



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Facultat d'Economia
i Empresa

Trabajo Final de Grado
(Grado de Economía)

La simbiosis industrial como instrumento de la ecología industrial

¿Cuál es su situación actual en la
provincia de Barcelona?

Autora: Inés Aragón Ascaso

Tutor: Enric Tello Aragay

Junio de 2019

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La ecología industrial es uno de los ámbitos que abarca la economía circular, y que entiende los sistemas industriales de forma análoga a los naturales. Uno de sus instrumentos es la simbiosis industrial, que pretende trasladar al mundo empresarial el funcionamiento de los ecosistemas naturales.

En un entorno en el que se percibe un cierto agotamiento del actual modelo de producción y consumo y, en el cual se ha experimentado una creciente preocupación por los impactos medioambientales derivados de proseguir con tal patrón, la economía circular está ganando terreno, presentándose como un modelo alternativo en el que crecimiento económico y protección del medio ambiente se dan de forma simultánea.

En este contexto, se analizan las iniciativas de simbiosis industrial puestas en funcionamiento en algunos polígonos industriales de la provincia de Barcelona, con el objetivo de mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, a partir del aprovechamiento de la energía y residuos generados.

Economía circular - Ecología industrial - Simbiosis industrial - Residuos - Recursos Subproductos - Impactos medioambientales - Provincia de Barcelona - Polígono industrial - Energía.

ABSTRACT AND KEYWORDS

Industrial ecology is one of the fields covered by the circular economy and draws an analogy between the industrial systems and the natural systems. One of its instruments is the industrial symbiosis, which expects that business world mimics the functioning of natural ecosystems.

In an environment where certain degree of exhaustion of the currently production and consumption model is perceived, as well as an increasing concern about environmental impacts derived from this has been experimented, the circular economy is gaining ground as an alternative model in which economic growth and environmental protection are possible at the same time.

In this context, industrial symbiosis initiatives are carrying out in some industrial park of the Barcelona province are analysed in order to improve the efficiency in the use of resources by means of the recirculation of energy and waste.

Circular economy - Industrial ecology - Industrial symbiosis - Waste - Resources - By-products Energy - Environmental impacts - Barcelona province - Industrial park.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	4
2	MARCO TEÓRICO	5
3	FUENTES DE INFORMACIÓN, METODOLOGÍA Y CASOS DE ESTUDIO	9
3.1	Fuentes de información y metodología	9
3.2	<i>Simbiosi industrial: revaloritzem els recursos sobrants</i>	11
3.2.1	<i>Simbiosis industrial a partir de los residuos orgánicos</i>	11
3.2.1.1	¿Quién genera el residuo?.....	11
3.2.1.2	¿Quién aprovecha los restos vegetales?.....	14
	¿En qué consiste la simbiosis?	14
3.2.1.3	¿Quién aprovecha los lodos de la depuradora?.....	15
	¿En qué consiste la simbiosis?	15
3.2.1.4	¿Quién aprovecha los aceites vegetales?.....	16
	¿En qué consiste la simbiosis?	16
3.2.1.5	La simbiosis industrial en Formigrup	17
	¿En qué consiste la simbiosis?	17
3.3	<i>Manresa en simbiosi</i>	19
3.3.1	<i>Simbiosis industrial a partir de los residuos plásticos</i>	20
3.3.1.1	¿Quién genera el residuo?.....	20
3.3.1.2	¿Quién aprovecha el residuo?.....	20
	¿En qué consiste la simbiosis?	20
3.3.2	<i>Simbiosis industrial a partir del aprovechamiento del calor residual (Simbiosis energética)</i>	23
	¿En qué consiste la simbiosis?	23

3.3.3	<i>Gestión de los residuos metálicos como subproductos</i>	25
3.3.3.1	¿Quién genera el residuo?.....	26
3.3.3.2	¿Quién aprovecha el subproducto?.....	26
	Trámite para la gestión de las arenas de fundición como subproducto.....	26
4	RESULTADOS	28
4.1	Simbiosis industrial a partir de los residuos orgánicos	28
4.2	Simbiosis industrial a partir de los residuos plásticos.....	30
4.3	Simbiosis industrial a partir del aprovechamiento del calor residual (Simbiosis energética)	31
4.4	Gestión de los residuos metálicos como subproductos	32
5	DISCUSIÓN	33
6	CONCLUSIÓN	36
7	BIBLIOGRAFIA	37

1 INTRODUCCIÓN

La realización de este Trabajo Final de Grado plantea un análisis de la simbiosis industrial desde un punto de vista práctico, presentando aquellas iniciativas que se están llevando a cabo en las comarcas del Vallès Occidental y del Bages.

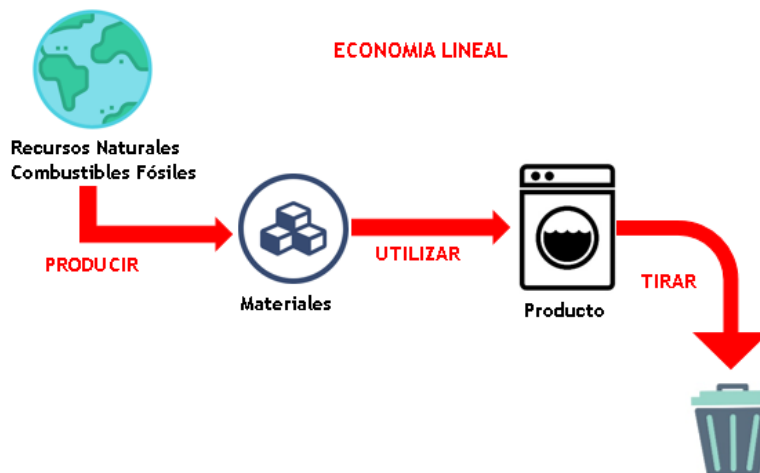
Más concretamente, la pregunta a la cual se pretende dar respuesta es ¿Cuál es la situación actual de la simbiosis industrial, como instrumento dentro de la ecología industrial, en la provincia de Barcelona?

El objetivo no es únicamente responder a esta cuestión, sino también reflexionar sobre el grado de implicación del sector industrial. Todo esto, en un contexto global en el que son recurrentes informaciones y datos sobre las consecuencias de continuar con el actual modelo de producción y consumo, acentúa la importancia de plantearse en qué nivel se encuentran las estrategias implementadas en nuestro entorno más cercano.

El trabajo está dividido en dos grandes bloques: Un primer bloque donde se aportan los fundamentos teóricos que enmarcan la cuestión y; un segundo más extenso, en el cual, se explican los diferentes casos de simbiosis industrial, seguido de una presentación de los resultados y de su posterior interpretación.

2 MARCO TEÓRICO¹

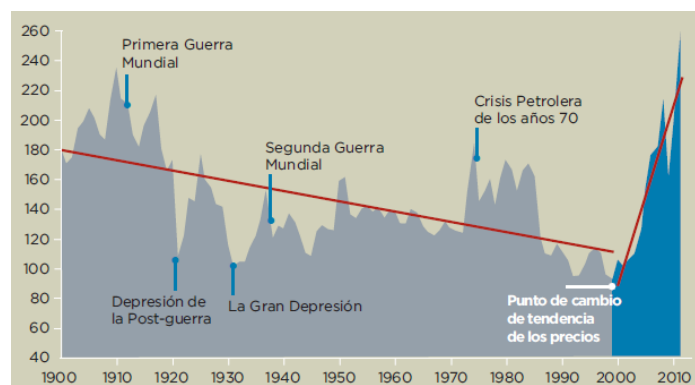
El sistema económico lineal está diseñado para maximizar la producción y el consumo, donde se extraen recursos de la naturaleza, se fabrican productos, se consumen y se tiran (*cradle-to-grave*).



Elaboración propia

Esta lógica es insostenible en un planeta de recursos finitos donde el crecimiento de la población y, por lo tanto, de la demanda ha superado la capacidad de la Tierra para producir recursos y absorber residuos; y por estar condicionada por los riesgos de subministro y la volatilidad en los precios de los materiales, el agua y la energía. (El *Informe 2016 Planeta Vivo: Riesgo y resiliencia en una nueva era* realizado por WWF² revela que, para satisfacer sus necesidades actuales, la humanidad está consumiendo una cantidad de recursos naturales equivalente a 1,6 Planetas).

Evolución del índice de precios de las materias primas (alimentos, productos no alimentarios, metales y energía). El valor 100 corresponde al período 1999-2001



Fuente: Ellen MacArthur Foundation

¹ Este capítulo resume ideas aportadas por la *Guía d'Economía Circular i Verda al Món Local: Com passar a l'acció i eines pels ens locals* y la *Guía d'Iniciatives Locals cap a la transició energètica als polígons industrials*.

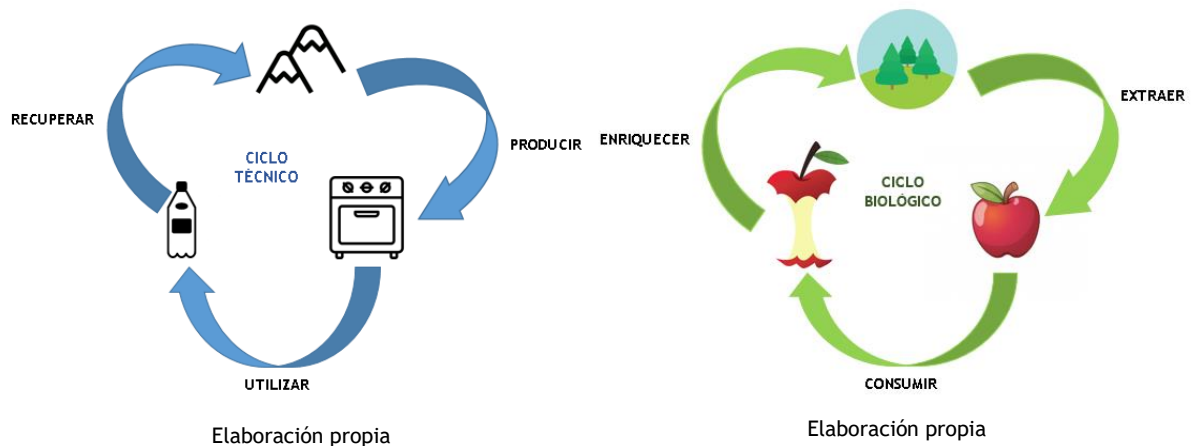
² World Wildlife Fund

Además, esta realidad se retroalimenta de los impactos medioambientales (emisiones, generación de residuos sólidos, vertidos, etc.) ocasionados por el sector industrial, uno de las principales generadores de residuos. Todos estos factores están ejerciendo una presión creciente sobre la industria y la sociedad, forzando a un cambio en la forma de entender la economía.

De este modo y desde hace 3 décadas, se impulsa la economía circular basada en sistemas o cadenas de suministro de ciclo cerrado (*closed-loop supply chains*), donde se consideran el flujo de materiales que circulan desde los proveedores hasta los productores, distribuidores, minoristas y consumidores (cadena de suministro hacia adelante) y también, el flujo de productos usados en sentido inverso (cadena de suministro hacia atrás)³ (Souza, 2013).

Para mantener los equilibrios dentro de estos sistemas es muy importante la gestión de los flujos de materiales. McDonough y Braungart describen en *Cradle to cradle: Remaking the way we make things* (2002) dos tipos de ciclos según su destino al final de la vida del producto:

- El ciclo de los materiales biológicos, que se reciclan siguiendo los procesos biológicos de descomposición de la materia orgánica (compostaje, digestión anaerobia, combustión, etc.), volviendo de nuevo al medio ambiente.
- El ciclo de los materiales técnicos, que son diseñados para poder ser desmontados, y de esta manera, convertir los residuos en materias primas una vez alcanzado el final de su vida útil.



La economía circular es un modelo económico de producción y consumo en el cual los materiales, productos y servicios se diseñan para durar el máximo de tiempo posible mediante su reintroducción en la cadena de valor industrial, una vez ya no se pueden hacer servir como productos, incorporando el uso de energías renovables, eliminando tóxicos, aprovechando al máximo el consumo de recursos y reduciendo al mínimo la generación de

³ “ In closed-loop supply chains the entire flow of material from suppliers to manufacturers, distributors, retailers and finally consumer is considered (forward supply chain) as well as the reverse flows of used products (reverse supply chain) ”

residuos. Como afirma MacArthur (2013), “una economía regenerativa por diseño e intención”⁴.

