

DOCUMENTO DE TRABAJO

Análisis sobre la simbiosis industrial y su innovación

COMITÉ TÉCNICO CT-45 Simbiosis industrial



CONAMA 2020
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Edita: Fundación Conama

Año: 2021



Este documento está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

El material de esta publicación puede ser usado libremente, compartido, copiado, reproducido o impreso atribuyendo a Conama la fuente y la propiedad. El material de esta publicación que se atribuye a terceras partes está sujeto a términos de uso y restricciones diferentes, de forma que estas terceras partes deben ser consultadas.

ISBN: 978-84-09-35690-4

Referencia

Perero, E., y Rodríguez, I. (Coords). (2021). Análisis sobre la simbiosis industrial y su innovación. Fundación Conama.

Participantes del presente documento

Coordinadores y relatores CT-45

Eduardo Perero. Área técnica. Fundación Conama.

Irene Rodríguez. Área técnica. Fundación Conama.

Comité técnico CT-45

Aitana Sáez de Guinoa. Jefe de Proyecto, CIRCE - Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos.

Ángel Fernández Homar. Presidente, Fundación para la Economía Circular.

David San Martín Errea. Investigador, Fundación AZTI-AZTI Fundazioa.

Dimas Vallina García. Director Gerente, CEMA - Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente.

Jesús Díez. Director de Programas, Fundación Patrimonio Natural de la Junta de Castilla y León.

José Luis de la Cruz Leiva. Secretario, ASYPS - Asociación para la Sostenibilidad y el Progreso de las Sociedades.

José Manuel Portas Rodríguez. Técnico de proyectos, AERESS - Asociación Española de Recuperadores de Economía Social y Solidaria.

Luis Palomino. Secretario General, ASEGRE - Asociación de Empresas Gestoras de Residuos y Recursos Especiales.

M^a Carmen Ruiz Puente. Profesora Titular, Universidad de Cantabria.

María Fernández Peral. Técnica Servicio Empresas / Industria, Ayuntamiento Vitoria-Gasteiz.

María José Blázquez Gómez. Directora del departamento técnico y de operaciones, Sigre.

Mariela Martín López. Técnico de Medio Ambiente y PRL, CEMA - Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente.

Mónica Calonge Viadero. Responsable de Medio Ambiente, UGT Cantabria, UGT - Unión General de Trabajadores.

Nicolas Molina García. Responsable Área Técnica, FER - Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje.

Pedro Manuel López Medina. Jefe de Servicio de Implantación de la Economía Circular, Junta de Comunidad de Castilla-La Mancha.

Raquel Segovia Rodriguez. Gerente, ANGEREA - Asociación Nacional de Gestores de Residuos de Automoción.

Raúl Vega Otero. Jefe del Departamento de Calidad del Suelo, Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático. Junta de Andalucía.

Sergio Martínez Lozano. Principal Researcher of waste Valorisation & Recycling Technologies Group, LEITAT - Acondicionamiento Tarrasense.

Vicente Galván López. Director General Economía Circular, Comunidad de Madrid.

Sobre CONAMA

Conama es una fundación dedicada a promover redes de colaboración sobre el medio ambiente entre los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil, creando espacios de encuentro y diálogo y contribuyendo a la creación de conocimiento compartido en relación a la transición ecológica.

Conama se encarga desde 1992 de la organización del Congreso Nacional del Medio Ambiente, el mayor encuentro ambiental en España.

+ Info: www.fundacionconama.org

Índice

1. Introducción.....	2
1.1. El Pacto Verde	2
1.2. La nueva industrialización	2
1.3. La economía circular para impulsar la nueva industria	3
2. Objetivos	4
3. Un Análisis de la Definición de simbiosis industrial.....	5
4. Componentes de una simbiosis industrial	11
5. Pasos para articular una simbiosis industrial.....	13
6. Herramientas y Experiencias en simbiosis industrial.....	17
6.1. Herramientas de fomento de la generación de simbiosis industrial	17
6.2. Tipos de proyectos de simbiosis industrial identificados.....	23
7. Claves para construir la simbiosis Industrial.....	34
7.1. Claves del éxito	34
7.2. Barreras.....	36
7.3. Medidas a fomentar para potenciar la simbiosis industrial.....	37
8. Conclusiones y líneas de desarrollo	39

1. Introducción

1.1. El Pacto Verde

La Comisión Europea publicó el **Pacto Verde Europeo**¹ en diciembre de 2019, como forma de revalidar el compromiso de la Comisión en responder a los desafíos del clima y deterioro ambiental para lograr una sociedad equitativa, próspera, con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, manteniendo y mejorando el capital natural de la UE y como forma de proteger la salud y el bienestar de los ciudadanos frente a los riesgos y efectos ambientales.

Los principales elementos del Pacto Verde son:

- **Clima.** Un mayor nivel de ambición climático de la UE para 2030 y 2050.
- **Energía.** Suministro de energía limpia, asequible y segura
- **Industria.** Movilización de la industria en pro de una economía limpia y circular
- **Construcción.** Uso eficiente de la energía y los recursos en la construcción y renovación
- **Contaminación.** Hacia una contaminación cero en un entorno sin sustancias tóxicas
- **Biodiversidad.** Preservación y restablecimiento de los ecosistemas y la biodiversidad
- **Alimentación.** Un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente
- **Movilidad.** Acelerar la transición a una movilidad sostenible e inteligente

Además, se establecen otros principios transversales donde destaca la transición justa, bajo el principio de no dejar nadie atrás, y la innovación en todos los procesos, entre otros.

1.2. La nueva industrialización

La Comisión europea identifica a la industria como uno de los elementos claves para activar el Pacto Verde, que considera aún demasiado lineal y dependiente de un flujo de extracción y comercialización de materiales, su transformación en productos y, finalmente, su eliminación como residuos o emisiones, se estima que solo el [12 % de los materiales utilizados por la industria procede de reciclado](#).

En este sentido, en marzo de 2020 la Comisión ha adoptado una estrategia denominada “Un nuevo modelo de industria para Europa²” para acometer el doble desafío de la transformación verde y digital.

¹ Más información en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

² Más información en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1593086905382&uri=CELEX:52020DC0102>

La industria es fundamental para el progreso y la prosperidad de Europa en el presente y futuro. La emergencia sanitaria provocada por el Covid-19 ha puesto en valor la capacidad que tiene la industria para estabilizar la economía y cómo los países dependientes del sector servicios, especialmente del turismo, como es el caso español, sufren en mayor medida el impacto económico y social de estos impactos globales.

Los objetivos de esta Estrategia se basan en los siguientes principios:

- Una industria competitiva y líder a nivel mundial
- Una industria que allane el camino hacia la neutralidad climática
- Una industria que configure el futuro digital de Europa

Para ello se establecen las siguientes líneas estratégicas:

- Más seguridad para la industria: un mercado único más profundo y más digital
- Defensa de la igualdad de condiciones a nivel mundial
- Apoyo a la industria en su avance hacia la neutralidad climática
- Creación de una economía más circular
- Integración de un espíritu de innovación industrial
- Capacitación y reciclaje profesional
- Inversión y financiación de la transición

Como se establece en la propia Estrategia se sientan las bases para una política industrial que apoye la doble transición, aumente la competitividad de la industria de la Unión a nivel mundial y mejore la autonomía estratégica de Europa.

1.3. La economía circular para impulsar la nueva industria

La economía circular ofrece un gran potencial de creación de actividades y, por tanto, de puestos de trabajo nuevos, si bien se considera que el ritmo de avance es demasiado lento, no observándose progresos ni generalizados ni uniformes.

En marzo de 2020 la Comisión Europea adoptó un nuevo **Plan de Acción para la Economía Circular**³, que ayudará a modernizar la economía de la UE y generar y estimular nuevos

³ Más información: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:52020DC0098>

mercados pioneros de productos climáticamente neutros y circulares, tanto dentro como fuera de la UE, incluyendo medidas para animar a las empresas a que ofrezcan productos reutilizables, duraderos y reparables.

En dicho Plan se establece un apartado específico para la **circularidad de los procesos de producción**, en sinergia con los objetivos establecidos en la estrategia industrial, donde, entre otros aspectos, se facilitará: *La **simbiosis industrial** mediante el desarrollo de un sistema de notificación y certificación promovido por la industria, y posibilitar su puesta en práctica;*

Este sistema se espera que pueda ponerse en marcha en 2022 y pone de relieve la necesidad de fomentar la simbiosis industrial como forma de emprender nuevas e innovadoras relaciones entre industrias de las misma o distintas cadenas de valor para compartir e intercambiar materiales, energía, agua e información para un uso más eficiente de los recursos.

Además, el Plan recoge la promoción del uso de **tecnologías digitales de localización, rastreo y mapeo de los recursos**, aspecto muy útil para poder identificar las potenciales simbiosis entre entidades.

Y finalmente, se señala que la nueva **Estrategia para las pymes**⁴ fomentará la colaboración industrial circular entre pymes, dado que son las Pymes la base del tejido económico e industrial de la Unión Europea, además del emprendimiento.

La simbiosis industrial se presenta no sólo como una oportunidad de fomentar en la actual industria una forma de hacer más eficiente, circular y competitiva, sino también una forma de generar nuevas oportunidades de negocio, nuevas actividades derivadas de actores que generan esas relaciones simbióticas, que permitan articularlas o actores que generan de puente entre dichas relaciones o catalizadores de dichos procesos.

2. Objetivos

Los objetivos de este informe son los siguientes:

- Ahondar en el concepto de la simbiosis industrial con el objetivo de conocer mejor su alcance y posibilidades de desarrollo.
- Analizar cuáles son las componentes y las metodologías básicas para desarrollar una simbiosis industrial.
- Un acercamiento a la implantación de la simbiosis industrial en España y sus posibilidades de desarrollo.

