

Economía circular: Desafíos y oportunidades para la química

Autores: SUELDO OCCELLO, Valeria.

Filiación Institucional: Departamento de Físicoquímica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba. INFIQC-CONICET. Córdoba- Argentina.

Contacto: vsueldooccello@unc.edu.ar

En Argentina, la legislación vigente diferencia los residuos sólidos urbanos (RSU) de aquellos que por su peligrosidad o impacto ambiental requieren un tratamiento específico, tales como los residuos peligrosos o los residuos especiales de generación universal (REGU), entre los que se encuentran los aceites vegetales o minerales usados, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs), pilas, baterías, lámparas que contienen mercurio, neumáticos o medicamentos (1). A pesar de la aparente inocuidad de los residuos sólidos urbanos, estos también producen graves problemas ambientales. En nuestro país se generan diariamente 49.000 toneladas de RSU (18.000.000 toneladas anuales), con un promedio de 1,15 kg/hab/día (1). En particular, en la provincia de Córdoba, el 70 % de las 3.300 toneladas de residuos generados por día se depositan en seis rellenos sanitarios y el resto, en aproximadamente 300 basurales a cielo abierto (2). Dada la enorme cantidad de desechos y los potenciales riesgos e impactos negativos sobre el ambiente y la calidad de vida de la población, las inadecuadas gestión y disposición final de los residuos se ubican entre los principales problemas ambientales de nuestro territorio. Aun cuando la totalidad de los desechos generados se dispusieran en rellenos sanitarios, el simple traslado desde el punto de origen del residuo hasta estos lugares supone costos ambientales y económicos.

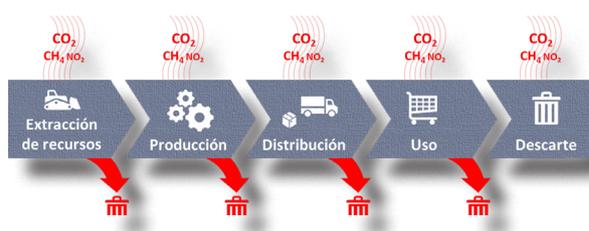


Figura 1. Etapas sucesivas en la que se consumen recursos naturales materiales y energéticos, así como también se producen residuos sin considerar las consecuencias ambientales, sociales y económicas.

La cantidad de desechos generados y sus impactos ambientales, sociales y económicos han aumentado significativamente en el último siglo como consecuencia de diversos factores: el modelo lineal de producción y hábitos de consumo (uso y descarte), que abarcan una serie de pasos que se inician con la extracción de recursos naturales que forman parte del producto o que son necesarios para su producción o distribución y finaliza con la disposición final del residuo (Figura 1); la gran variedad de productos y materiales desarrollados; el crecimiento

demográfico; la ausencia de políticas integrales y/o de regulaciones; las oscilaciones del precio de los materiales reciclados y/o la competencia respecto al material virgen; la expansión del consumo, entre otros. Por lo cual, la problemática de los residuos no es un fenómeno local y, a pesar de que varios países han comenzado a tomar medidas siguiendo diversos enfoques, se proyecta que para el año 2050 la cantidad de RSU a nivel mundial duplicará los valores actuales (3, 4).

Residuos como recursos

En la década de 1970, la creciente preocupación por los evidentes impactos adversos del desarrollo industrial, como la disminución de los recursos naturales



Figura 2. Orden de prioridad de las distintas acciones para tratar los residuos a fin de minimizar su eliminación en rellenos sanitarios.

y la contaminación ambiental causada por los desechos, provocó un cambio en la percepción de los residuos y su manejo. Desde entonces, se ha avanzado en el estudio del impacto de distintos tipos de residuos, la identificación de elementos recuperables y la jerarquización de las acciones para revalorizarlos, así como en la implementación de políticas y la elaboración de normativas y regulaciones dirigidas a su gestión. Con el propósito de reducir el impacto ambiental y optimizar el aprovechamiento de recursos, la jerarquía de gestión de resi-

duos representa una secuencia de pasos que puede variar según la fuente, pero que en esencia establece un orden de prioridad en las acciones a seguir para el manejo de residuos en base al consumo de energía y la preservación de los materiales durante el máximo tiempo posible (Figura 2). En este enfoque, la prevención se considera la acción más deseable, mientras que en el extremo opuesto se encuentra la disposición final de residuos en vertederos, tratamiento que continúa prevaleciendo, independientemente del nivel de desarrollo del país.

Economía circular

En los últimos años, el concepto de economía circular (Figura 3) ha crecido como respuesta a las limitaciones del modelo lineal de producción y consumo que predomina desde la primera revolución industrial (5, 6). El objetivo principal de la economía circular es lograr procesos de producción y consumo cerrando ciclos mediante el uso eficiente de recursos materiales y energéticos y el incremento de la vida útil de los productos y materiales. La economía circular busca este cierre de ciclos y la reducción de los residuos generados ya sea reutilizando para extender la vida útil de los productos mediante la reparación, remanufactura-



Figura 3: Proceso integral que optimiza los recursos materiales y energéticos que se consumen y revaloriza los residuos que se generan en las distintas etapas con el objeto de disminuir la explotación de recursos naturales y también reducir la cantidad de desechos descartados o enterrados.

actualización y modernización, o aprovechando el material de los productos al final de su vida útil a través del reciclaje.

De esta manera, la economía circular se plantea como una alternativa en la que, al igual que en los ciclos biogeoquímicos de la naturaleza, la materia circula. Este cambio de paradigma representa un gran desafío, ya que la mayoría de los productos y servicios han sido diseñados desde una perspectiva de producción-uso-descarte que asume que la disponibilidad de recursos es ilimitada y que los residuos carecen de valor.