Teniendo en cuenta aspectos más puramente económicos, Stahel (1982) la define como “una economía basada en un sistema de ciclo cerrado que minimiza la materia, el flujo de energía y el deterioro del medio ambiente, sin restringir el crecimiento económico y el progreso técnico y social”⁵.

Así pues, la economía circular se presenta como una solución a la escasez de recursos y a los impactos medioambientales negativos, a la vez que permite beneficios económicos sostenidos.

La economía circular abarca ámbitos muy amplios, uno de ellos es el de la ecología industrial (Lowe, 1997), una área multidisciplinar que intenta asimilar el funcionamiento de los sistemas industriales al de los ecosistemas naturales, implicando una interrelación entre industrias, el medio social y natural, y que tiende al desarrollo sostenible. En pocas palabras, la ecología industrial plantea una analogía directa de los sistemas industriales con los sistemas naturales (Frosch, 1992): la ciudad se puede entender como un ecosistema, el polígono industrial se puede considerar un subsistema y cada una de las empresas que lo integran como un organismo. Esta misma idea es recogida por Ayres y Simonis (1994) al utilizar el concepto de metabolismo industrial y su visión de la economía en términos de flujos de energía y materiales.

Así pues, uno de los pilares que la sustentan radica en el precepto de optimizar sistemas (más que componentes). El otro, es la apuesta por el modelo que ofrece servicios en vez de productos (*service-orientation*), en el cual el fabricante o distribuidor es el propietario del producto y ofrece el servicio derivado. Este modelo de negocio es la contraposición al “*product-orientation*”, y se presenta como una de las soluciones a la obsolescencia programada al promover el desarrollo de productos más duraderos, de fácil mantenimiento y el máximo de desmontables y reciclables.

Jelinsky *et al* en su artículo *Industrial Ecology: Concept and approaches* (1992) citan 4 características que la describen: “*proactive, designed-in, flexible y encompassing*”

“La ecología industrial opera a 3 niveles: a nivel de fábrica, entre empresas y a nivel regional o global”⁶ (Chertow, 2000).

- A nivel de fábrica, se pone la atención en una producción más limpia.
- Entre empresas, la proximidad geográfica hace posible el establecimiento de colaboraciones y sinergias, manifestadas en la simbiosis industrial y en el desarrollo de parques eco-industriales.
- A nivel regional o global, donde se consideran aspectos sociológicos.

⁴ “ An industrial economy that is restorative or regenerative by intention and design “

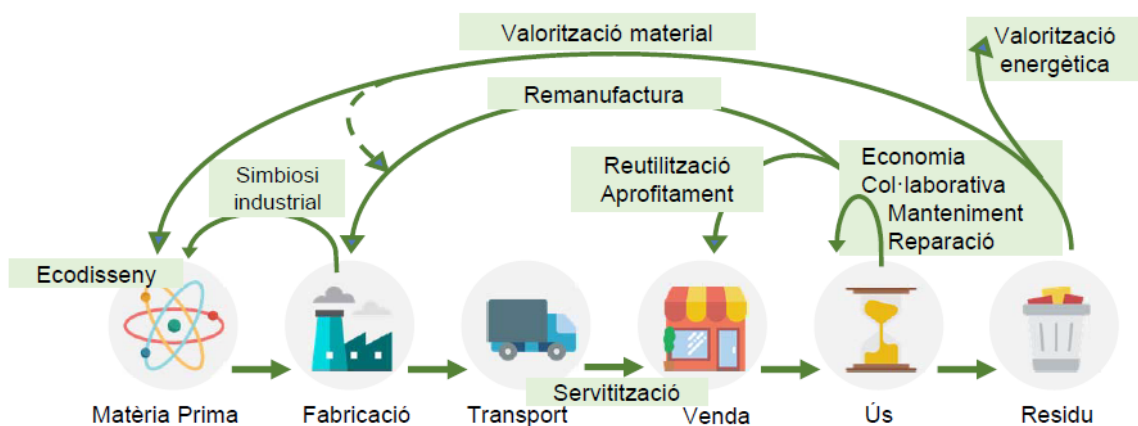
⁵ “ An economy based on a “spiral-loop system“ that minimizes matter, energy-flow and environmental deterioration without restricting economic growth or social and technical progress”

⁶ “ Industrial ecology operates at three levels, namely factory level, inter-firm level and regional or global level “

Se puede considerar, entonces, la simbiosis industrial un instrumento de la ecología industrial que opera a nivel interempresarial. Consiste en mejorar la eficiencia en el uso de los recursos mediante la creación de redes de intercambio y cooperación en las zonas industriales. Los elementos a intercambiar pueden ser materiales (residuos, subproductos...), energía (calor y frío, electricidad...) y agua, o compartiendo activos (equipamientos, maquinaria...), transporte y medios logísticos (rutas, vehículos, almacenes...), experiencias u otras necesidades puntuales.

Las empresas, individualmente, hacen un esfuerzo interno para mejorar su eficiencia; y, a la par, mediante la simbiosis, optimizan aquellos recursos que no utilizan por sí mismas, comprando o vendiendo los sobrantes, ya sea por inservibles, perdidos, no utilizables o compartibles.

Además de la simbiosis industrial, existen otras estrategias para impulsar la economía circular, que son: el ecodiseño, la remanufactura, la servitización, la economía colaborativa, el mantenimiento y reparación, la reutilización y redistribución y, la valorización material y energética.



Fuente: Informe d'Aprofundiment de l'Economia Metropolitana: Economia Verda i Circular⁷

⁷ Area Metropolitana de Barcelona. (2018). Informe d'Aprofundiment de l'Economia Metropolitana: Economia Verda i Circular. Barcelona.

3 FUENTES DE INFORMACIÓN, METODOLOGÍA Y CASOS DE ESTUDIO

Simbiosi Industrial: Revaloritzem els recursos sobrants y *Manresa en Simbiosi* son dos proyectos que se están llevando a cabo en las comarcas del Vallès Occidental y del Bages respectivamente, que persiguen fomentar la simbiosis, entre otros aspectos, dentro de sus polígonos industriales. La elección de éstos se debe al hecho de que ambos llevan varios años funcionando al ser proyectos pioneros en Cataluña y, por lo tanto, se disponen de más datos sobre los resultados que han supuesto las sinergias implementadas.

3.1 Fuentes de información y metodología

La elaboración del trabajo ha requerido la utilización de fuentes de información muy diversas debido al carácter eminentemente práctico con el que se enfoca la cuestión planteada; unido a la voluntad de enmarcar la simbiosis industrial desde un punto de vista teórico que facilite su comprensión. Así pues, la información ha sido extraída de entrevistas con profesionales que trabajan en los proyectos analizados y la asistencia a eventos sobre economía circular; así como la lectura de artículos y capítulos de libros de índole más teórica.

Estas fuentes de información han sido empleadas de forma gradual a medida que avanzaba la investigación y, por lo tanto, el grado de conocimiento propio sobre la materia. Para comenzar, se realiza una lectura de algunos capítulos del manual de *Economía ecológica y política ambiental*⁸, y de una serie de artículos⁹ sobre economía circular, ecología industrial y la simbiosis industrial en Kalundborg, Dinamarca. Todo este material permite entender las particularidades que se esconden detrás de cada concepto, tener un primer esquema sobre el marco teórico donde se engloba la pregunta de investigación y disponer de información sobre un caso real de simbiosis industrial.

La siguiente fase consiste en conocer qué se está haciendo en un entorno más próximo. A través del *Observatori Catalunya Circular*¹⁰ i de Miquel Vidal, se da con la existencia de tres proyectos de simbiosis industrial *Simbiosi Industrial: revaloritzem els recursos sobrants*, *Manresa en Simbiosi* y *l'Eix Besòs-Circular*, accediendo a hablar con uno de los responsables del último (Pau Reina). Se mantiene una entrevista durante la cual se explica que se encuentran en una fase muy inicial, comenzando los contactos con las empresas y que, por lo tanto, no disponen de resultados todavía. No obstante, se facilita el contacto de una

⁸ MARTÍNEZ, Joan; ROCA Jordi. *Economía ecológica y política ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica, 2013.

⁹ LIEDER, Michael; RASHID Amir. "Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry ". *Journal of Cleaner Production* (2015), pág. 36-51.

JELINSKY, L.W; GRAEDEL, T.E; LAUDISE, R.A, McCALL, D.W; PATEL, K.N. "Industrial ecology: Concepts and approaches ". *Proceedings of the National Academy of Sciences* (1992), pág. 793-797.

DCUHIN, Faye; "Industrial input-output analysis: Implications for industrial ecology ". *Proceedings of the National Academy of Sciences* (1992), pág 851-855.

PINZÓN, Andrés; "La Simbiosis Industrial en Kalundborg, Dinamarca". *De-arq* (2009), pág. 155-160

¹⁰ Iniciativa de la *Generalitat de Catalunya* que pretende ser el nodo de referencia en Cataluña en cuanto a conocimiento e información en economía circular.

persona de Promoción Económica del Ayuntamiento de Sabadell (M. Àngels Cos). Se concierta una visita a la que también asiste una persona que ocupa el mismo cargo en el Ayuntamiento de Barberà del Vallès (Noelia Cañamero). Durante la charla se trata en qué consiste *Simbiosi Industrial: revaloritzem els recursos sobrants*, en qué fase de implementación se encuentran y se facilitan ejemplos de empresas que han llevado a cabo estrategias de simbiosis. Además, se informa de un *Market Place* sobre economía circular que se va a celebrar en el centro de negocios Nodus Barberà.

El *Market Place* sobre economía circular es una jornada anual organizada por el Consell Comarcal del Vallès Occidental y que sirve como espacio de encuentro entre empresas y entidades para aprender y hacer negocios en economía circular. Su asistencia permite conocer de primera mano qué soluciones circulares están implementando las empresas de la comarca y contrastar su visión con la de los organismos públicos, acerca de las facilidades y dificultades para avanzar en ella.

Una vez recopilados todos estos conocimientos, datos y experiencias, se procede a su organización y posterior redacción. Se trata de presentar la información de forma clara, ordenada y lógica; aportando, en primer lugar, un marco general teórico que sitúe al lector, para luego avanzar en el análisis de los casos particulares.

Los casos de estudio desarrollados tratan la simbiosis industrial aplicada a dos tipos de recursos, que son la energía y los residuos, en los polígonos industriales de los respectivos municipios. En lo que se refiere a éstos últimos, se ha escogido un ejemplo de material biológico, los residuos orgánicos; otro de material técnico, los residuos plásticos; y un tercero sobre la gestión de los residuos metálicos como subproductos.

Cada uno de ellos, ya sean del proyecto de *Simbiosi Industrial: revaloritzem els recursos sobrants* como de *Manresa en Simbiosi*, siguen la misma estructura: Una breve presentación de las empresas, descripción de la gestión tradicional del recurso en cuestión, transformación y materialización de la sinergia implementada y análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados. Esta metodología pretende facilitar la comprensión y ofrecer una respuesta más precisa a la pregunta planteada de acuerdo con las fuentes disponibles.

3.2 Simbiosi industrial: revaloritzem els recursos sobrants



Proyecto supramunicipal iniciado en el 2014 por los ayuntamientos de Barberà del Vallès y Sabadell y con la posterior incorporación de Sant Quirze del Vallès en el 2016.

Su objetivo es fomentar la economía colaborativa en los polígonos industriales de los 3 municipios mediante el impulso de modelos productivos circulares y simbióticos que contribuyan a minimizar los impactos medioambientales y sociales, especialmente importantes en el Vallès Occidental, la comarca que genera más residuos industriales, con el 23,7% de Catalunya. A la vez, se pretende mejorar la competitividad empresarial, un crecimiento del tejido industrial y avanzar en un desarrollo económico más sostenible.

La línea estratégica consiste en visitar empresas de los polígonos para identificar oportunidades de simbiosis entre ellas, así como asesoramiento técnico especializado in situ a aquellas con potencial de desarrollar acciones simbióticas. Cabe destacar la tarea de sensibilización y difusión del concepto de simbiosis industrial y de sus ventajas competitivas, a través de una exposición itinerante por las empresas de los polígonos con casos de buenas prácticas identificadas. En todo este proceso, la administración participa de forma directa y colaborativa gracias a la organización de talleres y encuentros entre los diferentes agentes y, potenciando el papel de las asociaciones empresariales de los municipios.