⁴ Más información: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0103&qid=1584954599136&from=ES>

3. Un Análisis de la Definición de simbiosis industrial

Para ahondar en la definición de simbiosis industrial, se ha partido de una de las definiciones más sencillas, que se ha construido a partir de la identificación bibliográfica, que es la siguiente:

Una forma de colaboración innovadora donde 2 o más entidades intercambian materiales, agua, energía y/o información de una manera que beneficia mutuamente a todos

A partir de ahí, se ha contrastado la misma, con distintos actores tanto del Comité Técnico conformado por Conama sobre Simbiosis industrial (CT.45) como de otros actores de interés. Como resumen de las cuestiones que los participantes de este Comité consideraban interesantes incorporar a la definición se han expresado las siguientes:

- La definición debe remarcar de forma clara que la simbiosis debe ser considerada por todos los agentes, entidades, organismo y empresa como una oportunidad de negocio y debe resaltar los aspectos económicos beneficiosos que conlleva su potenciación.
- Enmarcar el concepto en una visión sistémica de la industria para lograr un resultado mejor al que consiguen las entidades/organizaciones/actividades funcionando de manera individual.
- Hacer referencia a la industria y economía.
- Introducir el concepto de recursos infrautilizados (residuales).
- Se considera una estrategia empresarial que fomenta la creación de sinergias entre empresas.
- Se mejora la eficiencia en el uso de recursos naturales.
- Se reducen los costes asociados a materias primas, bienes, servicios y tratamiento de residuos.
- Son formas de colaboración innovadoras.
- Permite mantener los recursos en el ciclo económico más tiempo, reduciendo la explotación de materias primas.
- Mejoren la competitividad.

Además, en el seno del comité técnico se han realizado las siguientes propuestas de definiciones:

- Una nueva forma de colaboración entre empresas o entidades, sustentada en los principios de la economía circular, mediante la que, a través de acuerdos y convenios técnicos, económicos y administrativos con un horizonte temporal de largo plazo, intercambian materiales, agua, energía e información con objeto de cerrar sus círculos.
- Enfoque sistémico de la industria que identifica las oportunidades de negocio (entre las organizaciones) para mejorar el uso de los recursos. Las sinergias de simbiosis industrial son transacciones donde una entidad adquiere recursos infrautilizados de la entidad que los genera y los integra como entradas en su propio proceso de producción.
- La simbiosis industrial es una estrategia empresarial que fomenta la colaboración y la creación de sinergias entre empresas. Esta estrategia permite la mejora de la eficiencia en el uso de recursos por tal de reducir costes asociados a la adquisición de materias primas, bienes, servicios y tratamiento de residuos, aumentando a su vez los beneficios de las empresas.
- La simbiosis industrial es una herramienta potente para poner en práctica el concepto de economía circular en empresas, porque permite que los recursos sobrantes (subproductos, residuos, calor, etc.) de la actividad de una empresa sean utilizados por una segunda empresa, optimizando su vida útil.

Otras estrategias de simbiosis industrial que las empresas pueden seguir es el uso compartido de almacenes, medios de transporte, sistemas de logística, etc.

Asimismo, se aportan definiciones de entidades de referencia que se han considerado interesantes a tener en cuenta:

- "La simbiosis industrial constituye una aproximación sistemática a un sistema industrial más integrado y sostenible que identifique las oportunidades de negocio que sacan provecho de recursos infrautilizados". Definición incluida en la *Cooperation fostering industrial symbiosis: market potential, good practices and policy actions. Final report*.
- "La simbiosis industrial es el uso por parte de una empresa o sector de recursos subutilizados ampliamente definidos (incluidos desechos, subproductos, residuos, energía, agua, logística, capacidad, experiencia, equipos y materiales) de otra, con el resultado de mantener los recursos en uso productivo durante más tiempo". Comité Europeo de Normalización, Acuerdo de taller del CEN 17354 (2018)
- "Estrategia empresarial que consiste en conectar varias industrias con objeto de reducir la necesidad de materias primas vírgenes y la eliminación de residuos, cerrando así el circuito del material, una característica fundamental de la economía

circular y un motor para el crecimiento verde y soluciones eco-innovadoras. También puede reducir las emisiones y el uso de energía y crear nuevos flujos de ingresos”. Estrategia Española de Economía Circular 2030.

Derivado de todas estas definiciones y análisis sobre las mismas, se han identificado qué palabras claves serían importantes que formarán parte de la definición de simbiosis industrial. Se han identificado 3 grupos de palabras claves, unas referidas a la visión general, otros sobre los aspectos económicos a resaltar y otros sobre el uso de recursos.

Cuadro 1. Palabras clave en una definición de simbiosis industrial

Grupo	Palabras clave
General	<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta • Estrategia empresarial • Visión sistémica • Creación de sinergias • Nuevas formas/innovadoras de colaboración • Principios de la economía circular • Colaboraciones a largo plazo • Beneficios mutuos
Económico	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidad de negocio • Beneficios económicos • Reducción de costes • Eficiencia • Optimización • Vida útil: Alargar/optimizar la vida útil de los recursos o mantener los recursos en uso productivo durante más tiempo • Mejora de la competitividad
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Materias primas (incluidas agua y energía), bienes, servicios y tratamiento de residuos • Materiales, agua, energía e información • uso compartido de almacenes, medios de transporte, sistemas de logística • Compartir capacidad, experiencia, equipos y materiales • Recursos infrautilizados/subutilizados: transacciones donde una entidad adquiere recursos infrautilizados de la entidad que los genera y los integra como entradas en su propio proceso de producción. • Los recursos sobrantes (subproductos, residuos, calor, etc.) de la actividad de una empresa sean utilizados por una segunda empresa, • Cierre de círculos • Mantenimiento durante más tiempo los recursos en el ciclo económico

Como resultado de este análisis se ha construido la siguiente definición, atendiendo a todas las palabras claves (subrayadas en los textos anteriores) que se han identificado en todas las definiciones y descripciones anteriores.

La **simbiosis industrial** es una estrategia empresarial, con visión sistémica, que fomenta formas innovadoras y sinérgicas de colaboración a largo plazo, entre dos o más entidades, tanto, para reducir costes de producción y explotación, como para mejorar la competitividad y crear oportunidades de negocio que generen beneficios económicos mutuos, mediante la optimización y la eficiencia de los recursos, en base a los principios de la economía circular.

Los acuerdos se basan, fundamentalmente, en:

- Utilizar recursos (incluidas agua y energía) sobrantes de una actividad que las genera (subproductos, residuos, calor, vertidos, etc.) y que los integra en otras actividades como entradas de su propio proceso de producción o explotación.
- Compartir el uso de recursos infrautilizados (almacenes, locales, medios de transporte, sistemas de logística, maquinaria, equipos, etc.)
- Intercambiar información, experiencias y capacidades, además de otras formas innovadoras de colaboración.



Figura 1: Fotografía de una de las reuniones celebradas por el Comité CT.45 sobre Simbiosis Industrial

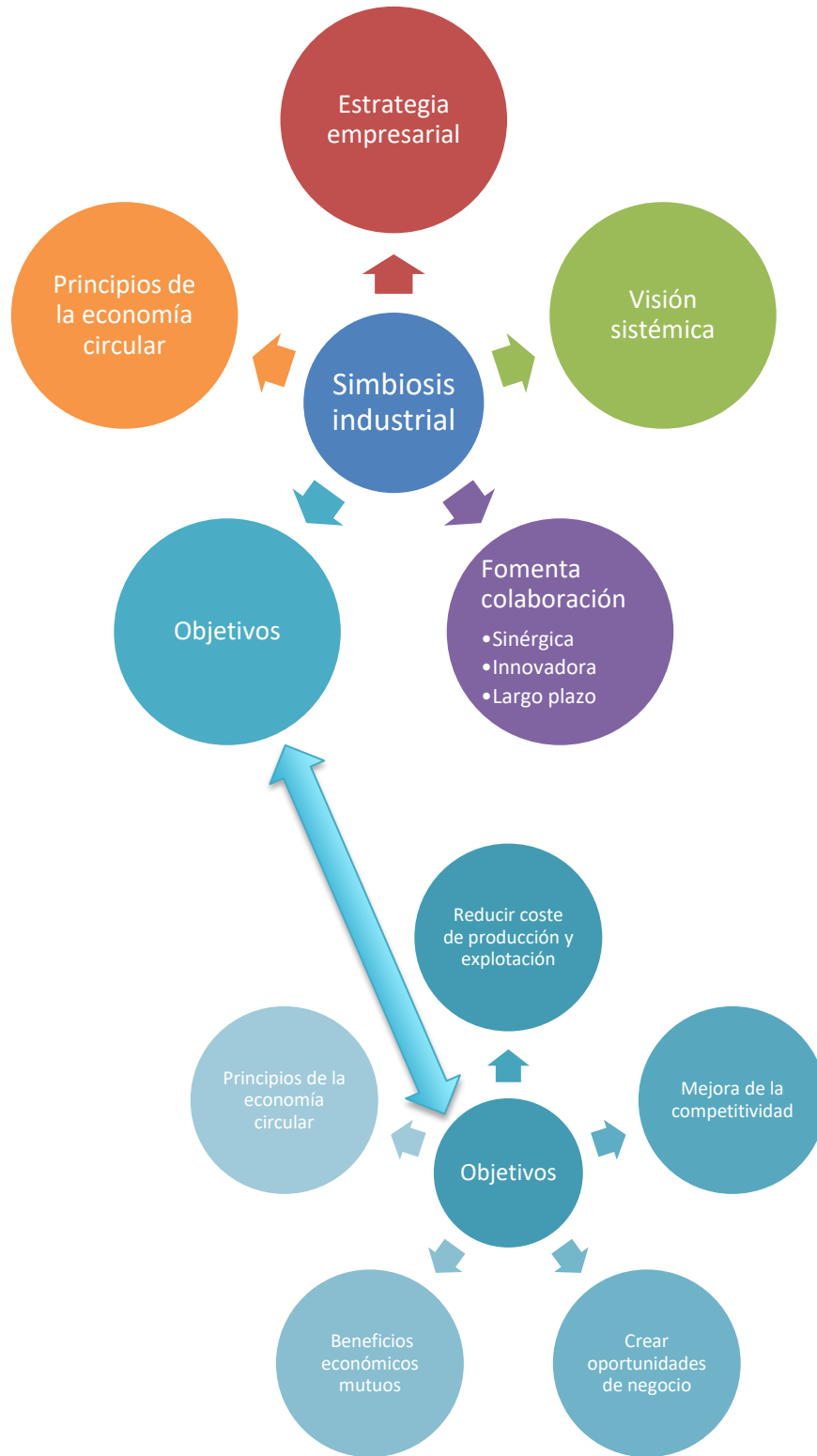


Figura 2: Componentes básicos de la definición de simbiosis industrial

Hay que señalar que dentro de la definición se ha mencionado la base de los principios de la economía circular, donde se ha resumido o sintetizado muchos de los aspectos que se le atribuyen a la simbiosis industrial y que seguramente requeriría su definición para una concepción global, como el cierre de ciclos, el mantenimiento de las materias primas en el ciclo económico el mayor tiempo posible, la optimización de la utilización de los recursos naturales, la minimización de los impactos, la conservación y regeneración del capital natural, etc.

