

DTI - FCE

Documentos de Trabajo de Investigación de la Facultad de Ciencias Económicas

3 2024

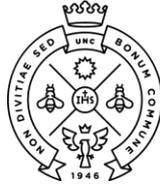
Costos de transacción en Redes de Simbiosis Industrial
Por Sofia D. González



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS



Universidad
Nacional
de Córdoba



FACULTAD
DE CIENCIAS
ECONÓMICAS



Universidad
Nacional
de Córdoba

**Serie Documentos de Trabajo de Investigación
de la Facultad de Ciencias Económicas**

Nro. 03
Abril 2024

Costos de transacción en Redes de Simbiosis Industrial

Sofía D. González

Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Económicas



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/DTI/>

Los DTI-FCE se publican y distribuyen presentando investigaciones en curso de el/los autor/es, con el propósito de generar comentarios y debate no habiendo estado sujetos a referato de pares. Este documento de trabajo no debe ser entendido como representación de las opiniones de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Córdoba.

Las opiniones expresadas en este documento de trabajo son exclusivas del/los autor/es.

Costos de transacción en Redes de Simbiosis Industrial

Transaction costs in Industrial Symbiosis Networks

Lic. Sofia D. González¹

Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Económicas

Resumen: La Simbiosis Industrial es un modelo de negocio perteneciente a la economía circular, donde los residuos o subproductos de una empresa se transforman en materias primas para otra, generando ventajas económicas, ambientales y sociales para las organizaciones involucradas. A pesar de estos beneficios, su implementación entre los distintos sectores industriales no es muy extendida. Según la literatura, esta situación se debe a ciertas problemáticas inherentes a este fenómeno, identificándose los costos de transacción como una de las principales barreras para su desarrollo. El objetivo de este trabajo es identificar los costos de transacción asociados con el desarrollo de una red de Simbiosis Industrial. Para ello, se realizó un estudio cualitativo a partir de las redes originadas por el etanol en la provincia de Córdoba, Argentina. Se llevaron a cabo 13 entrevistas como fuentes primarias de información y se analizaron diversos documentos como fuentes secundarias. Los resultados profundizaron en tres tipos de costos de transacción: costos de búsqueda, de negociación y de ejecución. Entre los cuales resaltan aspectos como la determinación del costo de transporte, la fijación de un precio y el costo de instalación de infraestructura para el acondicionamiento del residuo o subproducto en materia prima. Además, se proponen posibles soluciones basadas en la literatura, tales como el uso de plataformas de información digital y la implementación de contratos flexibles.

Palabras clave: Costos de transacción, Economía circular, Redes de simbiosis industrial

Clasificación JEL: D23, L14, Q01

Abstract: Industrial Symbiosis is a business model related to the circular economy, in which waste or by-products from one company are transformed into raw materials for another, generating economic, environmental and social benefits for the organizations involved. Despite these benefits, its implementation is not widespread among the different industrial sectors. According to the literature, this situation is due to certain problems inherent to this phenomenon, with transaction costs being identified as one of the main barriers to its development. The objective of this paper is to identify the

¹ sofia_gonzalez@mi.unc.edu.ar. La realización de este trabajo se benefició del financiamiento del Programa de Subsidios de Investigación en Contabilidad en el marco del Programa de Formación en Investigación en Contabilidad (PROSIC-PROFIC). Se agradece profundamente a las directoras de tesis doctoral de la autora y al equipo del cual forma parte por sus contribuciones al marco general de este trabajo, Dra. Celina Amato, Dra. Mónica Buraschi, Esp. María Florencia Peretti.

transaction costs associated with the development of an industrial symbiosis network. For this purpose, a qualitative study was carried out based on the networks generated by ethanol in the province of Cordoba, Argentina. Thirteen interviews were conducted as primary sources of information and several documents were analyzed as secondary sources. The results delved into three types of transaction costs: search, negotiation and execution costs. These include aspects such as determining the cost of transportation, setting a price, and the cost of installing infrastructure to process the waste or by-product into raw material. In addition, possible solutions based on the literature are proposed, such as the use of digital information platforms and the implementation of flexible contracts.

Keywords: Circular Economy, Industrial Symbiosis Networks, Transaction costs

JEL Codes: D23, L14, Q01

1. INTRODUCCIÓN

Desde la revolución industrial predomina un sistema económico de producción y consumo lineal, extracción, fabricación y eliminación, que provoca exceso de generación de residuos y crecientes emisiones de gases efecto invernadero (GEI). En las últimas décadas, con la rápida degradación ambiental y, más recientemente con las consecuencias de la pandemia mundial de COVID-19, se revela la fragilidad de este sistema que intensifica los problemas, no solo de contaminación ambiental, sino también de escasez de recursos (Cifuentes-Faura, 2021; Lieder y Rashid, 2016; Meadows, Randers y Meadows, 2005). Estas circunstancias han obligado a diversos actores a reconsiderar el modelo económico actual y cuestionar las implicaciones para la sociedad y para el medio ambiente.

Actualmente está teniendo auge un modelo económico contrario al lineal, conocido como Economía Circular (EC). Este paradigma proviene de una evolución necesaria de la disciplina económica convencional y de la necesidad de la incorporación de la sustentabilidad en sus constructos. La EC propone que todos los actores intervinientes en el sistema consideren al flujo de recursos como un circuito cerrado, en el cual se maximiza la eficiencia de los materiales y el ciclo de vida de estos se extiende indefinidamente para aprovechar todo su valor.