Desde su fecha de inicio hasta 2018, se han realizado 220 prospecciones empresariales, 46 asesoramientos personalizados y 21 infografías sobre buenas prácticas.

3.2.1 Simbiosis industrial a partir de los residuos orgánicos

3.2.1.1 ¿Quién genera el residuo?



Empresa catalana creada en Barcelona en 1979, ubicada desde el 2000 en el polígono Can Salvatella de Barberà del Vallès.

Su actividad se centra en el desarrollo, producción y comercialización de ingredientes activos naturales para cosmética, veterinaria y detergentes. También destaca su labor investigadora e innovadora ligada al respecto hacia el medio ambiente.

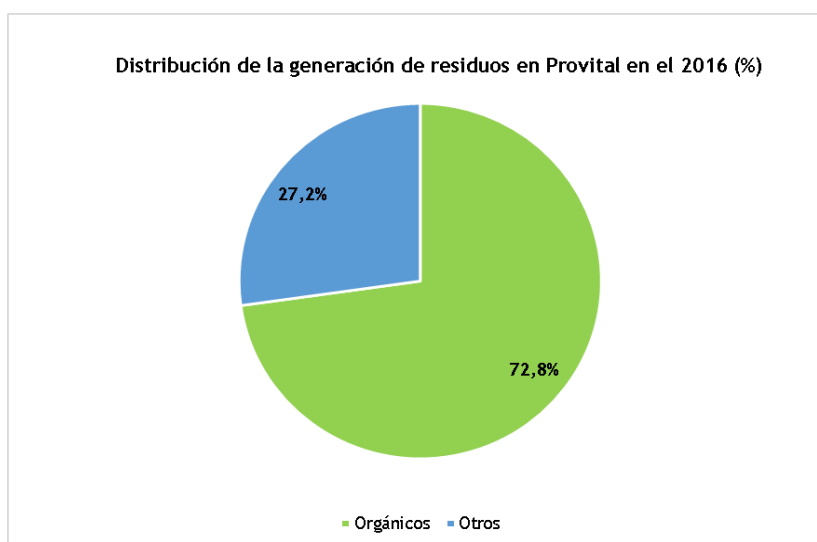
Sus productos se elaboran a partir de materias primas de origen natural como restos vegetales (frutas, plantas, verduras, etc.), aceites vegetales y tierras de filtración. Además de éstas, otros recursos de entrada son agua, electricidad, gasoil, cajas y, embalajes y palés para su envasado.

En la siguiente tabla se observan las toneladas de los diferentes residuos generados en el 2016 y su peso respecto del total, destacando la importancia que alcanzan los residuos orgánicos, que representan el 73 % de las 188 toneladas generadas.

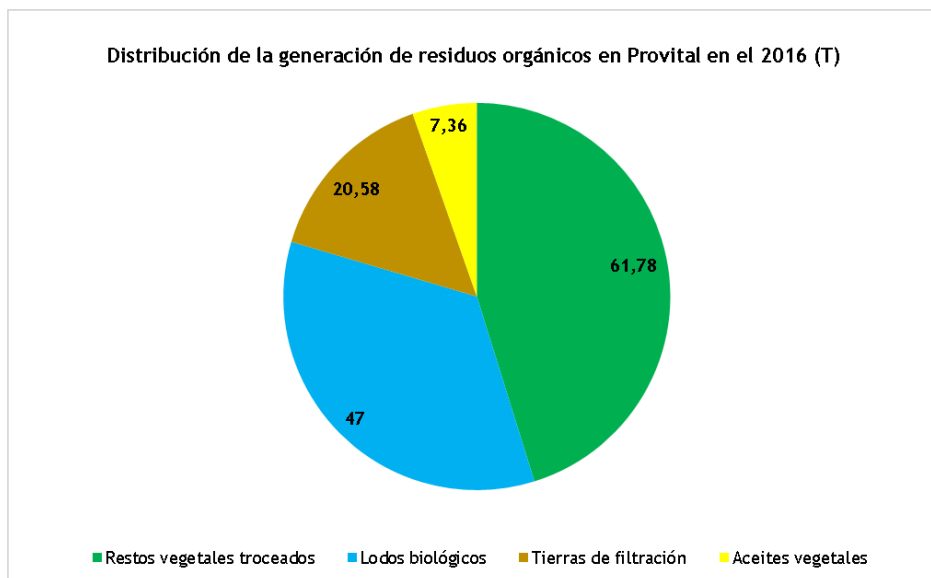
Gestión de los residuos de Provital Group en 2016

CER	DESCRIPCIÓN	T / año	%
20103	Restos vegetales troceados	61,78	32,9%
70612	Lodos biológicos	47	25,0%
70611	Restos de producción	7,42	4,0%
200301	Residuos generales	17,28	9,2%
150203	Tierras de filtración	20,58	11,0%
150104	Bidones metálicos no contaminantes	10,34	5,5%
150102	Bidones plástico no contaminantes	6,5	3,5%
200125	Aceites vegetales	7,36	3,9%
200101	Papel y cartón	3,7	2,0%
160506	Soluciones de laboratorio	0,92	0,5%
200139	Plástico - film	1,37	0,7%
150110	Envases contaminantes	0,73	0,4%
180103	Residuos biosanitarios	0,6	0,3%
200102	Vidrio no contaminado	0,19	0,1%
70699	Muestras laboratorio - productos cosméticos	0,35	0,2%
80409	Capsicum	0,21	0,1%
140603	Disolventes no halogenados	1,26	0,7%
190905	Resinas de intercambio iónico	0,04	0,0%
130205	Restos de aceite mineral	0,03	0,0%
	TOTAL RESIDUOS GESTIONADOS EN 2016	187,66	100,0%

Elaboración propia a partir de los datos publicados por Provital Group



Elaboración propia a partir de los datos de la tabla



Elaboración propia a partir de los datos de la tabla

Para ser más sostenibles, Provital ha apostado activamente por la simbiosis industrial a partir de los recursos de salida, destinado a ésta, el 73 % de sus residuos, es decir, la totalidad de su fracción orgánica:

- Los restos vegetales han pasado del tradicional y controlado vertido, a contratar unos contenedores especiales que permiten separarlos y destinarlos al compostaje de tierras.
- Las tierras de filtración que, inicialmente eran deshidratadas e incineradas, actualmente se separa la materia sólida del agua.
- Los lodos biológicos procedentes de la depuradora¹¹ que, eran sometidos a un proceso de deshidratación o secado térmico¹²: se ha modificado su gestión a través de cambios y mejoras en los procesos internos, sustituyéndose este procedimiento por el del compostaje gris¹³.
- Los aceites vegetales: se han conseguido segregar totalmente los diferentes tipos y separarlos de las aguas, que venden para la producción de biodiesel.

¹¹ Mezcla de agua y sólidos que se generan como resultado de la depuración de las aguas residuales.

¹²La deshidratación o secado térmico de lodos consisten en extraer el agua de un sólido proveniente de un proceso industrial mediante la aplicación de energía térmica para su evaporación, con el objetivo de eliminar o reducir la contaminación de las aguas residuales, naturales o negras.

¹³ Esta técnica es explicada posteriormente en el subapartado donde se analiza en qué consiste la simbiosis.

3.2.1.2 ¿Quién aprovecha los restos vegetales?



Burés Profesional S.A es una empresa adquirida por la familia Burés en 1983, cuya actividad se centra en la fabricación de tierras, sustratos de cultivos, fertilizantes y abonos orgánicos. Recientemente, se ha abierto a nuevos sectores en la distribución de productos para biomasa.

Burés S.A.U perteneciente al mismo grupo, está especializada en la producción de sustratos y tierras vegetales para el sector de la jardinería y el paisajismo.

¿En qué consiste la simbiosis?

	DESCRIPCIÓN	GESTOR	GESTIÓN	kg/año	€/kg	Coste	Ahorro
Antes	Vaciado diario de 3 contenedores de 1m ³	TMA	Pre-tratamiento y Disposición final en el vertedero	61.780	x	9.699	6.175
Ahora	Restos vegetales troceados	TMA	Transporte	16 gestiones/año	x	2.720	
		BURÉS S.A	Compostaje	61.780	0,013	803	

TMA (Tecnología y Medio Ambiente)

Elaboración propia a partir de los datos publicados por Provital

	DESCRIPCIÓN	GESTOR	GESTIÓN	kg/año	€/kg	Coste	Ahorro
Antes	Tierras de filtración	ECOIMSA	Deshidratación	20.580	0,35	7.203	6.369
Ahora	Tierras de filtración	Burés Profesional	Compostaje	20.580	0,04	834	

ECOIMSA (Ecológica Ibérica y Mediterránea SA)

Elaboración propia a partir de los datos publicados por Provital

Los restos vegetales y las tierras de filtración generados por Provital son comprados por Burés Profesional S.A y BURÉS S.A.U, que reutilizan estos residuos como materias primas para compostaje. Esta nueva gestión consiste en la transformación de los restos orgánicos, que son sometidos a un proceso biológico de fermentación aerobia¹⁴ con suficiente humedad, imitando a la naturaleza pero de forma acelerada. El producto resultante es el compost, que es empleado como sustrato o abono orgánico, comercializados por la misma Burés

¹⁴ La fermentación aerobia de la materia orgánica consiste en su degradación, en presencia de oxígeno, por medio de bacterias.

Profesional y Burés a profesionales de la agricultura y la jardinería, empresas y entidades públicas.



Fuente: Simbiosi a Provital¹⁵

3.2.1.3 ¿Quién aprovecha los lodos de la depuradora?



Empresa líder en la gestión de residuos industriales en Europa (en el último año ha gestionado más de dos millones de toneladas). Desde 1984, ofrece servicios medioambientales mediante el tratamiento, valorización y reciclaje de residuos procedentes de las distintas actividades industriales y productivas.

En la localidad de Jorba, Tradebe dispone de una planta de secado biológico con capacidad para gestionar 30.000 toneladas anuales de lodos de depuradora.

¿En qué consiste la simbiosis?

	DESCRIPCIÓN	GESTOR	GESTIÓN	kg/año	€/kg	Coste	Ahorro
Antes	Lodos de depuradora biológica	ECOIMSA	Deshidratación	47.000	0,35	16.450	13.301
Ahora	Lodos de depuradora biológica	TRADEBE	Compostaje gris	47.000	0,067	3.149	

Elaboración propia a partir de los datos publicados por Provital

¹⁵ <http://www.ccvoc.cat/fitxer/2079/Simbiosis%20a%20Provital.pdf>

Los lodos de depuradora se caracterizan por presentar unos niveles elevados de contaminantes orgánicos que Provital destinaba a vertedero, previo secado térmico. La planta de secado biológico de Jorba se dedica a pre-tratarlos antes de su disposición en el vertedero.

El secado biológico es un proceso similar al compostaje tradicional pero, aplicado a los residuos orgánicos contaminados, no aplicables al suelo como enmienda orgánica. A diferencia de los restos vegetales y las tierras de filtración que eran aprovechadas como materia prima por Burés Profesional y Burés para la fabricación de abono orgánico de calidad, Tradebe aplica una alternativa de pre-tratamiento a los lodos contaminados generados por la depuradora de Provital que permite estabilizar la materia orgánica, higienizar y reducir la humedad. Se trata de una tecnología de pre-tratamiento de residuos orgánicos previa a su disposición final en el vertedero. Este compost gris, también, se valoriza energéticamente en cementeras.

3.2.1.4 ¿Quién aprovecha los aceites vegetales?



Filial del grupo SARIA, que gestiona 5 plantas de producción de biodiesel a partir de grasas de origen vegetal y animal, en Alemania, Dinamarca y España, con una capacidad total de 300.000 toneladas anuales. EcoMotion utiliza junto con las grasas vegetales, subproductos de la industria de los alimentos preparados, como el aceite de cocina usado, para fabricar biodiesel de alta calidad.

¿En qué consiste la simbiosis?

