



 Andrés
Camilo
Hernández
Asesor
Técnico de
CISPROQUIM®
Ingeniero químico



Sostenibilidad: **economía circular** como fuente de energía

D

entro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) trazados por la Organización de las Naciones Unidas para 2030, el ODS 7 se enfoca en “garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna” y considera que “la energía es el factor que contribuye principalmente al cambio climático y representa alrededor del 60 % de todas las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero”. De ahí que entre sus metas se fije aumentar la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas, facilitar el acceso a investigación y tecnologías relativas a la energía limpia y duplicar la

tasa mundial de mejora de la eficiencia energética (Naciones Unidas, 2022).

Ahora bien, se estima que, para el 2019, el consumo global de energía final fue cercano a los 418 millones de terajulios (TJ) de los cuales, el 40,3 % se originó a partir de derivados del petróleo (gasolina, diésel, gases de refinación, GLP, lubricantes, entre otros), seguido de la energía generada en centrales eléctricas (19,7 %) y de gas natural (16,4 %).

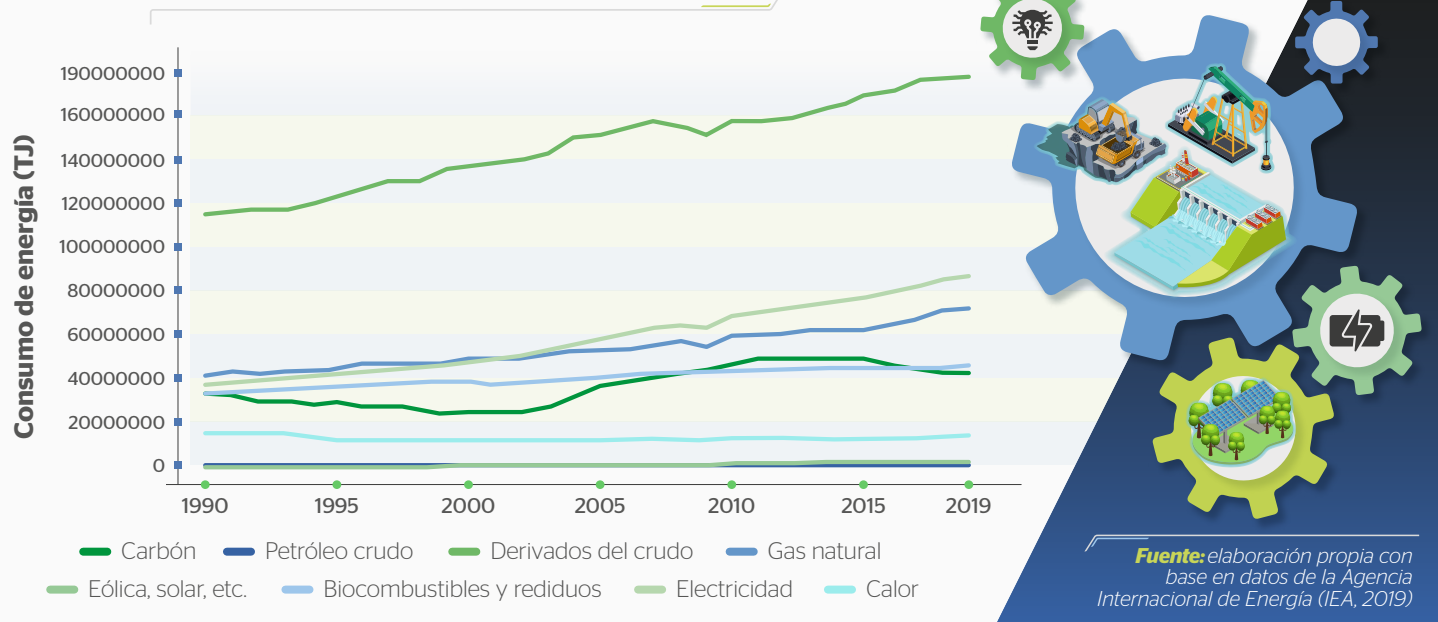
Por otro lado, al clasificar el consumo global de energía total con base en el sector en el que se utilizó, se tiene que, ese mismo año, el sector

transporte y el sector industrial (manufactura, minería, construcción, químico y petroquímico, alimentos, textil, entre otros) presentaron un consumo cercano a los

121 millones de terajulios (TJ), cada uno, lo que representa un 29 % del consumo de energía final total, respectivamente (IEA - International Energy Agency, 2019).

