

**QUÍMICA
VERDE Y
SOSTENIBLE:**
MANUAL DE REFERENCIA

Résumé Analytique



Reproduction

Esta publicación puede ser reproducida total o parcialmente y en cualquier formato con fines educativos o no lucrativos sin necesidad de permiso especial del titular de los derechos de autor, siempre que se cite la fuente. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente agradecería recibir una copia de cualquier publicación que utilice la presente publicación como fuente. No está permitido utilizar esta publicación para su reventa ni con cualesquiera otros fines comerciales sin la autorización previa y por escrito del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Descargo de responsabilidad

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras. Además, las opiniones expresadas no representan necesariamente la decisión o la política declarada del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, ni la citación de nombres comerciales o procesos comerciales constituye un respaldo.

Agradecimientos

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente desea agradecer a todas las personas y organizaciones que han contribuido generosamente con su experiencia, tiempo y energía.

El ejecutivo resumen fue preparado por la Subdivisión de Productos Químicos y Salud de la División de Economía del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente con el apoyo financiera del Gobierno de Alemania y el Gobierno del Suecia

Derecho de autor © Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente 202X.

Núm. de ISBN: XXX-XX-XXX-XXXX-X

Núm. de trabajo: DTI/XXXX/GE

Maquetación y diseño gráfico: Lowil Espada.

Comentarios y contacto: el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente anima a los lectores interesados en este informe a participar y compartir sus opiniones.

Correo electrónico: science.chemicals@un.org

Sitio web: <https://www.unenvironment.org/explore-topics/chemicals-waste>

Prólogo

La resolución 4/8 sobre la gestión racional de los productos químicos y los desechos adoptada por la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en su cuarto período de sesiones en 2019, acogió con beneplácito el análisis de las prácticas óptimas en materia de química sostenible llevado a cabo por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y reconoció el valor de conocer mejor las oportunidades que ofrece la química sostenible en todo el mundo. En la resolución se “solicitó a la Dirección Ejecutiva que, con sujeción a la disponibilidad de recursos y, cuando proceda, en cooperación con las organizaciones miembros del Programa Interinstitucional para la Gestión Racional de Productos Químicos, sintetizase los análisis preparados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente sobre las prácticas óptimas de química sostenible en manuales sobre química verde y sostenible, en consulta con los interesados pertinentes, para el quinto período de sesiones de la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, y continuase trabajando en un enfoque holístico a largo plazo de la gestión racional de los productos químicos y los desechos, teniendo en cuenta la importancia de la gestión racional de los productos químicos y los beneficios potenciales de los productos químicos para el desarrollo sostenible”

El Manual de referencia ofrece una visión general de alto nivel de una serie de aspectos científicos, técnicos y normativos en relación con la química verde y sostenible, dirigida a un público amplio. En él se examinan diversas facetas del tema con la intención de fomentar el aprendizaje general, la reflexión y la ampliación de la acción sobre la base de una comprensión global común del concepto. El Manual también ofrece un marco que estructura y presenta los vínculos causales entre los distintos temas, que van desde los temas científicos hasta los instrumentos de facilitación. Un elemento importante del marco son los diez objetivos y consideraciones orientativas respecto de la química verde y sostenible que se presentan en el capítulo 3. Los objetivos complementan los enfoques tradicionales de la química, haciendo hincapié en las consideraciones de sostenibilidad y destacando los resultados que la química verde y sostenible se propone alcanzar. También proporcionan una orientación práctica para estimular la acción de los interesados a diversos niveles y en diferentes entornos. En última instancia, el objetivo busca promover la innovación que desvela todo el poder de la química, y es compatible con la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y aboga por ella.

1 ¿Por qué es necesaria una acción sistémica para promover la química verde y sostenible?