En este sentido, se expresa **la definición de economía circular que la Fundación Conama generó en 2018** en base al análisis realizado de varios grupos y comités de trabajo en la materia:

¿Qué es **Economía Circular** ?

CONAMA

Basada en la regeneración del **capital natural**

La economía circular es aquel modelo económico que:

- ✓ Utiliza la **mínima cantidad de recursos naturales** necesarios, incluidos el agua y la energía, para satisfacer las necesidades requeridas en cada momento.
- ✓ **Selecciona de forma inteligente** los recursos, evitando los no renovables y las materias primas críticas, y favoreciendo la utilización de materiales reciclados siempre que sea posible y cumplan los requisitos para una finalidad determinada.
- ✓ Gestiona **eficientemente** los recursos utilizados, manteniéndolos y recirculándolos en el sistema económico el mayor tiempo posible, generando menos residuos y evitando utilizar recursos que sean innecesarios.
- ✓ Reduce los impactos ambientales, además de permitir restituir el **capital natural** y fomentar su regeneración.

Economía de alto valor añadido

 Definición Conama sobre Economía Circular

Figura 3: Definición realizada por comités de Conama sobre Economía Circular (2018)

4. Componentes de una simbiosis industrial

Siendo conscientes la dificultad que entraña definir un concepto que contiene cierta complejidad y que hace referencia a una multitud de situaciones, muchas veces, resulta más fácil acercarse al concepto por las cualidades o características que se les presupone y le califica que por su definición concreta.

En este sentido, se ha consultado con el grupo de trabajo de simbiosis industrial de Fundación Conama, y se han aportado las siguientes características:

Cuadro 2. Características de la simbiosis industrial

Características	Justificación
Circularidad	<p>La incorporación a ciclos naturales o el cierre de ciclos antrópicos, a través del cumplimiento de los principios de la economía circular.</p> <p>La simbiosis industrial debe permitir que gracias a la utilización de subproductos, materias, energía y logística se optimice el uso de los recursos naturales, se reduzca la generación de residuos y se minimicen o se reduzcan las emisiones.</p>
Sostenibilidad	Los intercambios supongan beneficios a nivel ambiental, social y económico.
Colaboración	<p>La colaboración debe de estar basada en que el excedente del proceso de una de ellas debe de ser el alimento de la otra. Ello debe permitir el cierre de un ciclo, o avanzar en el arco que se aproxima al cierre. No está limitada a sectores, actividades o procesos.</p> <p>Una red de organizaciones diversa en sectores y tamaños contribuye al éxito, ya que la mayor parte de las oportunidades suceden fuera del propio sector. Además, cada sector de Gobierno, sector terciario, investigación y comunidad pueden contribuir a la simbiosis industrial con nuevas ideas y estimular actividades futuras.</p> <p>No se requiere una red formal para una entidad que persigue la simbiosis industrial, por ejemplo, en los sistemas auto-organizados.</p>
Compromiso	Adquirido por personas de todas las organizaciones con el poder económico y legal para suscribir los acuerdos.
Coordinación	La coordinación es clave para que se produzca la colaboración entre entidades 'extrañas'.
Capacidad de innovación	<p>Las empresas, si desean establecer simbiosis entre ellas, deben estar dispuestas a modificar y/o adaptar su producción y modelo actual de gestión de recursos/residuos/energía/servicios. Para ello, necesitaran disponer recursos (internos o externos) para efectuar el cambio.</p> <p>A menudo, una oportunidad de simbiosis industrial supone una diversificación innovadora del negocio habitual de la cadena de suministro.</p>

Características	Justificación
Recursos infrautilizados	Sub-productos, residuos, materiales, energía, agua, equipamiento u otros recursos que no son el resultado principal del proceso de producción.
	Las sinergias que implican materia, energía y agua son el núcleo de la simbiosis industrial, pero los recursos inmateriales como conocimiento, capacidad y logística son igualmente valiosos.
Servicios compartidos	Compartir puede reducir el impacto ambiental de los servicios, que está en línea con los objetivos de la simbiosis industrial. Pero si esos servicios no proceden de recursos previamente infrautilizados, entonces no estarían alineados con los aspectos clave de la simbiosis industrial.
Buena comunicación y transparencia	Debe haber buena comunicación y transparencia en la relación entre empresas, para garantizar la confianza y permitir la continuidad de la colaboración y asegurar el beneficio mutuo.
	Para avanzar en las sinergias se requieren datos de los recursos y nuevas tecnologías de otras organizaciones y/o entidades
Concreción y claridad	La simbiosis debe estar perfectamente identificada, respecto a la energía y materiales, los procesos en los que se usarán y las instalaciones.
Establecimiento de patrones de diagnosis y de medida	Es necesaria la monitorización de los resultados obtenidos en la simbiosis o nueva relación empresarial, para garantizar, mediante indicadores, la solidez de la colaboración respecto a no hacer nada
Estado del Arte	Se basará siempre en las mejores tecnologías y el estado del arte
Acuerdos a largo plazo	No se trata de acciones puntuales, sino que deben ser inherentes a los procesos implicados y de la misma duración que los mismos
Condiciones de negocio que incentivan la simbiosis industrial	Condiciones a través del mercado como reducción del coste, reducción del riesgo, mejora de la competitividad.
	Condiciones a través de las políticas y regulación como conceptos de residuo y sub-producto y responsabilidades.

Estas características atribuidas a la economía circular, añaden características generales a la propia definición sobre lo que debe implicar un proyecto de simbiosis industrial.

5. Pasos para articular una simbiosis industrial

Si bien los procesos de simbiosis industrial son aún incipientes y de diversa índole, se ha consultado y analizado con los distintos expertos del comité técnico de simbiosis industrial de Fundación Conama, qué pasos considera conveniente que un proceso de estas características tenga al menos en consideración, identificándose las siguientes y describiendo algunas de sus claves sin llegar a ser una descripción metodológica detallada, y teniendo en cuenta que cada proceso posee desarrollos totalmente diferentes. Por tanto, la presente relación sólo pretende realizar un primer acercamiento a algunos de los puntos clave que se han identificado y servir de inspirador para cualquier proceso.

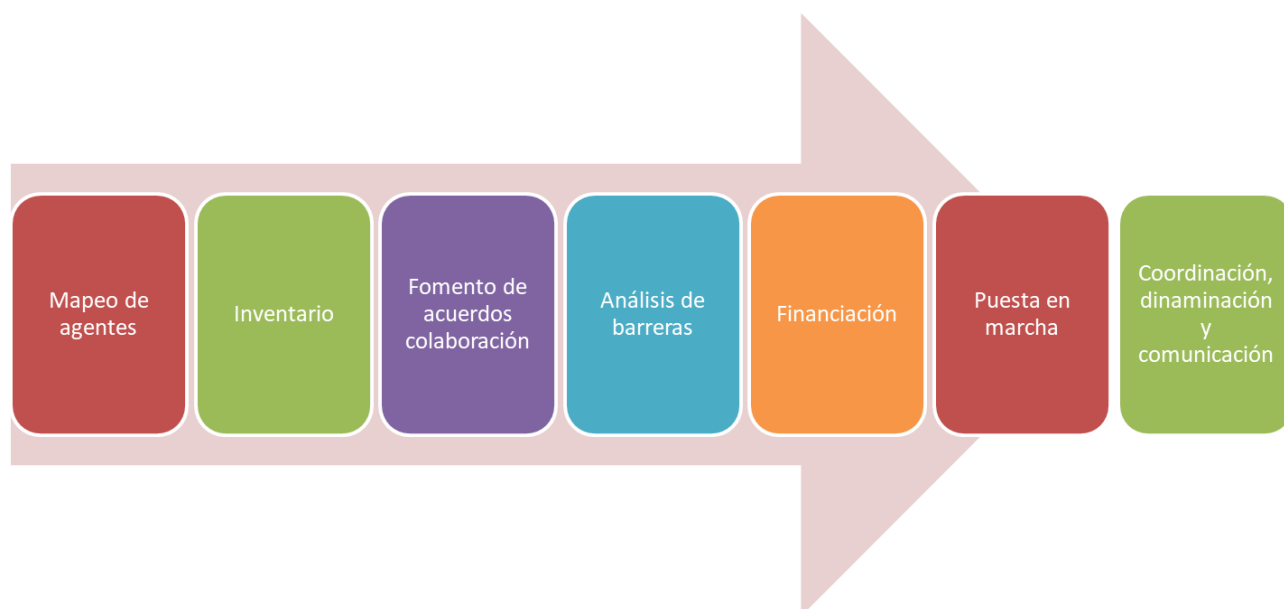


Figura 4: Etapas de implementación de una simbiosis industrial

Mapeo de agentes

Se considera un aspecto fundamental para fomentar procesos sistémicos e identificar necesidades y posibles conexiones y ámbitos de colaboración, incluso para identificar conexiones que en un principio no parecen evidentes.

Este tipo de mapeos los pueden realizar diversas entidades, si bien se considera que el principal agente que debiera fomentarlos son las administraciones públicas (en distintos niveles competenciales y tanto las de competencia industria como ambiental) ya que son las que por un lado, tienen capacidad de conocer las empresas y entidades presentes en su territorio además de los recursos necesarios y excedentes que se generan, y por otro lado, son las interesadas en generar procesos innovadores que mejoren la competitividad de su tejido económico y la creación de nuevas oportunidades de negocio y de empleo.