En la figura 1 se evidencia el comportamiento en los últimos 30 años de la energía consumida en el mundo según la fuente.

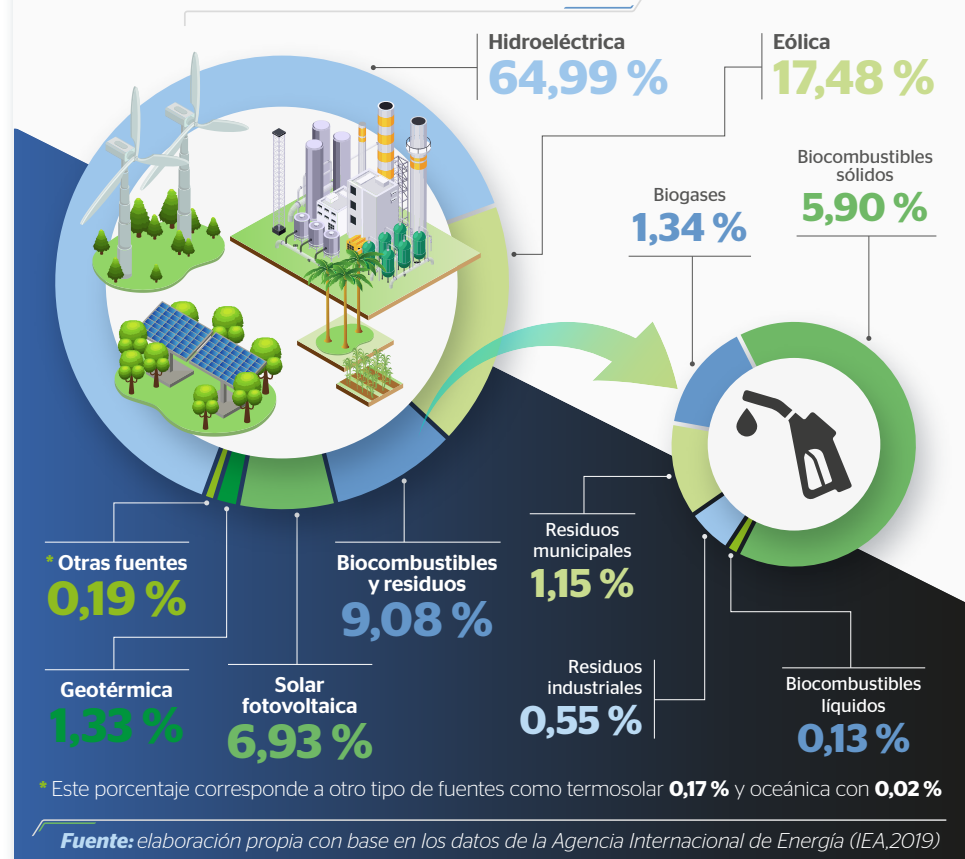
Figura 1. Consumo de energía final total por fuente



Con relación a la energía proveniente de fuentes renovables, en su Informe de Objetivos de Desarrollo Sostenible de 2020 la Organización de las Naciones Unidas resalta que “es necesario intensificar los esfuerzos en materia de energía renovable para lograr los objetivos climáticos a largo plazo”. Además, señala que en 2017 la energía renovable correspondió al 17,3 % del consumo total mundial final de energía (Naciones Unidas, 2020).

En cuanto a la generación de energía a partir de fuentes renovables, se evidencia que el 91 % son producto de alternativas no combustibles entre las que se destaca la energía hidroeléctrica, la energía eólica y la energía solar fotovoltaica, mientras que el 9 % restante se deriva del uso de biocombustibles (ya sean sólidos, líquidos o gases) y de residuos municipales y/o industriales. En la figura 2 se detalla la participación de cada una de las fuentes de energía renovable.