El segundo informe Perspectivas de los productos químicos a nivel mundial, si bien reconoce que muchos productos químicos son importantes para el desarrollo sostenible, presenta una serie de tendencias que son que suscitan preocupación desde el punto de vista de la salud humana, el medio ambiente y la sostenibilidad. El informe aporta pruebas de que el número de productos químicos es cada vez mayor, y de que los productos químicos peligrosos y otros contaminantes siguen siendo liberados en ambientes interiores y exteriores, por ejemplo como desechos, en grandes cantidades, afectando a personas y comunidades de todo el mundo. Actualmente los productos químicos sintéticos son omnipresentes en los seres humanos y el medio ambiente, y la contaminación química se ha convertido en una de las principales causas de enfermedades humanas y muertes prematuras. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó la carga de la enfermedad ocasionada por determinados productos químicos en 1,6 millones de vidas perdidas y 44,8 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad en 2016 (WHO 2018a), cifras que podrían estar subestimadas

Muchos artículos y productos del mercado contienen cientos de sustancias o productos químicos con propiedades peligrosas. Además, los productos químicos se acumulan en cantidades significativas en las existencias de materiales y productos, lo que crea pasivos potenciales de cara al futuro. La complejidad de las cadenas de suministro que se extienden por todo el mundo, unidas a las limitaciones en materia de información

acerca de las sustancias químicas en la producción y los productos, hacen que los fabricantes de productos y los minoristas tengan dificultades para saber qué sustancias químicas se liberan a lo largo del ciclo de vida del producto y en qué cantidades. Estas limitaciones suponen un reto a la hora de tomar medidas a lo largo del ciclo de vida del producto, como por ejemplo minimizar las emisiones químicas en la producción y la exposición de los trabajadores durante la fabricación; reducir la exposición de los consumidores; y reducir las emisiones químicas durante el reciclaje y la eliminación.

En sus conclusiones el informe Perspectivas de los productos químicos a nivel mundial afirma que no se alcanzará la meta mundial de reducir al mínimo los efectos adversos de los productos químicos y los desechos en 2020. Se requiere una acción mundial más ambiciosa y urgente por parte de todos los interesados y seguir como hasta ahora no es una opción. Como parte de los esfuerzos por fortalecer las acciones necesarias se deberían incluir medidas inmediatas dirigidas a minimizar los impactos adversos de los productos químicos existentes, por ejemplo, mediante prohibiciones y restricciones. Más allá de estas medidas, la verdadera oportunidad del siglo XXI reside en acelerar las innovaciones químicas más verdes y sostenibles. Ello puede lograrse ampliando los programas de innovación y desarrollando y comercializando cadenas de suministro y de valor más sostenibles para los productos químicos y los productos en general que abarquen todo el ciclo de vida

2 ¿Como puede contribuir la química verde y sostenible al desarrollo sostenible?

El impulso para química verde y sostenible esta creciendo

Los conceptos de química verde y sostenible han logrado atraer considerable atención en todo el mundo, dado su potencial para innovar y hacer avanzar la química con el fin de contribuir a la consecución de los objetivos y metas mundiales de desarrollo sostenible. Si bien el concepto de “química verde” fue el resultado de los conocidos 12 principios publicados en 1998 (Anastas and Warner 1998), la “química sostenible” ha evolucionado recientemente como un concepto estrechamente relacionado, aunque más holístico (Blum et al. 2017; Kümmerer 2017). El impulso por estimular una transformación en la industria química que adopte plenamente lo que Zimmerman et al. (2020) denominan una “definición ampliada de rendimiento que incluye consideraciones de sostenibilidad” cobra cada vez mayor fuerza. Esta transformación requerirá una innovación que vaya más allá de los enfoques tradicionales de la innovación química y que aporte un pensamiento sistémico y un diseño de sistemas que tenga su punto de partida en el nivel molecular y un impacto positivo a escala mundial (Zimmerman et al. 2020) (cita traducida).

Oportunidades para química verde y sostenible

Las recientes innovaciones en química y materiales avanzados han creado nuevas oportunidades en toda la cadena de valor para promover la sostenibilidad. Entre ellas, por ejemplo: revolucionar el almacenamiento de energía y el desarrollo de baterías; crear materiales de construcción sostenibles; mejorar la reciclabilidad y biodegradabilidad de una serie de productos; o convertir el dióxido de carbono (CO₂) y los desechos en sustancias intermediarias químicas.