	DESCRIPCIÓN	GESTOR	GESTIÓN	kg/año	€/kg	Coste	Ingreso
Antes	Soluciones de restos de aceite	ECOIMSA	Tratamiento y separación	7.360	0,45	3.312	
Ahora	Restos de aceite vegetal	CAVISA	Pre-tratamiento	7.360	-0,22		1.619
		EcoMotion	Planta de 31000 T biodiesel				

Elaboración propia a partir de los datos publicados por Provital

Los aceites vegetales generados durante el proceso de producción de ingredientes activos naturales por Provital son vendidos a EcoMotion, que los reutiliza en la elaboración de combustible en su planta de Montmeló. Al estar basados en materias primas de origen biológico, los recursos no renovables restan intactos y, como el gasoil es un recurso de entrada para Provital, se crea un círculo de sucesivas generaciones de biodiesel. También

sirve de combustible para los camiones de EcoMotion durante el proceso de transporte y distribución a sus clientes.



3.2.1.5 La simbiosis industrial en Formigrup



Formigrup está integrado por las empresas Sorres i Graves Egara y Formigons Montcau, cuya actividad se centra en el subministro de áridos, artificiales y naturales, y hormigón.

Sorres i Graves Egara se dedica a la extracción, fabricación y comercialización de áridos con una gran variedad de granulometrías.

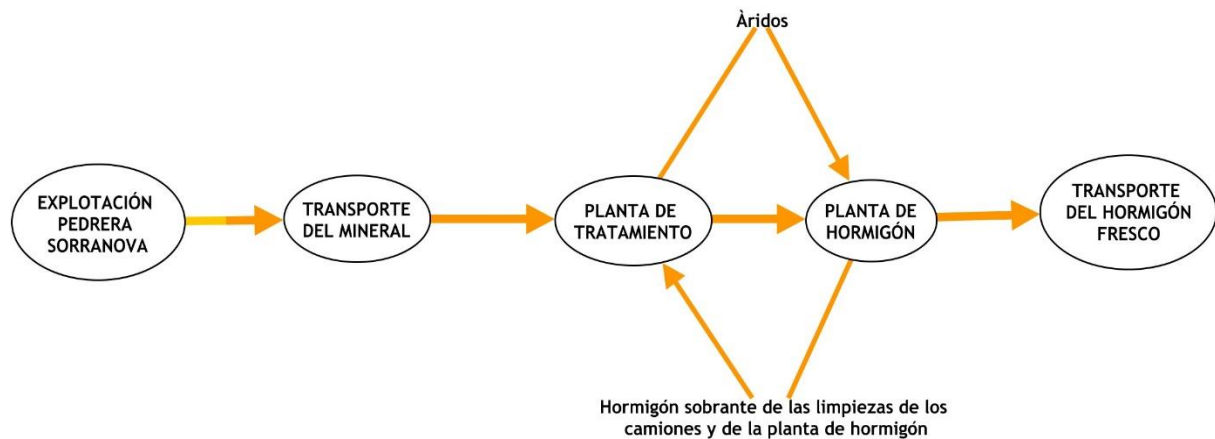


Formigons Montcau se dedica a la fabricación y comercialización del hormigón preparado que se entrega directamente en las obras de construcción.

¿En qué consiste la simbiosis?

La simbiosis juega un doble papel en Formigrup debido a que la aplican, no únicamente en el aprovechamiento de sus propios recursos, sino que también en los residuos generados por Provital y otras industrias.

En la cantera Sorranova situada entre los términos municipales de Terrassa, Viladecavalls y Ullastrell, Sorres i Graves Egara explota y extrae el mineral, que es transportado en camiones volquete hacia la planta de tratamiento, donde es triturado, lavado y clasificado según granulometría. Estos áridos se transportan a la planta de producción de hormigón que Formigons Montcau dispone en Sabadell, donde se mezcla con agua, cemento y aditivos suministrados por UNILAND S.A¹⁶ y Grace¹⁷. El resultado es el hormigón fresco, que se distribuye en camiones hormigonera a las obras.



Elaboración propia

En este proceso se crea una sinergia entre las empresas Sorres i Graves Egara, UNILAND y Grace que suministran recursos a Formigons Montcau. Se establece una simbiosis en doble sentido dentro del mismo grupo Formigrup porque, como se ha comentado, los áridos tratados por Sorres i Graves Egara son utilizados por Formigons Montcau, a la vez que el hormigón sobrante de la planta de producción y de la limpieza de los camiones, es reintroducido en el proceso productivo. Así, se maximiza la cantidad producida con el mínimo desperdicio de recursos.

Además, Formigrup ha desarrollado una línea de áridos reciclados, sustituyendo el árido natural por uno de componente reciclado a partir de los residuos orgánicos de Provital. No se destinan solamente a la producción de hormigón, sino que también para fabricar tierras vegetales artificiales, a raíz de la mezcla de este compost orgánico con el árido natural de la cantera, que son utilizadas en agricultura, jardinería y restauración de áreas degradadas.

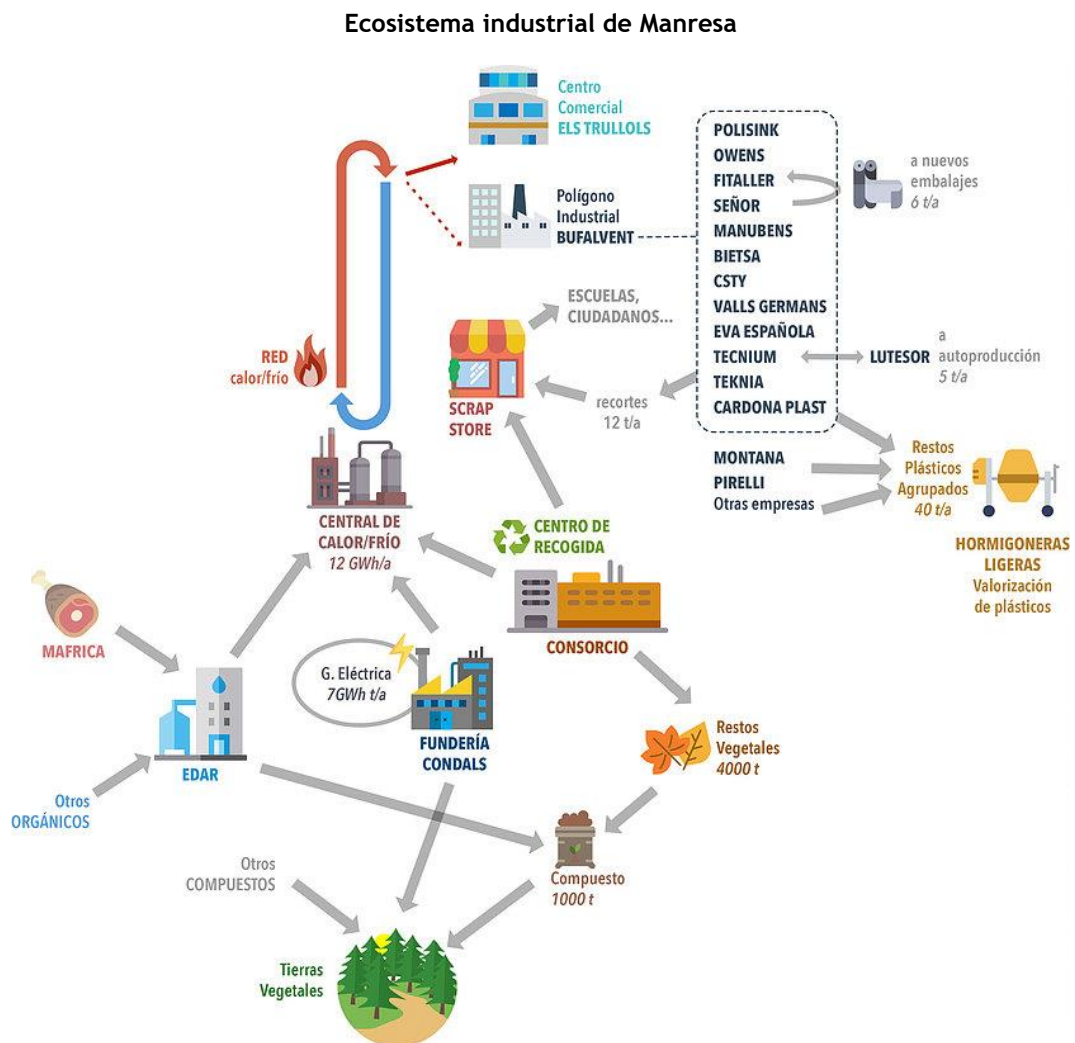
¹⁶ Integrada dentro del grupo Cementos Portland Valderrivas, su actividad se centra en la producción de cemento.

¹⁷ Empresa dedicada al desarrollo de aditivos para cemento y hormigón.

3.3 Manresa en simbiosi

Proyecto piloto de simbiosis industrial iniciado en mayo del 2015 en el polígono industrial de Bufalvent (Manresa) que busca maximizar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles en la zona, a partir de la creación de un entorno adecuado que favorezca las sinergias entre empresas o entidades, con la finalidad de implementar modelos económicos viables de compra y venta de los recursos sobrantes, otorgándoles un valor añadido y encontrando soluciones innovadoras en su provisión. Al mismo tiempo, se persigue fortalecer el tejido industrial de Manresa y su comarca, el Bages, transitando hacia una economía circular.

En el 2017 se abre la oficina de sinergias de Bufalvent, un servicio de simbiosis industrial para la gestión conjunta de los recursos en la asociación de empresarios del polígono. El hecho de concentrar la información de las diversas empresas en un mismo espacio pretende facilitar la creación de sinergias, ofrecer servicios conjuntos para optimizar la gestión de los recursos y para establecer economías de escala y, soporte en la tramitación administrativa de los nuevos intercambios.



Fuente: Simbiosy¹⁸

¹⁸ <https://www.simbiosy.com/projecte-1>

3.3.1 Simbiosis industrial a partir de los residuos plásticos

3.3.1.1 ¿Quién genera el residuo?



Fundada en el año 1957 en Manresa, es una empresa especializada en la fabricación de instalaciones para el manejo de fluidos, tanto líquidos como gases, corrosivos volátiles. Su actividad y productos se suministran en todo el mundo ya que cuentan con una amplia red internacional de colaboradores y fabricantes.

Para el desarrollo de su actividad, Tecnum compra barras extruidas¹⁹ de polipropileno. Éstas constituyen su materia prima y serán tratadas por Tecnum con el objetivo de hacer fluir por ellas un determinado fluido, generándose una gran cantidad de deshechos plásticos en forma de virutas de polipropileno.

3.3.1.2 ¿Quién aprovecha el residuo?

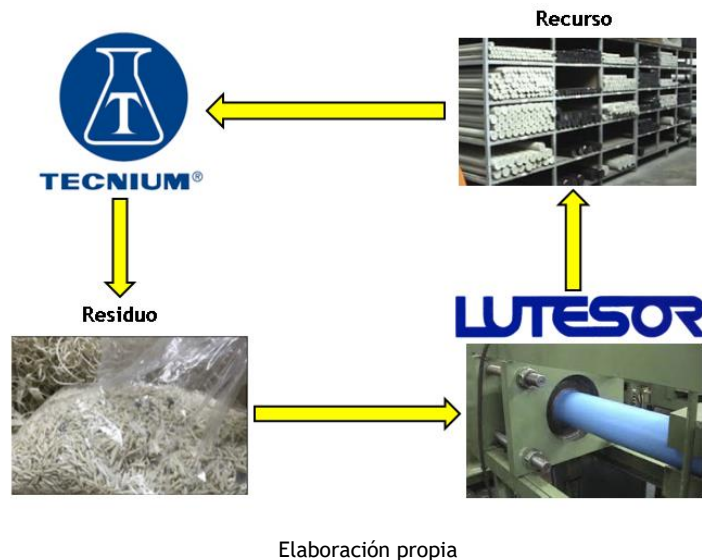


Empresa localizada en Sant Fruitós de Bages desde 1970 dedicada a la fabricación de semiacabados termoplásticos y especializados en barras de polipropileno y polietileno.

¿En qué consiste la simbiosis?

Los restos de polipropileno generados por Tecnum son adquiridos por Lutesor. Su experiencia en el sector de este material e innovación en la forma de incorporar las virutas directamente en su proceso de extrusión, hace posible su conversión en nuevas barras. Una vez acabadas, Tecnum las compra de forma ventajosa, ahorrándose dinero, al mismo tiempo que el medio ambiente se libra de unas cuantas toneladas de plásticos.