Un modelo de negocio de la EC es la Simbiosis Industrial (SI). La SI implica un conjunto de empresas que comparten recursos, e intercambian materiales, agua, energía y/o subproductos, interactuando en un proceso colaborativo y dinámico, que deriva en múltiples beneficios económicos, sociales y ambientales, generando valor a través de los actores industriales participantes. Las empresas hacen un uso más eficiente de los recursos, se disminuye la cantidad de desechos, se minimizan los GEI, se ahorran costos provenientes de materias primas y se generan nuevos puestos de trabajo provenientes de las nuevas actividades de EC (Baldasarre et al., 2019; Boons et al., 2014.; Bocken et al., 2014, Chertow, 2000, 2007; Short et al., 2014).

Sin embargo, a pesar de los múltiples beneficios que tiene aparejado la SI, aún falta su aplicación en los diferentes sectores industriales. Algunos autores explican que esto

se debe a algunas problemáticas propias de la SI. Por ejemplo, si bien uno de los grandes beneficios de la SI es la reducción de costos y la generación de nuevos ingresos, también se originan nuevos flujos de dinero provenientes de las nuevas actividades tales como el transporte de los residuos o subproductos, el reciclaje o la preparación necesaria para su reutilización, surgen incertidumbres sobre quién se va a encargar de estos costos. Además, en estos escenarios también se genera el inconveniente sobre cómo los socios se aseguran de que van a recibir de manera constante ese residuo/subproducto que ahora es materia prima para producir, ya que los residuos no se generan por “solicitud”, provocando así un problema de oferta-demanda (Lahti et al., 2018; Yazan y Fraccascia, 2020; Herczeg et al., 2018). Los autores explican que estos conflictos, de cuántos residuos hay que “producir”, cuánto se demanda, quién pagará los nuevos costos, quién realizará las nuevas tareas, es una de las razones por las cuales los mercados de residuos están subdesarrollados. Esto conlleva a que exista una incertidumbre contractual sobre estas actividades con nuevos socios, la literatura resalta la necesidad de tener capacidad para formular contratos detallados que faciliten la transformación del modelo de negocio (Dossa et al., 2020; Maaß y Grundmann, 2018).

Una teoría adecuada para resolver estos interrogantes es la literatura de economía de costos de transacción (ECT), la misma centra su atención en la etapa de ejecución del contrato, en donde se definen estas cuestiones que son relevantes entre las organizaciones partes de una SI; *“los costos de transacción juegan un papel clave en el establecimiento y la estabilidad de diferentes formas de relaciones contractuales”* (Yazdanpanah et al., 2020, p. 325). Además, la ECT es particularmente útil para evaluar la relación entre el diseño interorganizacional y la sustentabilidad, ayudando a entender cómo los socios diseñan contratos para asegurar beneficios mutuos y a comprender cómo las empresas pueden cerrar con éxito los ciclos de materiales y desarrollar colaboraciones cercanas (Nygaard, 2022). Se formulan así los siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los costos de transacción que derivan de una red de Simbiosis Industrial? Las aproximaciones entre los enfoques de ECT y SI son escasas, es por ello que esta investigación intentará aportar a esta literatura.

2. MARCO TEÓRICO

La simbiosis industrial (SI), es interpretada como la participación de industrias “...en un enfoque colectivo de ventaja competitiva, que implica el intercambio físico de materiales, energía, agua, y subproductos” (Chertow, 2000, p. 314). Estas industrias pueden estar separadas o configuradas a través de parques eco industriales, no siendo necesaria, ni suficiente, la proximidad geográfica entre ellas (Lombardi y Laybourn, 2012).

No se trata de un simple intercambio de residuos o subproductos como materia prima entre organizaciones (González, en revisión). Si así fuera, desde las grandes industrias recicladoras hasta las organizaciones de valorización textil se considerarían como SI. Para distinguir estos intercambios de la SI, Chertow (2007) propuso un modelo “3-2 heurístico”: al menos tres entidades diferentes deben intercambiar al menos dos tipos de recursos. Ninguna de las entidades involucradas debe tener como actividad primaria el reciclaje. Estas organizaciones pueden estar separadas o configuradas a través de parques eco-industriales, no siendo necesaria, ni suficiente, la proximidad geográfica entre ellas (Lombardi y Laybourn, 2012).

Este sistema implica para las empresas involucradas múltiples beneficios: económicos, como la disminución de costos logísticos y de materia prima, así como de aquellos que provienen de la eliminación de desechos, y mayores ingresos por venta de los residuos y aumento de la competitividad; ambientales, ya que se minimiza la emisión de GEI, se disminuye el consumo de recursos naturales y energía, y se reducen los residuos enviados a vertederos o basurales a cielo abierto; y sociales ya que se crean nuevos empleos, mejora la calidad de vida y las condiciones sociales y económicas de los recursos humanos (Abriat y Masut, 2021; Chertow y Miyata, 2011; Martin y Harris, 2018; Neves et al., 2020).

Como se mencionó en el apartado anterior, la SI aún no está del todo desarrollada en la práctica y tiene un gran potencial de aplicación. Un aspecto que resalta en la literatura es la incertidumbre contractual de la SI; se mencionan aquellas actividades con nuevos socios, problemas en la oferta-demanda de residuos/subproductos, o no tener la capacidad para formular contratos detallados que faciliten la transformación

del modelo de negocio (Maaß y Grundmann 2018; Dossa et al., 2020). Una de las situaciones que más genera riesgo sobre este tipo de sistema es que los residuos no se generan a demanda, sino que emergen como productos secundarios; a esto se suma que el sistema de SI provoca nuevos costos como el reciclaje de estos desechos y los costos derivados del transporte de estos; la SI implica nuevas empresas correspondientes a la recolección, tratamiento y almacenamiento de subproductos y su entrega a otras. Estos conflictos explican la falta de desarrollo de redes de SI (Lahti et al., 2018; Yazan y Fraccascia, 2020; Herczeg et al., 2018).