No obstante, pueden existir otros agentes privados como asociaciones empresariales, cámaras de comercio, clúster de empresas, polígonos industriales, etc. que podrían realizar este tipo de análisis.

No hay que olvidar que no sólo deben participar el sector industrial, sino empresas y entidades, incluso ONGs, que puedan colaborar de distintas formas de manera complementaria y simbiótica en los distintos principios de economía circular (reducción, reparación, reutilización, mantenimiento, reciclaje, etc.), de ahí la aplicación de una visión sistémica.

Asimismo, el mapeo puede servir de herramienta para establecer las bases de un sistema de comunicación entre los agentes, para distintos propósitos.

Finalmente, señalar que una de las claves es determinar la región que delimita, de forma coherente, este mapeo, entendiéndose por aquella área dentro de la cual existe una probabilidad de que existan conexiones, ya sean por su cercanía, conexión en cadenas de valor, etc.

Inventario, análisis de flujos e identificación de oportunidades

El siguiente gran paso tras la realización de un mapeo es conocer los recursos, materias primas, subproductos, residuos, servicios infrautilizados, calor, vertidos, etc., que pueden ser objetos de las colaboraciones y conexiones, además de los flujos de los mismos.

En este sentido, es importante encontrar o un sistema adecuado de datos o implementar un sistema eficiente de intercambio de datos de forma segura y fiable, que permita realizar los análisis necesarios para encontrar las conexiones más probables y eficientes.

Aquí la aplicación de sistemas tecnológicos basados en la digitalización de datos, con sistemas de seguridad, que permitan a los propios agentes proporcionar información de forma fiable sobre estos aspectos que los conoce, y herramientas de modelización (incluso aplicando sistemas de inteligencia artificial) que permitan analizar e identificar conexiones, pueden ser de gran utilidad, si bien requiere aún un gran desarrollo de innovación.

En un proceso más avanzado de implementación de procesos de simbiosis industrial requerirá añadir otras variables de información que detalle aspectos concretos para conexiones determinadas, que son claves para su viabilidad, como características de calidad, disponibilidad, accesibilidad, etc.

Todo ello con el objetivo de obtener un sistema de datos que permitan realizar una identificación de oportunidades de colaboración, utilizando para ello cualquier sistema analítico que permita identificar relaciones potenciales.

En algunos casos, no se han generado sistemas de datos, sino que la identificación de oportunidades se ha realizado mediante la activación de dinámicas entre agentes, realización de talleres o entrevistas para proponer las potenciales simbiosis identificadas u otras

dinámicas. Esto ha requerido en ocasiones, procesos de motivación y sensibilización, para transmitir los conocimientos básicos y beneficios potenciales de la simbiosis industrial.

Fomento de acuerdos de colaboración

Una vez identificadas las conexiones probables de simbiosis entre dos o más entidades, se considera necesario:

- Generar los acercamientos que en cada caso se requieran para construir de forma participativa los acuerdos para generar las simbiosis identificadas.
- Generar un clima de confianza que genere estabilidad y vinculación al acuerdo.
- Realizar los análisis de viabilidad necesarios. Entre ellos destacar los siguientes:
 - **Viabilidad técnica** de las operaciones que se deberían llevar a cabo para llevar con éxito las simbiosis. Es necesario generar un proceso de priorización y selección de aquellas oportunidades de simbiosis más necesarias para que otras puedan desarrollarse en el futuro. A veces, es necesario asentar algunas relaciones previas, antes de acometer otras.
 - **Viabilidad económica** (coste-beneficio) de la simbiosis establecida. Es necesario establecer principios de coste-beneficio para asegurar la viabilidad a largo plazo de dichas relaciones. Esta circunstancia no quita para que se puedan acceder a fondos, ayudas o cualquier otro instrumento que permita afrontar las inversiones iniciales necesarias que pudieran necesitarse.
 - **Analizar el marco legal y administrativo** adecuado para generar los convenios de colaboración que permita vehiculizar las conexiones, analizando y superando posibles barreras legales y administrativas que puedan surgir, propias de procesos de innovación que suelen encontrarse estas dificultades.

Análisis de barreras legales y cómo superarlos

En relación a lo anterior, es necesario analizar en estos procesos de innovación relacionados con la economía circular las posibles barreras administrativas y legales que pueden impedir la viabilidad de los acuerdos a pesar de la voluntad de las partes y la viabilidad técnica y económica del proyecto.

Hay que tener en cuenta que por regla general la normativa actual no es circular, muchas de las disposiciones no se han diseñado con este enfoque por lo que se detectan importantes barreras para distintas funciones como la utilización de aguas regeneradas, la obtención del fin de condición del residuo, la utilización de subproductos o la incorporación de materias primas secundarias, entre otros muchos supuestos.

El Comité CT.51 sobre Innovación en Economía Circular de Conama analiza precisamente muchas de estas barreras legales, que suponen un inhibidor del fomento de ecosistemas industriales que desarrollen relaciones simbióticas.

Asimismo, es necesario contar con un apoyo técnico-legal que permitan encontrar las soluciones adaptadas a cada circunstancia, y establecer relaciones de comunicación con las administraciones competentes, para encontrar más fácilmente su colaboración para buscar las soluciones adecuadas en cada caso.

En este sentido, a pesar de encontrar una viabilidad legal y administrativa, a veces, la complejidad de determinados trámites administrativos y su lentitud para determinados agentes, por sus dimensiones y capacidades, supone una barrera en sí misma que debe considerarse y ayudar a solventar.

Financiación

La búsqueda de sistemas de financiación viables son claves para acometer determinados proyectos de simbiosis industrial y viabilizar las inversiones iniciales que pudieran necesitarse para activar o poner en marcha dichos proyectos.

La financiación europea para proyectos de innovación como los programas LIFE, Horizonte 2020, etc., están suponiendo un importante impulso a la investigación y desarrollo de numerosas propuestas.

Coordinación, dinamización, evaluación y comunicación continúa

Generar un proceso de simbiosis industrial requiere de una labor de coordinación, dinamización, motivación y activación de agentes, además de la evaluación, seguimiento y comunicación continúa con los actores para mantener una conexión duradera y de confianza.

También debe ser un sistema abierto a nuevas incorporaciones, conexiones e interacciones para que la vitalidad de las conexiones se mantenga. En este sentido, se puede ejercer un importante papel dinamizador para que determinados agentes o emprendedores, ocupen funciones que se han identificado necesarias y que faltan en el ecosistema industrial analizado.

Asimismo, es conveniente comunicar y visibilizar las simbiosis que se establezcan, no sólo como beneficio secundario, sino también para atraer nuevas conexiones y búsqueda de nuevas oportunidades, como un proceso conjunto de mejora continua.

6. Herramientas y Experiencias en simbiosis industrial

El Comité Técnico de Simbiosis Industrial, con el objeto de Identificar experiencias españolas relevantes en materia de simbiosis industrial, lanzó una convocatoria abierta cuyo fin era analizar la realidad en materia de desarrollo y posibilidad de expansión de la simbiosis industrial en el país. En total se han recopilado 23 proyectos en dicha convocatoria pertenecientes a diferentes sectores.

Estos proyectos ponen de manifiesto que la simbiosis industrial está tomando relevancia en España, impulsando al país hacia una economía más circular y una industria más adaptada en los diferentes sectores a pesar de las barreras que puedan existir. Todos los proyectos presentados se pueden consultar en el Anexo del presente informe.

Se pueden distinguir dos grandes tipos de proyectos recibidos:

- Herramientas de ayuda a la generación de simbiosis industrial.
- Experiencias concretas de simbiosis industrial.

6.1. Herramientas de fomento de la generación de simbiosis industrial

Existen un grupo de proyectos recabados y algunos identificados que se caracterizan porque constituyen herramientas de ayuda o de fomento a la generación de simbiosis industrial. Los servicios prestados por los proyectos identificados en el análisis realizado por el Comité se pueden dividir en las siguientes categorías:

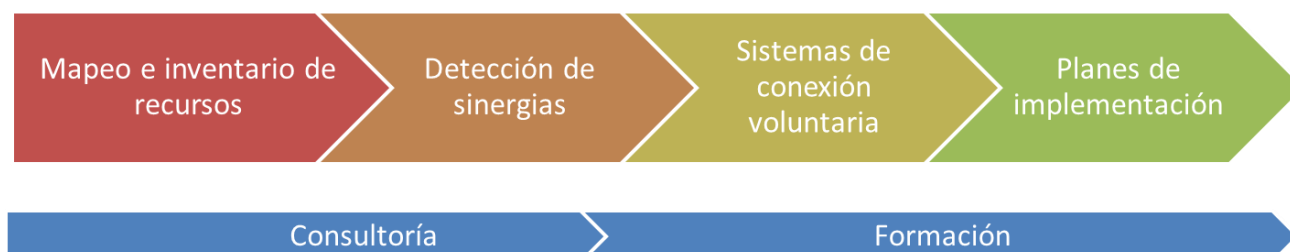


Figura 5: Herramientas para el fomento de la simbiosis industrial

- **Mapeo e inventario de recursos:** se trata de un inventario (referenciado o no geográficamente) de los recursos demandados y sobrantes (materiales o inmateriales) de las empresas y la cuantificación de sus flujos con el fin de facilitar las búsquedas de sinergias entre ellas. La recolección de la información se puede hacer de diferentes maneras o bajo una combinación de las mismas:
 - Información ambiental pública disponible.
 - Visitas a las empresas y agentes clave y recolección de datos.
 - Solicitud y entrega voluntaria de la información a las administraciones o agentes clave.
 - Introducción de datos individual y voluntaria bajo una plataforma que a su vez, puede disponer de un software de modelización de los datos, es decir, los recursos y sus características (localización, cuantificación, necesidades, etc.) para la posterior detección de sinergias.
- **Detección de sinergias:** identificación o detección de sinergias entre los recursos y residuos de distintas entidades para la potencial implementación de la simbiosis industrial, además de comunicación de dicha identificación de sinergias para conocer el potencial interés de su aplicación. Estas sinergias se pueden identificar a través de:
 - Equipos de expertos que analizan y valoran los datos e identifican dichas conexiones
 - Software de detección de sinergias y análisis de datos
- **Sistemas de conexión voluntaria:** Sistemas o plataformas, normalmente digitales, de identificación de conexiones voluntaria atendiendo a demandas y necesidades, tales como las bolsas de subproductos, *marketplaces* u otros sistemas de puesta en contacto entre actores que pueden intercambiar servicios, materiales u otros elementos que conformen la simbiosis industrial.
- **Planes de acción para la implementación de la simbiosis industrial en áreas localizadas:** Algunas administraciones en colaboración con otras entidades, buscan la implementación de un modelo territorial circular en el que desarrollar la simbiosis industrial juega un papel relevante. Tras un proceso de mapeo de recursos y búsqueda de sinergias, realizan el estudio de viabilidad y el proyecto de implementación de la simbiosis en un área para que las entidades interesadas puedan aplicarlo.

