

# ESTUDIO SOBRE LAS POSIBILIDADES DE LA SIMBIOSIS INDUSTRIAL PARA PROMOVER PROYECTOS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN LA COMUNITAT VALENCIANA

---

Francesc Hernandez Sancho

---



Càtedra de  
Transformació del  
Model Econòmic  
Economia Circular  
en el Sector de l'Aigua



 Xarxa  
Càtedres de  
**Transformació  
del Model Econòmic**

 **GENERALITAT  
VALENCIANA**  
Conselleria d'Hisenda  
i Model Econòmic

 **VNIVERSITAT  
ID VALÈNCIA**

 **UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA**

 **Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante**

 **UNIVERSITAT  
JAUME I**

 **UNIVERSITAS  
Miguel Hernández**

# INDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	2
2.	LA SIMBIOSIS INDUSTRIAL: UN PASO HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR.....	4
	2.1.DEFINICIÓN SIMBIOSIS INDUSTRIAL.....	4
	2.2.TIPOS DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL.....	6
3.	APLICACIÓN DEL MODELO DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL.....	8
	3.1.CASOS DE ÉXITO DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL .....	8
	3.1.1.REINO UNIDO.....	8
	3.1.2.SUECIA .....	8
	3.1.3.DINAMARCA .....	9
	3.2.BENEFICIOS DE LA SIMBIOSIS INDUSTRIAL.....	11
4.	POTENCIALIDADES DE LA SIMBIOSIS INDUSTRIAL EN LA COMUNIDAD VALENCIANA.....	12
	4.1.LA SIMBIOSIS INDUSTRIAL EN EL SECTOR CERÁMICO.....	13
5.	COMO GARANTIZAR EL ÉXITO DE LAS RELACIONES DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL .....	15
	5.1.SUPERACIÓN DE BARRERAS .....	16
	5.2.DIGITALIZACIÓN DE LOS SECTORES INDUSTRIALES Y PRODUCTIVOS.....	18
	5.3.PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL .....	18
6.	CONCLUSIONES.....	21

## 1. Introducción

El primer paso hacia la industrialización se produce a mediados del siglo XVIII y principios del XIX en Gran Bretaña con la mecanización de los procesos productivos dando lugar a la producción en serie y masiva de productos. Este fenómeno, acompañado de la Revolución Industrial y el capitalismo, da lugar un modelo económico basado en la actividad industrial y a la actual sociedad de consumo. Este nuevo modelo económico y social que representó un gran avance para nuestra sociedad, también ha causado un impacto ambiental irreversible. La creciente explotación de recursos naturales para satisfacer los patrones de producción y consumo ha alcanzado en la actualidad niveles insostenibles.

El modelo económico que rige nuestra sociedad es de tipo lineal y unidireccional, en el que se extraen recursos naturales del medio ambiente, para posteriormente utilizarlos como materia prima de distintos productos que serán consumidos y finalmente desechados. La premisa de este modelo basado en “extraer-producir-usar-tirar” era que los recursos son abundantes, presentan fácil accesibilidad, y su gestión como residuos es muy económica. Sin embargo, se ha observado que la dinámica de este modelo no es sostenible ni viable a largo plazo (Marconi et al., 2018), tanto por el corto ciclo de vida que tienen los productos, como por la gran demanda de recursos que en muchos casos son limitados y la contaminación que genera la inmensa cantidad de residuos generados.



*Figura 1. Modelo económico lineal*

Para hacer frente a esta situación, y reducir el impacto ambiental generado por el actual sistema económico, la Comisión Europea desde hace varios años está trabajando en el desarrollo de planes, paquetes y propuestas dirigidas a transformar el actual modelo económico lineal en un modelo económico circular. El primer paso hacia la transición hacia un modelo de economía circular por parte de la Unión Europea comenzó en el año 2014 con la comunicación “Hacia una economía circular: un programa de cero residuos

para Europa” con el fin de reducir los residuos generados. A esta publicación le siguió “Plan de Acción para una economía circular en Europa” publicado en el 2015 en el que la Comisión Europea plantea una serie de medidas que van más allá de la reducción de los residuos y que afectan a todas las etapas del ciclo de vida de los productos. En el 2018 se presenta el “Paquete legislativo de economía circular” en el que destaca la “Estrategia europea para el plástico en una economía circular” y la “Estrategia de sostenibilidad para las sustancias químicas”. Con el fin de generalizar la implementación de la economía circular, recientemente, en el año 2020, se publica el “Nuevo Plan de Acción de Economía Circular para una Europa más limpia y competitiva” el cual es un elemento clave en el Pacto Verde Europeo (European Green Deal), el nuevo programa de Europa para el crecimiento sostenible.

Aunque no existe una definición única para el término “economía circular”, éste está muy ligado con otros términos como el de “eficiencia”, cuyo lema es hacer más con menos, y el de “sostenibilidad”, el cual nos recuerda que las actuaciones del presente no deben comprometer el bienestar ambiental, social y económico de las generaciones futuras. De tal modo que, para garantizar la eficiencia y la sostenibilidad del sistema económico, el modelo económico circular está basado en mantener los materiales y productos circulando en un ciclo cerrado. Para llevar a cabo este modelo son necesarias acciones como compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible. De esta forma, se da un valor añadido a los materiales y productos y se consigue extender su vida útil, reduciendo la demanda de recursos y la cantidad de residuos generados.

En la transformación hacia un modelo económico circular se requiere del esfuerzo del conjunto de la sociedad, y en particular el sector industrial, que tiene un papel fundamental, ya que es necesario un cambio tanto en el patrón de consumo como de producción. Por ello, la Comisión Europea centra muchas de sus medidas y recomendaciones en la transformación del sector industrial ya que tienen un elevado potencial para reducir impactos ambientales y aumentar la durabilidad y la reciclabilidad de los materiales.