Por ello es interesante observar este fenómeno bajo la mirada de Economía de Costos de Transacción (ECT). Esta teoría, elaborada por Coase (1960) y desarrollada por Williamson (1985), une la economía con aspectos de la teoría de la organización para estudiar supuestos contractuales relacionados a los costos derivados de las transacciones, antes y después de la misma. La teoría supone que la empresa suplanta al mercado en cuanto al poder de transacción y de definir precios y costos: *“dentro de la empresa, se eliminan las negociaciones individuales entre los diversos factores de producción que cooperan y se sustituye una transacción de mercado por una decisión administrativa”* (Coase, 1960, p. 16). La ECT considera transacción a aquella operación de intercambio de un bien o servicio entre unidades físicamente separadas, es esta transferencia la que da el derecho a utilizar los bienes o servicios de un agente a otro (Williamson, 1985). El enfoque de ECT, explica que en cada transacción se tiene asociado costos, entre los cuales se pueden incluir el costo de descubrir socios potenciales, el flujo de información entre los socios, el costo de las negociaciones que conducen a un trato, la finalización de los contratos y, posteriormente, el seguimiento y cumplimiento del mismo (Coase, 1960; Williamson, 1995)

En la literatura, se han identificado costos de transacción de la realización de contratos de SI, como aquellos que implican la búsqueda de un mercado/socio, los costos de negociación y el costo de aplicación en la relación (Chertow y Ehrenfeld, 2012); también diferenciando los costos de transporte del recurso, el tratamiento para el reciclaje o preparación (Lahti et al., 2018; Dossa et al., 2020). Yazdanpana et al., (2020), diferencian en costos físicos, aquellos como el reciclaje, y costos institucionales, aquellos

que corresponden a la suma de los actos institucionales como los costos de negociación o de establecer mecanismos de seguimiento, que son necesarios para realizar los procesos físicos y están relacionados con la estructura de las conexiones entre empresas. Este trabajo estará dedicado a identificar en un caso concreto los costos de transacción de una SI, para aportar a esta literatura.

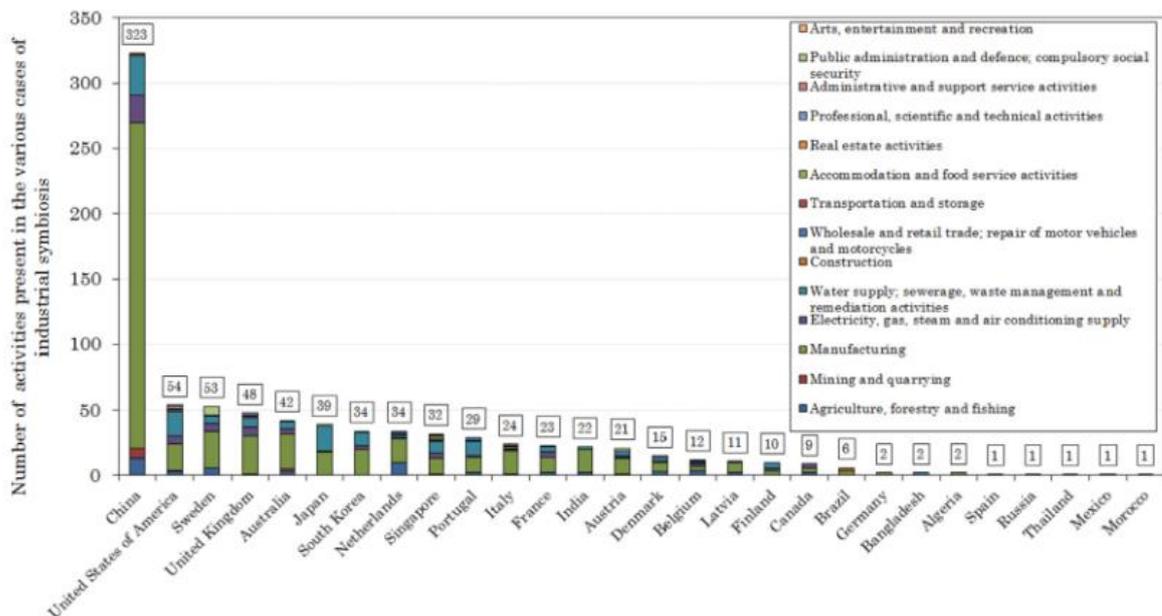
3. ANTECEDENTES DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL

Un rasgo distintivo de las experiencias de SI en la actualidad es su concentración geográfica en el norte global, principalmente en EEUU, Reino Unido y Países nórdicos (el más reconocido es el de Kalundborg, en Dinamarca) (Martin y Eklund, 2011; Neves et al., 2019), en el sur global encontramos múltiples casos en Asia, sobre todo en China (Dong et al., 2013). En Latinoamérica existen pocos casos relevados, los cuales están ubicados en su mayoría en Brasil (Freitas y Magrini, 2017; Sellito et al., 2020) y también en Colombia y Ecuador (Park et al., 2018). En Argentina, una de las primeras investigaciones respecto al tema es de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en junio 2021, la cual se centra en demostrar el impacto de la SI en el empleo, estudiando los casos de residuos de madera en Corrientes y de suero lácteo en la Región Pampeana. El trabajo exploró aquellas relaciones sinérgicas en las que un residuo se transforma en producto o materia prima (lo cual no implica, necesariamente, un vínculo de SI); destaca la necesidad de profundizar sobre el estado de la SI en el país y mapear los distintos casos para poder resaltar y aprovechar los beneficios de este tipo de sinergia (Abriat y Masut, 2021)

En cuanto a las actividades con más potencial de desarrollar sinergias de SI, las más recurrentes son las de manufactura, por su capacidad de transformar residuos en recursos, luego le siguen las de suministro de agua, y electricidad, gas y vapor; la cuarta actividad que sobresale en los casos relevados son las relacionadas con la biomasa, actividades de agricultura, forestales y de pesca. En menor medida se encontraron actividades de minería, construcción, alimentos, transporte, comercio, arte y entretenimiento, y actividades estatales. En la Figura 1 se encuentra la distribución de

estas actividades por país, donde se observa que en China se encuentra la mayor cantidad de relaciones.