- **Consultoría:** Servicios para la implementación de la simbiosis industrial que pueden desarrollarse en distintos ámbitos o combinación de los mismos, desde definir el plan de negocio, análisis e integración de la normativa y legislación relevantes, intermediación en la participación, hasta la asesoría financiera entre otros servicios.

En algunos casos, hay servicios de consultoría y auditoría especializados en cuestiones concretas como el diseño y modelado de los procesos energéticos para definir y simular escenarios más rentables y sostenibles a través de la simbiosis industrial y energías renovables.

Asimismo, existen servicios en cuanto a la evaluación de resultados, mediante la recopilación de los datos de la simbiosis industrial para evaluar mediante indicadores de circularidad y ambientales el impacto que ha tenido el proyecto.

- **Formación:** Formación específica a entidades que potencialmente pueden desarrollar procesos de simbiosis industrial, para dar a conocer los beneficios que se obtienen de ella y, además, fomentar este tipo de relaciones. Por otro lado, también va a suponer la creación de perfiles laborales especializados en simbiosis industrial.

Además, algunas entidades han creado guías, manuales u hojas de ruta con las principales acciones para la implementación o ejemplos de implementación de simbiosis industrial con el fin de servir como referencia a la hora de aplicarla, o animar a implementarla.

La mayoría de los proyectos definidos como herramientas de ayuda a la generación de simbiosis industrial abarcan numerosos sectores y pretenden potenciar las relaciones de simbiosis por áreas, zonas industriales, clústers, etc. Alguno de ellos sí que está especializado en algún sector como el energético o en materiales como envases, embalajes o textil.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los proyectos recabados o identificados como herramientas de ayuda a la generación de simbiosis industrial.

Cuadro 3. Clasificación de los proyectos de herramientas de ayuda a la generación de simbiosis industrial por el tipo de servicios que ofrecen.

Título del proyecto	Resumen	Servicio						
		Mapeo e inventarios	Detección de sinergias	Sistemas de conexión	Plan de acción	Consultoría	Formación	
Simbiosis Industrial en la comarca del Besaya (Cantabria): enfoque, lecciones aprendidas e implicaciones	Este proyecto persigue sentar las bases y desarrollar un Eco-Sistema industrial en una zona industrializada del Norte de España, en particular la comarca del Besaya en Cantabria.	✓	✓					
PACTEX	Establecimiento de sinergias entre las empresas de ambos clústeres y fomento del uso eficiente de recursos materiales, mediante la reducción en origen de residuos industriales, la reutilización de productos, la mejora de la reciclabilidad y la valorización de residuos. +info: https://textils.cat/portfolio-item/pactex/	✓	✓			✓	✓	
SCRAP STORE 22@	Proyecto para fomentar la economía circular en el distrito 22@, mostrando, intercambiando y reutilizando los recursos sobrantes del 22@ y cercanías. Se trata de un lugar de encuentro entre productores de materiales sobrantes y aquellos que puedan aprovecharlos y darles una segunda vida +info: https://www.22network.net/scrap-store/?lang=es	✓	✓					
INSIGHT - Fostering Industrial Symbiosis through the development of a novel and innovative training approach	El objetivo principal del proyecto INSIGHT es desarrollar un nuevo perfil profesional, el FACILITADOR DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL hacia el diseño de un plan de estudios conjunto, así como los materiales formativos. +info: https://www.insight-erasmus.eu/						✓	
Recircular , porque los residuos no existen.	Plataforma digital que ayuda las empresas a dar una segunda vida a sus residuos generando ahorros económicos y beneficios ambientales y sociales que medimos con nuestra Metodología de Medición de Impacto. +info: www.recircular.net	✓	✓			✓		

Título del proyecto	Resumen	Servicio						
		Mapeo e inventarios	Detección de sinergias	Sistemas de conexión	Plan de acción	Consultoría	Formación	
Mapeo de flujos de materiales para identificar el ecosistema industrial de Vitoria-Gasteiz	<p>Con el objetivo de conocer las entradas de materias primas y las salidas de residuos, y con ello, los flujos de materiales vinculados a la actividad industrial, se han recopilado y cruzado datos para identificar el potencial de simbiosis entre los sectores productivos presentes en las zonas industriales del municipio.</p> <p>+info: https://www.vitoria-gasteiz.org/wb021/was/contenidoAction.do?uid=u_70c456c0_138b218781c_7fe5&idioma=es</p>	✓	✓					
SINER Plataforma de sinergias	<p>SÍNER es la primera plataforma de detección automática de sinergias potenciales entre empresas (a partir de sus recursos sobrantes). SÍNER identifica y cuantifica los residuos agro/industriales que potencialmente pueden convertirse en recursos a través de la simbiosis industrial.</p> <p>+info: www.sinerplatform.com</p>	✓	✓	✓				
AMBIPLACE	<p>AMBIPLACE es un MarketPlace social de AMBILAMP, destinado al desarrollo de proyectos de economía circular en el que los fabricantes y productores de aparatos de iluminación y material eléctrico y electrónico dan una segunda vida a productos nuevos excedentes de stocks mediante su donación a Organizaciones sin ánimo de lucro o entidades educativas. Es un proyecto de prevención de generación de residuos.</p> <p>+info: http://www.ambiplace.es</p>				✓			
INCUBIS Incubadora de proyectos de simbiosis energética	<p>Incubadora para impulsar la recuperación de calor y frío residual mediante la Simbiosis Energética.</p> <p>+info: http://www.incub-is.eu</p>	✓	✓				✓	

Título del proyecto	Resumen	Servicio						
		Mapeo e inventarios	Detección de sinergias	Sistemas de conexión	Plan de acción	Consultoría	Formación	
Gavà Circular: implementando estrategias circulares para promover un crecimiento sostenible, verde y resiliente	Un proyecto para convertir al municipio en un referente en economía circular. Este pretende implantar un modelo económico circular en el territorio para mitigar los efectos del cambio climático y promover la sostenibilidad. +info: https://porunaeconomiacircular.es/				✓			
SIMVAL: Implantación de la Simbiosis Industrial en la Comunidad Valenciana	SIMVAL pretende ser una plataforma facilitadora de la simbiosis industrial en la Comunitat Valenciana.	✓	✓				✓	
SoWhat: Supporting new opportunities for Waste Heat and cold valorisation Towards EU decarbonization	Software de auditoría, mapeo y modelado de procesos energéticos para definir y simular escenarios alternativos rentables basados en tecnologías de calor y frío residuales también aprovechando la introducción de fuentes de energía renovables +info: https://sowhatproject.eu/	✓	✓			✓		
CORALIS – Creation Of new value chain Relations through novel Approaches facilitating Long-term Industrial Symbiosis	Crear vías para la descarbonización de las cadenas de valor de los sectores intensivos en recursos y energía mediante la aplicación de enfoques viables de simbiosis industrial que combinen nuevas estrategias empresariales y de gestión con habilitadores innovadores basados en la tecnología. +info: https://www.fcirce.es/economia-circular-es/reduccion-de-emisiones-y-residuos-economia-circular-es/coralis-2					✓	✓	
SymbioSys – Herramienta para facilitar la Simbiosis Industrial	La herramienta permite identificar sinergias para aprovechar residuos y subproductos en otras actividades y también para compartir servicios conjuntos de gestión.	✓	✓	✓				

6.2. Tipos de proyectos de simbiosis industrial identificados

No existe una manera clara de clasificar los distintos proyectos de simbiosis industrial, incluso existen dudas a la hora de calificar a un proyecto bajo la denominación de simbiosis industrial, en tanto en cuanto es aún un concepto que está en pleno desarrollo. Existen muchos proyectos que ilustran posibilidades más o menos innovadoras, de establecer relaciones simbióticas y otras más completas que buscan integrar varias relaciones o agrupar un ecosistema de las mismas.

El Comité Técnico sobre Simbiosis Industrial de Conama, a través de sus reuniones ya a la luz de las experiencias recabadas y las identificadas, si bien ha valorado distintas formas de clasificación en función de aplicación de distintos criterios, ha considerado útil realizar la siguiente clasificación:



Figura 6: Tipos de proyectos de simbiosis industrial

Simbiosis basadas en compartir servicios

Este tipo de simbiosis se basa en compartir servicios, instalaciones, infraestructuras o dotaciones que una misma entidad no le puede extraer todo el partido y que compartiendo su utilización, se pueden compartir gastos y generar una mayor optimización y utilización de los mismos.

Pueden ser proyectos que se basan en un servicio infrautilizado que se haya identificado por una entidad que lo comparte con otras o pueden ser proyectos donde se ponen en marcha un servicio expofeso para que sean compartida entre dos o más entidades.

Se pueden entender dichos servicios de manera muy amplia, pueden ser servicios que posee o genera la propia entidad o por un tercero contratado por la entidad, pueden ser compartir instalaciones, infraestructuras, maquinaria o dotaciones propiedad de la entidad o cuyo servicio la contrata una entidad pero cede su utilización a otras.