Figura 2. Fuentes de energía renovable



A nivel industrial, dentro de los ODS también se define que la producción y el consumo deben ser sostenibles (ODS 12) lo que implica que las empresas deben adoptar estrategias para “hacer más y mejor con menos” con el fin de aumentar la eficiencia de los procesos, reducir el impacto ambiental de los productos, optimizar el uso de recursos, minimizar la generación de residuos, valorizar los subproductos o desechos, disminuir las emisiones de carbono y gases de efecto invernadero, prolongar la vida útil de los productos, entre otros. De esta forma, la economía circular resulta ser un instrumento para dar cumplimiento a los objetivos de las Naciones Unidas mencionados anteriormente, ya que dentro de sus pilares se encuentra el diseño de materiales que garanticen

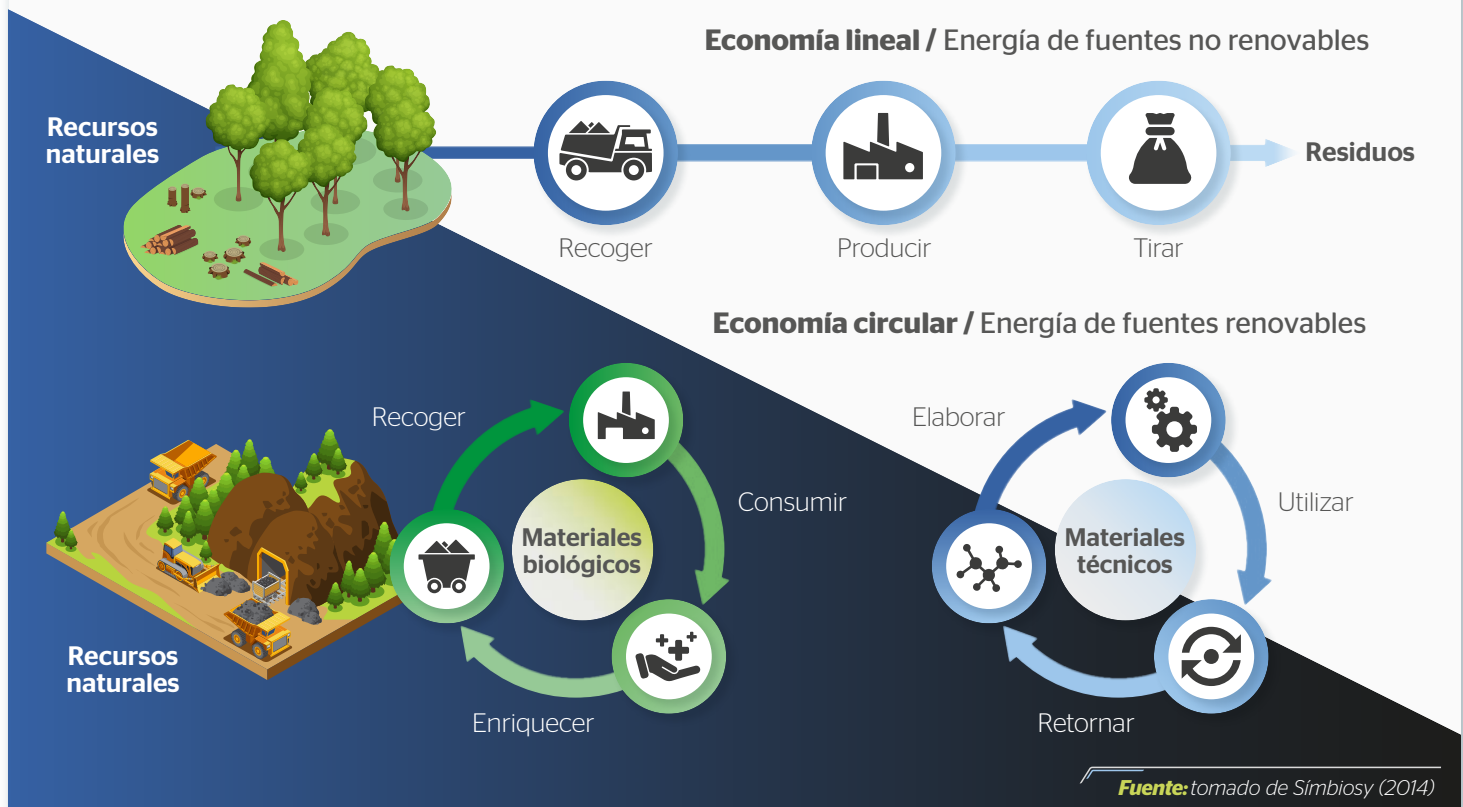
su durabilidad y/o reciclabilidad, el uso de biomasa, de carbono (CO₂/CO) o de residuos como materias primas alternativas, la gestión sostenible del agua, la simbiosis industrial y la recuperación, reutilización y/o sustitución sostenible de materias primas críticas (European Technology Platform for Sustainable Chemistry - SusChem, 2020).

