi, N. Chambi. Condori y N. Chávez-Sumarriva, "Manejo de residuos sólidos para el cuidado del medioambiente: una necesidad para la calidad de Vida", *ALFA*, vol. 7, nro. 20, pp. 408–417, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.224>
- [30] V. Trelles-Díaz, Y. Valiente y J. de Valladolid-Martínez, "Gestión de residuos sólidos para elaborar proyectos de inversión", *Koinomía*, vol. 8, nro. 16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i16.2544>
- [31] E. Pública, *Química Sostenible para una Vida Saludable*, México D. F., Dir. Gral. de Educación Superior para el Magisterio, 2022.
- [32] D. Sierra, "Lineamientos para el Manejo Sostenible de Residuos de Placas de Yeso en la Ciudad de Medellín. Una Mirada al Manejo Sostenible de los Residuos de Construcción y Demolición (RDC)", tesis de maestría, Instituto Tecnológico Metropolitano, 2022.
- [33] J. Iniesta y M. Martínez, "Objetivos de Desarrollo Sostenible y Educación para el Desarrollo Sostenible: Aplicaciones a la Enseñanza de la Asignatura Cinética Química del Grado en Química", *Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, vol. 35, nro. 2, pp. 17–33, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18239/ensayos.v35i2.2250>
- [34] D. Parga, "Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental", *Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, vol. 17, nro. 51, pp. 117–140, 2022. Disponible: <https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/artic/view/322>

**Citación del artículo:**

R. M. Chuquillanqui Galarza, E. S. Carhuachuco Rojas, J. L. Medina Aliaga, G. J. Vela Urbina y G. O. Zurita, "Educación química para la sostenibilidad en áreas residenciales: mitigación de desechos peligrosos y promoción de un entorno ambientalmente seguro", *Rev. Colomb. Quim.*, vol. 53, nro. 1, pp. 13-20, 2024. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v53n1.114871>