¹⁹ De extrusión: proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija.



La sinergia creada entre esta pareja de empresas ha permitido cerrar el círculo residuo-recurso de una tipología de plástico a partir de la recuperación y valorización de los restos de polipropileno para su reintroducción en el proceso productivo de la misma empresa que los ha generado, gracias a la participación de Lutesor, que los transforma en materia prima.

Al igual que Tecnum, existen otras empresas en el polígono industrial de Bufalvent que también generan residuos que, a pesar de ser plásticos de mucho valor, no tienen salida porque una única empresa no acumula un volumen suficiente que compense los costes de transporte de recogida por parte de otra. Con el objetivo de evitar que vayan finalmente al vertedero y, por lo tanto, no se les dé opción a valorización, una serie de industrias, que comparten la característica de generar residuos plásticos, han establecido un acuerdo que permite la agregación de éstos para elaborar de forma conjunta un plástico reciclado y de calidad que puede ser usado en otros sectores.

Además de Tecnum, entre las empresas que participan en la gestión conjunta de residuos plásticos, se encuentran:



Multinacional referente en la fabricación de componentes para la industria de la automoción.



Integrada en la multinacional francesa Plastivaloire, la planta localizada en Cardona desde el 2004 está especializada en la inyección de plásticos y su decoración, siendo la industria del automóvil, la de componentes eléctricos y la electrónica de consumo sus principales líneas de negocio.



mtn®
Montana Colors
Supporting graffiti since 1994

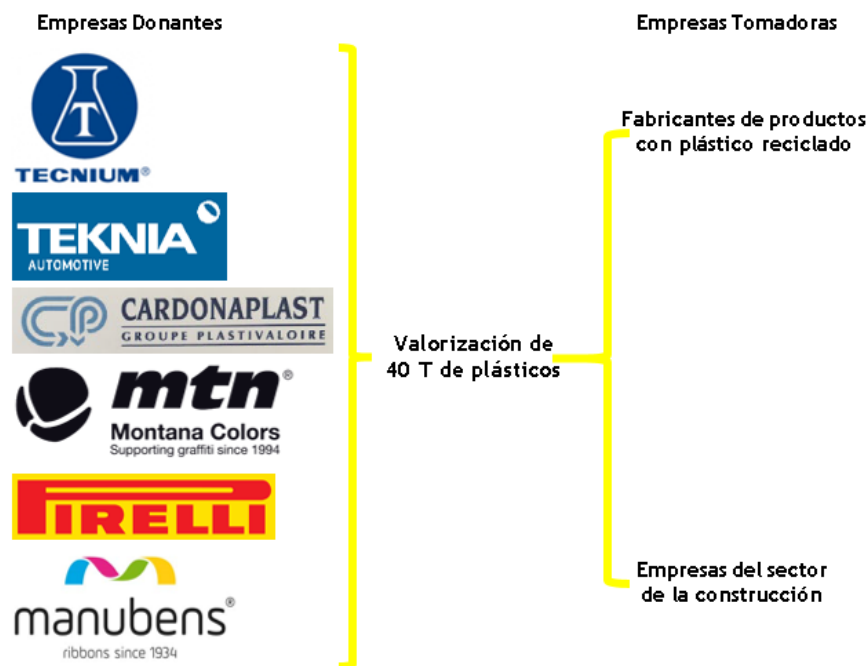
Empresa catalana fundada en 1994 dedicada a la fabricación de pinturas en aerosol y barnices.



Tras el cierre de la planta de producción de neumáticos de Manresa en 2009, actualmente disponen de un servicio de venta y reparación.



Fundada en Manresa en 1934. En sus inicios se especializa en cintería fina para mercería y confección, diversificándose posteriormente hacia el *packaging* y cintas para usos industriales, realizándose todo el proceso de fabricación en la misma planta de Manresa.

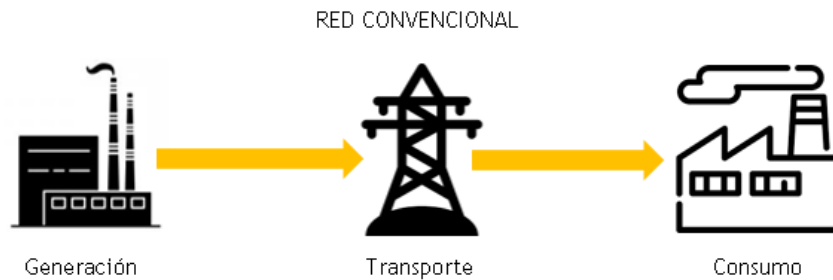


Elaboración propia a partir de los datos publicados por *Manresa en simbiosi*²⁰

²⁰ https://docs.wixstatic.com/ugd/cd7287_4d90c8e2287f4e35ad48455e7483c25b.pdf

3.3.2 Simbiosis industrial a partir del aprovechamiento del calor residual (Simbiosis energética)

La red eléctrica del polígono de Bufalvent consiste en un sistema convencional basado en la producción de energía en una gran central de generación que, posteriormente, es transportada y distribuida mediante una infraestructura de redes y subestaciones hasta los diferentes puntos de consumo.



Fuente: Elaboración propia

Este modelo energético centralizado se caracteriza por el uso de recursos fósiles y energías convencionales, la producción de una potencia diseñada para el máximo consumo previsto, sin importar si finalmente es consumida o no, requiere de grandes infraestructuras y supone pérdidas de energía en su proceso de transporte. Las consecuencias son impactos medioambientales negativos y elevados costes energéticos motivados por la producción a gran escala, sin adaptarse a las demandas de los distintos tipos de consumidores.

Para revertir esta situación, se lleva a cabo un estudio de eficiencia energética para conocer el comportamiento energético de las instalaciones del polígono industrial de Bufalvent, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora y cuantificar el potencial de ahorro energético y económico.

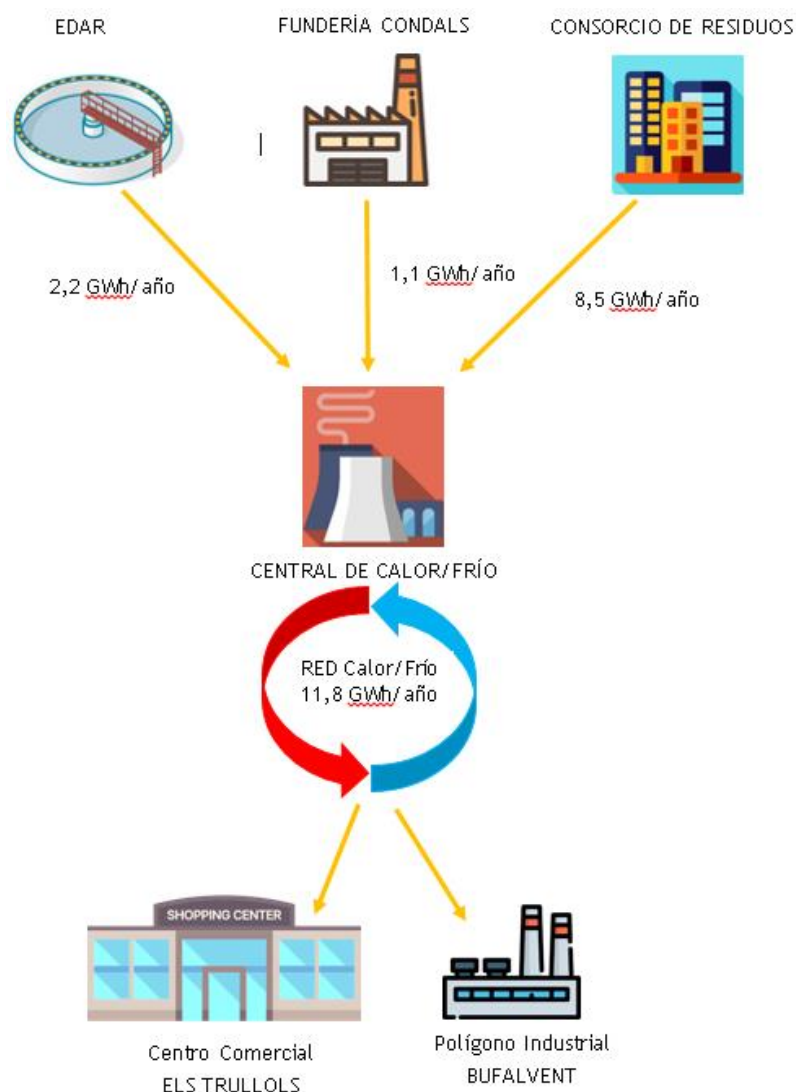
A partir de estos estudios, se detectan 3 empresas que no emplean la energía térmica de forma totalmente eficiente. La depuradora, la fundería Condals y el Consorcio de Residuos del Bages generan 2´2, 1´1 y 8´5 gigavatios-hora de calor al año, respectivamente, y que son desperdiciados; al mismo tiempo que, otras empresas necesitan calor para su producción y climatización. La convivencia dentro del mismo polígono de estas realidades tan opuestas pero, a la vez, tan complementarias requiere de una mejora en la gestión energética.

¿En qué consiste la simbiosis?

La simbiosis energética consiste en el aprovechamiento del calor residual que generan, por una parte, los motores de cogeneración de la depuradora y del Consorcio de Residuos del Bages, y por otra, el sistema de refrigeración de la Fundería Condals. Estas empresas y organismos utilizan energía térmica en sus procesos productivos. El saneamiento y

depuración de las aguas residuales que llegan a la EDAR²¹ de Manresa, la fundición de hierro y el tratamiento de residuos son actividades que requieren de energía calorífica.

El aprovechamiento de los excedentes energéticos ha implicado la optimización del proceso del que se recupera el calor, a través de la implementación de un sistema de trigeneración y de una red de calor y frío que conecta a las empresas, donde la central productora tiene un papel esencial. El calor sobrante, junto con otros residuos generados por la depuradora, la fundería Condals y el Consorcio de Residuos son aprovechados en la central de calor/frío para la producción de energía térmica que es distribuida en forma de vapor o agua, mediante un conjunto de redes, a todos los usuarios conectados a dicho sistema, satisfaciendo la demanda de agua caliente y/o fría y, de climatización del mismo polígono y del centro comercial Els Trullols.



Elaboración propia a partir de los datos publicados por *Manresa en simbiosis*²²

²¹ EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales)

²² https://docs.wixstatic.com/ugd/cd7287_4d90c8e2287f4e35ad48455e7483c25b.pdf

Cabe destacar que, no únicamente es utilizado por otras instalaciones ubicadas en el entorno, sino que también es reutilizado en los procesos productivos de las mismas empresas generadoras del excedente de calor; es decir, el flujo de energía no es en una única dirección sino que tiene un doble sentido, permitiendo que llegue de nuevo a la EDAR de Manresa y al Consorcio de Residuos, dando lugar a un circuito cerrado en la generación y consumo de energía térmica. La tecnología de trigeneración ha permitido producir energía calorífica y frío, al mismo tiempo que electricidad destinada a autoconsumo.

Esta iniciativa de aprovechamiento del calor supone un avance considerable en la transición energética porque ha comportado la inclusión de tecnologías de la comunicación e información dentro del sistema centralizado de producción de calor y/o frío, haciendo posible que los consumidores puedan ser a la vez generadores (se les denomina “prosumidores”). Además, el polígono industrial de Bufalvent, al ser un espacio delimitado donde se concentran grandes consumidores y generadores de energía, es el lugar idóneo para progresar hacia un modelo de generación distribuido debido al aprovechamiento de los residuos y de los recursos procedentes de fuentes renovables disponibles en un entorno cercano, como el biogás producido por el Consorcio de Residuos del Bages a partir de tierras vegetales, que es usado también en un entorno próximo.

3.3.3 Gestión de los residuos metálicos como subproductos

En uno de los casos analizados hasta el momento, se ha mencionado a Fundería Condals como una de las empresas participantes en la simbiosis energética. A continuación, se presenta como caso práctico en la gestión de un residuo como subproducto.

El *Decret Legislatiu 1/2009*, por el cual se aprueba el Texto refundido de la *Llei reguladora dels Residus (6/1993)*, define los subproductos como “*residus que es poden utilitzar directament com a primeres matèries d’altres produccions o com a substitut de productes comercials i que són recuperables sense necessitat de sotmetre’ls a operacions de tractament*”.

