

Autores correspondientes: Kristoffer Kortsen (Universidad de Manchester [Reino Unido]), Patrick O'Hare (Universidad de St Andrews [Reino Unido]).

[kristoffer.kortsen@manchester.ac.uk](mailto:kristoffer.kortsen@manchester.ac.uk); [po35@st-andrews.ac.uk](mailto:po35@st-andrews.ac.uk)

Hasta 2015, se habían generado aproximadamente 6.300 millones de toneladas métricas de desechos plásticos, de las cuales el 12% se incineraron, el 79% se acumularon en vertederos o en el entorno natural, y solamente el 9% se reciclaron<sup>1</sup>. La Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) estima que, de mantenerse la tendencia actual, los desechos plásticos mundiales crecerán a más de 1.000 millones de toneladas métricas al año de aquí a 2060<sup>2</sup>. Debe priorizarse la reducción de la producción y el consumo de los plásticos, pero también debe garantizarse una gestión integral de los desechos plásticos al final de la vida útil. Será necesario adoptar una estrategia coherente de diseño, uso y gestión posterior al uso. Los posibles resultados de los desechos plásticos deben coordinarse en un sistema seguro, respetuoso con el medio ambiente y circular para mantener los plásticos en su estado de mayor valor durante el mayor tiempo posible. Ello exige formas complementarias de reciclaje, facilitadas por plásticos diseñados para la circularidad, incluida su composición química, con una recolección y clasificación mejor para un tratamiento adecuado. El presente resumen de políticas se basa en datos científicos para establecer los principios necesarios para un sistema de gestión y reciclaje de desechos plásticos respetuoso con el medio ambiente.

### Gestión de desechos

- Los principios de reducir, reutilizar y reciclar y de la jerarquía del objetivo cero desechos conceden prioridad a la reducción de la producción y el consumo de materiales, a la reutilización de objetos y a la mejora del reciclaje. Se trata de tres prioridades necesarias en su conjunto<sup>2-6</sup>.
- No existe un sistema único para el reciclaje de los desechos plásticos. Los múltiples posibles destinos al final de la vida útil tienen efectos ambientales, económicos, climáticos y de salud diferentes, así como demandas energéticas variadas<sup>7</sup>.
- La gestión segura, sostenible y esencial de los desechos plásticos debe cimentarse en una jerarquía de las elecciones al final de la vida útil y procurar maximizar la circularidad. Los efectos negativos de los vertederos, la incineración y los destinos que suponen un derroche de energía son incompatibles con los objetivos de sostenibilidad y deben evitarse en la medida de lo posible<sup>5,8-11</sup>.
- La exportación de desechos plásticos como reciclaje, principalmente de países de ingreso alto a países de ingreso bajo, es generalizada como consecuencia de unos costos laborales más bajos y unas normas de salud, inocuidad y ambientales que ofrecen menor protección<sup>12</sup>. Muchas de estas exportaciones se mantendrán a pesar de las modificaciones sobre desechos plásticos al Convenio de Basilea de 2019 que tenían como finalidad prohibir las exportaciones de este tipo<sup>13</sup>. Esto plantea riesgos ambientales y socioeconómicos relacionados con la contaminación, la mala gestión y el transporte<sup>14,15</sup>.
- El hecho de que la composición de los desechos no se conozca o no sea clara tiene una incidencia negativa en los resultados de la gestión de desechos. Por lo general, los desechos plásticos segregados se recolectan pero no se reciclan debido a la contaminación cruzada de materiales o polímeros, así como a una clasificación insuficiente<sup>2,4,16</sup>.
- Algunos plásticos de origen biológico tienen una huella de carbono menor que los plásticos basados en combustibles fósiles, pero las opciones de tratamiento al final de la vida útil pueden no ser claras, adecuadas, sostenibles o seguras, e incluso afectar de manera negativa a los sistemas de reciclaje existentes<sup>17-20</sup>.