Figura 1: Distribución de las actividades de la Simbiosis Industrial, por país



Fuente: Neves et al (2019), p.16

Respecto a las redes de simbiosis, el ejemplo de éxito que se utiliza como gran caso de estudio a nivel internacional es el de Kalundborg, Dinamarca. Esta red comenzó a emerger en el año 1961 con un primer intercambio de aguas residuales entre la municipalidad de Kalundborg y una refinería; luego en 1972 y 1973 se involucran nuevas entidades, una empresa productora de yeso y otra de energía, intercambiando el exceso de gas y agua. Desde entonces se fueron sumando organizaciones a esta red de sinergia y en 1989 se le atribuyó el término de Simbiosis Industrial. Actualmente están asociadas 14 organizaciones con más de 20 intercambios, ya sea de agua, energía o materiales, como se puede ver en la Figura 1. Los socios aseguran que, además de aumentar sus ganancias, este modelo genera confianza y aumenta la capacidad de innovación dentro de su comunidad (*Kalundborg symbiosis*, en línea). Este modelo está instalado desde hace cinco décadas, por lo que sus relaciones complejas se explican por el tiempo que han tenido para instalarse y madurar. Los actores involucrados en esta red se identifican como una comunidad, cuentan con una página web en la cual se puede leer su visión, misión y objetivos, y cómo está organizado a nivel de recursos humanos.

En Latinoamérica, a partir del relevamiento realizado por la autora, se encontraron estudios e iniciativas en los que, gran parte de ellos, se limitan al concepto de SI solo como el aprovechamiento del residuo de una empresa en materia prima de otra, sin tener en cuenta otras dimensiones como la de una red de intercambios (González, 2023; González, en revisión). Existen iniciativas para promover la SI bajo este concepto, conectando a los generadores de residuos con aquellos que lo utilizan; por ejemplo, en 2021 se desarrolló Simbiosis Industrial Ecuador², una plataforma que se limita a los residuos sólidos de los procesos industriales, impulsada por organismos gubernamentales.

La OIT financió estudios en Colombia y Argentina sobre el impacto en el empleo de la SI, de esta manera se relevaron algunos intercambios emergentes de simbiosis (Abriata y Masut, 2021; Ríos y Rodríguez, 2021). En Argentina, se estudiaron los casos de residuos de madera en Corrientes, -que se utilizan para generar energía eléctrica- y de suero lácteo en la región pampeana – que se reutiliza para producir suero en polvo. Los autores concluyeron que la SI genera un impacto positivo en la cantidad de empleo, en el caso de la madera en un 52% y en el de suero un 19%. Sin embargo, explican que los mayores impactos de la SI ocurren en la cadena de valor, debido a los cambios en los procesos productivos. Además, detallan en su relevamiento que la SI en Argentina, ocurre en una gran diversidad de sectores económicos en todo el país. Específicamente encontraron más de 15 casos de aprovechamiento de residuos y subproductos, predominante en Buenos Aires, Córdoba y Santa Fé. Indican que la mayoría de los casos provienen de los sectores de recolección de residuos sólidos urbanos y plásticos (Abriata y Masut, 2021). Es en este punto cuando se vuelve a destacar que se estudiaron los intercambios de residuos como recurso, pero no de una red de simbiosis.

4. METODOLOGÍA

La unidad de análisis en este estudio es la transacción y las reglas explícitas o implícitas que regulan las relaciones entre los distintos colaboradores. Los costos de

² <https://simbiosisindustrialec.com/>

transacción son difíciles de cuantificar, por lo cual el presente estudio no intentará medir los mismos directamente, sino que se enfocará en identificar cuáles son los costos, si son coherentes o no con lo prescrito en la literatura. Es por ello que para lograr los objetivos planteados, se prevé que la investigación tenga un enfoque cualitativo. En particular, se realizará un estudio exploratorio y descriptivo a través del método de casos (Yin, 2009; Stake, 2005; Martínez Carazo, 2006).

Esta investigación tendrá el propósito de aportar al estudio de los costos de transacción de una SI, para ello se recurrirá al caso del bioetanol derivado del maíz. El mismo es significativamente importante para generar sinergias de SI, debido a que en su proceso productivo surgen múltiples subproductos que permiten obtener el máximo valor del grano del maíz (González, 2023). A partir del proceso de bioetanol de maíz se pueden obtener: 1) granos destilados: Burlanda seca (DDGS) o húmeda (WDGS) con grandes propiedades nutricionales para la alimentación animal en tambos o en feedlots, y potenciales de exportación; 2) Vinaza: para generar energía, ya sea térmica o eléctrica; 3) Aceite de maíz: para biodiésel u otros usos industriales; 4) Dióxido de Carbono (CO₂): se recupera este componente para utilizarlo en la industria alimenticia, especialmente bebidas carbonatadas, en medicamentos, producción de cemento y equipos anti incendios como matafuegos (Torroba, 2021).