La innovación más ecológica y sostenible en la interfaz de la química, la biología y la informática es especialmente prometedora (UNEP 2019b)

Estos ODS sirven de poderosa referencia y allanan el camino para avanzar en la agenda de la química verde y sostenible. Un gran número de Objetivos de Desarrollo Sostenible puede beneficiarse de las contribuciones directas de la química verde y sostenible, por ejemplo: hambre cero (ODS 2), salud y bienestar (ODS 3), agua limpia y saneamiento (ODS 6), energía asequible y no contaminante (ODS 7), producción y consumo responsables (ODS 12) y acción climática (ODS 13). Al reducir o eliminar los peligros químicos y sus efectos conexos en la salud, el medio ambiente y la contaminación, la química verde y sostenible también contribuye a otros ODS, por ejemplo, condiciones de trabajo decentes y crecimiento económico (ODS 8), innovación e infraestructura (ODS 9), vida submarina (ODS 14) o vida de ecosistemas terrestres (ODS 15).

Posibilidades de mercado de la química verde y sostenible

Si bien es cierto que existen diferencias en la caracterización de la química verde y sostenible, los datos de que se dispone -aunque limitados- indican que la oferta y la demanda de productos químicos más ecológicos y sostenibles está creciendo considerablemente. Según informes, el valor de mercado de la industrial mundial de la química verde ascendía en 2015 a más de 50.000 millones de dólares de los Estados Unidos (BCC Research 2016) y se preveía que crecería hasta llegar a los 167.100 millones de dólares de los Estados Unidos antes de 2027 (ReportLinker 2020). Asia y el Pacífico, Europa Occidental y América del Norte son las principales regiones donde se ha producido un crecimiento del mercado, figura 2.13 (Pike Research 2011).

Cuadro 2.1: Algunos Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas relevantes para la química verde y sostenible (adaptado de UNEP 2019b, p. 644)

Sectores	Metas de los ODS	Ejemplos de oportunidades para la gestión y la innovación
Agricultura y alimentos	 Meta 2.4: producción sostenible de alimentos	Ampliar la gestión integrada de plagas y los enfoques agroecológicos, con inclusión del desarrollo y el uso de alternativas no químicas y otras buenas prácticas agrícolas
Salud	 Meta 3.8: medicamentos y vacunas seguros	Manejo racional de productos farmacéuticos y desinfectantes que contribuyen a la resistencia a los antimicrobianos
Energía	 Meta 7.a: investigación y tecnología relativas a la energía limpia	Mejorar las tecnologías utilizando materiales sostenibles y eficientes en el uso de recursos en la descarbonización del sector energético
Infraestructura	 Objetivo 9.1: infraestructuras sostenibles	Reducir el uso de materias primas y la generación de desechos a través del uso de materiales avanzados sin crear legados futuros
Industria	 Meta 9.2: industrialización sostenible	Velar por que los sectores de la industria que hacen un uso intensivo de productos químicos se guíen por las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales
Vivienda	 Meta 11.1: viviendas seguras	Reducir la contaminación del aire en locales cerrados por medio de aislamientos más seguros y reemplazar los materiales de construcción que revisten preocupación (por ejemplo, el amianto)
Transporte	 Meta 11.2: sistemas de transporte sostenible	Promover modalidades de movilidad no contaminante, por ejemplo, basándose en soluciones químicas sostenibles para las baterías
Turismo	 Meta 8.9: turismo sostenible	Adoptar prácticas para reducir la huella química de los servicios turísticos
Minería	 Meta 12.2: uso sostenible de los recursos naturales	Al mismo tiempo que se garantiza una buena gestión de los residuos mineros, estos se reutilizan y se devuelven a la economía en la medida de lo posible
Trabajo	 Meta 8.8: entornos de trabajo seguros	Mejorar la evaluación del riesgo de los productos químicos que suscitan preocupación y promover la inversión en química verde y sostenible para reducir la exposición peligrosa en el lugar de trabajo
Educación	 Meta 4.7: educación para el desarrollo sostenible	Incorporar la química verde y sostenible en los planes de estudio pertinentes
Finanzas	 Meta 17.3: recursos financieros de múltiples fuentes	Mejorar el uso de indicadores de química verde y sostenible como criterios para la inversión