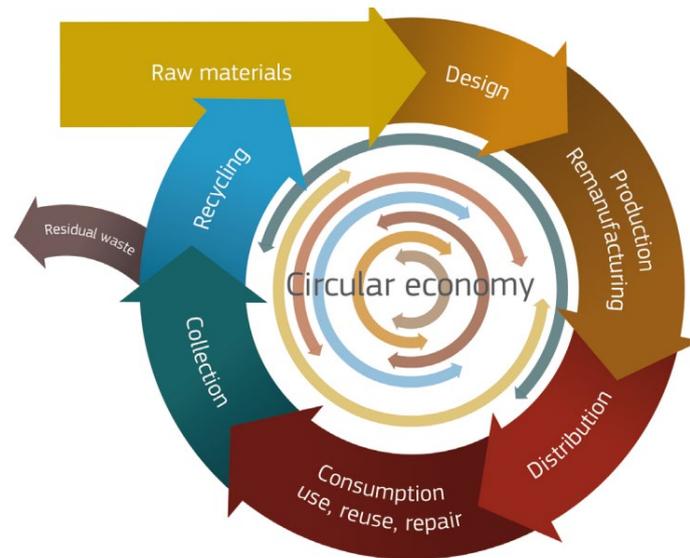


Figura 2. Economía Circular. Fuente: European Commission (2014)

En el ámbito industrial las primeras estrategias de economía circular impulsadas tenían como objetivo implementar acciones como el reciclaje y la reutilización de productos en los propios sistemas de producción. Sin embargo, las estrategias basadas en los modelos de economía circular iniciados a principios de la década del 2000 pretenden ir un paso más allá e implementar actuaciones, no solo a lo largo de una cadena de suministro de forma vertical, sino también transversal. De tal forma que para garantizar la sostenibilidad del sector industrial es necesario implementar la economía circular de forma transversal a través de redes intersectoriales que involucren múltiples cadenas de producción y suministro. Para ello, y con el fin de garantizar la sostenibilidad de los procesos industriales es necesaria la implementación de enfoques como el de la simbiosis industrial que algunos países europeos ya están aplicando.

## 2. La simbiosis industrial: un paso hacia la economía circular

### 2.1. Definición simbiosis industrial

La simbiosis industrial se enmarca en la llamada Ecología Industrial, la cual trata de conectar los principios y elementos de la ecología con los procesos industriales, de modo que al igual que ocurre en los ecosistemas, cada proceso y/o cadena de procesos industriales presenta un patrón cíclico de forma que cada uno de ellos es una parte

dependiente y está interrelacionada con un todo mayor: el ecosistema en el cual se produce. Por lo tanto, los ecosistemas industriales pueden entenderse como un conjunto de procesos industriales interconectados de manera tal que los residuos y subproductos, o excedentes de energía de unos sirven como materia prima para otros (Côté & Hall, 1995).

Además, en los ecosistemas pueden aparecer diferentes tipos de relaciones entre distintos organismos, como son las relaciones de simbiosis, donde dos o más especies intercambian materiales, energía o información beneficiándose mutuamente. De forma similar, la simbiosis industrial, hace referencia al beneficio mutuo que se puede obtener de la relación entre empresas o industrias distintas. De forma que el concepto de simbiosis industrial hace referencia a las relaciones establecidas entre diferentes empresas o sectores industriales, que consiguen ciertas ventajas competitivas gracias al intercambio de materiales, energía, agua u otros subproductos de sus procesos mediante colaboraciones innovadoras, encontrando maneras de usar los residuos de uno como materia prima para otro (Chertow, 2000). Pero estas relaciones, no tiene por qué implicar un flujo directo de materiales, y puede estar relacionada con una forma de utilizar recursos de forma más eficiente, como por ejemplo puede ser el hecho de compartir infraestructuras o equipamientos (Lombardi & Laybourn, 2012). Short et al. (2014), van más allá y analizan la simbiosis industrial como un modelo de negocio, por lo que la relación establecida entre los diferentes entes tiene un fin estratégico o de negocio.

De tal modo que la simbiosis industrial puede entenderse como un modelo de la Ecología Industrial, cuyo aspecto fundamental es la colaboración y sinergia productiva que puede existir entre distintas actividades económicas como resultado del intercambio y uso compartido de recursos.

Asociado al concepto de simbiosis industrial encontramos los denominados parques eco-industriales, los cuales representan la aplicación práctica de la simbiosis industrial. Aunque existen diferentes definiciones que varían en la forma, la idea fundamental de todas ellas es la misma, refiriéndose al desarrollo de una comunidad de negocios con redes de intercambio de materiales en la que los subproductos o residuos de una empresa o proceso industrial se convierten en productos reutilizables por otros

procesos, reduciendo la cantidad de materias primas necesarias y los residuos generados, que junto con la utilización compartida de infraestructuras, servicios, información u otros aspectos logísticos permite alcanzar un consumo y una producción más sostenible.

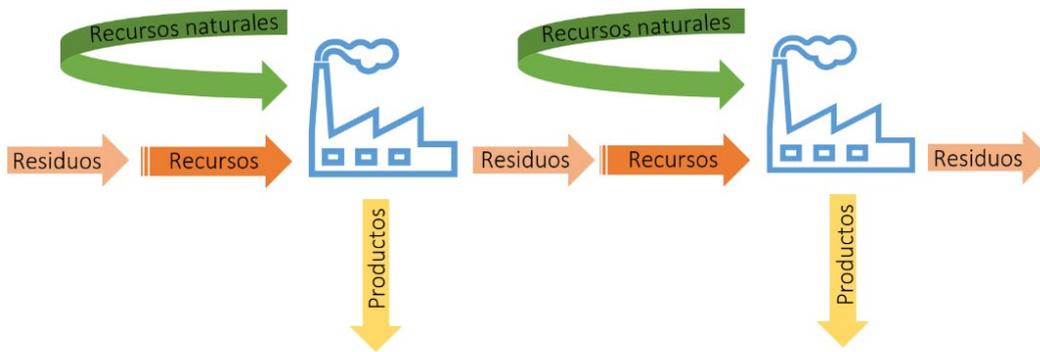


Figura 3. Esquema del proceso de simbiosis industrial. Elaboración propia

## 2.2. Tipos de simbiosis industrial

Existen una serie de características que permiten distinguir entre diferentes tipos de simbiosis industrial. La primera clasificación que vamos a presentar tiene en consideración el tipo de elemento que une o genera la sinergia entre los distintos entes industriales (Marchi et al., 2017). En base a este criterio, podemos diferenciar tres grupos:

- **Sinergias de mutualidad:** en este tipo de sinergias no existe un flujo de materia o productos, sino que consiste en el uso compartido de servicios, instalaciones o infraestructuras. (Ejemplo: suministro de energía o tratamiento de residuos, planificación de emergencias, formación, logística y transporte).
- **Sinergias de sustitución:** consiste en una transferencia de productos en la que los residuos de una empresa o proceso industrial son parte del flujo de recursos de otro. (Ejemplo: intercambio de subproductos, residuos, calor residual, etc.)
- **Sinergias de génesis:** implican la creación de una nueva actividad para satisfacer la necesidad de reutilización de cualquier flujo o empresa.