Simbiosis industrial

La simbiosis industrial se refiere a la estrategia interempresarial donde una industria hace tratamiento y/o uso de los recursos excedentes de otra industria, ya sea como materia prima, insumo, recurso o fuente de energía para el desarrollo de sus procesos productivos. Adicionalmente, busca cambiar el sistema económico lineal fundamentado en

recoger los recursos naturales, producir y tirar los residuos, a un sistema económico circular en el cual los materiales biológicos se toman de los recursos naturales, se consumen y luego se retornan para enriquecer dichas fuentes. Lo mismo ocurre en el caso de los materiales técnicos que se elaboran, se utilizan y se retornan para volver a producir, tal y como se observa en la figura 3. De esta forma, para lograr aprovechar los recursos como una oportunidad de negocio, es necesario darles valor a los recursos inservibles como subproductos y residuos, a los recursos perdidos como corrientes energéticas (calor), a los recursos no utilizados como aguas residuales o aguas lluvias o a los recursos compartibles como el almacenamiento o la logística. (Simbiosy, 2014).

Figura 3. Simbiosis industrial y economía circular

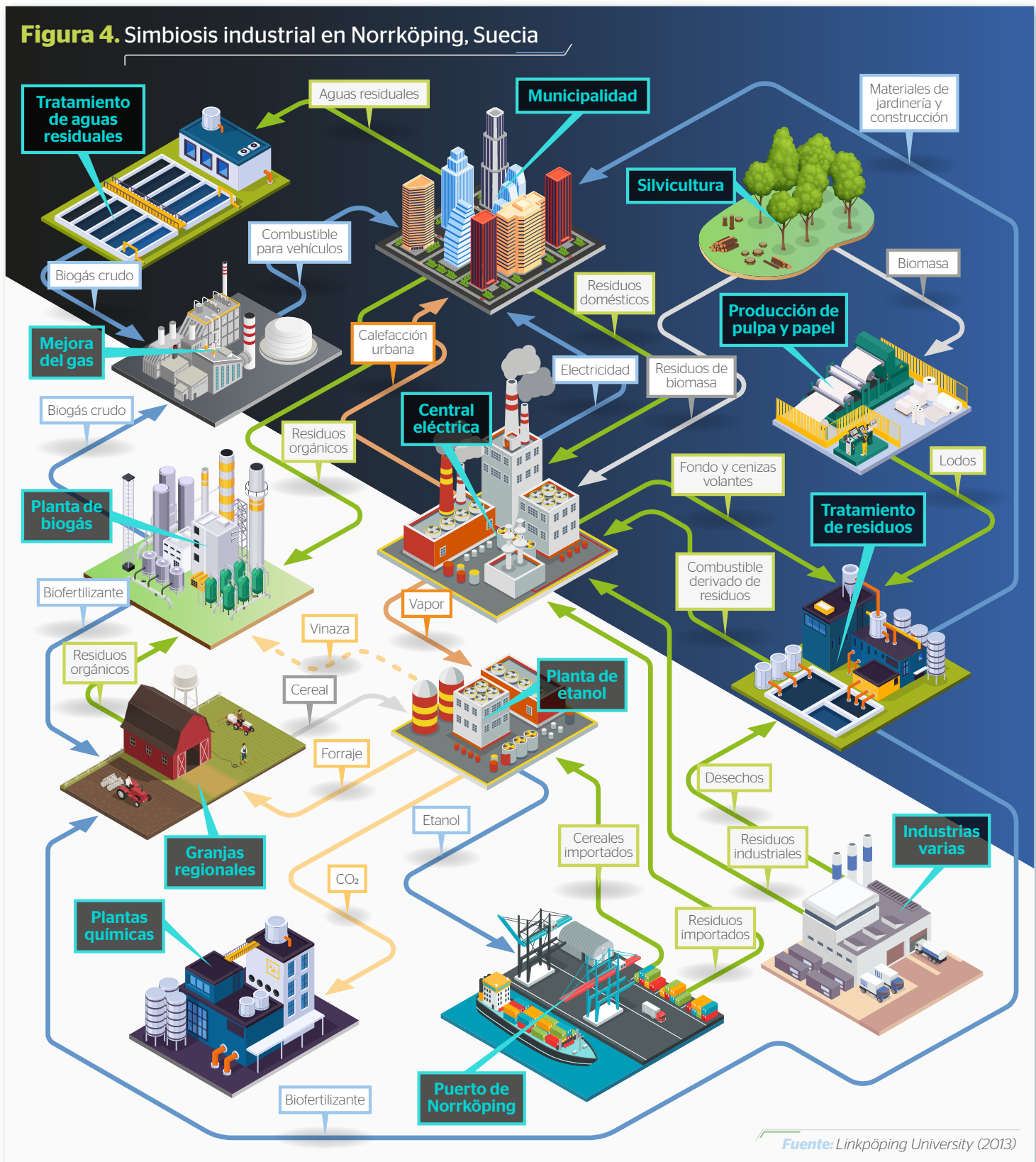


Para ilustrar mejor el funcionamiento de este enfoque, en la figura 4 se presenta la red de simbiosis industrial en la ciudad portuaria de Norrköping, Suecia, donde las actividades indus-

triales, urbanas y agrícolas están integradas sinérgicamente para mejorar la sostenibilidad de la región, aumentando la eficiencia del uso de recursos y dando como resultado un mayor

desarrollo económico y ambiental, contribuyendo a reducir el uso de combustibles fósiles y, por ende, a reducir la huella de carbono (Linköping University, 2013).

Figura 4. Simbiosis industrial en Norrköping, Suecia



En este ejemplo sobre el flujo de materiales y el aprovechamiento de los recursos como fuente de energía se evidencia que existe una central eléctrica que

utiliza residuos domésticos, residuos de la silvicultura, residuos industriales provenientes de diferentes industrias como la de producción de papel, combustibles

derivados del procesamiento de residuos y otros que son importados para la generación, no solo de electricidad y calefacción para la ciudad, sino también

de vapor. Este último es empleado en una planta de producción de bioetanol a partir de granos de cereal.