3 ¿Qué se puede conseguir con la adopción de medidas en el ámbito de la química verde y sostenible? Objetivos y consideraciones orientativas

Una visión para la química verde y sostenible

La visión de la química verde y sostenible hace hincapié en el potencial que tiene la química de ser plenamente compatible con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Dicho en otras palabras, la química y la industria química mundial deben, a la larga, estar en plena consonancia con las dimensiones ambientales, sociales y económicas del desarrollo sostenible. La visión incluye tanto innovaciones para ecologizar y hacer más sostenible la química como la herencia tóxica y persistente vinculada a los productos químicos del pasado, con vistas a minimizar los efectos adversos en todo el ciclo de vida de los productos químicos y los productos en general.

Aparte de los 12 Principios de la Química Verde y los 12 Principios de Ingeniería Verde, no existe un manual de referencia que ayude a comprender mejor qué abarca la “química verde y sostenible”. Tampoco existe un conjunto de criterios convenidos que puedan aplicarse para determinar

cuán “ecológico” o “sostenible” es un producto químico o un proceso industrial (UNEP 2019b).

Objetivos y consideraciones orientativas

El presente Manual presenta los diez objetivos y algunas consideraciones orientativas, que comprenden desde el diseño molecular basado en los principios de la química verde hasta la garantía de que las innovaciones químicas tengan en cuenta las necesidades de la sociedad. La implementación de los diez objetivos y las consideraciones orientativas para la química verde y sostenible exige cambios fundamentales en cuanto a la sensibilización y la creación de nuevos conocimientos y prácticas en el ámbito de la innovación. En fin, esos objetivos alientan a los agentes a que orienten sus actividades en el ámbito de las innovaciones químicas hacia la innovación ecológica sostenible y se proponen servir de inspiración para ello.