Además de esta clasificación, las relaciones de simbiosis industrial pueden también agruparse según su origen o tipo de gestión, diferenciando entre tres tipos de redes (Domenech et al., 2019):

- **Autogestionadas (“Self-organised activities” o “bottom-up”)**

Se refiere a aquellas relaciones que surgen de la interacción directa entre diferentes actores industriales de forma más o menos espontánea ya que ambas partes pueden obtener un beneficio de la colaboración conjunta. En muchas ocasiones son de carácter local y vinculadas a una agrupación de actividades manufactureras que suelen incluir sectores primarios. Pese a que, generalmente están impulsadas por agentes privados, en muchos casos están apoyadas y cuentan con la participación de los gobiernos locales. Este tipo de relaciones simbióticas es muy característico de países con un alto grado de concienciación ambiental y estrictas normativas ambientales.

- **Organizadas (“Facilitated networks” o “intermediary”)**

Se trata de aquellas relaciones simbióticas que disponen de un tercer actor que actúa como intermediario de la actividad. Este tipo de relaciones pueden aplicarse con gran facilidad a todos los niveles: local, regional y nacional.

- **Planificadas (“Planned networks” o “top-down”)**

Se trata de relaciones simbióticas que han sido planificadas de antemano para una determinada área industrial, y a menudo comparten infraestructuras y servicios que garantizan el flujo de recursos entre ellas.

Independientemente del tipo de relación simbiótica existente, una vez establecidas, éstas pueden evolucionar de forma distintas. De acuerdo con Paquin y Howard-Grenville (2012) su evolución puede ser de dos tipos: a) fortuita (“serendipitous”), la interacción ocurre de forma casual entre las partes, las cuales basan su relación en los beneficios individuales que pueden obtener, o b) intencionada (“goal-directed”) tiene lugar cuando los actores involucrados actúan siguiendo un plan o con el fin de conseguir unos objetivos determinados. Además, según el análisis realizado por los autores mencionados anteriormente, ambas formas de evolución pueden darse en una misma red de simbiosis industrial, pero en momentos de tiempo diferentes.

## 3. Aplicación del modelo de simbiosis industrial

### 3.1. Casos de éxito de simbiosis industrial

En la actualidad, existen numerosos casos de éxito de simbiosis industrial sobre todo en sectores relacionados con la industria forestal y de papel, productos químicos, metales, minería y construcción (Domenech et al., 2019). Quizás uno de los ejemplos más conocidos de carácter nacional es el desarrollado en Reino Unido, se trata del denominado NISP. En Europa, y particularmente en los países nórdicos existen números ejemplos de redes de simbiosis industrial entre las que cabe destacar el proyecto Cleantech Östergötland desarrollado a nivel regional en Suecia, u otros de tipo local como el implementado en Kalundborg, Dinamarca.

#### 3.1.1. Reino Unido

El Programa Nacional de Simbiosis Industrial (*National Industrial Symbiosis Programme-NISP*) está catalogado por la Comisión Europea como la política más eficiente de gestión de recursos. Se trata de un programa de simbiosis industrial desarrollado a nivel nacional en Reino Unido por el propio gobierno, en el que participan tanto empresas del sector industrial, como organismos del gobierno o de investigación. Las ventajas de este complejo entramado de relaciones no solo permiten mejorar la eficiencia en el uso de recursos, sino que potencia el crecimiento económico, crea nuevos puestos de trabajo y permite la transición hacia una economía de bajas emisiones de carbono.

Entre los factores que han llevado al éxito a este modelo de simbiosis industrial se encuentran entre otros, la financiación por parte del gobierno para impulsar el mencionado programa, una amplia y variada red de organizaciones, la dedicación de profesionales dedicados a potenciar y extraer el máximo beneficio de las relaciones, y a la existencia de un sistema de gestión e intercambio de información y datos.

#### 3.1.2. Suecia

La región de Östergötland, en Suecia, es un claro ejemplo de éxito de las relaciones de simbiosis industrial a nivel regional. Pese a que no existe una mención directa a la simbiosis industrial o la economía circular en el desarrollo de esta región, siempre ha existido un interés por la sostenibilidad ambiental del área, de modo que en muchas

ocasiones las relaciones de simbiosis han surgido bajo el lema de convertir los problemas ambientales en una oportunidad de negocio. Para ello, ha sido clave la colaboración de las empresas con su predisposición e inversión económica en nuevas tecnologías, y el apoyo por parte de los municipios impulsando el cambio hacia estrategias o modelos de negocio más sostenibles. Existen numerosos tipos de relaciones de simbiosis en la zona, aunque quizás uno de los más destacables es el establecido entre diferentes empresas de generación de calor y el sistema de transporte público de autobuses y taxis que utilizan biogás como combustible. La decisión tomada por los gobiernos locales de los municipios implicados fue reducir la contaminación ambiental de las ciudades.

Otro ejemplo igual de interesante es el del área de industrial de Handelö que combina un clúster de simbiosis industrial de energías renovables junto con centro logístico de Red Natura 2000. En el clúster de energía renovable están asociados la planta combinada de calor y energía de E.ON con una planta de biogás y una planta de etanol:

- La planta de E.ON tiene una mezcla de combustibles de 95% de recursos renovables, que incluyen desechos domésticos, caucho, astillas de madera y desechos de madera.
- La planta de biogás produce biogás a partir de lodos derivados de la planta de tratamiento de aguas residuales de Norrköping. Después de la fermentación, el biogás se convierte en combustible para vehículos y se distribuye a las estaciones de servicio locales.
- La planta de etanol utiliza como materias primas: trigo, triticale y cebada y un 29% de biogás producido por la planta de biogás para la producción anual de 210 millones de litros de bioetanol y 195 000 toneladas de gránulos proteicos para la alimentación del ganado. La parte restante del sedimento se convierte en materia prima para otra planta de biogás.

