

El agua y los residuos como motores de simbiosis industrial para acelerar la transición verde y digital

Miquel Rovira, Frederic Clarens, Irene Jubany, Xavier Martínez-Lladó, Neus Bahí, Sandra Meca, Andrea Naves, Jose J. Espí, Sandra Casas, Manuel Martínez y Carme Bosch, de Eurecat, Centro Tecnológico de Cataluña



La simbiosis industrial es una estrategia que tiene como objetivo mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, permitiendo aumentar la competitividad, aprovechando las sinergias entre diferentes empresas mediante el intercambio de materiales, energía y agua, a lo que se puede sumar la posibilidad de compartir activos, medios logísticos, experiencia e, incluso, conocimiento. La simbiosis industrial no debe circunscribirse forzosamente a empresas de un sector y que sean colindantes entre sí, ya que las oportunidades entre sectores diversos son enormes. Eurecat (www.eurecat.org), como gran proveedor de tecnología industrial de y desde Cataluña, explica en este artículo cómo la simbiosis industrial ofrece enormes perspectivas al sector del agua y químico para acelerar el paso hacia una economía circular y descarbonizada sacando provecho, al mismo tiempo, de la digitalización. Es la llamada doble transición (*twin transition*), que conjuga la transformación verde con la digital.



La diversidad en la tipología de empresas enriquece y promueve la simbiosis industrial, si bien la presencia de un tipo concreto de empresas también es ideal para establecer un efecto semilla en etapas iniciales [2 y 3]. La simbiosis industrial se aborda desde la perspectiva del agua y los residuos, ya que ofrecen un efecto tractor sobre la energía y los materiales. Las industrias químicas, muchas de ellas relacionadas con el sector del agua, han jugado tradicionalmente un rol de liderazgo a nivel de simbiosis industrial, por ejemplo, en Grangemouth (Escocia), Kalundborg (Dinamarca) y Ulsan (Bélgica), por ser el químico un sector intensivo en el uso de recursos y con imperiosa necesidad de descarbonización [2]. El polo petroquímico de Tarragona en Cataluña es también un caso de éxito, injustamente a menudo poco reflejado en la literatura internacional, ya que existe un alto grado de integración entre empresas con fuertes enlaces entre ellas, pues los productos de una, en muchas ocasiones, dependen de los de la otra.

La economía circular, la resiliencia climática y la contaminación cero son los principales ejes, todos ellos interconectados, que afronta el sector químico para hacer realidad la transición verde (**Figura 1**). Con la economía circular se persigue alargar al máximo la vida de los recursos, que son cada vez más escasos y por los cuales compiten las empresas. Con la resiliencia climática, se aborda la mitigación y la adaptación al cambio climático, siendo la descarbonización probablemente uno de los retos más importantes que debe abordar el sector, sin dejar de lado la adaptación al nuevo clima, que contempla nuevos posibles riesgos como los físicos o en las cadenas de suministro, entre otros. Con la contaminación cero del aire, el agua y el suelo, se garantiza la no afectación a la salud humana, además de contribuir a la protección de la biodiversidad.

LAS AGUAS RESIDUALES COMO RECURSOS

El agua es un 'vehículo' para conectar empresas y sectores. El valor del agua es algo comúnmente aceptado hoy en día, especialmente en los países del sur de Europa, pero aún queda camino para reconocer el 'valor en el agua' entendido como que las aguas residuales, a menudo, constituyen una fuente de la que se puede extraer agua regenerada, energía y recursos materiales. Esta doble visión permitirá alcanzar una sociedad inteligente en el uso del agua (*water-smart society*) (Water Europe, 2017 [6]). Son bien conocidos los escenarios de la evolución del clima, que indican que la escasez de agua se acrecentará en los próximos años, de modo que conviene promover su uso circular.

FIGURA 1. Retos de las empresas actuales, en particular del sector químico y del agua.

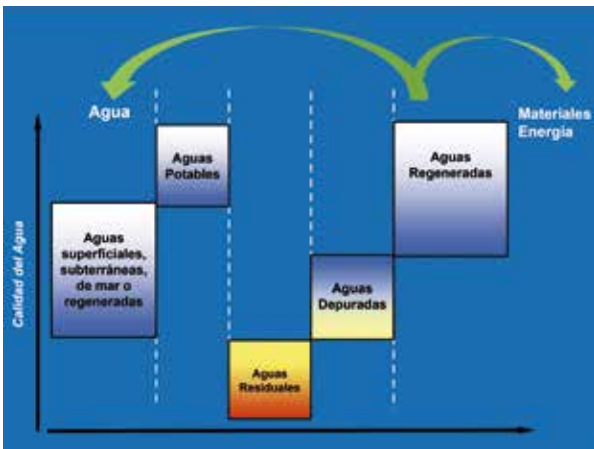


El agua es una *commodity* en el sector químico, ya que es empleada como medio de reacciones químicas, operaciones de limpieza, refrigeración y transporte, entre otros usos. Las industrias intensivas en uso de agua son también generadoras de importantes volúmenes de aguas residuales, como pasa en ámbitos y sectores industriales tales como el agroalimentario, el papelero y las propias ciudades. Una vez implantadas soluciones que permitan el uso más eficiente posible del agua, las aguas residuales deben ser vistas como un recurso potencial para implantar esquemas de reutilización de agua, con la posibilidad de ajustar el tratamiento para adecuar la calidad del agua regenerada a los usos previstos (*fit-for-purpose*), sin ser necesaria la obtención, por lo tanto, de una calidad final equivalente a la potable en todos los casos, con el consecuente ahorro energético y en productos químicos.