En este sentido, existe proyectos que se basan en:

- Compartir espacios vacíos o infrautilizados (de forma temporal o más permanente), de almacenes, oficinas, trasteros, etc.
- Compartir servicios logísticos, logística inversa, etc.
- Compartir servicios de movilidad de trabajadores, limpieza, jardinería, etc.
- Compartir maquinaria o equipamientos de cierta especialización.

Son quizá los proyectos menos comunes, menos evidentes inicialmente, de menor innovación tecnológicas y que requiere también una mayor capacidad organización y gestión, cuyo coste hay que evaluar para que no supere los potenciales beneficios. La barrera de este tipo de proyectos consiste normalmente en involucrar a la entidad que cede un servicio infrautilizado para que pueda cederlo y organizar la gestión de compartir el mismo, ya sea por recursos propios o por terceros, cuyos gastos se comparten.

Simbiosis basadas en subproductos

En este tipo de simbiosis se agrupan, en una concepción amplia, las numerosas relaciones, algunas más tradicionales, otras más innovadoras, en las que se intercambian subproductos entre entidades. En este sentido se pueden distinguir varios tipos:

- **Subproductos materiales:** De acuerdo a la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados se define subproducto cualquier *sustancia u objeto, resultante de un proceso de producción, cuya finalidad primaria no sea la producción de esa sustancia u objeto, puede ser considerada como subproducto y no como residuo.*

Esta definición se mantiene en el Anteproyecto de Ley y determina que deben cumplirse las siguientes condiciones:

- a) Que se tenga la seguridad de que la sustancia u objeto va a ser utilizado ulteriormente,
- b) que la sustancia u objeto se pueda utilizar directamente sin tener que someterse a una transformación ulterior distinta de la práctica industrial habitual,
- c) que la sustancia u objeto se produzca como parte integrante de un proceso de producción,
- d) que el uso ulterior cumpla todos los requisitos pertinentes relativos a los productos así como a la protección de la salud humana y del medio ambiente, sin que produzca impactos generales adversos para la salud humana o el medio ambiente.

En este sentido, muchos de los proyectos de simbiosis industrial se basan en intercambios de sustancias materiales que se generan en un proceso como subproducto y puede ser utilizado como materia prima en otro, sin que exista una transformación y con todas las condiciones necesarias de seguridad.

- **Calor y frío:** Otro de los intercambios que se establecen en muchos casos son intercambios de calor y frío que se generan en determinados procesos. El aprovechamiento del calor residual de determinados procesos, especialmente intensivos en el uso de energía, puede ser aprovechado por otras entidades o procesos cercanos, mediante la constitución de una red de intercambio de calor y frío.

No constituye un subproducto material al uso como en el caso anterior, pero se suele basar en proceso de calor residual que se generan en determinados procesos como subproducto. En este sentido, pueden darse en ejemplos en:

- Industrias que usan fuentes de energía intensivas de calor (fundiciones, químicas, acerías, cementeras, papeleras, cerámicas, etc.).
- Centros de datos y servidores⁵.
- Estaciones depuradoras de aguas residuales.
- Vertederos.

No obstante, es un ámbito de actuación en desarrollo con avances de innovación importantes y que cada vez se está aplicando en más ámbitos.

⁵ Ver por ejemplo: <https://enertic.org/como-reutilizar-el-calor-residual-de-los-centros-de-datos-de-una-manera-inteligente/>

- **Dióxido de carbono (CO₂):** Existen tecnologías de captura, transporte, almacenamiento y usos de CO₂ que permiten que el CO₂ emitido por un proceso pueda ser posteriormente utilizado en un proceso posterior.

El CO₂ es un gas que puede tener distintas aplicaciones industriales como: la manufactura de productos químicos, su uso en sistemas de refrigeración, sistemas de soldadura, extinción de incendios, industrias alimentaria y papelera, horticultura y muchas otras aplicaciones a pequeña escala.

Asimismo, están surgiendo nuevas aplicaciones innovadoras como el empleo de este gas como fuente de carbono en la síntesis de polímeros y diversos productos químicos y se está investigando la captura de CO₂ en forma de biomasa mediante diversos organismos, tales como las microalgas, que pueden tener distintas aplicaciones posteriores.

Se tratan aún un conjunto de alternativas que si bien están empezando a mostrar su viabilidad, su implantación a nivel industrial es muy reducida y requiere aún de un importante esfuerzo en I+D+i y de generar proyectos de demostración antes de desarrollar proyectos comerciales.

La Plataforma Tecnológica Española del CO₂ (PTECO₂) (<https://www.pteco2.es/>) está elaborando un mapeo de capacidades de usos del CO₂.

Simbiosis basadas en procesos de valorización

En Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados y también en el nuevo Anteproyecto, se define valorización como *cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general.*

En este sentido, los residuos de un proceso pueden ser utilizados como materia prima secundaria por otro proceso, mediante una serie de operaciones que permiten esta transformación del residuo en materia prima secundaria.

En muchos de los proyectos de simbiosis industrial surgen este tipo de relaciones al identificar un residuo que puede ser utilizado por otro proceso y cuya operación de valorización la puede acometer en sus instalaciones. En otros casos, estas operaciones de valorización la debe acometer un tercero que posee la tecnología o la innovación.

En términos generales las operaciones de valorización se basan, para su viabilidad, en la obtención de una masa crítica de residuos con la mejor calidad de separación posible, para generar una materia prima secundaria que, a su vez, tenga un mercado suficiente que acepte

dicho material en sus procesos a un coste que sea competitivo con las materias primas originarias o principales.

Por tanto, no siempre es fácil identificar en un entorno concreto, relaciones de simbiosis industriales basadas en valorizaciones que sean rentables, máxime cuando debe concurrir una tercera entidad que realiza dicha valorización.

No obstante, cuando en un entorno industrial existen actividades de valorización, es factible que otras industrias o procesos se beneficien de su cercanía para poder transferir sus residuos u obtener sus materias primas secundarias de manera más competitiva.

Asimismo, dichas relaciones de simbiosis se dan con más facilidad si el volumen de residuos que genera la industria cedente es suficiente para alcanzar las masas críticas necesarias, y/o cuando el valor de ese residuo es especialmente alto y/o cuando los procesos de valorización se pueden realizar internamente y no con la concurrencia de terceros que encaren los costes y/o cuando los gastos de gestión de los residuos son altos.

Por otro lado, a veces los proyectos de innovación, para probar sus tecnologías de valorización y gracias a la financiación proveniente de fondos de innovación y desarrollo, permiten establecer, aunque sea temporalmente, proyectos de simbiosis para probar la viabilidad de determinadas tecnologías innovadoras de valorización.

Se pueden generar distintas clasificaciones de tipos de valorización, tales como la que realiza la propia Ley 22/2011 en su Anexo II, pero a efectos de este informe se distinguen estos grandes grupos:

- **Valorización material inorgánica:** Existen multitud de flujos de residuos y materiales que pueden ser valorizados, algunos valiosos por su abundancia y volumen (plásticos, papel, textiles, vidrio, residuos de construcción y demolición, etc.), otros por la importancia o valor de sus materiales (Metales, tierras raras, etc.) o por la importancia que tiene su adecuada gestión para evitar impactos en el entorno y también la salud (residuos peligrosos en general).
- **Valorización material orgánica:** Los residuos orgánicos son uno de los flujos más importantes tanto a nivel urbano como rural y cuya valorización es necesaria para atender las necesidades de regeneración de suelos además de otras múltiples posibilidades que se pueden dar.

Biorrefinerías. Dentro de la valorizaciones de materia orgánica, cabe destacar las denominadas biorrefinerías, que se pueden definir como aquella industria integrada que, usando biomasa como materia prima y una variedad de tecnologías diferentes, produce energía y/o biocombustibles, a la par que productos químicos, materiales,

alimentos, piensos y en última instancia materia orgánica que permita restaurar suelos y colaborar en la restauración de espacios degradados.

Dichas instalaciones son propensas a generar multitud de procesos de simbiosis industrial, dado que son capaces de aceptar distintos flujos de materias orgánicas de distintas procedencias y producir múltiples productos y servicios que pueden beneficiar a distintos actores, tanto energía, como otros materiales o materia orgánica para la regeneración de suelos y la posibilidad de favorecer la restitución del capital natural. Son por tanto un hub o concentrador de flujos que favorecen las relaciones simbióticas y la economía circular.

Se pueden clasificar de muchas formas (grado de desarrollo tecnológico, tipo de proceso de conversión, complejidad del proceso, etc.), pero una de las más comunes es por la procedencia de la materia orgánica:

- Agrícolas: puede ser derivados de cultivos específicos (herbáceas, leñosas, algas, ...) o residuos de actividades agrícolas, durante el cultivo o la primera transformación de los productos agrícolas.
- Forestales: pueden ser derivados de cultivos leñosos, procesado de las materias primas recolectadas, biomasa originada como producto de las operaciones silvícolas en las masas forestales o residuos forestales generados de la limpieza y mantenimiento de las masas forestales y los espacios verdes.
- Ganaderas: normalmente derivados de los residuos generados en explotaciones ganaderas, tales como mezcla de deyecciones, cama de ganado, etc.
- Industriales: subproductos y residuos generados en las industrias agrícolas, agroalimentarias, forestal, etc.
- Residuos urbanos: fracción orgánica de los residuos urbanos, ya sean de origen doméstico o del canal HORECA.
- Aguas residuales: agua residuos y lodos derivados de los procesos de potabilización (ETAP) y saneamiento (EDAR).

Existen muchos ejemplos pero se pueden destacar proyecto como la [Biorrefinería de I+D CLAMBER](#) que dispone de dos principales líneas de investigación a una escala demostrativa, una de valorización de residuos lignocelulósicos (sarmiento de la vid, ramón de olivo, restos de poda, paja residual, etc) y otra de biomasa húmeda fermentable (purines, lactosuero, fangos de EDAR, harinas cárnicas, etc).