Por otro lado, dentro de este sistema, se encuentra una planta de producción de biogás alimentada gracias a los residuos orgánicos generados de la ciudad y en las granjas regionales. Allí también se aprovechan los residuos de vinaza, los cuales son subproducto de la destilación de la planta de bioetanol que, luego, es mezclado con una corriente de biogás producto del tratamiento de aguas residuales para concentrarlo y utilizarlo como combustible vehicular.

En consecuencia, tanto la planta de cogeneración de energía como las plantas de producción de bioetanol y biogás permiten reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la disminución del vertido o disposición final de los residuos y la reducción de la dependencia del carbón y de otros recursos fósiles.



Aprovechamiento de residuos industriales

De acuerdo con la figura 2, tan solo el 0,55 % de la energía renovable proviene de residuos industriales. Este hecho se puede entender como un desaprovechamiento de estos recursos para la generación de energía y estaría demostrando falencias en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para incluir esta etapa dentro de los procesos productivos de las empresas. Sobre el panorama del aprovechamiento de residuos industriales en Colombia, según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), durante el 2019 se generaron 640.035 toneladas de residuos peligrosos de las cuales más de la mitad corresponden a mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.

Así mismo, con relación a la gestión de los residuos, indica que en el mismo año se le dio manejo a cerca de 670 mil toneladas. De esta cantidad, el 46 % se llevó disposición final (celdas o rellenos de seguridad), el 40 % tuvo un tratamiento (biológico, fisicoquímico, térmico u otros) y solo al 13 % se le dio un

0,55 %

de la energía renovable proviene de residuos industriales.

670.000

toneladas de residuos fueron generados en Colombia durante el 2019. De esta cantidad, solo el 1,3 % se aprovechó como combustible u otros medios de generación de energía.

aprovechamiento y/o valorización. Con respecto a la generación de energía mediante residuos, del total gestionado el 6,5 % de los residuos tuvo un tratamiento térmico (incineración, pirólisis, gasificación) y el 1,3 % se aprovechó como combustible (que no fuera en incineración directa) u otros medios de generación de energía (Ideam, 2019).