La provincia de Córdoba es líder en producción de bioetanol de maíz; concentra casi el 80% del total del país, y respecto a la totalidad del sector de bioetanol representa el 42% de la producción nacional (Secretaría de Energía, en línea). Tres empresas son las que integran el sector: ACABIO (que representa el 49% de la producción provincial), Promaíz SA (36%), y Bio4 (15%), que generan una interesante red de intercambios con otras empresas a partir de los subproductos del proceso, construyendo así los casos de SI que se tomarán para esta investigación.

A través de un estudio preliminar se encontró que generan redes de SI a través de los intercambios de sus subproductos (Ver González, en revisión). Por ejemplo, en el caso de ACABIO, comercializa la burlanda seca (DDGS) y húmeda (WDGS) como alimento balanceado para ganado vacuno de tambos y feedlots de la zona. También vende el dióxido de carbono (CO₂) restante del proceso de producción a empresas de bebidas

gasificadas, de matafuegos y mineras; dicha empresa concentra el 15% del total de este producto en el país. El proceso industrial también tiene como residuos excedentes de agua que se destinan a riego de campos cercanos y de vapor que se utiliza para generar energía eléctrica para consumo propio. A su vez, algunos de los feedlots con los que realizan intercambios destinan el purín de los animales a una planta biodigestora, la cual también tiene como inputs residuos de biomasa de campos de maíz y sorgo de la zona, y provee de energía eléctrica a la empresa y a la red eléctrica Nacional (según programa nacional RenovAr). El biodigestato restante del proceso es utilizado como fertilizante orgánico en campos de reproducción de semillas híbridas de maíz y sorgo.

Cada una de las plantas de etanol con su correspondiente red de SI constituye un caso de estudio a los efectos de este trabajo³. Respecto a los métodos de recolección de datos, se realizaron 13 entrevistas semiestructuradas a los gerentes, directivos y operarios de las distintas empresas que integran las redes. También se utilizarán fuentes secundarias de datos, como informes técnicos y reportes de las empresas del sector.

Se realizó un análisis de contenido manual, los códigos surgieron a partir de lo identificado previamente en la literatura, propuesto por Chertow y Ehrenfeld (2012): Costos de búsqueda, costos de negociación y costos de ejecución de la relación. La sección de resultados se estructura explicando y aportando a la literatura a partir de estos tres costos.

5. RESULTADOS

5.1 Costos de búsqueda

Hacen referencia a los costos de localizar información sobre oportunidades de intercambio, sucede en las primeras fases de desarrollo de intercambio de recursos. Detectar posibles sinergias entre empresas u otras organizaciones requiere tiempo y recursos.

³ Para más información de las redes de Simbiosis Industrial ver González, en revisión.

En primer lugar, las empresas analizan posibles flujos de residuos o subproductos de otra organización para identificar oportunidades donde puedan ser utilizados como insumos, o al revés, buscan un destino para sus propios residuos o subproductos. Implica examinar sus procesos de producción, sus flujos de residuos, su ubicación geográfica y su viabilidad económica. Esto puede conllevar la revisión de informes comerciales, bases de datos especializadas, participación en eventos o conferencias comerciales, y análisis de tendencias del mercado.

Una vez que se identificó el flujo de residuo o subproducto, se debe determinar si es un posible socio potencial, evaluar sus capacidades y compatibilidad. Aquí entran aquellos gastos asociados con la identificación, evaluación y selección de empresas potenciales con las cuales establecer relaciones colaborativas para el intercambio de recursos, residuos o subproductos. Requiere investigación y análisis exhaustivos del mercado, la industria y las prácticas empresariales, se necesita tiempo y recursos para evaluar su idoneidad como socios.

Identificar un posible socio es complejo al momento de encontrar si el residuo o subproducto es apto para utilizarlo como materia prima. Esto requiere analizar el tratamiento y los costos que se le debe realizar a ese material para que se convierta en insumo, además de asignar quién sería el responsable de llevar el acondicionamiento a cabo. Puede tratarse de una limpieza, clasificación, descontaminación, reacondicionamiento o cualquier otra modificación necesaria para convertir el residuo en un recurso utilizable por otra empresa. Por ejemplo, en el caso analizado, una de las planta de Biogás necesitó hacer pruebas de laboratorio para saber si un residuo es apto para tratarlo de esa manera: “nos llamaron y fuimos, nosotros te lo podemos tratar, se trae una muestra, le hacemos un análisis, y si tiene tanta capacidad anaeróbica de generar biogás se compra” (Entrevista a planta de biogás). Cada una de esas actividades implica incurrir en costos para quien lo realiza.

El aspecto que resultó crucial en el análisis de la identificación de un nuevo socio es la distancia a la cual se encuentra el mismo, por el costo del transporte del residuo o subproducto; “el flete es muy importante, generalmente es el que deja fuera todo” (entrevista a feedlot). Transportar residuos y subproductos entre diferentes ubicaciones

no solo implica gastos directos relacionados con el combustible y el mantenimiento de vehículos, sino también costos indirectos como el tipo de vehículo de carga, el tiempo de tránsito, la carga y descarga, y la administración logística. Estos costos incrementan proporcionalmente con la distancia “tenemos que alquilar campos linderos... no nos sirve alquilar a 20 o 30 kilómetros... tenemos un análisis de costos que si vos te vas 7 o 10 kilómetros, aumenta mucho el costo” (entrevista a planta de etanol). Las partes involucradas deben analizar detenidamente si los beneficios derivados del uso del residuo o subproducto compensan los costos de transportarlo desde un socio hasta otro. En algunos casos, puede ser más costoso implementar un vínculo de SI con un socio distante, comparado con los beneficios económicos y ambientales que esta podría generar, disminuyendo la rentabilidad general de la asociación.