- **Valorización energética.** Para aquellos residuos que por sus características tienen difíciles posibilidades de ser valorizados o reciclados, y atendiendo a la jerarquía de residuos, antes de destinarlos a un depósito controlado, pueden ser dedicados a una valorización energética, de tal forma que unos recursos se conviertan en energía.

Proyectos basadas en generación de ecosistemas basadas en simbiosis

Finalmente, destacar brevemente, la generación de proyectos que buscan desarrollar, en una determinada área, una relación de proyectos interrelacionados entre sí que conforman cómo se pueden desarrollar un ecosistema de relaciones basadas en la cooperación y la simbiosis.

En este sentido, presentar brevemente dos ejemplos muy citados, por un lado la experiencia danesa del municipio de Kalundborg (<http://www.symbiosis.dk/en/>), donde destaca su puerto de mercancías y las importantes plantas industriales (producción de energía, refino de petróleo, fabricación de yeso, sector biotecnológico, ...).

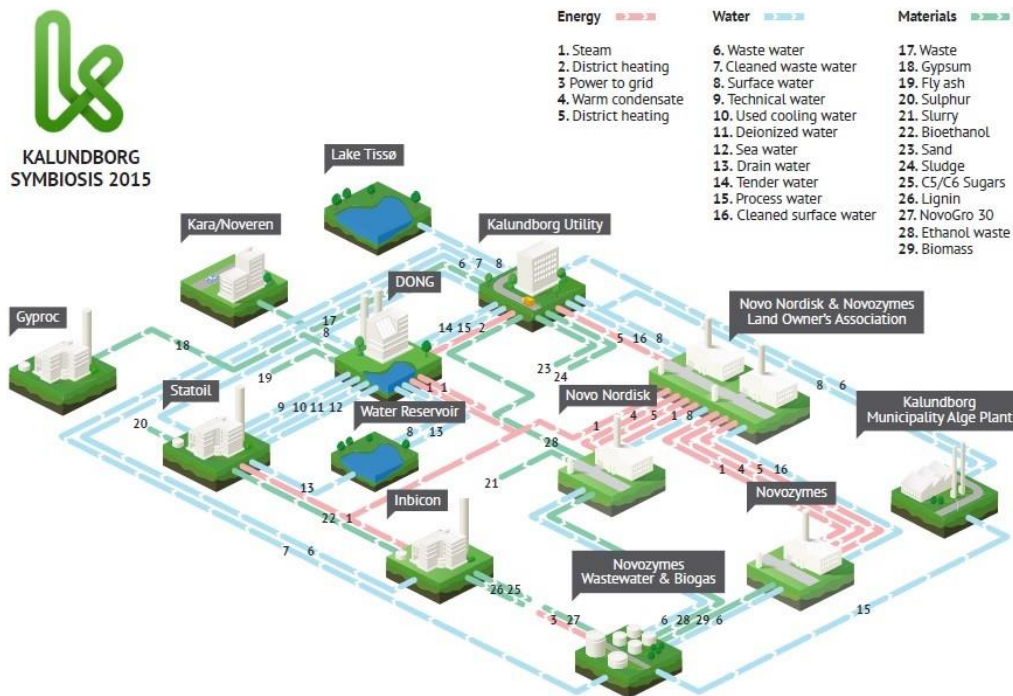


Figura 7: Esquema del proyecto Kalundborg.

Fuente: <http://www.symbiosis.dk>

Cuadro 4. Resumen de los proyectos de experiencias de simbiosis industrial

Tipo de simbiosis	Título del Proyecto	Breve resumen
Subproductos	LIFE CO2 Int Bio (FPNCYL): transformando emisiones al aire de una en materia prima para otras.	El proyecto LIFE CO ₂ IntBio tiene como principal objetivo contribuir a la mitigación de las emisiones de CO ₂ en sectores industriales intensivos en energía, aplicando tecnologías innovadoras de captura y depuración y basándose en la integración industrial para crear nuevas cadenas de valor, obteniendo productos a partir del CO ₂ . +info: http://www.lifeco2intbio.eu/
Subproductos	AGROMAT: Gestión integrada y sostenible de subproductos orgánicos de la industria agroalimentaria para el desarrollo de materiales para el sector de mobiliario	El proyecto AGROMAT ha sido desarrollado en colaboración entre CETEM y CTC (Centro Tecnológico Nacional de la Conserva) con el principal objetivo de investigar la potencialidad de extractos de subproductos agroalimentarios para su aplicación en la fabricación de materiales destinados al sector de mobiliario. De este modo, el desarrollo del presente proyecto engloba el concepto de ECONOMÍA CIRCULAR mediante la sinergia industrial entre dos sectores tradicionales de la Región de Murcia, el sector agroalimentario y el sector del hábitat, por revalorizar residuos generados por el sector agroalimentario en gran volumen en la Región de Murcia y aplicarlo en productos de ciclo de vida largo destinados al sector del hábitat que engloba el de mobiliario.
Valorización	Desarrollo y optimización de la separación hidromecánica para la valorización de Tierras de Cribado de FERIMET	Se ha optimizado una tecnología hidromecánica y magnética a escala semi-piloto, para la separación de las diferentes fracciones de un residuo del sector de la recuperación de acero. Este residuo está formado por diferentes plásticos, vidrio, metales, piedras, materia orgánica, de diferente granulometría. La tecnología desarrollada se basa en el uso del agua como medio diluyente de la materia orgánica y de separación de los materiales flotantes. Por otro lado, se incluye la separación de pequeños componentes férricos con una barra magnética.
Valorización	Nuevas tecnologías de reciclado de poliuretanos aplicados al caso real de una planta de reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	Pretende desarrollar nuevas tecnologías sostenibles que permitan en un futuro aportar soluciones viables y globales al reciclaje de poliuretano sin la necesidad de tener unos flujos de materias primas a reciclar de composición química pura. Eso permitirá reducir considerablemente los costosos procesos de selección y separación de las materias primas, así como los post-procesos de purificación de las mezclas de polioles obtenidas. Mediante el proyecto REPUR se pretende poder empezar reciclando un 20% de los residuos de poliuretanos que actualmente se tratan en Cespa.

Tipo de simbiosis	Título del Proyecto	Breve resumen
Valorización	BIZENTE	<p>Desarrollo de una nueva tecnología basada en la utilización de enzimas mutadas de la familia de las ligninasas para llevar a cabo la degradación de composites termoestables basados en resinas epoxi, poliéster y vinil éster. De esta manera se solucionará el actual problema relacionado con el fin de vida de estos materiales compuestos. Esta tecnología se estudiará en residuos plásticos procedentes de aviación, transporte y construcción, principalmente.</p> <p>+info: www.bizente.eu</p>
Valorización	Tratamiento de residuos no peligroso en planta de biogás en una EDAR	<p>El hecho es que, aprovechando el volumen existente, el digestor de fangos de una EDAR de tamaño medio/grande ofrece la posibilidad de incorporar otros sustratos que compensen el balance de nutrientes y la humedad y aumenten, de manera muy importante, el rendimiento de producción de biogás de este proceso. Ventajas adicionales del proceso son la obtención de un lodo valioso que puede utilizarse como enmienda orgánica siguiendo la legislación vigente y la unificación de la gestión de diversos residuos al compartir instalaciones de tratamiento, reduciendo costes de inversión y explotación.</p> <p>+info: https://www.interregeurope.eu/policylearning/good-practices/item/1669/biogas-and-compost-from-biowaste-and-sewage-sludge-water/</p>
Valorización	Desarrollo de nuevos materiales de valor añadido a partir de residuos de filtración de poliacrilamina: coagulantes-floculantes y micro geles para agricultura	<p>Se ha estudiado la viabilidad de dos vías de valorización de los residuos de PoliAcrilaMida (PAM) generados en el proceso de filtración de co-polímeros acrílicos, derivados de PAM. PAM y sus derivados se usan como coagulantes-floculantes en el tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, las partículas de PAM poseen propiedades super-absorbentes, absorbiendo 10 veces su peso de agua. Esta propiedad permite su uso en horticultura y jardinería, debido a la reducción de la irrigación (mantiene la humedad del suelo), el mantenimiento del microbiota asociada y la fijación de nutrientes y sedimentos.</p>
Valorización	“REWACER” Desarrollo de un nuevo modelo de economía circular para asegurar la circularidad de las aguas regeneradas desde edar a entornos industriales	<p>El objetivo general del proyecto es la realización de un estudio crítico para la implementación de un modelo de economía circular del agua en la provincia de Castellón, que ayude a adquirir el conocimiento adecuado para desarrollar un nuevo modelo de negocio/servicio en la gestión del agua de esta provincia, que fomente la valorización de las aguas tratadas a partir de su regeneración y por tanto, su reutilización.</p> <p>+info: https://www.facsa.com/idi/rewacer/</p>

Tipo de simbiosis	Título del Proyecto	Breve resumen
Valorización material y energética (Coprocesado)	La simbiosis industrial en el sector cementero español	<p>La industria cementera, por las especiales características de su proceso productivo, es capaz de llevar a cabo una valorización material y energética en la misma operación, cuando se produce este hecho se denomina “coprocesado”. Así residuos y subproductos procedentes de múltiples actividades económicas, se transforman en materias primas y combustibles alternativos, haciendo realidad el paso de “residuo a recurso”, generando una cadena de valor asociada a la gestión de los residuos y contribuyendo a terminar con el actual modelo lineal de gestión, el vertido.</p> <p>+info: https://www.recuperaresiduosencementeras.org/ https://www.fundacioncema.org/</p>
Otros	MANDALA	<p>Desarrollar nuevos adhesivos con doble funcionalidad (fácil de separar y propiedades barrera) mediante la incorporación de enlaces covalentes termorreversibles y nanopartículas absorbentes de radiación. Además, se desarrollarán nuevas mezclas de polímeros con mayor contenido bio basado y reciclado de capas de film.</p> <p>+info: www.mandalaproject.eu</p>

Como se aprecia en el cuadro, los proyectos de experiencias de simbiosis industrial recibidos pertenecen a numerosos sectores: agua, energético, agrario, alimentario, iluminación, mobiliario, eléctrico, electrónico, industria cementera, industria metálica, envases, sectores industriales en general, aeronáutico, automoción y la construcción, demostrando que la simbiosis industrial tiene un amplio campo de aplicación y que las posibilidades pueden ser aún mayores.