La Directiva Marco de Residuos y su transposición al estado español a través de la Ley 22/2011, de 28 de julio, define las condiciones para que una sustancia u objeto resultante de un proceso de producción, cuyo objetivo no es la producción de esta sustancia u objeto, pueda ser considerada como un subproducto y no como un residuo, cuando se cumplan las siguientes condiciones de forma simultánea²³:

- a. Que se tenga la seguridad de que la sustancia u objeto será 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, y

²³ Extraído del Grupo de Trabajo de Subproductos y Fin de la Condición de Residuo del Ministerio para la Transición Ecológica.

- d. Que el uso ulterior cumpla todos los requisitos pertinentes relativos a los productos así como la protección de la salud humana y del medio ambiente, sin que la sustancia produzca impactos generales adversos para la salud humana o el medio ambiente.

3.3.3.1 ¿Quién genera el residuo? ²⁴



Fundería Condals es una empresa fundada el año 1976 en Manresa, dedicada a la producción de series medias y grandes de fundición de hierro nodular y gris. En la actualidad, su producción anual supera las 35.000 toneladas, destinando el 90% al subministro de piezas críticas y de seguridad para el sector de la automoción (frenos, cajas de cambio, piezas de motores, climatización, etc.). El ferrocarril, la construcción, la hidráulica y la maquinaria son otros de sus clientes.

La técnica de la fundición nodular (o dúctil) consiste en la fundición de hierro aleada con grafito. A diferencia de la mayoría de fundiciones de hierro, que son frágiles y quebradizas, la dúctil presenta mayor dureza y resistencia, debido a la inclusión de grafito en forma de nódulos. En su ciclo productivo se agrega arena nueva y recirculada, generando unos excedentes de ésta que son transportados para ser retirados como subproducto. Las arenas de fundición se caracterizan por la capacidad de mantener su forma, la permeabilidad, la estabilidad térmica y por ser reutilizables.

3.3.3.2 ¿Quién aprovecha el subproducto?

Las arenas de fundición retiradas como subproducto son trasladadas a dos empresas del sector de la construcción ubicadas en un polígono industrial de El Papiol. Fiasa Mix y Prebesec las utilizan como materia prima en la fabricación de mortero y hormigón en seco, en sustitución de la piedra caliza.

Trámite para la gestión de las arenas de fundición como subproducto

La gestión de los residuos como subproductos se establece en el artículo 29 del *Decret 93/1999* sobre procedimientos de gestión de los residuos, decretando que es necesario disponer de la resolución de *l'Agència de Residus de Catalunya* que lo declara como subproducto.

Para que ambas empresas se pongan en contacto, se requiere de una plataforma que haga de enlace. La *Borsa de Subproductes i Matèries Primeres* es un servicio gratuito online ofrecido conjuntamente por el *Consell de Cambres de Comerç* y *l'Agència de Residus* para

²⁴ En los siguientes subapartados se hace una síntesis sobre algunas ideas expuestas en el Boletín de la Bolsa de Subproductos y Materias Primas de Cataluña publicado en mayo del 2016.

que las empresas usuarias publiquen anuncios de ofertas y demandas de todo tipo de subproductos, residuos y otras materias primas. De este modo, Fundería Condals sube un anuncio ofreciendo sus arenas de fundición, al cual reaccionan otras empresas interesadas en reutilizarlas o reciclarlas, contactando directamente con Funderia Condals; o bien, Fiasa Mix y Prebesec publican un anuncio demandándolas.

Así pues, cuando Fundería Condals y, Fiasa Mix y Prebesec, empresa productora y receptoras del residuo, respectivamente, han alcanzado un acuerdo y antes de que ésta última empiece a gestionar el subproducto, deben hacer una solicitud conjunta y una memoria explicativa dirigida a *l'Agència de Residus de Catalunya*. En estos documentos quedan especificados, por parte de ambas posiciones, una serie de aspectos referentes a las arenas de fundición.

Por parte de Fundería Condals:

- Descripción del proceso que las genera.
- Descripción de sus características y de su composición.
- Cantidad anual generada.
- Análisis actualizado.

Por parte de Fiasa Mix y Prebesec:

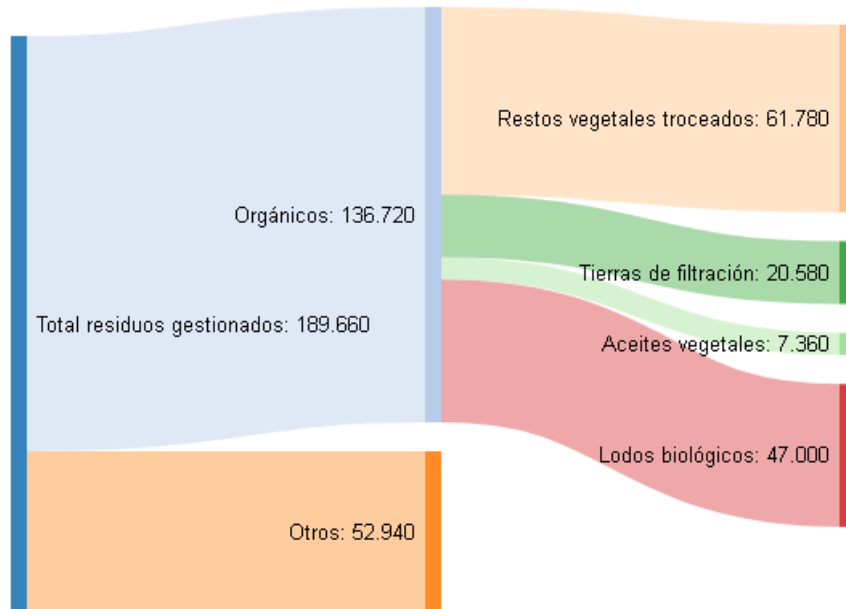
- Descripción del proceso de receptor.
- Forma de recepción, almacenamiento y manipulación.
- Materia prima sustituida.
- Consumo previsto y ahorro de materia prima.
- Medidas y controles sobre los efectos adicionales derivados de su uso.

La declaración de subproducto tiene una vigencia máxima de 5 años, con opción de solicitarla de nuevo transcurrido este periodo. Tanto las empresas productora como receptoras, tienen que indicar en su *Declaració anual de residus industrials* (DARI), la gestión de las arenas de fundición como subproducto, en el apartado correspondiente.

4 RESULTADOS

4.1 Simbiosis industrial a partir de los residuos orgánicos

Residuos generados por Provital en el 2016 (kg)



Elaboración propia a partir de los datos publicados por Provital

RESIDUO ORGÁNICO		€/kg	COSTE	AHORRO
	Antes	x	9.699	6.175
RESTOS VEGETALES	Ahora	x	2.720	
61.780 kg		0,013	803	
	Antes	0,35	7.203	6.369
TIERRAS DE FILTRACIÓN	Ahora	0,04	834	
	Antes	0,35	16.450	13.301
LODOS DE DEPURADORA	Ahora	0,067	3.149	
				25.845
AHORRO TOTAL				

Elaboración propia a partir de los datos publicados por Provital

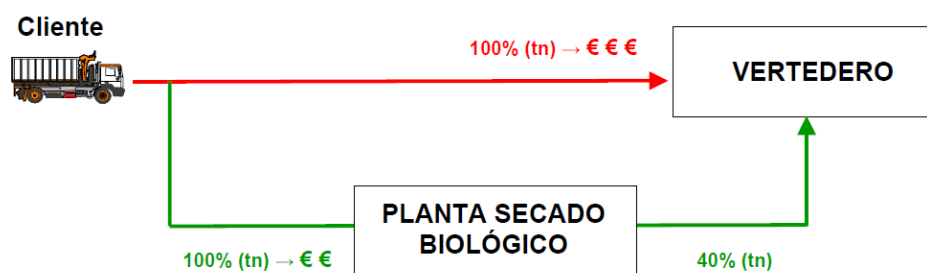
RESIDUO ORGÁNICO		€/kg	COSTE	INGRESO
	Antes	0,45	3.312	
RESTOS ACEITES VEGETALES	Ahora			1.619
7.360 kg		-0,22		

Elaboración propia a partir de los datos publicados por Provital

Estas tablas reflejan los resultados económicos de Provital en el año 2016 derivados de la simbiosis industrial aplicada a sus residuos orgánicos.

Los restos vegetales y las tierras de filtración gestionadas en la actualidad por Burés Profesional y Burés como compostaje, han supuesto un ahorro del 74 % de los costes de estos residuos. Esta nueva forma de gestión evita la emisión de gases nocivos generados en el proceso de combustión de la materia orgánica en su tradicional incineración. También destacar el menor impacto medioambiental que ocasiona el compost vendido por Burés Profesional y Burés. Al estar fabricado con materiales orgánicos, aporta una mejora del suelo cultivable y, al contener una proporción húmica elevada a raíz de su proceso de fermentación aerobia en presencia de humedad, beneficia la retención de nutrientes. Por lo tanto, se comercializa un producto menos dañino para los suelos agrícolas.

En el caso de los lodos biológicos procedentes de la depuradora, el compostaje gris (o secado biológico) como nueva técnica de gestión ha supuesto un ahorro de 13.301 €, lo que representa casi el 81 % de los costes de esta tipología de residuo. Esta tecnología de pre-tratamiento a su disposición en el vertedero, ha permitido una reducción en los costes de manipulación y transporte, así como la minimización de problemas en el vertedero. Además del descenso en los costes de Provital como cliente, se genera negocio en la planta de secado, beneficiando también a Tradebe.



Fuente: Grupo Tradebe²⁵

La segregación de los diferentes tipos de aceite y su separación del agua han supuesto revertir un coste (-3.312 €) a un ingreso (+1.619 €), ya que éstos son vendidos para la fabricación de biodiesel. Es decir, Provital ha pasado de tener que pagar 45 céntimos por kilogramo de aceite a ECOIMSA²⁶ por la gestión de este residuo, a que ahora cobre 22 céntimos por cada kilogramo que le compra EcoMotion. El hecho de que un residuo devenga en una materia prima destinada a la elaboración de biodiesel, da lugar a un tratamiento más respetuoso con la naturaleza, que afecta tanto a la oferta como a la demanda. En primer lugar, porque su producción no agota las reservas naturales de energía y, en segundo lugar,

²⁵ Grupo Tradebe (2017). Secado biológico de lodos contaminados. Compost gris. https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/jornadatecnica003/21_mompeo.pdf

²⁶ ECOIMSA (Ecológica Ibérica y Mediterránea S.A) forma parte de Tradebe y es un gestor autorizado para tratar residuos de hidrocarburos procedentes de los buques y residuos de origen industrial, mediante tratamientos físico-químicos.

debido a que su consumo disminuye la expulsión de gases climáticamente perjudiciales y, presentar una carga de sustancias nocivas inferior que el diésel de origen mineral.²⁷

Aunque no se disponen de los datos cuantitativos sobre la sinergia creada entre Provital y Formigrup, la gestión de los residuos y subproductos de las propias plantas y de otras industrias llevada a cabo por Formigrup, ha supuesto que la Generalitat le haya concedido el “*Distintiu de Garantia de Qualitat Ambiental*”²⁸ en 2018, a ambas empresas del grupo. La ecoetiqueta²⁹ ha sido otorgada por la utilización de materias primas y productos de árido reciclado a Sorres i Graves Egara y, por la fabricación de productos de hormigón con material reciclado a Formigons Montcau.



4.2 Simbiosis industrial a partir de los residuos plásticos

La simbiosis establecida entre Tecnum y Lutesor a partir de la recuperación de los residuos de polipropileno, generados por el primero y utilizados como materia prima por el segundo, para su reintroducción en el proceso productivo de Tecnum, ha provocado que 5 toneladas anuales de restos plásticos se destinen a autoproducción. Por lo tanto, 5 toneladas de residuos que implicaban un gasto por su gestión se han transformado en materia prima, sin necesidad de importar o comprar a otra empresa más alejada. La cercanía de Lutesor como proveedor de barras extruidas de polipropileno se ha traducido en un ahorro en los costes de transporte. Los beneficios económicos no solo repercuten en Tecnum, sino también en Lutesor, que trabaja con un nuevo cliente.