### 3.1.3. Dinamarca

Las relaciones de simbiosis industrial en Kalundborg han ido evolucionando a lo largo del tiempo con el intercambio de subproductos entre empresas locales que en un principio eran independientes las unas de las otras. El inicio de esta relación tiene origen en 1961 cuando la empresa Statoil (antes Esso) necesitaba agua para su refinería, de

modo que se construyó una red de tuberías entre la empresa y los alrededores del lago Tissø. Una década más tarde, se establece un acuerdo entre Statoil y Gyproc, para que esta segunda pueda hacer uso del excedente de gas generado en la refinería para el proceso de enfriamiento de las planchas de yeso. Y al año siguiente, entra a formar parte de esta simbiosis industrial una tercera empresa, Dong Energy (anteriormente planta de Asnæs), quien comparte el sistema de abastecimiento de agua que inicialmente se construyó para Statoil. A este núcleo de relaciones se fueron sumando otras empresas como Novo Group, empresa farmacéutica y de biotecnología, y Soilrem SA, la cual se dedica a la remediación de suelos. En la actualidad, esta red de simbiosis industrial está compuesta por ocho socios públicos y privados e involucra aproximadamente 50 intercambios simbióticos.

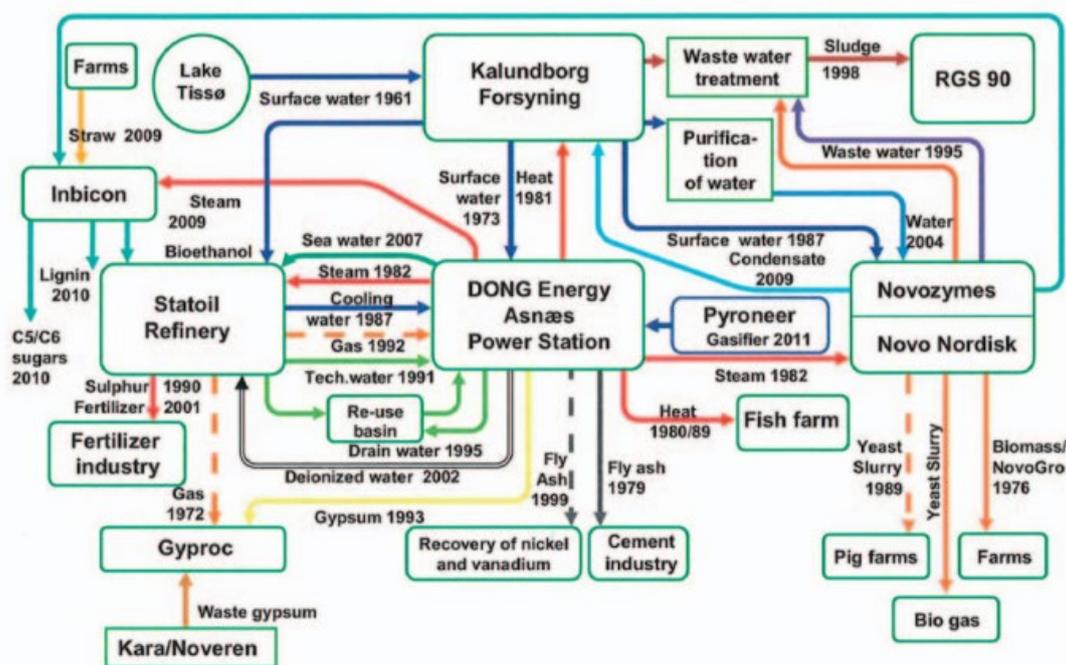


Figura 4. Esquema de las relaciones de simbiosis industrial en Kalundborg en 2010 Fuente: Johnsen et al. (2015)

Resultado de este entramado de relaciones simbióticas se produce un uso más eficiente de los recursos, tal y como demuestra un estudio realizado en 2008 en el que se cuantifica el siguiente ahorro:

- Agua subterránea: ~ 2.000.000 m<sup>3</sup>/año
- Agua superficial: ~ 1.000.000 m<sup>3</sup>/año
- Yeso natural: ~ 100.000 toneladas/año

- Petróleo: ~ 20.000 toneladas/año

Además de reducir el uso de materias primas este tipo de relaciones también favorece la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, las cuales se estimaron en 275.000 toneladas al año.

Cabe señalar que gran parte del éxito de la simbiosis industrial de Kalundborg se debe a la existencia de la figura del intermediador, la cual recae en el departamento de desarrollo del municipio, el cual se encarga de gestionar el centro de Simbiosis de Dinamarca que actúa como secretariado en la asociación de redes de simbiosis industrial, a través del cual se establece el contacto directo con los directores y los administradores locales de las empresas.

### 3.2. Beneficios de la simbiosis industrial

Tal y como se demuestra en los ejemplos anteriores, la simbiosis industrial es un modelo de negocio sostenible con múltiples beneficios tanto a nivel empresarial como social y ambiental. Gracias a este nuevo modelo de negocio basado en los principios de la economía circular se reduce la dependencia de materias primas cuya disponibilidad se ha visto notablemente reducida en los últimos años. Además, permite poner en valor una fuente de recursos alternativa, los residuos, de tal modo que estos son reintroducidos nuevamente en el ciclo de producción dando lugar a un uso más eficiente de recursos y una reducción en la generación de deshechos.

#### Beneficios sociales

- Creación de nuevas oportunidades de negocio
- Protección y creación de nuevos puestos de empleo
- Mejora de la salud
- Pertenencia a un colectivo

#### Beneficios ambientales

- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>
- Uso eficiente de recursos: ejemplo reducción de volumen de agua utilizada
- Reducción de residuos: peligrosos, destinados a vertedero
- Protección de ecosistemas

Beneficios económicos o empresariales

- Refuerzo de la imagen en el mercado
- Reducción de costes
- Ingresos adicionales generados
- Creación de nuevos negocios

## 4. Potencialidades de la simbiosis industrial en la Comunidad

### Valenciana

Con el fin de garantizar el cumplimiento de los propósitos de la economía circular y transformar el actual modelo económico en un modelo más sostenible, descarbonizado y eficiente en el uso de recursos en España se desarrolla la Estrategia Española de Economía Circular (EEEC). Para ello, esta estrategia marca los objetivos que se deben cumplir para el año 2030:

- Reducir en un 30% el consumo nacional de materiales en relación con el PIB, tomando como año de referencia el 2010.
- Reducir la generación de residuos un 15% respecto de lo generado en 2010.
- Reducir la generación residuos de alimentos en toda cadena alimentaria: 50% de reducción per cápita a nivel de hogar y consumo minorista y un 20% en las cadenas de producción y suministro a partir del año 2020.
- Incrementar la reutilización y preparación para la reutilización hasta llegar al 10% de los residuos municipales generados.
- Mejorar un 10% la eficiencia en el uso del agua.
- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero por debajo de los 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Para facilitar el cumplimiento de estos objetivos, se presentan ocho planes de acción, cinco de los cuales están basados en el cierre del ciclo de los productos: producción, consumo, gestión de residuos, materias primas secundarias, y reutilización del agua; y los otros tres son de carácter transversal: Sensibilización y participación, Investigación, innovación y competitividad, y Empleo y formación. Además, la EEEEC identifica seis

sectores prioritarios de actividad sobre los que se debería actuar, se trata de los sectores de la construcción, agroalimentario, pesquero y forestal, industrial, bienes de consumo, turismo y textil y confección.