### Recolección y clasificación de los desechos

- Independientemente de la ruta de tratamiento o eliminación, la recolección constante de desechos segregados es necesaria para minimizar la contaminación y la mala gestión. Para hacer frente a las fuentes de contaminación, se debe priorizar a las comunidades, en especial de los países de ingreso mediano y bajo, a las que apenas llegan o no llegan en absoluto los servicios de recolección de desechos<sup>21</sup>.
- El método más directo para garantizar la circularidad y que se prefiere por encima del reciclaje es la clasificación para la reutilización. El diseño de los envases, las normas sobre etiquetado o etiquetado ecológico y los sistemas de precios y de depósito pueden utilizarse para facilitar los sistemas de reutilización<sup>22</sup>.
- Los recolectores de desechos desempeñan una función fundamental en el proceso de recolección y clasificación, puesto que recuperan hasta el 60% de los desechos plásticos que se reciclan en todo el mundo. Su papel es imprescindible en los países ingreso bajo y mediano, además de en algunas naciones desarrolladas<sup>23,24</sup>.
- Para lograr que el reciclaje sea más seguro y sostenible será necesario que en todo momento la clasificación que se lleve a cabo sea de alta calidad<sup>25</sup>. La contaminación y la mezcla de tipos de plásticos, en especial de

## Resumen de políticas de la Coalición Científica: Gestión de desechos

los desechos del hogar, suponen obstáculos importantes para la retención de valor que deben minimizarse<sup>26</sup>.

- Los químicos y materiales múltiples, incluidos los contaminantes orgánicos persistentes y aditivos, limitan la reciclabilidad y clasificación de los plásticos<sup>27,28</sup>.
- El reciclaje de materiales aptos para uso alimentario plantea dificultades como los peligros de contaminación y clasificación inconsistente<sup>26,27</sup>.
- Las nuevas tecnologías, como la marca de agua digital, la clasificación mediante inteligencia artificial o el lavado con solventes, podrían reducir la contaminación y mejorar los resultados de clasificación, pero requieren datos objetivos adicionales para demostrar que funcionan a gran escala<sup>29-32</sup>.

## Rutas de tratamiento de los plásticos tras el uso

### Reciclaje mecánico

- El reciclaje mecánico (incluidos los procesos como el triturado, el lavado, la separación, el secado, el regranulado y el mezclado) es actualmente el único método de reciclaje de plásticos adoptado de forma generalizada y a gran escala<sup>33</sup>.
- Es la vía de reciclaje preferida desde el punto de vista ambiental para la mayoría de los plásticos cuando se clasifican adecuadamente, pero el impacto ambiental depende del tipo de polímero, de la contaminación y de la degradación provocada por el reciclaje reiterado<sup>7,30,34,35</sup>.
- El reciclaje de productos para aplicaciones más duraderas puede ser beneficioso si reduce la dependencia de materias primas vírgenes o impide que los productos acaben en vertederos o incineradoras, pero también puede provocar una contaminación secundaria (por ejemplo, por la liberación de microplásticos, que es un problema emergente derivado del reciclaje mecánico)<sup>36</sup>.
- El diseño de productos para su reciclaje es esencial para mejorar las tasas del reciclaje mecánico y evitar los aditivos y las aplicaciones que pueden tener efectos negativos en los resultados del reciclaje y la salud humana y del planeta<sup>27</sup>.

### Reciclaje químico

- El reciclaje químico es un término general que comprende una serie de tecnologías con diferentes consecuencias ambientales. El reciclaje químico **de plástico a plástico** seguro y sostenible puede ser complementario al reciclaje mecánico y contribuye positivamente a un sistema de gestión de desechos plásticos sostenible. No debería ser un objetivo primario al final de la vida útil sino una opción de recuperación de los materiales que no son aptos para el reciclaje mecánico<sup>11,37-39</sup>. El reciclaje químico **de plástico a combustible** se equipara a la incineración retardada de los combustibles fósiles, lo que produce una cantidad excesiva de gases de efecto invernadero y contaminación. No es circular y se generan daños ambientales menores mediante la recuperación de energía de los residuos en hornos de cemento<sup>5,11,39</sup>. **La transformación de plásticos a energía**, desde la pirólisis o los sistemas de energía a partir de los desechos, equivale a la incineración de los combustibles fósiles y genera más contaminación que electricidad a partir del carbón, motivo por el que debe evitarse en un sistema sostenible y seguro<sup>11,39</sup>.
- El reciclaje químico requiere corrientes de desechos de alta pureza y es susceptible a la contaminación. El reciclaje químico de plásticos mezclados requiere un gran consumo de energía, contamina y no beneficia al medio ambiente<sup>5,33</sup>.
- La despolimerización de polímeros a monómeros es adecuada principalmente para los polímeros con enlaces carbono-halógeno en la cadena, como el poliéster, los policarbonatos y las poliamidas. No es adecuado para las poliolefinas que solo contienen enlaces carbono-carbono<sup>35</sup>.
- Las poliolefinas se convierten en precursores plásticos u otros productos químicos mediante la descomposición térmica en condiciones extremas que consumen mucha energía, a menudo con una eficiencia muy baja<sup>11</sup>. Para que esta opción se pueda convertir en una alternativa viable a otros métodos de reciclaje es necesario alcanzar progresos tecnológicos ecológicos<sup>39-41</sup>.
- La descomposición en precursores plásticos y la descomposición en combustibles son idénticas desde el punto de vista tecnológico, lo que abre la puerta a sistemas de transformación de plásticos a combustibles ocultos, que son incompatibles con la jerarquía del objetivo cero desechos<sup>7,11,39,42,43</sup>.
- El reciclaje biológico, es decir, la degradación de los desechos plásticos por enzimas y microbios, tiene el potencial de contribuir a un sistema de gestión de desechos sostenible, pero la falta de preparación tecnológica y criterios de inocuidad supone un obstáculo<sup>42,44,45</sup>.