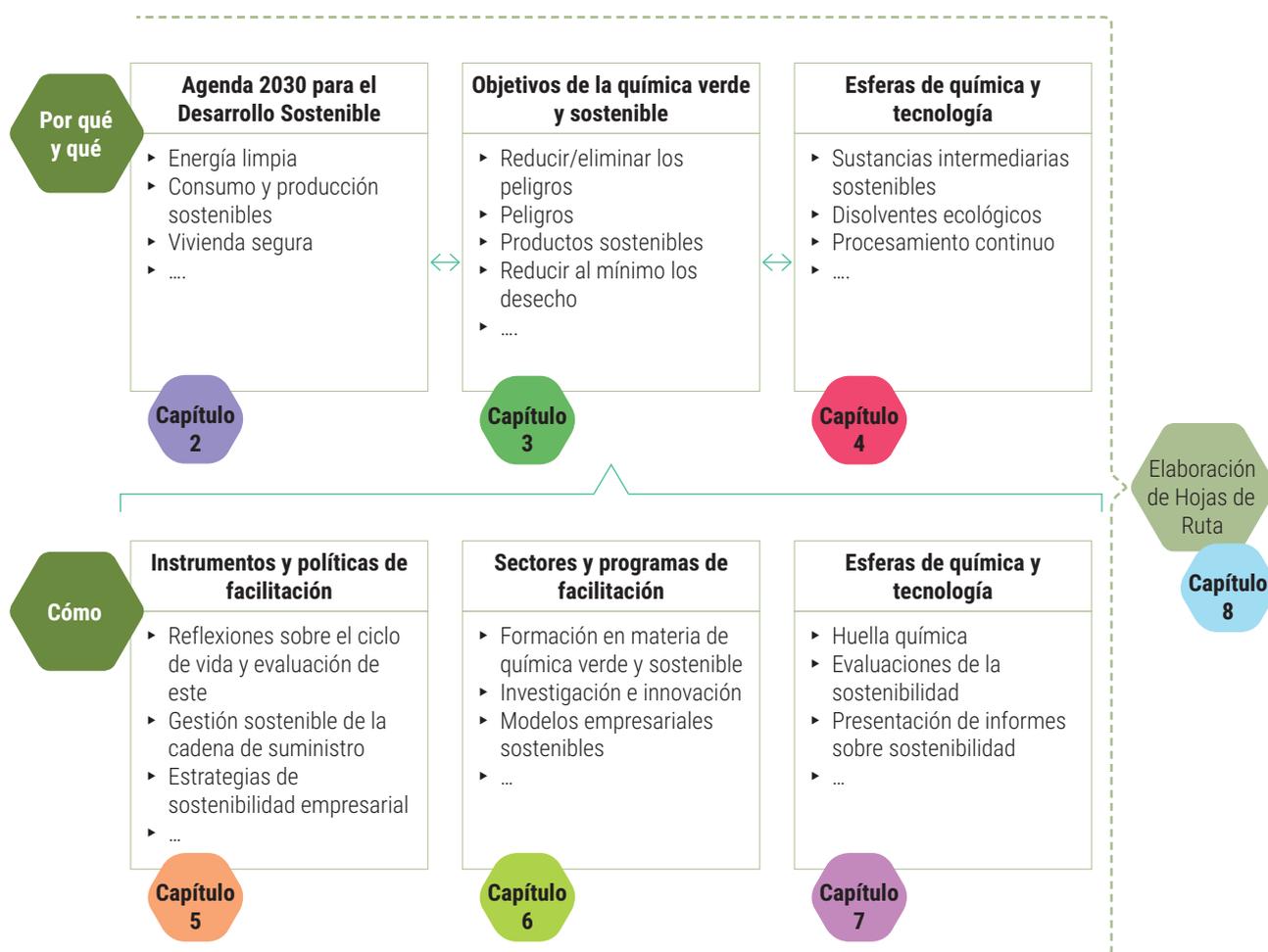


4 ¿Como se fomenta el Manual de Referencia la adopción de medidas en el ámbito de la química verde y sostenible?

El Manual está estructurado en función de los elementos del marco conceptual con objeto de promover la sostenibilidad a través de la química verde y sostenible, el cual se desarrolló mediante un proceso consultivo y se presenta a continuación (figura 1.1). Los capítulos 2, 3 y 4 abordan la cuestión de “por qué” es necesaria la química ecológica y sostenible y “qué” pretende conseguir, y en cuáles ámbitos específicos de innovación. Los capítulos 5, 6 y 7 se centran en las medidas de apoyo a la promoción de innovaciones en el ámbito

de la química verde y sostenible (el “Cómo”). Estos elementos facilitadores de la acción van desde la promoción de los enfoques del ciclo de vida hasta el fortalecimiento de las políticas y programas de investigación e innovación. Un tema importante y transversal es la concienciación y la educación a todos los niveles que hacen llegar la agenda y el conocimiento de la química verde y sostenible a los posibles agentes, a través de la educación académica, no académica e informal.

Figura 4.1: Promover en la sostenibilidad a través de la química verde y sostenible



¿A qué interesados se alienta a hacer uso de este Manual?

El presente Manual de referencia está dirigido a distintos públicos e interesados que se ocupan de la gestión racional de los productos químicos y los desechos. Entre ellos se encuentran responsables de la adopción de decisiones y directivos de:

- ▼ **Autoridades públicas** responsables de regular los productos químicos de interés y promover la innovación en materia de una química más segura y la sostenibilidad de los productos
- ▼ **Instituciones de enseñanza primaria, secundaria y terciaria** dedicadas a educar a la próxima generación de científicos del siglo XXI
- ▼ **Instituciones académicas y de investigación** que realizan investigación básica y aplicada en ámbitos como la química, la ingeniería de procesos y el diseño de productos
- ▼ **Entidades del sector privado** que participan en todas las fases de la cadena de valor, desde el abastecimiento de materias primas y sustancias intermediarias, hasta el diseño de productos, la producción, el reciclaje y la eliminación
- ▼ **Consumidores** que pueden con su elección moldear la demanda del mercado hacia productos más seguros y sostenibles
- ▼ **Organizaciones de la sociedad civil** que participan en la promoción de la gestión racional de los productos químicos y los desechos por parte de los agentes públicos y privados y los consumidores
- ▼ **Organizaciones laborales** que buscan proteger a los trabajadores de los productos químicos peligrosos
- ▼ **Ciudadanos y público en general** que aspiran a estilos de vida y sociedades más sostenibles