5.2 Costos de negociación

Hace referencia a los costos de establecer los términos y condiciones del intercambio. Una vez identificados los socios potenciales, se inician las negociaciones preliminares para establecer términos generales de una posible colaboración. Implica negociaciones que pueden ser complejas. Se deben acordar aspectos como el plazo de entrega, la calidad de los residuos o subproductos, los volúmenes, la logística, la responsabilidad sobre los desechos, entre otros. Esto puede requerir tiempo y recursos para discutir áreas de interés mutuo, identificar posibles beneficios y establecer las bases para acuerdos más detallados.

Una negociación importante refiere a los acuerdos de suministro del residuo o subproducto, debido a que el subproducto está estrictamente vinculada al producto principal y no se genera a demanda, como se mencionó en apartados anteriores y siendo coherente con la literatura. Este fenómeno presenta desafíos únicos tanto para el proveedor como para el receptor del material, obligando a ambas partes a considerar cuidadosamente las dinámicas de producción, las fluctuaciones estacionales, y las necesidades operativas en el proceso de negociación. “uno no controla cuánto purín produce, a la granja no le sale mandar purín constante, es una convivencia que hay que

hacer todos los días tratar de mandar la misma cantidad, hay algunos baffles pero digamos hay que controlar.. después hay que controlar la cantidad de gas” (entrevista a feedlot).

Además, la negociación del precio es algo relevante ya que son mercados emergentes. Es fundamental asegurarse de que el intercambio de residuos y subproductos sea económicamente viable: “Tendría que ser un negocio muy interesante para que lo vendamos, ahora lo aprovechamos nosotros” (Entrevista a feedlot). Dado que se trata de materiales que no siempre tienen un mercado existente desarrollado (por ejemplo, el purín de cerdos), que no siempre poseen un valor económico evidente, este paso inicial es crucial. Antes de proceder con cualquier tipo de intercambio de simbiosis industrial, las partes involucradas deben realizar una evaluación exhaustiva para determinar la rentabilidad potencial de estos intercambios. Esto implica no solo identificar y cuantificar cualquier valor económico directo que estos residuos y subproductos puedan tener, sino también considerar los costos asociados con su recolección, procesamiento, y transporte.

En este contexto, es importante tener en cuenta que, aunque un residuo o subproducto pueda parecer inicialmente sin valor o incluso un pasivo desde una perspectiva de gestión de residuos, bajo las condiciones adecuadas y con el enfoque correcto, puede transformarse en un recurso valioso. Por ejemplo, un residuo que requiere tratamiento costoso para su disposición segura puede, en realidad, ofrecer una oportunidad para generar ingresos si se encuentra una industria o un proceso que pueda utilizarlo como insumo; este es el caso del suero lácteo, residuo de la industria alimenticia, que de manera regular era enviado a tratamiento y la empresa debía pagar por eso, sufriendo un costo, a partir de su venta como insumo para una planta de biogás ese residuo se convierte en un ingreso, demostrando los beneficios de la SI. Sin embargo, hasta que se logró un acuerdo comercial pasó tiempo y surgieron diferentes conflictos sobre si ese residuo debería tener o no un precio: “esa es una disputa comercial, ellos pagan por la disposición final de ese residuo, pero ahora nosotros le estamos pagando a ellos, para mi no deberíamos pagarle pero bueno.... en algún momento esto se va a equilibrar.. lo que para ellos era un costo en algún momento ahora no, dicen «ah pero

esto ahora te sirve a vos, ah mira vos, entonces ahora te lo cobro»” (entrevista a planta de biogás)

Por lo tanto, la viabilidad económica de estos intercambios requiere una consideración cuidadosa de todos los factores relevantes, incluyendo los mercados existentes para estos materiales, las tecnologías disponibles para su transformación, y las tendencias regulatorias y ambientales que pueden influir en su valor a lo largo del tiempo.

5.3 Costos de ejecución

Se refiere a los costos de ejecución del contrato. El desarrollo de contratos y acuerdos claros y completos puede requerir asesoría legal, lo que implica costos asociados. Estos costos pueden variar según la complejidad de la colaboración, la cantidad y tipo de residuos o subproductos implicados, y la eficiencia en la gestión de la negociación por parte de las empresas involucradas. La optimización de estos procesos puede ser clave para reducir los costos de transacción y hacer que la simbiosis industrial sea más efectiva y rentable para todas las partes.

Algunas de las organizaciones de los casos estudiados se unieron y formalizaron a través de un "*joint venture*" (empresa conjunta en español), una asociación comercial entre dos o más empresas independientes para llevar a cabo un proyecto o una serie de proyectos específicos. En un *joint venture*, las empresas comparten recursos, riesgos, beneficios y control sobre la operación conjunta, pero mantienen su independencia legal y financiera.

Este tipo de acuerdo es común cuando las empresas desean colaborar en una iniciativa comercial, como la investigación y desarrollo de productos, la entrada a nuevos mercados o la realización de proyectos específicos, sin fusionarse por completo. Cada empresa contribuye con su experiencia, recursos y habilidades, y comparten los costos y los resultados según los términos acordados en el contrato de *joint venture*. Este enfoque puede ser beneficioso para aprovechar las fortalezas de cada socio y compartir

los riesgos asociados con un proyecto particular, coincidente con el objetivo de una simbiosis.