Esta estrategia es una de las bases para llevar a cabo la implementación de modelos de simbiosis industrial, los cuales tienen un elevado potencial para alcanzar muchos de los objetivos planteados, y más en la Comunidad Valenciana, dónde muchos de los sectores identificados como prioritarios son base de su economía.

#### 4.1. La simbiosis industrial en el sector cerámico

Uno de los sectores clave en el ámbito territorial de la provincia de Castellón es la industria cerámica, siendo el principal motor económico de la provincia. Se estima que aproximadamente el 95% de la producción nacional procede de esta región, siendo el más competitivo de Europa dentro del sector y el colíder en innovación junto con el clúster de Sassuolo (Italia). Se trata además de una actividad productiva gran consumidora de recursos, principalmente silicatos y rocas silicatadas, y una gran variedad de minerales. Se estima que España es el tercer consumidor mundial de este tipo de materiales a nivel mundial (Galán & Aparicio, 2006). Además de rocas y minerales, este sector requiere del consumo de agua y energía para llevar a cabo los procesos.

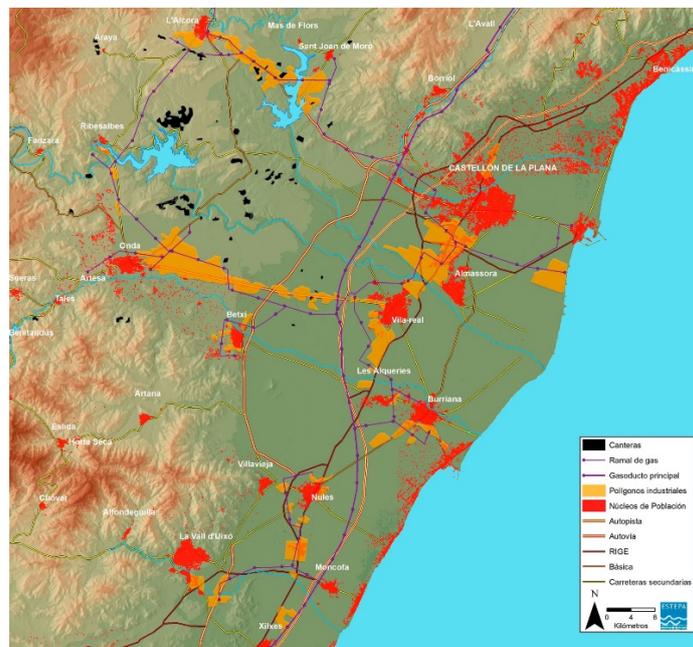


Figura 5. Distribución de polígonos industriales y canteras en la provincia de Castellón. Fuente: Paisajes turísticos valencianos, valiosos y valorados (<http://paisajesturisticosvalencianos.com/paisajes/la-industria-ceramica-de-la-plana/>)

Para convertirse en uno de los sectores económicos de referencia, la industria cerámica de Castellón ha desarrollado tecnologías avanzadas de vanguardia para adaptarse no sólo a las exigencias del mercado sino también medioambientales. Así pues, el sector cerámico presenta un gran potencial para implementar una amplia red de relaciones de simbiosis industrial, tanto por su capacidad tecnológica y concienciación ambiental, como por la gran posibilidad de reducir el consumo de recursos y la generación de residuos.

Actualmente ya existen algunas relaciones de simbiosis industrial en el sector, como por ejemplo el uso de residuos de vidrio o la reutilización de lodos procedentes del proceso de esmaltado en empresas fabricantes de polvo atomizado. Sin embargo, esta red de relaciones podría ser incluso mayor tal y como demuestran los proyectos REWACER, *LIFE EGGSHELLENCENCE: A potential raw material for ceramic wall tiles* (REF.: LIFE19 ENV/ES/000121) o LIFE In-BRIEF (REF.: LIFE14 ENV/ES/000427)

EL objetivo del proyecto REWACER es impulsar la reutilización de aguas residuales y promover su uso en el sector cerámico con el fin de reducir la presión sobre la principal fuente de abastecimiento de la provincia que es de origen subterráneo. La aplicación de este proyecto implica el desarrollo de un nuevo modelo de negocio/servicio, el del agua regenerada, y un nuevo vínculo entre las industrias cerámicas y las estaciones depuradoras.

Además, de agua las industrias cerámicas son consumidoras de energía, generalmente obtenida mediante combustibles fósiles. De tal modo que con el fin de descarbonizar los procesos cerámicos el proyecto LIFE In-BRIEF plantea el uso del biogás generado a partir de residuos agroalimentarios y lodos de depuración en una planta de tratamiento de residuos agroalimentarios de la provincia, localizada concretamente en la Vall d'Uixò. Actualmente esta planta de biogás tiene la capacidad para tratar 40.000 toneladas al año de residuos y producir 200 Nm<sup>3</sup> /h, que pueden producir 500 kW de energía eléctrica en un motor de cogeneración. En el proceso de digestión anaerobia, además de obtener biogás, se obtiene como subproducto el digestato, el cual puede ser utilizado como fertilizante líquido.

Sin embargo, quizás el proyecto más innovador de simbiosis industrial que envuelve al sector cerámico es el LIFE EGGSHELLENCCE el cual vuelve a unir al sector cerámico con el alimentario, en este caso promoviendo la reutilización de miles de toneladas de cáscaras de huevo con el fin de incorporar el carbonato cálcico que estas contienen como submateria prima en composiciones de azulejos cerámicos.