En la figura 4.2 se recogen grupos de interesados y públicos destinatarios de la química verde y sostenible en la cadena de valor, utilizando como base una categorización similar de la cadena de

valor de los plásticos que figura en Ryberg, Laurent and Hauschild (2018).

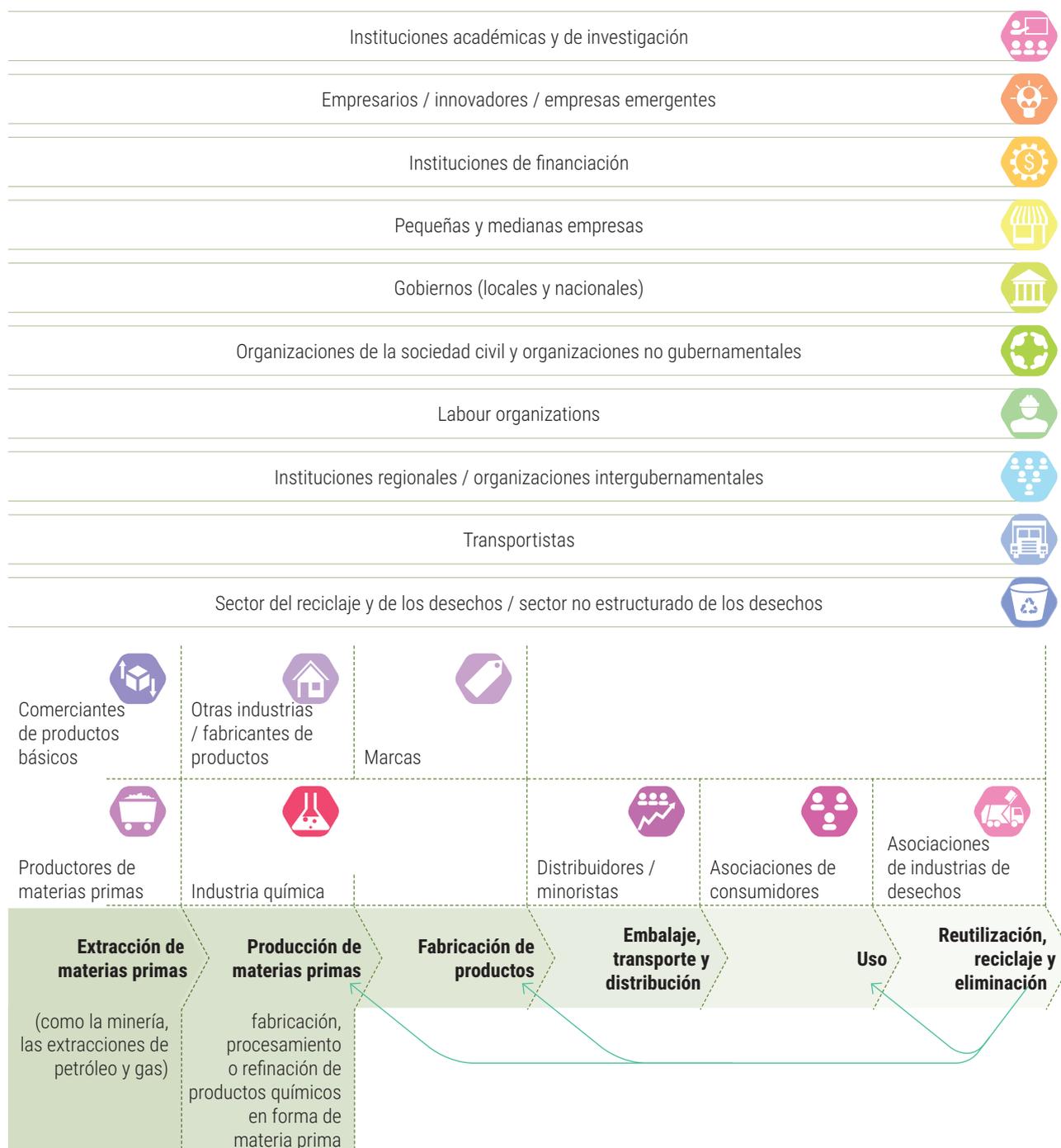
Elaboración por los interesados de hojas de ruta sobre la química verde y sostenible