También se incluyen en este tipo de costos los relacionados a la nueva infraestructura, necesaria para que el residuo o subproducto sea transformado en insumo, y establecer el intercambio entre los socios. Estos costos generalmente son altos y podrían desalentar la participación de empresas en la red de simbiosis industrial. En los casos bajo análisis, para recuperar, refinar, almacenar y luego comercializar el Co₂ que se genera en la planta de etanol, las empresas debieron hacer una gran inversión en construir una planta alemana a esta primera. Lo mismo debieron hacer los feedlots y criaderos de cerdos para acondicionar las instalaciones y poder recolectar el purín. Este proceso no solo implica una inversión significativa en la ejecución de la infraestructura necesaria, sino que también requiere la realización de exhaustivos análisis de viabilidad previos: “hicimos inversiones y reformas estructurales de las cloacas, eso lleva un estudio previo para ver como ese residuo puede ser transformado en materia prima” (entrevista a feedlot).

6. CONCLUSIONES

Este trabajo pretende aportar en la identificación de costos de transacción en redes de Simbiosis Industrial. Es así como se profundizó en la categorización planteada por Chertow y Ehrenfeld (2012), detectando cuáles eran los costos de búsqueda, de negociación y de ejecución en los casos de redes de simbiosis originadas por el bioetanol en la provincia de Córdoba, Argentina. Resaltan entre ellos la determinación del costo de transporte, la fijación de un precio y el costo de instalación para el acondicionamiento del residuo o subproducto en materia prima.

Los costos de transacción desempeñan un papel crítico en la viabilidad y el éxito de la SI. Identificarlos permite idear mecanismos para disminuirlos, lo que puede implicar implementar estrategias efectivas para optimizar los procesos de búsqueda, negociación y mantenimiento de acuerdos.

Diversos autores concuerdan en la eficiencia del uso de sistemas o plataformas digitales, sobre todo para disminuir los costos de búsqueda, generando procesos de selección más eficientes (Chertow y Ehrenfeld, 2012; Yazdanpanah et al., 2020; Yazan y Fraccascia, 2020). Estas plataformas permiten obtener un análisis detallado de los flujos de residuos y subproductos en distintas empresas. Incluso se han ideado sistemas de información que permiten gestionar el proceso de búsqueda/emparejamiento, de apoyar/automatizar las negociaciones y de sintetizar las medidas de ejecución necesarias. No obstante, explican que, aunque estos sistemas pueden dar lugar a intercambios cooperativos ocasionales, no proporcionan suficiente información para garantizar el desarrollo de redes sólidas (Chertow y Ehrenfeld, 2012; Yazdanpanah et al., 2020; Yazan y Fraccascia, 2020).

Otro punto importante para abordar estos desafíos es que los acuerdos deben diseñarse con una flexibilidad y una comprensión mutua significativas, reconociendo la naturaleza variable del subproducto, la pertenencia a mercados emergentes y la necesidad del demandante. Esto implica no solo acordar precios y volúmenes, sino también establecer mecanismos que permitan ajustes y adaptaciones en respuesta a cambios inesperados en la producción del producto principal o en la demanda.

Estas negociaciones dentro del marco de la simbiosis industrial requieren un enfoque que va más allá de las transacciones comerciales tradicionales. Requieren un compromiso hacia una cooperación a largo plazo, una comprensión profunda de las operaciones mutuas y un enfoque de colaboración hacia la sustentabilidad.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abriat, B. D. y Masut, A. (2021). *Simbiosis industrial en empresas y su impacto en el empleo*. Organización Internacional de Trabajo Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-buenos_aires/documents/publication/wcms_803622.pdf

Baldassarre, B., Schepers, M., Bocken, N., Cuppen, E., Korevaar, G., y Calabretta, G. (2019). Industrial Symbiosis: towards a design process for eco-industrial clusters by integrating Circular Economy and Industrial Ecology perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 216, pp. 446-460.

- Boons, F., Spekkink, W., y Jiao, W. (2014). A process perspective on industrial symbiosis: Theory, methodology, and application. *Journal of Industrial Ecology*, 18(3), pp. 341-355.
- Bocken, N. M., Barlow, C. Y., Short, S. W., y Chertow, M. R. (2014). From refining sugar to growing tomatoes: Industrial ecology and business model evolution. *Journal of Industrial Ecology*, 18(5), pp. 603-618.
- Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, pp. 313-337.
- Chertow, M. R. (2007). "Uncovering" Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), pp. 11-30.
- Chertow, M., y Ehrenfeld, J. (2012). Organizing self-organizing systems: Toward a theory of industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), pp. 13-27.
- Chertow, M., y Miyata, Y. (2011). Assessing collective firm behavior: Comparing industrial symbiosis with possible alternatives for individual companies in Oahu, HI. *Business Strategy and the Environment*, 20(4), pp. 266-280.
- Cifuentes-Faura, J. (2021). Circular Economy and Sustainability as a Basis for Economic Recovery Post-COVID-19. *Circular Economy and Sustainability*, Núm. 1, pp. 1-7.
- Coase, R.H. (1960). The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 3, pp. 1-44.
- Dong, L., Fujita, T., Zhang, H., Dai, M., Fujii, M., Ohnishi, S., y Liu, Z. (2013). Promoting low-carbon city through industrial symbiosis: A case in China by applying HPIMO model. *Energy policy*, 61, pp. 864-873.
- Dossa, A. A., Gough, A., Batista, L., y Mortimer, K. (2022). Diffusion of circular economy practices in the UK wheat food supply chain. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 25(3) pp. 328-347.
- Freitas, L. A., y Magrini, A. (2017). Waste management in industrial construction: Investigating contributions from industrial ecology. *Sustainability*, 9(7), 1251.
- González, S.D. (en revisión). Explorando redes de simbiosis industrial: sinergias impulsadas por el etanol. *Pampa*.
- González, S.D; Amato, C.N; y Buraschi, M. (2023). The potential of industrial symbiosis in bioeconomy: the case of corn-based bioethanol. Conference paper. *Annual Meeting of the Society for the Advancement of Socio-Economics-SASE*. July, 2023. Rio de Janeiro, Brasil.
- Herczeg, G., Akkerman, R., y Hauschild, M. Z. (2018). Supply chain collaboration in industrial symbiosis networks. *Journal of Cleaner Production*, 171, pp. 1058-1067
- IICA. (2020). *Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo*.