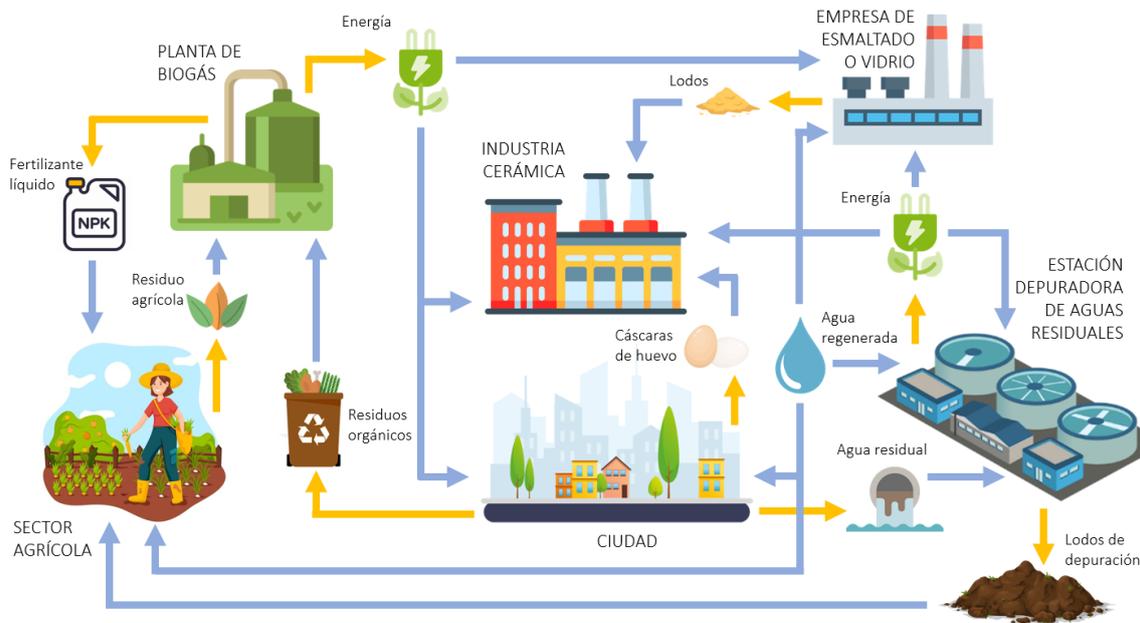


Figura 6. Ejemplo de simbiosis industrial en la industria cerámica. Elaboración propia.

Para optimizar al máximo los recursos del sector cerámico, además de establecer relaciones de simbiosis que impliquen el flujo de materiales, puede potenciarse el uso compartido de infraestructuras o sistemas logísticos entre empresas del sector que utilicen los mismos recursos con el fin de incrementar su eficiencia y minimizar costes.

## 5. Como garantizar el éxito de las relaciones de simbiosis industrial

Para alcanzar los objetivos y principios de la economía circular, y que estrategias como la simbiosis industrial se puedan implementar, hay que dar un paso más allá y superar una serie de barreras, así como mejorar la información y gestión del flujo de residuos

que generan los diferentes sectores industriales y ser conscientes de sus potencialidades comerciales e industriales.

### 5.1. Superación de barreras

A pesar de los beneficios que presentan los modelos de simbiosis industrial su implementación práctica no es sencilla. Las principales limitaciones encontradas que dificultan la puesta en marcha de modelos de simbiosis industrial y la colaboración conjunta entre empresas son las siguientes:

#### **1. Compromiso de la sociedad civil con la economía circular:**

Transformar el actual modelo económico lineal requiere cambiar los patrones de producción y de consumo, por lo que se requiere de la colaboración y el compromiso del conjunto de la sociedad. Para ello es importante que se sustituya el “comprar un producto nuevo” por “compartir”, “alquilar”, “reutilizar”, “reparar”, “renovar” y “reciclar”.

#### **2. Incrementar la información sobre las potencialidades de los residuos como recursos:**

Hoy en día aún existen muchos prejuicios sobre el uso de materiales de desecho como fuente de recursos, por lo que para garantizar el establecimiento de relaciones de simbiosis industrial es esencial sobrepasar esta barrera y promocionar la potencialidad de los residuos como recurso.

#### **3. Disponibilidad de tecnologías de tratamiento de residuos**

Para poder hacer uso de los residuos como recurso es posible que estos requieran de un tratamiento previo o acondicionamiento, para lo cual es necesario disponer de ciertos conocimientos o habilidades técnicas, o bien de recursos económicos suficientes para su desarrollo.

#### **4. Modelos de negocio y coordinación entre actores de la cadena de valor**

Un aspecto crucial para impulsar los modelos de simbiosis industrial es destacar su papel como modelo de negocio. Para ello, se deben considerar las especificidades y limitaciones de cada empresa para aprovechar al máximo las oportunidades que puede ofrecer el establecimiento de una red de relaciones con otras empresas, destacando los beneficios económicos entre los que cabe destacar:

- ahorro de costes en transporte gracias a la colaboración con empresas locales
- aumento del poder de negociación de las empresas como resultado de compartir servicios
- ahorro en la gestión de residuos e ingresos adicionales por su puesta en valor
- reducción de la dependencia de los canales clásicos de suministro de recursos.

Además, la labor de intermediarios en este tipo de relaciones es, en muchos casos, esencial para garantizar el dialogo y la comunicación entre los diferentes actores y potenciar valores como la confianza, confidencialidad, franqueza, igualdad y cooperación.

#### **5. Concienciación de los impactos ambientales y sociales del actual sistema de producción:**

No solo es importante dar a conocer el potencial económico de la simbiosis industrial, sino también el ambiental y social. Hay que destacar la reducción de los impactos ambientales que pueden evitarse gracias a la valorización de los residuos que se generan en los procesos industriales puede favorecer la aceptabilidad social, lo cual es imprescindible para promover proyectos de simbiosis industrial.

#### **6. Armonización de tecnologías, procesos, políticas**

Disponer de un marco regulatorio común que contenga los estándares sobre qué tipo de tecnología se debe aplicar y de qué forma, certificaciones de aplicación de los principios de economía circular, garantía de aplicación correcta... puede resultar muy útil para promover la implementación de proyectos de simbiosis industrial. Además, es también muy importante el apoyo de los gobiernos mediante financiación, formación, políticas de impuestos..., para garantizar las inversiones ambientales.