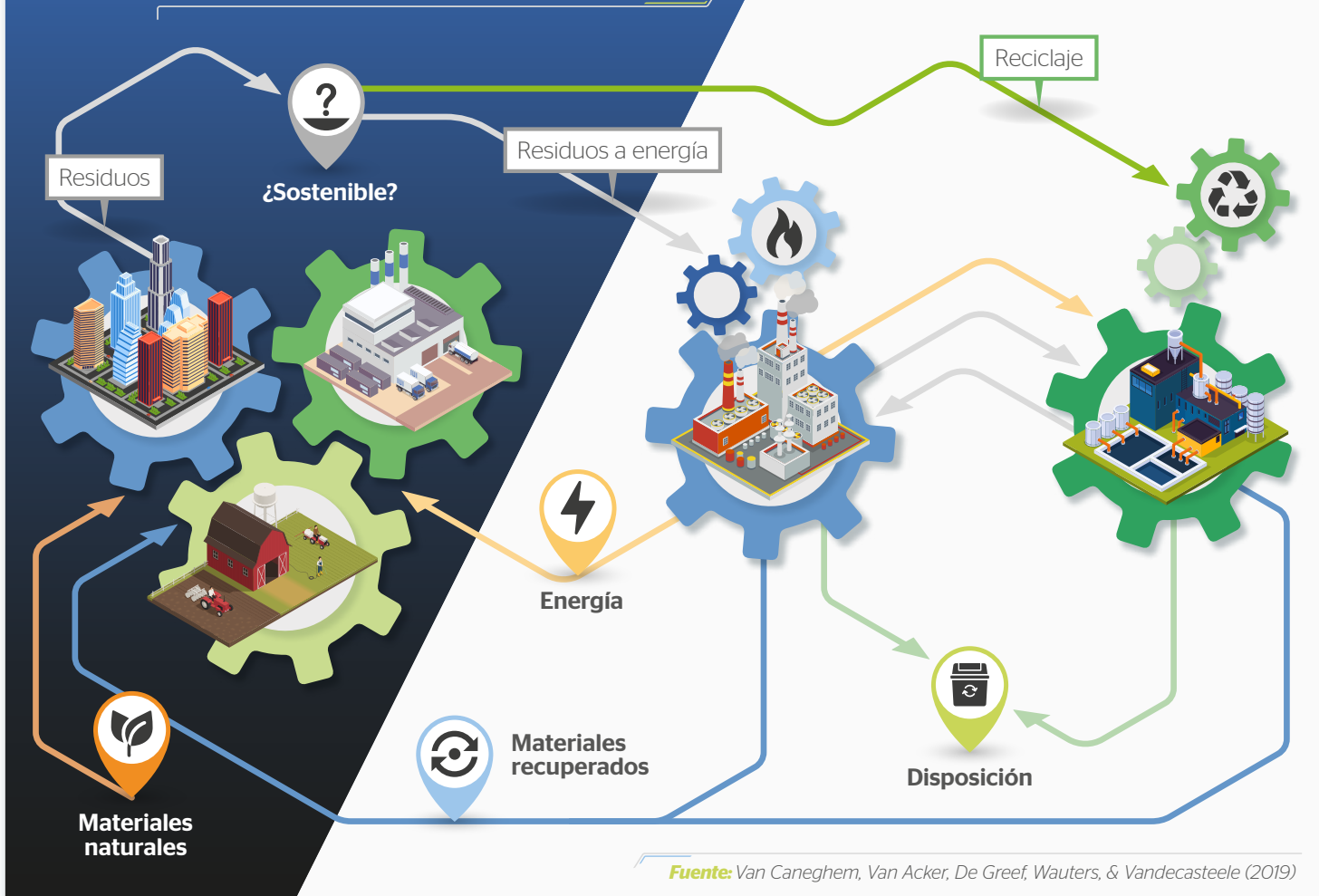
Para el aprovechamiento de los residuos industriales, la principal alternativa que actualmente se está desarrollando es la incineración directa de productos sólidos y líquidos (que no puedan ser reciclados) en plantas especializadas para la producción de energía, como se observa en la figura 5. Así, se puede evidenciar que en Colombia la biomasa proveniente de la industria agroalimentaria lidera la generación de energía renovable de fuentes no convencionales, donde el bagazo de la caña de azúcar; la fibra, el cuesco y los racimos vacíos de la palma de aceite; las ramas, hojas, frutos verdes del café o la gallinaza se ha usado para producir energía o biocombustibles (FedeBiocombustibles, 2018). Por otro lado, se está generando energía

térmica en hornos de combustión a partir de residuos ordinarios, envases y plásticos no reutilizables, y envolturas de alimentos y residuos peligrosos,

tales como los hospitalarios y los contaminados con sustancias químicas para su aprovechamiento energético puesto que una tonelada de los com-

bustibles derivados de este tipo de residuos puede generar hasta cuatro millones de kilocalorías de energía (Andesco, 2020).