The road map approach to support strategic planning and decision making has been used for many years and has proven to be a powerful instrument to drive innovation. In the chemical sector, roadmaps have been used to advance action to achieve the sound management of chemicals and waste. One example is the roadmap developed by chemical companies and industry association under the auspices of the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) exploring how the chemical sector can contribute to achieving various SDGs and targets (WBCSD 2018). Another example is the WHO Chemical Road Map, adopted in May 2017 by the World Health Assembly, identifying actions where the health sector has either a lead or important supporting role to play in advancing the sound management of chemicals and waste.

El enfoque de hoja de ruta para apoyar la planificación estratégica y la toma de decisiones se ha usado durante muchos años. Ha sido aplicado por varios agentes del sector químico y de la cadena de valor para fomentar medidas encaminadas al logro de la gestión racional de los productos químicos y los desechos. Bajo los auspicios del Consejo Empresarial Mundial de Desarrollo Sostenible, por ejemplo, las empresas químicas y las asociaciones industriales han elaborado una hoja de ruta para estudiar la forma en que el sector químico puede contribuir a la consecución de diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas (WBCSD 2018). La Hoja de ruta sobre los productos químicos de la OMS, aprobada en mayo de 2017 por la Asamblea Mundial de la Salud, determina las medidas en las que el sector de la salud tiene una función directiva o de apoyo importante en el fomento de la gestión racional de los productos químicos y los desechos

Acorde con la sugerencia del Perspectivas de los productos químicos a nivel mundial II, diversos grupos de interesados podrían elaborar hojas de ruta a la química verde y sostenible,

Figura 3.2: Grupos de interesados y públicos destinatario de la química verde y sostenible en la cadena de valor (adaptado de Ryberg, Laurent and Hauschild 2018, p.10)



como componentes importantes de una acción concertada a nivel nacional y orientada a la obtención de resultados a nivel mundial con vistas a lograr la gestión racional de los productos químicos y los desechos. Estas hojas de ruta podrían elaborarse a diferentes niveles y por intermedio de diferentes interesados, entre

ellos, los gobiernos (nacionales, subnacionales o locales), las empresas químicas y los sectores de las fases posteriores, universidades e institutos de investigación y otros agentes pertinentes. Pueden desarrollarse en torno a un tema como el plan de la gestión de solventes elaborado en la región del UNECE. Lo que todos ellos requieren es liderazgo

dentro de las organizaciones correspondientes. Ese liderazgo puede ser asumido desde arriba por el personal directivo superior o desde abajo por interesados y personas comprometidas.

The time is ripe for strategic action to advance green and sustainable chemistry

The trends and opportunities presented in the framework manual all point in one direction. Advancing green and sustainable chemistry offers many benefits, environmental, social and economic. However, leadership at all levels is still not sufficient and must improve in order to reap the full potential of green and sustainable chemistry. All actors and decision-makers, from public officials to company CEOs and heads of chemistry laboratories, are encouraged to consider the analysis and guidance provided in this framework manual and consider the initiation of a “Green and Sustainable Chemistry Road Map” within their organizations. UNEP encourages and welcomes the sharing of relevant initiatives to facilitate knowledge sharing across countries and stakeholders and to explore opportunities for capacity development. Beyond, at international and at national/regional levels, leading stakeholders such as governments, and regional/local authorities are encouraged to coordinate action and build with relevant stakeholders a coherent plan for action (or roadmap). Altogether, these efforts could enhance and scale-up concerted global action to advance green and sustainable chemistry, including in developing and transition countries.