Por otra parte, la gestión conjunta de Tecnum, Teknia, Cardonaplast, Montana Colors, Pirelli y Manubens ha permitido la concentración de 40 toneladas anuales de residuos plásticos, que son valorizados y aprovechados para fabricar hormigón o todo tipo de productos a partir de plástico reciclado. Con esta práctica, se evitan 40 toneladas de residuos no degradables, a la vez que, un ahorro de 40 toneladas de materias primas para su fabricación. La colaboración entre empresas no solo ha reportado ahorros económicos

²⁷ Algunos estudios hablan de que por cada kilogramo de biodiesel se evitan dos kilogramos de emisiones de CO₂, en comparación con los combustibles fósiles.

²⁸ Etiqueta ecológica de tipo I concedida por la *Direcció General de Qualitat Ambiental i Canvi Climàtic del Departament de Territori i Sostenibilitat*, que reconoce productos y servicios que superan determinados requerimientos de calidad ambiental más allá de los establecidos como obligatorios por la normativa vigente.

²⁹ De acuerdo con la norma ISO 14024 (International Organization for Standardization), la ecoetiqueta es una etiqueta ecológica de tipo I, que identifica y certifica de manera oficial que ciertos productos o servicios tienen una afectación menor sobre el medio ambiente teniendo en cuenta todo su ciclo de vida.

gracias a la reducción en el coste de gestión de los residuos plásticos, sino que también ha favorecido la innovación en el desarrollo de nuevos productos reciclados.

4.3 Simbiosis industrial a partir del aprovechamiento del calor residual (Simbiosis energética)

Las buenas prácticas llevadas a cabo en el polígono industrial de Bufalvent para gestionar de un modo más eficiente la energía han tenido efectos económicos y medioambientales positivos.

El aprovechamiento de los excedentes de calor gracias a la reutilización de éstos en el proceso productivo de la misma empresa o de otras ubicadas en su entorno, ha supuesto un ahorro energético de 12 gigavatios-hora de calor al año y un ahorro potencial de 1.200.000 euros en la producción de energía. Esto se debe a que los costes de explotación se reducen al generar electricidad de forma más barata y al aprovechar el calor residual.

Uno de los aspectos más cuestionados del modelo energético convencional es, que la potencia producida en el conjunto de las centrales se diseña para el máximo de consumo previsto en hora punta, sin importar si posteriormente es consumida o no; viéndose este derroche agravado por las pérdidas adicionales en el proceso de distribución. En cambio, el sistema de generación distribuida ha provocado un descenso en los vatios perdidos y, por lo tanto, un ahorro de energía primaria, gracias a instalaciones y tecnologías que optimizan el proceso de producción, sujetas a las necesidades de la demanda, y a su ubicación en entorno cercano, tanto para el productor como para el consumidor, facilitando su logística. Los usuarios finales también se han visto beneficiados a través de ahorros económicos en el subministro y el abaratamiento del precio de la electricidad en el mercado eléctrico o *pool*. La implementación de energías renovables provoca una menor demanda de consumo, forzando a una bajada en el precio de casación³⁰, reflejado en un ahorro en la factura de la luz.

Así pues, la reducción en el consumo de energía generada a partir de recursos fósiles, unido a la producción de un combustible alternativo mediante el aprovechamiento de los residuos orgánicos, el biogás, ha implicado una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero; siendo, entre otros, uno de los impactos medioambientales más positivos a ensalzar.

³⁰ Precio de casación: precio de compra y venta de las unidades de electricidad contratada, para esa hora y sesión, en el mercado eléctrico.

4.4 Gestión de los residuos metálicos como subproductos

La gestión del residuo como subproducto es una alternativa a la gestión a través de un gestor autorizado, implicando la valorización de las arenas de fundición como materia prima y ofreciendo una serie de ventajas. La minimización en la gestión a través de vertederos implica que Fundería Condals evite el coste de tramitación, transporte y tratamiento en estas instalaciones y, además, al considerarlo como recurso, obtiene unos ingresos. Al mismo tiempo, Fiasa Mix y Prebesec se ahorran la adquisición de piedra caliza. Este menor consumo de materias primas y de energía para refinarlas, y la no realización de operaciones previas para tratarlas, hacen que las emisiones de CO₂ se reduzcan, mejorando la sostenibilidad medioambiental.

5 DISCUSIÓN

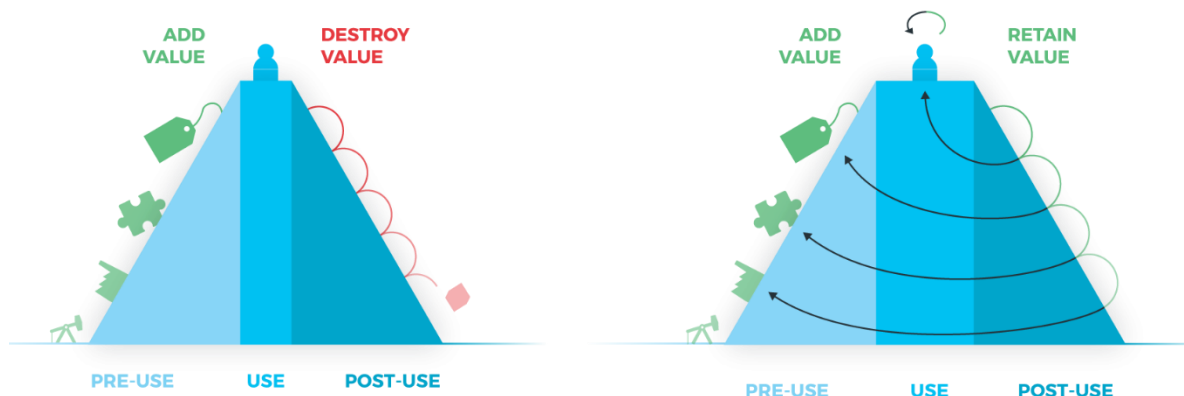
Los resultados aportados en el capítulo anterior son una muestra de la situación actual de la simbiosis industrial en la provincia de Barcelona y, por lo tanto, son la principal evidencia para dar respuesta a la pregunta de investigación planteada.

En cada uno de los 4 casos estudiados, el análisis de los respectivos resultados ha pretendido dejar constancia de las consecuencias que han comportado los cambios en la gestión de los residuos y de la energía, tanto desde el punto de vista medioambiental como del económico. No obstante, hay que tener en cuenta que la disponibilidad de datos cuantitativos ha sido limitada o, al menos, no tan fructífera como se podía pensar en un principio.

De todos modos, los resultados mostrados permiten comprobar que la simbiosis industrial es un instrumento adecuado para hacer frente a los problemas que acarrea la generación de residuos y la escasez de recursos. Por una parte, la minimización de los impactos medioambientales, ya sea a través de una reducción en las emisiones de gases nocivos, una menor generación de residuos sólidos o una disminución en los vertidos de sustancias peligrosas, que ha comportado la implementación de estas iniciativas, suponen un impacto positivo evaluado y conocido para la sociedad. Por otra, los efectos en la contabilidad de las empresas no son tan conocidos o, al menos, no se ponen de manifiesto con la misma intensidad que los efectos sobre el medio natural; cuando en realidad son igual, o quizás más importantes, si consideramos que las empresas son uno de los principales agentes de la economía y que sus acciones tienen repercusiones en el entorno.

Esta débil repercusión que se le otorgan a los beneficios económicos de la simbiosis industrial se vuelve más incomprensible cuando este tipo de proyectos no son muy frecuentes o todavía se encuentran en fases muy iniciales, en el entorno más cercano. Es decir, cuesta entender que no sean más visibles y accesibles los resultados de aquellas empresas pioneras y exitosas en sus medidas, si no abundan las empresas que implementan estrategias innovadoras para gestionar de una forma más eficiente sus recursos.

La falta de preocupación sobre su imagen corporativa y la falta de promoción en lo referido a estos asuntos, se le añaden las reticencias de las empresas sobre la viabilidad económica de la simbiosis industrial. Se requiere de un cambio en lo que se entiende como residuo: La economía lineal no da valor al residuo y, por eso, lo tira; en cambio, la economía circular lo concibe como un recurso y, por lo tanto, le otorga valor. La simbiosis industrial persigue crear valor mediante la reutilización de los residuos y subproductos generados en el proceso de producción. No es la única, existen otras estrategias que actúan en las diferentes fases que van desde la extracción de la materia prima hasta el consumo.



Fuente: Circle Economy ³¹

Así pues, es difícil que la empresa privada efectúe inversiones destinadas a promover nuevos modelos de negocio, sin el apoyo del sector público. Además, la simbiosis industrial requiere de economías de escala que no siempre son posibles a pequeña escala (ámbito local), obligando a ampliar el nivel territorial de actuación. El proyecto *Simbiosi industrial: revaloritzem els recursos sobrants* pone de manifiesto esta necesidad ya que participan los polígonos industriales de 3 municipios, con el objetivo de generar unos flujos atractivos para nuevas inversiones. La intervención de la administración pública facilita la cooperación entre empresas privadas de diferentes poblaciones a la hora de optimizar los recursos que no utilizan internamente. También desempeña una función reguladora estableciendo unos requisitos legales acerca de la gestión de los recursos como subproductos, con la finalidad de garantizar unos mínimos en seguridad del medio ambiente y salubridad. Sin embargo, la burocracia administrativa necesaria para asegurar tal objetivo se interpreta como una traba por parte de las empresas. De este modo, se crea una disyuntiva entre establecer un entorno favorable para el desarrollo de nuevas iniciativas empresariales y la regulación normativa de la administración pública.

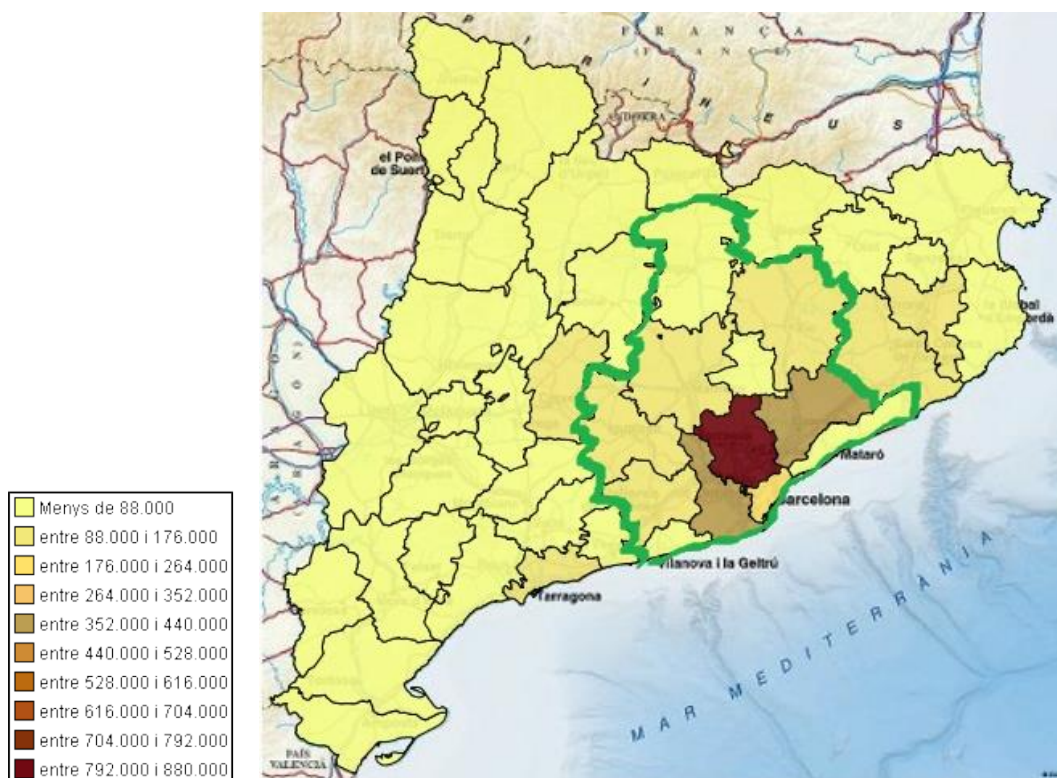
La transformación colectiva ha de ir acompañada de un cambio en cada sector de actividad y en cada unidad empresarial. Los casos analizados demuestran que existen estas diferencias a nivel sectorial e individual de cada empresa; a la vez que reflejan que la tipología de residuo (incluyendo el calor residual) influye en el ritmo de implementación de la simbiosis industrial, como consecuencia de las características del material para reutilizarlo y del nivel de desarrollo de las soluciones alternativas a su tradicional gestión. Es decir, las propiedades intrínsecas influyen en la menor o mayor facilidad para darles un segundo uso; y en aquellos materiales en que la reutilización no pueda realizarse de una forma tan directa y, suponga un grado de complejidad superior, se precisa un progreso técnico acorde a las circunstancias y la dificultad. Así pues, los casos estudiados también evidencian que la simbiosis industrial se encuentra en un estado más avanzado en los materiales biológicos, que en los técnicos o los flujos de energía.