Figura 5. Aprovechamiento de residuos en energía



Dentro de los combustibles, el hidrógeno se considera uno de los compuestos más limpios: no genera emisiones de gases de efecto invernadero durante su combustión y en su producción principalmente se utiliza agua, la cual pasa por un proceso de electrólisis para separar las moléculas de oxígeno e hidrógeno.

No obstante, este proceso es costoso, consume agua de calidad que puede ser destinada para abastecer a la población y requiere de electricidad proveniente de combustibles fósiles. De ahí la necesidad de desarrollar alternativas para generar

4

millones de kilocalorías de energía se podrían generar a partir de una tonelada de combustibles derivados de residuos peligrosos y contaminados.

“hidrógeno verde”, es decir, hidrógeno producido a partir de fuentes no convenciones de energía renovable (Alcalde, 2019).

Ejemplo de estos avances son los proyectos Zeppelin y Ecllosion, investigados en España, y que buscan producir 135 mil toneladas al año de hidrógeno verde partiendo de residuos y subproductos de sectores industriales como el textil, el agroalimentario, las refinerías, entre otros, así como de depuradoras de aguas residuales industriales y municipales. Estas iniciativas se desligan de los métodos convencionales (electrólisis de agua) para su generación y, en cambio, emplean técnicas como el reformado en seco de biogás, el reformado húmedo del bioetanol, la fermentación

oscura de la digestión anaerobia, la electrólisis microbiana de lodos y la separación del hidrógeno del gas de síntesis obtenido por gasificación (Aqualia, 2022; Retema - Revista Técnica de Medio Ambiente, 2022).

Ecodiseño: energías renovables más limpias

El ecodiseño se puede definir como un instrumento caracterizado por diseñar y desarrollar productos y/o servicios, teniendo en cuenta el ciclo de vida completo de estos, con el objetivo de reducir su impacto ambiental (Schäfer & Löwer, 2021). Bajo este enfoque se insta a las empresas a buscar maneras de optimizar la cantidad de material y energía implementada para la fabricación de un producto, a través del uso de menos cantidad de material o empleando materiales multifuncionales que puedan ser reutilizados, reciclados y/o biodegradados, a la vez que apunten a prolongar la vida útil de los productos y servicios.

Siendo así, el ecodiseño surge como herramienta para la generación de energía renovable más limpia, puesto que, si bien este tipo de energía reduce el consumo de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero, en algunos casos, genera impactos colaterales derivados de su implementación y uso. Tal es el caso de los paneles solares que generan energía por medio de la radiación que incide sobre las celdas fotovoltaicas. Para la construcción de los paneles convencionales se requieren grandes cantidades de energía al igual que materiales peligrosos (incluso, cancerígenos y tóxicos como el cadmio) y, durante su producción, se emiten contaminantes y residuos que, sin un adecuado manejo, pueden llegar a afectar el aire, los suelos y las fuentes hídricas. A su vez, el reciclaje de los paneles solares es precario e insuficiente y su instalación requiere de condiciones específicas (Limón, 2021; Soneira, 2016).

Como solución a las desventajas mencionadas anteriormente, se han



Ejemplo de películas solares orgánicas (OPTree) **Fuente:** tomado de Blog Sepac (<https://www.sepac.com.br/blog/vida-sustentavel/o-que-e-uma-optree/>)

investigado y desarrollado nuevos materiales para la construcción de celdas fotovoltaicas como es el caso de Sunew en Brasil o Heliatek en Alemania, empresas que fabrican películas finas orgánicas que tienen una menor huella de carbono durante su ciclo de vida, desde su producción —al fabricarse a bajas temperaturas lo que implica, por ende, un menor consumo energético—, su funcionamiento —al aprovechar la luz solar y eléctrica

artificial— y hasta su eliminación debido a que no se utilizan materiales peligrosos (metales pesados) para su creación, por lo que se pueden reciclar sin generar residuos tóxicos. Adicionalmente, gracias a su flexibilidad, sus propiedades de transparencia y su peso liviano, pueden ser instaladas en diversos lugares como fachadas de edificaciones, techos de vehículos, coberturas o cualquier superficie curva (Ibarra, 2020; SUNEW, n.d.).