La subida de precio y la escasez de determinados compuestos químicos acelerará, sin duda, la recuperación de materiales valiosos presentes en las aguas residuales. En función de los compuestos de interés, se pueden plantear diferentes aproximaciones tecnológicas, como las membranas, el intercambio iónico, la evaporación solar, la precipitación y cristalización, entre otras. Metales, nutrientes, ácidos, disolventes, surfactantes, fenoles y lignina son algunos ejemplos de compuestos susceptibles de ser recuperados, si bien la concentración y precio de los mismos determinará la viabilidad económica de los procesos de recuperación.

En ocasiones, las aguas residuales también ofrecen la posibilidad de recuperar energía mediante el empleo de diferentes tecnologías, por ejemplo, a partir de su contenido térmico y/o de biomasa, constituyendo un eje central para descarbonizar la industria.

FIGURA 2. Ciclo del agua y potencial obtención de agua regenerada de diferentes calidades, materiales y energía. Adaptado de Asano, 2007 [1].



La **Figura 2** muestra el ciclo del agua y el potencial de obtención de agua regenerada que permite cerrar el círculo, así como la obtención adicional de energía y materiales de interés extraídos de las aguas residuales.

En este contexto, el proyecto de investigación *Ultimate (Industry water utility symbiosis for a smarter water society)*, financiado por la Unión Europea (UE) y formado por 28 socios europeos, tiene la finalidad de promover la simbiosis industrial inteligente y la economía circular teniendo en cuenta el agua en los sectores químico, *bio-tech* y alimentario en nueve casos de estudio demostrativos (**Figura 3**). Estos *sites* demostrativos tendrán un claro efecto de arrastre y réplica sobre ecosistemas industriales, potenciando la creación de *hubs* de circularidad.

Uno de los espacios demostrativos del proyecto se ubica en el Camp de Tarragona, y, concretamente, la empresa Aitasa, junto con el centro tecnológico Eurecat, trabaja en la mejora del tratamiento para incremen-

FIGURA 4. Simbiosis industrial en el *site* del Camp de Tarragona en el proyecto *Ultimate*.

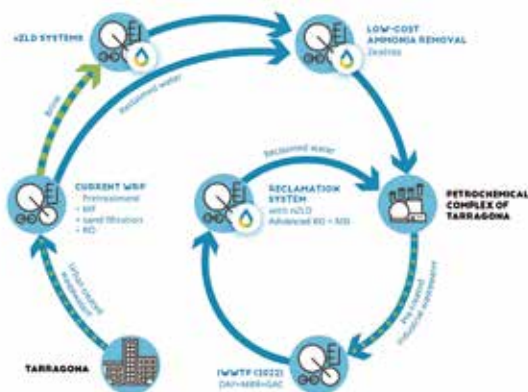
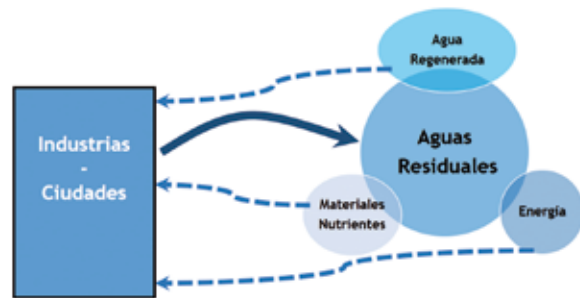


FIGURA 3. Simbiosis entre las ciudades e industrias a través de las aguas residuales como fuente de agua regenerada, materiales y energía.



tar la reutilización de agua residual de las localidades de Vila-seca, Salou y Tarragona para la industria química, mediante la estación regeneradora de aguas ya existente. Es el polo petroquímico más importante del sur de Europa, que emplea el agua regenerada mayoritariamente para refrigeración, lo que lo sitúa como un claro ejemplo de simbiosis industrial entre plantas de tratamiento de agua residual municipal y plantas petroquímicas (**Figura 4**). Estas actuaciones permiten, mediante un minitrasvase, disminuir la presión sobre el río Ebro de donde se extraen los recursos hídricos empleados en Tarragona, contribuyendo a la adaptación del Delta del Ebro al cambio climático (**Figura 5**), así como a la reducción de los efectos negativos del vertido de aguas residuales en el medio. Asimismo, ante la posibilidad de abastecer energéticamente a la industria química del sur de Cataluña mediante hidrógeno producido a partir de energía renovable y agua, conviene tener en cuenta la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para la electrólisis, por lo que las acciones de reutilización de agua tendrán implicaciones energéticas adicionales muy relevantes en el futuro.