³¹ <https://www.circle-economy.com/wp-content/uploads/2016/09/linear-circular-hills-e1474545163614.png>

Por lo tanto, esta realidad dificulta dar una respuesta contundente a la pregunta: ¿Cuál es la situación actual de la simbiosis industrial, como instrumento dentro de la ecología industrial, en la provincia de Barcelona?

El área geográfica elegida presenta un mayor consumo de energía final en el sector industrial³² y una generación de residuos industriales elevada, especialmente concentrada en la comarca del Vallès Occidental. Esto puede explicar la puesta en marcha de proyectos de simbiosis industrial. Al mismo tiempo, es difícil sacar una única respuesta ante la heterogeneidad de los resultados en función del nivel sectorial e individual de la empresa y, de la tipología de residuo industrial generado según sus posibilidades de reutilización.

Residuos industriales generados por comarca en el 2017 (T)



Fuente: *Agència de Residus de Catalunya* ³³

³² Los datos publicados por el *Institut Català d'Energia* a nivel provincial más recientes datan del 2009 e indican que el sector industrial de la provincia de Barcelona tuvo un consumo de energía final de 2.268, 1 ktep (kilotonelada equivalente de petróleo). Es una unidad de medida energética equivalente a la cantidad de energía obtenida por la combustión de 1000 toneladas de petróleo. Su conversión a unidades del Sistema Internacional es 1 ktep = 4×10^{13} julios.

³³ <http://estadistiques.arc.cat/ARC/?industrials#>

6 CONCLUSIÓN

Los notorios impactos medioambientales derivados del modelo de producción y consumo basado en producir, utilizar y tirar, han hecho necesaria una reflexión colectiva acerca de la viabilidad ambiental de continuar con este esquema.

A pesar de que las advertencias y alertas son conocidas hace décadas, la falta de incentivos o desconocimiento acerca de la viabilidad económica de un modelo alternativo han ido posponiendo los cambios en el patrón de comportamiento de los agentes participantes. La demora ha sido tal que ha obligado a establecer un marco normativo más estricto para avanzar en la transición hacia una economía circular.

Uno de los agentes implicados y más reticentes acerca de la viabilidad económica de implementar prácticas más sostenibles, es el tejido productivo. Dentro de él, el sector industrial es una de las actividades que requiere de abundantes materias primas y, que su producción afecta más negativamente al entorno, debido a su elevado consumo de energía y al volumen de residuos que genera; a la vez que aún se muestra muy reacio a introducir iniciativas que minimicen los impactos medioambientales, si no tienen la seguridad de que éstas se van a reflejar como una ganancia.

Este trabajo y el análisis de los casos elegidos demuestran que es posible la convivencia entre viabilidad ambiental y económica; tal como se observa en los polígonos industriales de la provincia de Barcelona, concretamente de los municipios de Barberà del Valles, Sabadell, Sant Quirze del Vallès (Vallès Occidental) y Manresa (Bages), que han implementado políticas de economía circular.

Se evidencia que la administración pública tiene una función importante a la hora de mediar y coordinar a las empresas. Los ayuntamientos y organismos supramunicipales han de facilitar los medios y el espacio para que éstas consideren las estrategias de la ecología industrial como algo rentable.

El sector industrial genera residuos y energía, que pueden aprovecharse como materia prima de otras empresas, consiguiéndose así la máxima optimización de los recursos perseguida por la simbiosis industrial. La rentabilidad y la influencia positiva de las campañas de sensibilización deben incrementar el número de empresas implicadas en los proyectos de simbiosis industrial con el objetivo de establecer un número cada vez superior de interrelaciones y dependencias, y así crear un círculo cerrado dentro de los polígonos industriales.

7 BIBLIOGRAFIA

Agència Catalana de l'Aigua, Àrea de Sanejament d'Aigües Residuals. La gestión de lodos de depuradora en Cataluña. Valorización en cementeras. [PDF]. Recuperado de: [http://www.flacema.org/images/stories/V_JICA/marc%20moliner_presentacin.antequera.121211.pdf]

Agència de Residus de Catalunya, Àrea de Prevenció i Foment del Reciclatge. (2015). Els subproductes: Recursos i oportunitats. Barcelona. [Diapositives de PowerPoint]. Recuperado de: [<https://www.slideshare.net/residuscat/el-subproducte-recursos-i-oportunitats>]

Agència de Residus de Catalunya, Àrea de Prevenció i Foment del Reciclatge. (2010). Els subproductes: Recursos i oportunitats. Casos pràctics. Barcelona. [PDF]. Recuperado de: [http://www.arc.cat/jornades/subproductes2010/bloc1_1.pdf]

Agència de Residus de Catalunya. (2016). Boletín de la Bolsa de Subproductos y Materias Primas de Cataluña.

Agència de Residus de Catalunya. (2018). Els residus generats per les indústries inscrites en el registre de productors de residus de Catalunya. DARI 2017.

Agència de Residus de Catalunya. (2016). Polítiques de gestió de residus i foment de la simbiosi industrial: Estat de la qüestió i tendències. [Diapositives de PowerPoint]. Recuperado de: [<https://www.slideshare.net/granollersmercatajuntamentdegranollers/poltiques-de-gesti-de-residus-i-foment-de-la-simbiosi-industrial>]

Agència de Residus de Catalunya. Subproductos. [http://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/valoritzacio_reciclatge/reciclatge_a_la_industria/subproductes]

Area Metropolitana de Barcelona. (2018). Informe d'Aprofundiment de l'Economia Metropolitana: Economia Verda i Circular. Barcelona.

Associació Pacte Industrial de la Regió Metropolitana de Barcelona. (2016). Guia d'Iniciatives Locals cap a la transició energètica als polígons industrials. Barcelona.

Bolsa de subproductos y materias primas. [<http://residurecurs.cat/>]

Burés Profesional. [<https://www.burespro.com/>]

Burés. [<http://buressa.com/es/>]

Cardonaplast. [<http://www.poligonsbages.cat/es/empresa/1594>]

Catalunya Circular: l'Observatori d'Economia Circular. [http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/empresa_i_produccio_sostenible/economia_verda/catalunya_circular/index.html]

Circle Economy. [<https://www.circle-economy.com/>]

Diputació de Barcelona, Fundació Fòrum Ambiental. (2018). Guia d'Economia Circular i Verda al Món Local: Com passar a l'acció i eines pels ens locals. Barcelona.

Distintiu de garantia de qualitat ambiental. [http://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/empresa_i_produccio_sostenible/ecoproductes_i_ecoserveis/etiquetatge_ecologic_i_declaracions_ambientals_de_producte/distintiu_de_garantia_de_qualitat_ambiental/index.html]

Duchin. F. (1992). Industrial input-output analysis: Implications for industrial ecology. Proceedings of the National Academy of Sciences, 89, 851-855.

EcoMotion. [<https://www.ecomotion.de/en/eco/homepage/>]

Eix Besòs Circular. [<https://www.eixbesoscircular.com/>]

El Correo del Sol. La avanzadilla de la simbiosis industrial. [<https://elcorreodelsol.com/articulo/la-avanzadilla-de-la-simbiosis-industrial>]

Ellen MacArthur Foundation. [<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>]

Ellen MacArthur Foundation. (2014). Hacia una economía circular: Resumen ejecutivo.

Estadístiques de Residus Industrials. Agència de Residus de Catalunya. [http://estadistiques.arc.cat/ARC/?industrials#_ga=2.160639224.438944769.1559378555-216273527.1554547438]

Estadístiques energètiques. Institut Català d'Energia. [http://icaen.gencat.cat/ca/L_icaen/dades_obertes/]

Formigons Montcau. [<http://formigonsmontcau.es/>]

Formigrup. [<http://formigrup.com/>]

Formigrup. Economía circular en els àrids i el formigó. [PDF]. Recuperado de: [https://www.diba.cat/documents/36716876/234875101/ECONOMIA4_Presentaci%C3%B3n+Formigons+Montcau.pdf/ce1cf415-8c4c-41d7-bc77-88faa24b9359]

Fundación COTEC para la Innovación. Situación y Evolución de la Economía Circular en España (2017). Madrid.

Fundació Fòrum Ambiental. (2018). Com l'economia circular contribueix a la promoció del teixit productiu i la dinamització de l'economia local? [Diapositives de PowerPoint]. Recuperado de: [http://xarxaenxarxa.diba.cat/sites/xarxaenxarxa.diba.cat/files/taller_viladecans_170118_taula_rodona.pdf]

Fundería Condals. [<http://www.condalsgroup.com/>]

Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat, Catalunya Circular. Sistema d'indicadors. Mesurant l'avanç de Catalunya envers l'economia circular.

Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat, Oficina de Comunicació i Premsa. (2017). La “simbiosi industrial” a Manresa generaria un estalvi anual de més d’1,35 milions.

Gesternova energia. (2013) ¿Cómo funciona el pool eléctrico? [https://gesternova.com/como-funciona-el-pool-electrico-incluso-lo-vas-a-entender/]

Grupo Tradebe. (2017). Secado biológico de lodos contaminados. Compost gris. [PDF]. Recuperado de: [https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/jornadatecnica003/21_mompeo.pdf]

Institut Català d’Energia. Balanç energètic de Catalunya 1990-2014. Sèrie homogènia.

Jelinsky. L, Graedel. T, Laudise. R, McCall. D, Patel. K. (1992). Industrial ecology: Concepts and approaches. Proceedings of the National Academy of Sciences, 89, 793-797.

Lieder. M, Rashid. A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. Journal of Cleaner Production, 115, 36-51.

Lutesor. [http://www.lutesor.com/]

Manresa en simbiosis. [https://www.simbiosy.com/proyecto-1]

Manubens. [http://www.manubens.es/]

Martínez. J; Roca. J. (2013). Economía ecológica y política ambiental. (3ª ed.). México: Fondo de Cultura Económica.

Ministerio para la Transición Ecológica. Grupo de Trabajo de Subproductos y Fin de la Condición de Residuo. [https://www.miteco.gob.es/ca/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/comision-coordinacion/Procedimiento-Evaluacion-Subproducto.aspx]

Montana Colors. [https://www.montanacolors.com/sobre-montana/]

Pinzón. A. (2009). La Simbiosis Industrial en Kalundborg, Dinamarca. Dearq, 4, 155-160.

Pirelli. [https://www.paginasamarillas.es/f/la-plana-del-pont-nou/pirelli-neumaticos_012057485_000000003.html]

Provital Group. [https://www.provitalgroup.com/es/]

Provital Group. (2017). Simbiosi a Provital. [PDF]. Recuperado de: [http://www.ccvoc.cat/fitxer/2079/Simbiosis%20a%20Provital.pdf]

Roig. B. (7 de junio del 2015). Economía circular a l’industria. L’Econòmic. pág. 113.

Simbiosi. [https://www.bufalvent.cat/simbiosi/]

Simbiosi industrial: revaloritzem els recursos sobrants. [https://simbiosiindustrial.com/]

Símbiosy. [https://www.simbiosy.com/]

Sorres i Graves Egara. [http://sorresigravesegara.com/]

Tecnum. [<http://www.tecnum.es/es/>]

Teknia Automotive. [<https://www.tekniagroup.com/business-units/automotive>]

Tradebe. [<https://www.tradebe.com/es>]

Treball i Empresa, Ajuntament de Sabadell. (18 de abril de 2016). Simbiosi Industrial. [Archivo de video]. Disponible en: [<https://youtu.be/cfJKI-Y3gpg>]

Xarxasost. (25 de marzo de 2019). Economía circular en els àrids i el formigó. [Archivo de video]. Disponible en: [<https://youtu.be/6GGFy9tpUAs>]