### Eliminación de desechos en vertederos

- La eliminación de desechos en vertederos sigue siendo un método habitual de eliminación de desechos plásticos, sobre todo en el caso de los plásticos no reciclables y contaminados y cuando no existen sistemas de recolección segregada<sup>46</sup>.
- Los vertederos pueden situarse en un espectro entre los vertederos sanitarios (revestidos, cubiertos a diario y donde se capturan el metano y los lixiviados) y los vertederos insalubres (sin revestir, descubiertos, susceptibles de incendiarse). Los vertederos insalubres y la combustión al aire libre ponen en peligro a las personas que viven y trabajan cerca de los lugares donde se incinera material abiertamente, a menudo en países de ingreso bajo y mediano.

## Resumen de políticas de la Coalición Científica: Gestión de desechos

- Los vertederos activos y antiguos sin revestimiento son una fuente importante de contaminación por plásticos y microplásticos<sup>47</sup>.
- El cierre de los vertederos abiertos puede amplificar la precariedad socioeconómica de los trabajadores cuyo sustento depende de los desechos de los vertederos abiertos<sup>48</sup>. Los planes para mejorar o cerrar los vertederos abiertos deben tener en cuenta los conocimientos y la experiencia de los recicladores en un proceso participativo en pos de la reutilización y el reciclaje seguros y sostenibles dentro de una transición justa<sup>49</sup>.

### Incineración

- Al año se incineran hasta 1.000 millones de toneladas métricas de desechos sólidos en todo el mundo<sup>50</sup>. La incineración de desechos plásticos produce gases de efecto invernadero y una serie de emisiones potencialmente tóxicas, incluidos los microplásticos, que ponen en peligro a las personas que viven y trabajan cerca de los lugares donde se quema el material al aire libre, a menudo en países de ingreso bajo y mediano<sup>51</sup>.
- Es posible que los desechos se incineren porque las comunidades carecen de otros métodos de eliminación, para evitar que los vertederos alcancen su máxima capacidad o para extraer materiales valiosos como los metales. Si bien es claramente la vía de eliminación menos deseable, la investigación demuestra que la prohibición es insuficiente si no se adoptan medidas complementarias y no se transfieren tecnologías en condiciones de mutuo acuerdo que ofrezcan a las comunidades y autoridades locales formas alternativas, seguras y sostenibles de eliminar los desechos plásticos<sup>51</sup>.

## ¿De qué manera puede el tratado sobre los plásticos abordar la gestión y el reciclaje de desechos?

La gestión de desechos está interrelacionada con todas las obligaciones propuestas para el tratado sobre los plásticos. Es necesario impulsar de forma clara el diseño sostenible de los productos plásticos, así como las infraestructuras de reutilización y reciclaje, para minimizar la producción insegura, insostenible y no esencial y la contaminación resultante, así como posibilitar al mismo tiempo una economía circular más segura y sostenible para los plásticos. Debe evitarse la dependencia excesiva de una sola tecnología y se necesita un conjunto de sistemas para hacer frente al problema de los plásticos, dando prioridad a la reducción de la producción y el consumo de plásticos, al tiempo que se realiza un rediseño para la circularidad. Para lo anterior se requieren soluciones adaptadas al contexto local y apoyar la creación de capacidad a nivel local. La seguridad y las consecuencias imprevistas de los plásticos posteriores al consumo y los sistemas de gestión de desechos también deben tenerse en cuenta a la hora de negociar el tratado sobre los plásticos.