7. Claves para construir la simbiosis Industrial

A través de la información suministrada por los proyectos de simbiosis industrial recabados y de los debates celebrados en las reuniones del Comité Técnico CT.45 sobre Simbiosis Industrial de Conama, se han extraído algunas claves preliminares para seguir trabajando sobre las cuestiones que se consideran importantes para favorecer los procesos de simbiosis industrial.



Figura 9: Principales claves para fomentar la Simbiosis Industrial.

7.1. Claves del éxito

Las claves de éxito más identificadas por los proyectos de simbiosis industrial recabados se pueden clasificar en:

- **Catalizadores externos**
 - **Normativa.** La aplicación de normativa cada vez más exigente, sigue siendo un motivador de las empresas y entidades para buscar soluciones a su gestión de residuos u otras obligaciones legales.
 - **Impulso institucional.** La participación de las administraciones públicas en los consorcios que impulsen este tipo de proyectos, es un factor de seguridad y de motivación de las entidades que participan en los proyectos de simbiosis industrial.
 - **Conocimiento.** Asimismo, la iniciativa y participación de los centros de investigación y tecnológicos para la aplicación del conocimiento que albergan genera una garantía y un interés en la participación de las entidades, en la exploración también de nuevas oportunidades.

- **Financiación pública.** El aporte de financiación pública para impulsar las iniciativas se muestra clave y necesario para poder abordar los proyectos.

- **Catalizadores internos**

Es un aspecto que se ha identificado necesario ahondar y que requeriría realizar algún tipo de encuesta, sondeo o entrevistas con los agentes implicados. No obstante, se han detectado que aquellos agentes (empresas, entidades, pymes, profesionales, etc.) que más fácilmente se han visto implicados son aquellos que tienen ya una motivación previa en apostar por proyectos de I+D+i y aquellos que quieren explorar nuevas oportunidades de negocio.

No obstante, se han apuntado algunas cuestiones que los promotores de los proyectos recabados, han considerado necesarios:

- La creación de una red de colaboradores para maximizar esfuerzos y aumentar los beneficios como las plataformas de emparejamiento de recursos de simbiosis industrial.
- La importancia de generar un buen y sólido equipo técnico.
- Visibilizar los beneficios económicos, ambientales y sociales que se puedan conseguir con la simbiosis industrial para generar la motivación suficiente.
- Centrarse en resolver los problemas de gestión de residuos y vertidos que puedan tener los agentes, dado que son una de las mayores preocupaciones y se convierte en una potencial de oportunidad para favorecer que se involucren en los proyectos.
- La existencia de una estrategia de optimización de recursos y ahorro de costes.
- La búsqueda de servicios compartidos que permita también compartir costes.
- Generar confianza en las relaciones. En relación a este aspecto, las relaciones de confianza se han constituido, según los proyectos recabados, gracias a:
 - Constitución de convenios y planes de gestión claros.
 - Conocimiento de los actores y sus proyectos.
 - La realización de demostraciones, análisis y valoraciones que permitan verificar la viabilidad técnica y económica.
 - Comunicación constante entre las empresas, realización de visitas, entrevistas, etc.
 - Apoyarse en relaciones previas que se hayan podido constituir.
 - Búsqueda de un bien común.

7.2. Barreras

En relación a las barreras identificadas por los promotores de los proyectos sobre simbiosis industrial cabe destacar las siguientes:

- **Legales y administrativas**

- La ausencia de normativa específica que prohíba o limite o grave el vertido de determinados residuos de tal forma que fomente la búsqueda de otras alternativas y soluciones.
- Se considera de manera general que la normativa no está adaptada a una visión circular. Se identifican barreras para la valorización de residuos que se considera muy estricta y limitante.
- Asimismo, se hace referencia a los procesos administrativos que se consideran largos y también generan dificultades para determinados agentes lo que inhiben los procesos.

Si bien este tipo de barreras aparecen reflejados en varias ocasiones, requiere de mayor estudio para una mejor identificación.

- **Económicas**

Las barreras económicas que se han identifican se basan principalmente en el coste que suponen las tecnologías que se deben aplicar, que suponen una inversión y coste mayor que la gestión actual de residuos, por lo que se estima necesario por un lado, el establecimiento de estímulos y ayudas que favorezcan la simbiosis industrial y por otro lado, señales de precio que aumentan los costes de la gestión línea de los recursos. Esto requiere de un análisis más desarrollado que permita conocer qué tipo de instrumentos y en qué condiciones deberían desarrollarse.

- **Culturales**

En algunos proyectos se hace referencia a las barreras culturales, en alusión al rechazo que aún genera por un lado, las materias primas secundarias, que supone la incorporación en las cadenas de valor de residuos y la percepción negativa que ello causa, y por otro lado, la valorización energética y el rechazo social que se da en nuestro país, a diferencia de otros países del norte de Europa donde este tipo de aplicaciones está mucho más aceptado.

- **Información**

Existen, además, dos barreras más identificadas en proyectos relativos a herramientas de ayuda a la generación de simbiosis industrial y se trata de:

- Los problemas de acceso a la **información** de las empresas (residuos, recursos,

etc.) y lo desorganizada que se encuentra. Esto conlleva a una reflexión que debe trabajarse, sobre qué tipo y estructura de datos sería necesario contar para fomentar las relaciones simbióticas.

- La **confidencialidad** que buscan las empresas, tratando de buscar las sinergias y compartir los recursos sin identificar a los implicados.

7.3. Medidas a fomentar para potenciar la simbiosis industrial

Una de las primeras cuestiones que se ponen de relevancia es que es necesario, a la vez que se desarrollan experiencias en materia de simbiosis industrial, analizar y profundizar en las barreras identificadas, para proponer medidas que atiendan a las causas que las generan.

En relación a las propuestas preliminares que se han formulado para fomentar la simbiosis industrial son las siguientes:

- Aspectos normativos:
 - Análisis de los aspectos normativos que impiden la generación de procesos simbióticos entre actividades, valorando en cada caso, cómo garantizar la calidad de los procesos, pero facilitando los mismos.
 - En función de este análisis, impulsar cambios normativos que permitan favorecer la economía circular, alineando las estrategias de economía circular con la normativa, especialmente en materia de intercambio y utilización de subproductos y la conversión de residuos a recurso.
 - Armonización de la normativa tanto intersectorial (por ejemplo la normativa de salud o seguridad alimentaria con la ambiental) como, especialmente, a nivel autonómico. No obstante, es necesario un mayor detalle en la identificación de qué aspectos legales están teniendo problemas de armonización. En este sentido especificar que el Comité CT. 51 sobre Innovación de Economía Circular, está realizando una identificación de barreras legales a la economía circular y un análisis más en profundidad en una selección de los mismos.
- Valorar la introducción en las distintas normativas sectoriales de la prohibición a los fabricantes de eliminación de los productos obsoletos promoviendo su donación o entrada en otro flujo como recurso.
- La agilización de los procesos administrativos que contribuya a la reducción de la carga burocrática, garantizando todos los procesos.

- Mejorar la política fiscal para que actúe de palanca en las políticas y estrategias de economía circular y de penalización a la economía lineal.
- Estudiar y facilitar fórmulas de participación público-privada, para generar incentivos que permitan implementar soluciones de simbiosis industrial.
- Incrementar el número de convocatorias de financiación de colaboración y los presupuestos en I+D+i. En este sentido, dado el carácter local de la simbiosis industrial, se reclama más ayudas a nivel local, con el fin de fomentar los proyectos de desarrollo de la simbiosis industrial.
- Analizar aquellos entornos, regiones y países europeos, donde la política en materia de simbiosis industrial está más desarrollada, para identificar las claves que permitan este tipo de procesos.

8. Conclusiones y líneas de desarrollo

Tras los trabajos desarrollados por el comité técnico de cara a la edición de Conama 2020 y celebrado la sesión técnica “Hacia una nueva industria circular y digital” el 1 de junio de 2021 (<http://www.conama2020.org/ST52>), donde tuvo lugar un debate sobre simbiosis industrial, además de varias presentaciones de proyectos sobre la materia, se han extraído las siguientes conclusiones que determinan en algunos casos, líneas de trabajo a desarrollar en el futuro:

- La **simbiosis industrial es una herramienta muy útil y eficaz para aplicar la economía circular en el ámbito industrial**, desempeñando un papel importante en la activación del Pacto Verde.
- La definición sobre simbiosis industrial alcanzada en este informe, de forma colaborativa entre profesionales de distinta procedencia que están trabajando sobre la materia, permite avanzar en la definición de políticas, estrategias, planes y programas específicas sobre la materia, y activar las políticas de economía circular.
- La simbiosis industrial, es una forma de generar nuevas oportunidades de negocio, nuevas actividades derivadas de actores que generan esas relaciones simbióticas.
- Las herramientas de apoyo a la simbiosis industrial están en aumento, son muy diversas y de gran utilidad a la hora de detectar sinergias entre entidades. Las administraciones públicas deberían tomar un rol más proactivo.
- La presencia de las administraciones públicas en los consorcios de los proyectos de simbiosis industrial ha sido muy positiva y clave, junto con las ayudas económicas que permiten dar viabilidad para arrancar este tipo de medidas.
- El papel de los centros tecnológicos y de investigación es muy relevante a la hora de encontrar maneras de valorizar y tratar distintos recursos, esencial para implementar la simbiosis industrial.
- La normativa constituye tanto un catalizador como una barrera a la hora de implementar los procesos de simbiosis industrial. Es necesario avanzar en la identificación de aquellos aspectos clave de la economía que supone una barrera para la economía circular.
- La fiscalidad y la financiación económica se considera otro de los ámbitos que pueden permitir catalizar procesos de simbiosis industrial.
- Uno de los puntos clave que se ha identificado en los ecosistemas de simbiosis industrial es la confianza.

CONAMA

María de Molina 5, 1º D
28006 Madrid (España)

T +34 91 310 73 50

conama@conama.org
www.conama.org