IICA. (2021). *Potencial de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios*.

Lachman, J., Bisang, R., de Obschatko, E. S., y Trigo, E. (2020). *Bioeconomía: una estrategia de desarrollo para la Argentina del Siglo XXI. Impulsando a la bioeconomía como modelo de desarrollo sustentable: entre las políticas públicas y las estrategias privadas*. Buenos Aires, Argentina: IICA.

Lahti, T., Wincent, J., y Parida, V. (2018). A definition and theoretical review of the circular economy, value creation, and sustainable business models: where are we now and where should research move in the future?. *Sustainability*, 10(8), 2799.

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

Lombardi, D. R., y Laybourn, P. (2012). Redefining industrial symbiosis: Crossing academic–practitioner boundaries. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), pp. 28-37

Maaß, O., & Grundmann, P. (2018). Governing transactions and interdependences between linked value chains in a circular economy: The case of wastewater reuse in Braunschweig (Germany). *Sustainability*, 10(4), 1125.

Martínez Carazo, P. C. (2006). El método de estudio de caso como estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento y Gestión*, Núm. 20, pp. 165-193.

Martin, M., y Harris, S. (2018). Prospecting the sustainability implications of an emerging industrial symbiosis network. *Resources, Conservation and Recycling*, 138, pp. 246-256.

Martin, M., y Eklund, M. (2011). Improving the environmental performance of biofuels with industrial symbiosis. *Biomass and Bioenergy*, 35(5), pp. 1747-1755

Meadows, D., Randers, J. y Meadows, D. (2005). *Limits to growth: The 30-year update*. London: EarthScan

Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., y Matias, J. C. O. (2020). A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 247.

Nikolaou, I. E., Jones, N., y Stefanakis, A. (2021). Circular Economy and Sustainability: The Past, the Present and the Future Directions. *Circular Economy and Sustainability*, Núm. 1, pp. 1-20

Nygaard, A. (2022). From linear to circular economy: a transaction cost approach to the ecological transformation of the firm. *Circular Economy and Sustainability*, 2, pp. 1127-1142.

Park, J., Duque-Hernández, J., y Díaz-Posada, N. (2018). Facilitating business collaborations for industrial symbiosis: The pilot experience of the sustainable industrial network program in Colombia. *Sustainability*, 10(10), 3637.

Presidencia de la Nación. Ministerio de Economía. Secretaría de Energía (2023). *Datos de energías renovables – plantas de biocombustibles*. Disponible en: <http://datos.energia.gob.ar/dataset/energias-renovables-plantas-biocombustibles>

Rios, P. y Rodriguez, E. (2021) *Las Redes de Simbiosis Industrial y el Empleo, el caso Colombiano*. Organización Internacional del Trabajo. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-lima/documents/publication/wcms_777897.pdf

Sellitto, M. A., Murakami, F. K., Butturi, M. A., Marinelli, S., Kadel Jr, N., y Rimini, B. (2021). Barriers, drivers, and relationships in industrial symbiosis of a network of Brazilian manufacturing companies. *Sustainable Production and Consumption*, 26, pp. 443-454.

Short, S. W., Bocken, N. M., Rana, P., y Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65, pp. 42-56.

Stake, R. (2005). Qualitative case studies En Denzin, N. K. y Lincoln, Y. S., Eds., *The Sage Handbook of Qualitative Research*, 3rd Edition, Sage Publications, London, pp. 443-466.

Thomas, H. (2009). *De las tecnologías apropiadas a las tecnologías sociales. Conceptos / estrategias / diseños / acciones*. Grupo de Estudios Sociales de la Tecnología y la Innovación. IEC/UNQ CONICET.

Torroba, A. (2021). *Biocombustibles líquidos: institucionalidad y formulación de políticas públicas*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Trigo, E., Morales, V., Lucila, G., Losada, J., Dellisanti, P., Molinari, E., Murmis, R., Almada, M., y Molina, S. (2017). *Bioeconomía Argentina. Visión desde Agroindustria*. Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación.

Williamson, O.E. (1985). *The Economic Institutions of Capitalism*. New York: Free Press.

Yazan, D. M., y Fraccascia, L. (2020). Sustainable operations of industrial symbiosis: an enterprise input-output model integrated by agent-based simulation. *International Journal of Production Research*, 58(2), pp. 392-414.

Yazdanpanah, V., Yazan, D. M., & Zijm, W. H. M. (2020). Transaction Cost Allocation in Industrial Symbiosis: A Multiagent Systems Approach. In *32nd Benelux Conference on Artificial Intelligence, BNAIC 2020 and 29th Annual Belgian-Dutch Conference on Machine Learning, BeneLearn 2020* (pp. 324-338). Leiden University.

Yin, R. (2009). *Case Study Research – Design and Methods (4th Ed.)*. SAGE Publications: Thousand Oaks, CA.