FIGURA 5. Imagen aérea del Delta del Ebro, una zona en busca de soluciones de adaptación al cambio climático.



» El valor del agua es algo comúnmente aceptado hoy en día, sobre todo en los países del sur de Europa, pero aún queda camino para reconocer el 'valor en el agua' entendido como que las aguas residuales constituyen una fuente de la que se puede extraer agua regenerada, energía y recursos materiales. Esta doble visión permitirá alcanzar una sociedad inteligente en el uso del agua

En la **Figura 7** se muestran los flujos potenciales entre desalinizadoras e industrias como receptoras de elementos críticos y minerales. Se muestra también el potencial generación de energía a partir de tecnologías como la ósmosis por presión retardada (OPR), que se basa en la diferencia de presión osmótica generada por efluentes de diferentes salinidades en contacto a través de una membrana.

Los proyectos Ultimate y Sea4Value están subvencionados por la Comisión Europea en el marco del programa H2020, mediante los acuerdos 869318 y 869703, respectivamente.

EL ROL DE LA DIGITALIZACIÓN

La inteligencia artificial, junto con el análisis masivo de datos y, por supuesto, con la experiencia de los gestores usuarios, acelerarán la adopción industrial de los procesos anteriormente descritos, permitiendo la toma de decisiones eficientes y en tiempo real, y potenciando, al mismo tiempo, la identificación de oportunidades de conexión simbiótica entre diferentes empresas y sectores; por ejemplo, estableciendo *marketplaces* u otros sistemas de puesta en contacto.

Gracias al Internet de las Cosas (IoT) y a los nuevos sistemas de monitorización, el sector ambiental está viendo cómo las herramientas tecnológicas son capaces de interactuar con el entorno, generando una importante cantidad de información para representar diferentes es-

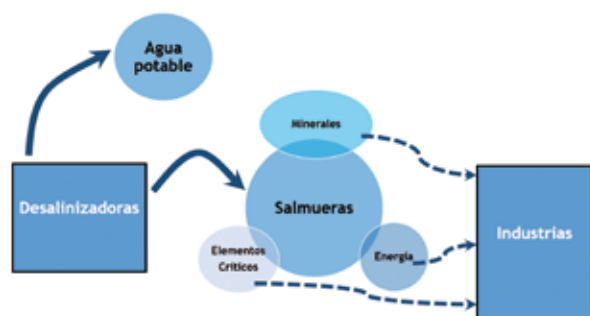
cenarios y una mejor relación entre los mundos físicos y virtuales. Actualmente, uno de los retos es integrar el análisis predictivo en la gestión y operación, transformando el *big data* en *smart data*, lo que significa dar valor a los datos, extrayendo la información útil para generar el conocimiento necesario que facilite la toma de decisiones.

CONCLUSIONES

La simbiosis industrial conecta empresas y sectores entre sí según el concepto de economía circular, permitiendo la valorización de corrientes residuales, con efectos positivos en la mitigación del cambio climático y la disminución de la contaminación. Además, la transición digital, en el contexto de la simbiosis industrial, contribuirá a acelerar la transición verde.

En particular, el agua residual debe ser vista como una potencial fuente de agua regenerada para diferentes usos distintos de los potables -energía-, así como materiales y nutrientes, mientras que las salmueras de desalinización permiten la obtención de elementos críticos, minerales y energía. El sector químico, con un uso intensivo de recursos, es uno de los que mayor potencial tiene para promover la simbiosis industrial a través del desarrollo de nuevas tecnologías, materiales y productos, ofreciendo, al mismo tiempo, un elevado potencial de innovación para generar nuevas soluciones para el tratamiento de aguas y residuos.

FIGURA 7. Simbiosis entre las desalinizadoras e industrias a través de salmueras de desalinización como fuente de minerales, elementos críticos y energía.



Bibliografía

- [1] Asano T. Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications. McGraw Hill.
- [2] Kleyböcker et al. (2022). Operational demo cases. Ultimate project deliverable.
- [3] Neves, A.; Godina, R.; Azevedo, S.G.; Matías, C.O. (2020). A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, vol. 247.
- [4] Domenech, T.; Bleischwitz, R.; Doranova, A.; Panayotopoulos, D.; Roman, L. (2019). Mapping industrial symbiosis development in Europe - typologies of networks, characteristics, performance and contribution to the circular economy. *Resour. Conserv. Recycl.*, núm. 141, págs. 76-98. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.016>.
- [5] SPIRE 2050 Vision Towards the Next Generation of European Process Industries.
- [6] Water Europe 2017. Water Europe Water Vision – The Value of Water.