## Colaboradores

El presente resumen ha sido preparado por los miembros de la Coalición Científica para un Tratado Efectivo sobre los Plásticos

Utilice la siguiente cita: Coalición Científica para un Tratado Efectivo sobre los Plásticos (2023), "Gestión de desechos". DOI 10.5281/zenodo.10020855

**Autores:** Kristoffer Kortsen (Presidente Adjunto) (Universidad de Manchester [Reino Unido]), Patrick O'Hare (Presidente Adjunto) (Universidad de St Andrews [Reino Unido]), Hans Peter Arp (Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología [Noruega]), Emmy Nøklebye (Instituto Noruego de Investigaciones de Agua [Noruega]), Michael P. Shaver (Universidad de Manchester [Reino Unido])

**Editores:** Daniel Akrofi (Universidad de Lincoln [Reino Unido]), Erika Iveth Cedillo-González (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia [Italia]), Marie-France Dignac (Instituto de Investigación Nacional para la Agricultura, la Alimentación y el Medio Ambiente [Francia]), Jean-François Ghiglione (Centro Nacional de Investigación Científica [Francia]), Karin Kvale (GNS Science [Nueva Zelanda]), Morag Nixon (Universidad de Nottingham [Reino Unido]), Gauri Pathak (Universidad de Aarhus [Dinamarca]), Andrew N. Rollinson (Blushful Earth [Reino Unido]), Jeffrey Seay (Universidad de Kentucky [Estados Unidos de América]), Vilde Kloster Snekkevik (Instituto Noruego de Investigaciones de Agua [Noruega]), Peter J. Stoett (Universidad Tecnológica de Ontario [Canadá]), Neil Tangri (Global Alliance for Incinerator Alternatives [Estados Unidos]), Tony R. Walker (Universidad Dalhousie [Canadá])

**Scientists' Coalition** for an Effective Plastics Treaty

## Referencias

- 1 Geyer, R. *et al.* Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances* **3**, e1700782, doi:<https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782> (2017).
- 2 OECD. Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. doi:<https://doi.org/10.1787/aa1edf33-en> (Paris, 2022).
- 3 Sakai, S.-i. *et al.* International comparative study of 3R and waste management policy developments. *Journal of Material Cycles and Waste Management* **13**, 86–102, doi:<https://doi.org/10.1007/s10163-011-0009-x> (2011).