Las tendencias y las oportunidades mencionadas en el presente Manual de referencia van todas en una misma dirección. El fomento de la química verde y sostenible trae muchos beneficios, tanto ambientales como sociales y económicos. Sin embargo, a todos los niveles, el liderazgo en lo que se refiere a aprovechar todo el potencial de la química verde y sostenible es aún insuficiente. Velar por la inclusión del tema en el instrumento que está siendo examinado en el marco del Enfoque Estratégico y la gestión racional de los productos químicos y los desechos después de 2020 puede fortalecer ese objetivo, según proceda. Además, se alienta a todos los agentes y responsables de la adopción de decisiones, desde los funcionarios públicos, pasando por los directores generales de las empresas, hasta los jefes de los laboratorios de química, a que tengan en cuenta los análisis y las orientaciones ofrecidos en el presente Manual de referencia y a que consideren la posibilidad de comenzar a implementar en sus respectivas organizaciones una hoja de ruta en materia de química verde y sostenible. El PNUMA seguirá estudiando la forma de facilitar de manera eficaz el intercambio de conocimientos entre los países y los interesados y apoyar el fortalecimiento del desarrollo de capacidades. Además, a niveles internacional y nacional y regional, se alienta a los principales interesados, como los Gobiernos y las autoridades regionales y locales, a que coordinen las acciones y preparen, con los interesados pertinentes, un plan de acción coherente (u hoja de ruta). En conjunto, estas actividades podrían mejorar y ampliar la acción concertada mundial en pro del fomento de la química verde y sostenible, incluso en los países en desarrollo y con economías en transición.

**¡Juntos haremos de la
química verde y sostenible
una realidad!**

Referencias

Anastas, P.T. and Warner, J.C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press. <https://global.oup.com/academic/product/green-chemistry-theory-and-practice-9780198506980?cc=ch&lang=en&>.

BCC Research (2016). Global concerns promoting growth of 'green' chemistry markets, reports BCC Research, 4 April. *Markertwired*. <https://www.bccresearch.com/pressroom/env/global-concerns-promoting-growth-of-green-chemistry-markets>. Accessed 24 June 2020.

Kümmerer, K. (2017). Sustainable chemistry: a future guiding principle. *Angewandte Chemie International Edition* 56(52), 16420-16421. <https://doi.org/10.1002/anie.201709949>.

Pike Research (2011). Green chemistry: biobased chemicals, renewable feedstocks, green polymers, less-toxic alternative chemical formulations, and the foundations of a sustainable chemical industry. *Industrial Biotechnology* 7(6), 431-433. <https://doi.org/10.1089/ind.2011.1003>.

ReportLinker (2020). Global green chemicals industry, 7 July. *GlobeNewswire*. <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/07/07/2058992/0/en/Global-Green-Chemicals-Industry.html>. Accessed 25 January 2021.

Ryberg, M.W.R., Laurent, A. and Hauschild, M. (2018). *Mapping of Global Plastics Value Chain and Plastics Losses to the Environment: With a Particular Focus on Marine Environment*. Nairobi: United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/26745>.

United Nations Environment Programme (2019b). *Global Chemicals Outlook II: From Legacies to Innovative Solutions - Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28113/GCOII.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

World Business Council for Sustainable Development (2018). *Chemical Sector SDG Roadmap*. <https://www.wbcsd.org/Programs/People/Sustainable-Development-Goals/Resources/Chemical-Sector-SDG-Roadmap>.

World Health Organization (2018a). The Public Health Impact of Chemicals: *Knowns and Unknowns - Data Addendum for 2016*. <http://www.who.int/ipcs/publications/chemicals-public-health-impact/en/>.

Zimmermann, L., Dombrowski, A., Völker, C. and Wagner, M. (2020). Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? in vitro toxicity and chemical composition. *Environmental International* 145, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106066>.



UN 
**environment
programme**

science.chemicals@un.org
www.unep.org

International Environment House I
Chemin des Anémones 15
1219 Châtelaine-Geneva