Referencias

- Alcalde, S. (2019, December 8).** Ventajas e inconvenientes del hidrógeno como combustible alternativo. Retrieved January 27, 2022, from National Geographic España website: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/ventajas-e-inconvenientes-hidrogeno-como-combustible-alternativo_14897
- Andesco. (2020, November 24).** En Colombia ya se genera energía térmica con residuos | Andesco | Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones. Retrieved January 27, 2022, from <https://www.andesco.org.co/2020/11/24/en-colombia-ya-se-genera-energia-termica-con-residuos/>
- Aqualia. (2022, January 25).** Aqualia apuesta por el hidrógeno verde para impulsar una economía sostenible y descarbonizada - Aqualia. Retrieved January 27, 2022, from <https://www.aqualia.com/web/aqualia-global/-/aqualia-apuesta-por-el-hidrogeno-verde-para-impulsar-una-economia-sostenible-y-descarbonizada>
- European Technology Platform for Sustainable Chemistry - SusChem. (2020).** Strategic Innovation and Research Agenda - Innovation Priorities for EU and Global Challenges. 92.
- FedeBiocombustibles. (2018, May 11).** Desperdicio que sí sirve. Retrieved January 27, 2022, from Revista Dinero website: <https://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-3016.htm>
- Ibarra, D. (2020, February 3).** Películas solares orgánicas son un escudo contra el cambio climático. Retrieved January 26, 2022, from <https://www.cambio16.com/peliculas-solares-organicas-las-delgadas-laminas-usadas-como-escudo-contra-el-cambio-climatico/>
- IDEAM. (2019).** Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos en Colombia 2019. Ideam, 180. Retrieved from <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/Q23889/Respei2018.pdf>
- IEA - International Energy Agency. (2019).** Data & Statistics - IEA. Retrieved January 19, 2022, from <https://www.iea.org/data-and-statistics>
- Limón, R. (2021, March 28).** Un estudio calcula que los paneles solares generarán 80 millones de toneladas de residuos en tres décadas. Retrieved January 26, 2022, from EL PAÍS website: <https://elpais.com/ciencia/2021-03-29/un-estudio-calcula-que-los-paneles-solares-generaran-80-millones-de-toneladas-de-residuos-en-tres-decadas.html>
- Linköping University. (2013).** Industrial Symbiosis in Sweden - Norrköping Industrial Symbiosis Network. Retrieved January 24, 2022, from <http://www.industriellekologi.se/norrkoping.html>
- Naciones Unidas. (2020).** Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020. 32. Retrieved from https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Spanish.pdf
- Naciones Unidas. (2022).** La Agenda para el Desarrollo Sostenible - Desarrollo Sostenible. Retrieved January 21, 2022, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- RETEMA - Revista Técnica de Medio Ambiente. (2022, January 25).** Aqualia trabaja en dos proyectos pioneros para producir hidrógeno verde. Retrieved January 26, 2022, from <https://www.retema.es/noticia/aqualia-trabaja-en-dos-proyectos-pioneros-para-producir-hidrogeno-verde-ay6FF>
- Schäfer, M., & Löwer, M. (2021).** Ecodesign—A Review of Reviews. Sustainability, 13, 315. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su13010315>
- SÍMBIOSY, S. I. S. L. (2014).** Simbiosis industrial | Simbiosy. Retrieved January 25, 2022, from <https://www.simbiosy.com/simbiosisindustrial>
- Soneira, E. (2016, May 5).** ¿Tienen impacto medioambiental las placas solares? Retrieved January 26, 2022, from <https://www.ceac.es/blog/tienen-impacto-medioambiental-las-placas-solares>
- SUNEW. (n.d.). NEW WORLD - NEW ENERGY.** Retrieved January 26, 2022, from <https://sunew.com.br/>
- Van Caneghem, J., Van Acker, K., De Greef, J., Wauters, G., & Vandecasteele, C. (2019).** Waste-to-energy is compatible and complementary with recycling in the circular economy. Clean Technologies and Environmental Policy, 21, 925-939. <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01686-0>