## Resumen de políticas de la Coalición Científica: Gestión de desechos

- 4 Ellen MacArthur Foundation. *Plastics and the circular economy*, <<https://ellenmacarthurfoundation.org/plastics-and-the-circular-economy-deep-dive>> (2023).
- 5 Bachmann, M. et al. Towards circular plastics within planetary boundaries. *Nature Sustainability* **6**, 599–610, doi:<https://doi.org/10.1038/s41893-022-01054-9> (2023).
- 6 Simon, J. M. A zero waste hierarchy for Europe, <<https://zerowasteurope.eu/2019/05/a-zero-waste-hierarchy-for-europe/>> (2019).
- 7 Ragaert, K. et al. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management* **69**, 24–58, doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.044> (2017).
- 8 Stegmann, P. et al. Plastic futures and their CO2 emissions. *Nature* **612**, 272–276, doi:<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05422-5> (2022).
- 9 Zheng, J. & Suh, S. Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics. *Nature Climate Change* **9**, 374–378, doi:<https://doi.org/10.1038/s41558-019-0459-z> (2019).
- 10 Kortsen, K. et al. A plastics hierarchy of fates: sustainable choices for a circular future. *arXiv preprint arXiv:2303.14664*, doi:<https://arxiv.org/abs/2303.14664v1> (2023).
- 11 Meys, R. et al. Towards a circular economy for plastic packaging wastes – the environmental potential of chemical recycling. *Resources, Conservation and Recycling* **162**, 105010, doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105010> (2020).
- 12 Gregson, N. & Crang, M. From Waste to Resource: The Trade in Wastes and Global Recycling Economies. *Annual Review of Environment and Resources* **40**, 151–176, doi:<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021105> (2015).
- 13 Raubenheimer, K. & McIlgorm, A. Can the Basel and Stockholm Conventions provide a global framework to reduce the impact of marine plastic litter? *Marine Policy* **96**, 285–290, doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.01.013> (2018).
- 14 Wen, Z. et al. China's plastic import ban increases prospects of environmental impact mitigation of plastic waste trade flow worldwide. *Nature Communications* **12**, 425, doi:<https://doi.org/10.1038/s41467-020-20741-9> (2021).
- 15 Antonopoulos, I. et al. Recycling of post-consumer plastic packaging waste in the EU: Recovery rates, material flows, and barriers. *Waste Management* **126**, 694–705, doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.002> (2021).
- 16 European Commission & Directorate-General for Communication. Circular economy action plan : for a cleaner and more competitive Europe. doi:<https://data.europa.eu/doi/10.2779/05068> (Publications Office of the European Union, 2020).
- 17 Rosenboom, J.-G. et al. Bioplastics for a circular economy. *Nature Reviews Materials* **7**, 117–137, doi:<https://doi.org/10.1038/s41578-021-00407-8> (2022).
- 18 Rossi, V. et al. Life cycle assessment of end-of-life options for two biodegradable packaging materials: sound application of the European waste hierarchy. *Journal of Cleaner Production* **86**, 132–145, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.049> (2015).
- 19 Purkiss, D. et al. The Big Compost Experiment: Using citizen science to assess the impact and effectiveness of biodegradable and compostable plastics in UK home composting. *Frontiers in Sustainability* **3**, doi:<https://doi.org/10.3389/frsus.2022.942724> (2022).
- 20 Dedieu, I. et al. The thermo-mechanical recyclability potential of biodegradable biopolyesters: Perspectives and limits for food packaging application. *Polymer Testing* **111**, 107620, doi:<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107620> (2022).
- 21 UN-Habitat & NIVA. Leaving no one behind - How a global instrument to end plastic pollution can enable a just transition for the people informally collecting and recovering waste. doi:<https://unhabitat.org/leaving-no-one-behind-how-a-global-instrument-to-end-plastic-pollution-can-enable-a-just-transition> (Nairobi/Oslo, 2022).
- 22 Bradley, C. G. & Corsini, L. A literature review and analytical framework of the sustainability of reusable packaging. *Sustainable Production and Consumption* **37**, 126–141, doi:<https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.02.009> (2023).
- 23 Browning, S. et al. Addressing the challenges associated with plastic waste disposal and management in developing countries. *Current Opinion in Chemical Engineering* **32**, 100682, doi:<https://doi.org/10.1016/j.coche.2021.100682> (2021).
- 24 Lau, W. W. Y. et al. Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science* **369**, 1455–1461, doi:<https://doi.org/10.1126/science.aba9475> (2020).
- 25 Plastic Recyclers Europe. Guidance on quality sorting of plastic packaging; Establishing highly refined packaging waste streams. doi:<https://www.plasticsrecyclers.eu/wp-content/uploads/2022/10/pre-packaging-sorting-guidance-june-2019.pdf> (2019).
- 26 Eriksen, M. K. & Astrup, T. F. Characterisation of source-separated, rigid plastic waste and evaluation of recycling initiatives: Effects of product design and source-separation system. *Waste Management* **87**, 161–172, doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.006> (2019).
- 27 United Nations Environment Programme & Secretariat of the Basel Rotterdam and Stockholm Conventions. Chemicals in plastics: a technical report. doi:[https://www.unep.org/resources/report/chemicals-plastics-technical-report\(Geneva\)](https://www.unep.org/resources/report/chemicals-plastics-technical-report(Geneva)), (2023).
- 28 Deeney, M. et al. Human health effects of recycling and reusing food sector consumer plastics: A systematic review and meta-analysis of life cycle assessments. *Journal of Cleaner Production* **397**, 136567, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136567> (2023).
- 29 Roosen, M. et al. Tracing the origin of VOCs in post-consumer plastic film bales. *Chemosphere* **324**, 138281, doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138281> (2023).