## 5.2. Digitalización de los sectores industriales y productivos

Por otra parte, en el desarrollo e implementación de nuevas relaciones de simbiosis industrial y alcanzar los objetivos de la Economía Circular, la digitalización o la industria 4.0 puede ser una gran aliada. El uso de herramientas como Big Data o IoT puede aportar grandes beneficios como los que se citan a continuación (Tseng et al., 2018):

- Identificar beneficios de la sostenibilidad que aún se desconocen, como por ejemplo una mejora de la eficiencia supone una mayor rentabilidad, pero además puede generar una reducción en el consumo de recursos y la generación de desechos que generalmente no se considera, lo que se traduce en una mayor sostenibilidad industrial.
- La aplicación de modelos de optimización matemática y computacional son una herramienta de gran utilidad en la toma de decisiones para optimizar las prácticas de simbiosis industrial.
- La monitorización, almacenamiento y tratamiento de datos es esencial para producir información confiable entre la cadena de suministro y las redes industriales y para optimizar el uso de recursos, garantizando así la optimización y el flujo de recursos en la red empresarial
- Elaboración de índices de aplicación universal capaces de medir la resiliencia y confiabilidad gracias a una mayor comprensión de la optimización del uso de recursos y la divulgación de datos operativos.
- El hecho de compartir datos e información favorece la confianza mutua entre los sectores que forman parte del sistema de simbiosis industrial, favoreciendo el consumo sostenible y la cultura corporativa, que finalmente tiene un impacto positivo en la mejora de la sostenibilidad industrial.

## 5.3. Planificación y diseño de una red de simbiosis industrial

Tal y como se ha observado en los casos de éxito de simbiosis industrial, estas pueden surgir de forma espontánea ante una necesidad de las empresas (simbiosis industrial en Kalundborg) o bien estar planificadas de ante mano (NISP, Reino Unido). En muchos casos estas relaciones que surgen de forma espontánea no tienen lugar, y no porque no exista una necesidad, sino por las siguientes situaciones (Kurnichow, 2018):

- las empresas desconocen el potencial de su flujo de residuos
- pese a ser conscientes del potencial de recursos, las empresas no conocen otras empresas con las que establecer sinergias
- pese a conocer su potencial y con qué empresas establecer las sinergias, las empresas no disponen de recursos (económicos, tiempo, tecnológicos...) para llevarlo a cabo

De modo, que para hacer frente a las situaciones planteadas anteriormente y garantizar el desarrollo de redes de simbiosis industrial, una solución puede ser diseñar proyectos de simbiosis industrial de forma premeditada y planificada. En la implementación de proyectos de simbiosis industrial se pueden diferenciar las siguientes fases (Figura 7):

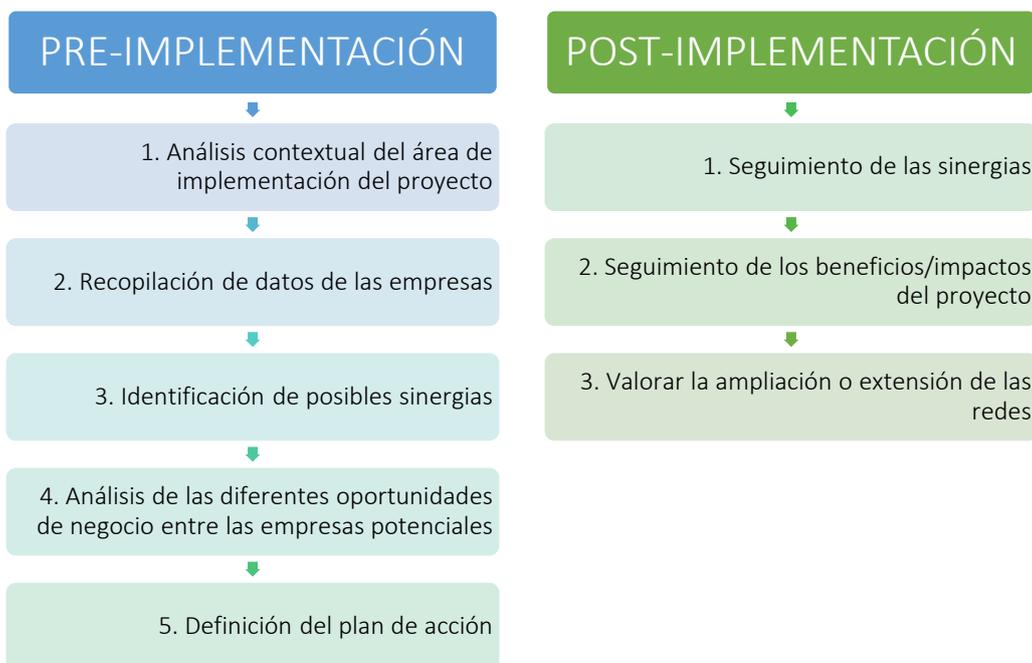


Figura 7. Fases de implementación de un proyecto de simbiosis industrial. Fuente: Adaptación de Marconi et al. (2018)

Para poder implementar un proyecto de simbiosis industrial es necesario llevar a cabo un estudio del entorno en el que se va a implementar el proyecto y de las posibles relaciones que pueden existir, todo ello se desarrolla en una serie de etapas que podemos agrupar dentro de la etapa de pre-implementación, y que consta de las siguientes fases:

1. Análisis contextual del área de implementación del proyecto:  
Es necesario llevar a cabo un análisis para identificar las posibles empresas que formen parte del sistema de simbiosis, y los medios disponibles para llevar a cabo las sinergias.
2. Recopilación de datos de las empresas:  
Una vez identificadas las empresas es necesario recopilar información sobre su flujo de procesos, identificando los recursos y residuos generados.
3. Identificación de posibles sinergias:  
Tras identificar las necesidades de las empresas y los residuos generados, se plantean las posibles relaciones que puede haber entre las empresas y puede resultar de gran ayuda la elaboración de un mapa de recursos con el fin de tener una visión sistemática del proyecto.
4. Análisis de las diferentes sinergias y oportunidades negocio entre las empresas potenciales:  
En esta etapa se deben analizar las distintas alternativas y plantear los objetivos colectivos e individuales que se pretenden alcanzar con la implementación de la red de simbiosis.
5. Definición del plan de acción  
En este último apartado se deben establecer los pasos a seguir para poner en marcha el proyecto y alcanzar los objetivos comunes e individuales planteados.