Hace dos décadas, China comenzó a promover activamente su visión de una "civilización ecológica" a través de la implementación de diversas estrategias y políticas para favorecer la reutilización y el reciclaje, haciendo foco en la innovación industrial (6). A su vez, en el año 2015, la Unión Europea impulsó el Plan de Acciones para una Economía Circular, una serie de medidas destinadas a modernizar su ciclo económico, no sólo mediante la gestión de los residuos y el aprovechamiento de los recursos recuperados de los mismos, sino también a través de la reevaluación de las fases de diseño, producción y consumo. A diferencia de China, que ha adoptado un enfoque de arriba hacia abajo basado en políticas nacionales que fomentan la responsabilidad ambiental y orientan las estrategias de desarrollo, la Unión Europea sigue una aproximación ascendente al promover el empoderamiento de la ciudadanía y la formación de estructuras no gubernamentales, como iniciativas lideradas por organizaciones ambientales o la sociedad civil, con el objetivo de avanzar hacia un modelo circular. No obstante, ambas comparten una perspectiva común en lo que respecta a los principios de la economía circular, que se centran en la reducción de residuos y la eficiencia en el uso de recursos, promoviendo una mayor circulación de materiales. Esto también contribuiría a reducir la dependencia de la materia prima proveniente de otros países y a evitar la exportación de desechos.

Desafíos de la química en la economía circular

En la década de 1990, la química verde surge como una respuesta a la necesidad de adoptar medidas preventivas para reducir los daños ambientales y los problemas de salud ocupacional y mitigar los riesgos laborales estrechamente vinculados con las actividades industriales (7). Desde entonces, la química verde ha motivado mediante sus 12 principios el desarrollo de productos y procesos más sustentables tanto a nivel académico como industrial. Sin embargo, como esta respuesta se ha basado en el modelo lineal, el avance hacia una economía circular requiere reconsideraciones. Mientras que algunos autores plantean contextualizar la química verde en la economía circular manteniendo sus principios (6), otros los reformulan integrando la química en la economía circular, de manera que le otorga un enfoque sistémico (7). Aunque estas perspectivas difieren, coinciden en la noción de que la química debe trascender el producto o el proceso en sí, evaluando el ciclo de vida de los productos y materiales para asegurar el flujo de los residuos, en definitiva, de la materia, y reducir al mínimo los requerimientos energéticos. Por lo tanto, en el marco de la Agenda 2030 establecida por la ONU para promover el desarrollo sostenible abordando desafíos globales, los aportes de las diferentes disciplinas de la química resultan esenciales para la transición hacia una economía circular, considerada un impulsor clave para alcanzar varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Esta transición impone importantes desafíos ya que la mayoría de los productos que se consumen fueron concebidos para una cultura de descarte, en la que se usan recursos sin consideraciones respecto a su disponibilidad o escasez y se eliminan productos desaprovechando su reservorio de materiales y energía. Este cambio requiere una reevaluación de cómo la química puede intervenir en este modelo sostenible, es decir, teniendo en cuenta los

aspectos ambientales, sociales y económicos. Por un lado, se plantea la necesidad de revisar procesos y productos en base al ciclo de vida del producto (LCA, por sus siglas en inglés) (5, 7), una herramienta que puede contribuir a monitorear y diseñar estrategias para establecer ciclos cerrados, minimizando los impactos ambientales negativos mediante la optimización del uso de los recursos materiales y el consumo energético, y la reducción de los residuos, sin dejar de considerar la viabilidad económica. Se busca también aplicar esta estrategia al desarrollar nuevos procesos, productos y/o materiales, así como pensar en enfoques innovadores, como que servicios podrían ofrecerse para mantener el flujo de los materiales. Asimismo, es relevante realizar un análisis específico de cada producto y/o material y su función ya que en el contexto de la economía circular, por ejemplo, el uso de fuentes renovables o la biodegradabilidad no son necesariamente las características más deseables (7, 8). Dada la complejidad y el alcance de estos ciclos, resulta entonces fundamental la vinculación entre diversos actores y disciplinas para garantizar la circularidad.

Bibliografía

- (1) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Informe del estado del ambiente 2020. Buenos Aires (Argentina): Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; 2021.
- (2) Gobierno de la Provincia de Córdoba. Programa Córdoba Limpia. <https://www.cba.gov.ar/programa-cordoba-limpia/>
- (3) Chen D., Bodirsky B., Krueger T., Mishra A., Popp A. The world's growing municipal solid waste: Trends and impacts. *Environ. Res. Lett.* (2020) 15: 074021.
- (4) Naciones Unidas. Día Internacional de Cero Desechos: La ONU aboga por el cambio hacia una economía circular (2023). <https://news.un.org/es/story/2023/03/1519822>
- (5) Stahel W. Circular economy. *Nature* (2016) 531: 435-438.
- (6) Ncube A., Mtetwa S., Bukhari M., Fiorentino G., Passaro R. Circular economy and green chemistry: The need for radical innovative approaches in the design for new products. *Energies* (2023) 16: 1752.
- (7) Keijer T., Bakker V., Sloopweg C. Circular chemistry to enable a circular economy. *Nat. Chem.* (2019) 11: 190-195.
- (8) Clark J., Farmer T., Herrero-Davila L., Sherwood J. Circular economy design considerations for research and process development in the chemical sciences. *Green. Chem.* (2016) 18: 3914-3934.

Para citación de este artículo: SUELDO OCCELLO, Valeria. (2023) "Economía circular: Desafíos y oportunidades para la química", en Revista Bitácora Digital Volumen 10. N° 14. Pp. 87- 90 (FCQ-UNC) Córdoba, Argentina.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento- NoComercial - 4.0 Internacional.