## Resumen de políticas de la Coalición Científica: Gestión de desechos

- 30 Lase, I. S. *et al.* Material flow analysis and recycling performance of an improved mechanical recycling process for post-consumer flexible plastics. *Waste Management* **153**, 249–263, doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.09.002> (2022).
- 31 Ügdüler, S. *et al.* Challenges and opportunities of solvent-based additive extraction methods for plastic recycling. *Waste Management* **104**, 148–182, doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.003> (2020).
- 32 Mangold, H. & von Vacano, B. The Frontier of Plastics Recycling: Rethinking Waste as a Resource for High-Value Applications. *Macromolecular Chemistry and Physics* **223**, 2100488, doi:<https://doi.org/10.1002/macp.202100488> (2022).
- 33 Garcia, J. M. & Robertson, M. L. The future of plastics recycling. *Science* **358**, 870–872, doi:<https://doi.org/10.1126/science.aag0324> (2017).
- 34 Schyns, Z. O. G. & Shaver, M. P. Mechanical Recycling of Packaging Plastics: A Review. *Macromolecular Rapid Communications* **42**, 2000415, doi:<https://doi.org/10.1002/marc.202000415> (2021).
- 35 Uekert, T. *et al.* Technical, Economic, and Environmental Comparison of Closed-Loop Recycling Technologies for Common Plastics. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* **11**, 965–978, doi:<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c05497> (2023).
- 36 Suzuki, G. *et al.* Mechanical recycling of plastic waste as a point source of microplastic pollution. *Environmental Pollution* **303**, 119114, doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119114> (2022).
- 37 Lase, I. S. *et al.* How much can chemical recycling contribute to plastic waste recycling in Europe? An assessment using material flow analysis modeling. *Resources, Conservation and Recycling* **192**, 106916, doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106916> (2023).
- 38 Biessey, P. *et al.* Plastic Waste Utilization via Chemical Recycling: Approaches, Limitations, and the Challenges Ahead. *Chemie Ingenieur Technik* **95**, 1199–1214, doi:<https://doi.org/10.1002/cite.202300042> (2023).
- 39 Zero Waste International Alliance. *Zero Waste Hierarchy of Highest and Best Use 8.0*, <<https://zwia.org/zwh/>> (2022).
- 40 Chen, J. *et al.* How to Build a Microplastics-Free Environment: Strategies for Microplastics Degradation and Plastics Recycling. *Advanced Science* **9**, 2103764, doi:<https://doi.org/10.1002/advs.202103764> (2022).
- 41 Erkmén, B. *et al.* Can Pyrolysis Oil Be Used as a Feedstock to Close the Gap in the Circular Economy of Polyolefins? *Polymers* **15** (2023). <[https://mdpi-res.com/d\\_attachment/polymers/polymers-15-00859/article\\_deploy/polymers-15-00859.pdf?version=1675932314](https://mdpi-res.com/d_attachment/polymers/polymers-15-00859/article_deploy/polymers-15-00859.pdf?version=1675932314)>.
- 42 Ellis, L. D. *et al.* Chemical and biological catalysis for plastics recycling and upcycling. *Nature Catalysis* **4**, 539–556, doi:<https://doi.org/10.1038/s41929-021-00648-4> (2021).
- 43 Li, H. *et al.* Expanding Plastics Recycling Technologies: Chemical Aspects, Technology Status and Challenges. *Green Chemistry*, doi:<https://doi.org/10.1039/D2GC02588D> (2022).
- 44 Ru, J. *et al.* Microbial Degradation and Valorization of Plastic Wastes. *Frontiers in Microbiology* **11**, doi:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00442> (2020).
- 45 Tournier, V. *et al.* An engineered PET depolymerase to break down and recycle plastic bottles. *Nature* **580**, 216–219, doi:<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2149-4> (2020).
- 46 Kaza, S. *et al.* What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. *Urban Development*, doi:<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/d3f9d45e-115f-559b-b14f-28552410e90a> (2018).
- 47 Wojnowska-Baryła, I. *et al.* Plastic Waste Degradation in Landfill Conditions: The Problem with Microplastics, and Their Direct and Indirect Environmental Effects. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **19**, doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph192013223> (2022).
- 48 O' Hare, P. 'The landfill has always borne fruit': precarity, formalisation and dispossession among Uruguay's waste pickers. *Dialectical Anthropology* **43**, 31–44, doi:<https://doi.org/10.1007/s10624-018-9533-6> (2019).
- 49 Schenck, C. J. *et al.* The management of South Africa's landfills and waste pickers on them: Impacting lives and livelihoods. *Development Southern Africa* **36**, 80–98, doi:<https://doi.org/10.1080/0376835X.2018.1483822> (2019).
- 50 Cook, E. & Velis, C. Global Review on Safer End of Engineered Life. doi:<https://doi.org/10.5518/100/58> (2021).
- 51 Velis, C. A. & Cook, E. Mismanagement of Plastic Waste through Open Burning with Emphasis on the Global South: A Systematic Review of Risks to Occupational and Public Health. *Environmental Science & Technology* **55**, 7186–7207, doi:<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c08536> (2021).