Tras la puesta en marcha del proyecto comienza la etapa de post-implementación, ya que para garantizar su viabilidad a largo plazo es necesario hacer un seguimiento de éste y analizar nuevas oportunidades o potencialidades y adaptarlo a los posibles cambios del mercado, por lo que son necesarias las siguientes fases:

1. Seguimiento de las sinergias  
Una vez implementado el proyecto es necesario que las empresas reciban apoyo para poder llevar a cabo el plan de acción y cumplir con los propósitos planteados.
2. Seguimiento de los beneficios/impactos del proyecto  
Con el fin de medir o evaluar los beneficios asociados a la simbiosis industrial y su contribución en el cumplimiento de los propósitos de la economía circular

sería conveniente desarrollar un sistema de indicadores capaz de medir tanto los beneficios ambientales como económicos.

3. Valorar la ampliación o extensión de las redes:

Además, para garantizar la viabilidad de los procesos de simbiosis industrial es muy importante que una única empresa o proceso industrial no dependa únicamente de otra, ya que cualquier contratiempo en una de ellas puede afectar a la otra. Fraccascia et al. (2020) analizan la importancia de la redundancia de empresas en los modelos de simbiosis industrial y concluyen que la red de relaciones debe estar formada por un número óptimo de empresas, ya que un exceso de ellas ofrece mayor resiliencia ante cualquier perturbación, pero reduce el beneficio económico; y por el contrario, si la red está formada por un número reducido de empresas las ganancias son mayores, pero son más vulnerables ante cualquier perturbación.

## 6. Conclusiones

No cabe duda de que la simbiosis industrial puede ser clave en la transformación del actual modelo económico lineal e insostenible hacia un modelo económico más sostenible y circular, en el que las materias primas y productos permanecen más tiempo en el sistema económico incrementando de esta forma la eficiencia en el uso de recursos y reduciendo los residuos generados. La simbiosis industrial presenta un *win-win* a nivel social y ambiental, y económico. Son más que evidentes los beneficios sociales y ambientales asociados a la simbiosis industrial, pero además de ello la simbiosis industrial supone también un nuevo modelo de negocio en el que se ponen en valor materiales que hasta el momento eran considerados un residuo, abriendo de esta forma nuevos mercados.

Para llevar a cabo esta transformación es necesario un cambio en el modelo de producción, para lo cual se requiere la colaboración conjunta de productores y consumidores. Es, por tanto, una labor que la sociedad debe ir cumpliendo conjuntamente a todos los niveles. A nivel europeo y nacional ya se han elaborado guías y directrices que marcan las líneas de actuación que hay que seguir para hacer el cambio. Como hemos podido ver, parte del sector industrial también ha mostrado interés en

ello. Pero para que esto sea una realidad extendida aún queda un largo camino por recorrer, y hay que hacer frente a una serie de limitaciones como por ejemplo la aceptación social del uso y reutilización de productos, y otras de tipo institucional como la segmentación institucional y administrativa en cuanto a la gestión de residuos, que en muchos casos dificultan su recirculación. Además de ello, sería conveniente elaborar un paquete o programa para ayudar a sectores y empresas que no disponen de recursos económicos o tecnológicos suficientes para poder formar parte de este sistema de simbiosis industrial. Y finalmente, pero no menos importante, hay que destacar la relevancia que tienen disponer de un sistema de información conjunta para optimizar las relaciones, es muy difícil desarrollar un sistema de simbiosis industrial si se desconocen los recursos y productos que empresas vecinas necesitan o generan.

## REFERENCIAS

- Baas, L. (2011). Planning and uncovering industrial symbiosis: comparing the Rotterdam and Östergötland regions. *Business Strategy and the Environment*, 20(7), 428-440.
- Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), 313-337.
- Côté, R., & Hall, J. (1995). Industrial parks as ecosystems. *Journal of Cleaner Production*, 3(1), 41-46. [https://doi.org/10.1016/0959-6526\(95\)00041-C](https://doi.org/10.1016/0959-6526(95)00041-C)
- 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. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 76-98. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.016>
- European Commission (2014) Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe
- Galán, E., & Aparicio, P. (2006). Materias primas para la industria cerámica. *Seminarios De La Sociedad Española De Mineralogía*, 2, 31-49.

- Jacobsen, N. B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1-2), 239-255.
- Johnsen, I. H., Berlina, A., Lindberg, G., Teräs, J., Smed Olsen, L., & Mikkola, N. (2015). The potential of industrial symbiosis as a key driver of green growth in Nordic regions.
- Kuchinow, V. (2018). La simbiosis industrial o cómo aplicar los conceptos de economía circular en un municipio (a través de su tejido industrial), *Eco Cricular*, El portal de noticias de economía circular. Acceso 23 de noviembre de 2021 a través de <https://eco-circular.com/2018/01/19/la-simbiosis-industrial-o-como-aplicar-los-conceptos-de-economia-circular-en-un-municipio-a-traves-de-su-tejido-industrial/>
- Lombardi, D. R., & Laybourn, P. (2012). Redefining industrial symbiosis: Crossing academic–practitioner boundaries. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 28-37.
- Marchi, B., Zanoni, S., & Zavanella, L. E. (2017). Symbiosis between industrial systems, utilities and public service facilities for boosting energy and resource efficiency. *Energy Procedia*, 128, 544-550. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.006>
- Marconi, M., Gregori, F., Germani, M., Papetti, A., & Favi, C. (2018). An approach to favor industrial symbiosis: the case of waste electrical and electronic equipment. *Procedia Manufacturing*, 21, 502-509. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.150>
- Ministerio para la Transformación Ecológica y el Reto Demográfico. Estrategia Española de Economía Circular y Planes de Acción. <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia/>
- Paquin, R. L., & Howard-Grenville, J. (2012). The Evolution of Facilitated Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 83-93. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00437.x>
- Short, S. W., Bocken, N. M., Barlow, C. Y., & Chertow, M. R. (2014). From refining sugar to growing tomatoes: Industrial ecology and business model evolution. *Journal of Industrial Ecology*, 18(5), 603-618.

Tseng, M., Tan, R. R., Chiu, A. S. F., Chien, C., & Kuo, T. C. (2018). Circular economy meets industry 4.0: Can big data drive industrial symbiosis? *Resources, Conservation and Recycling*, 131, 146-147. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.028>