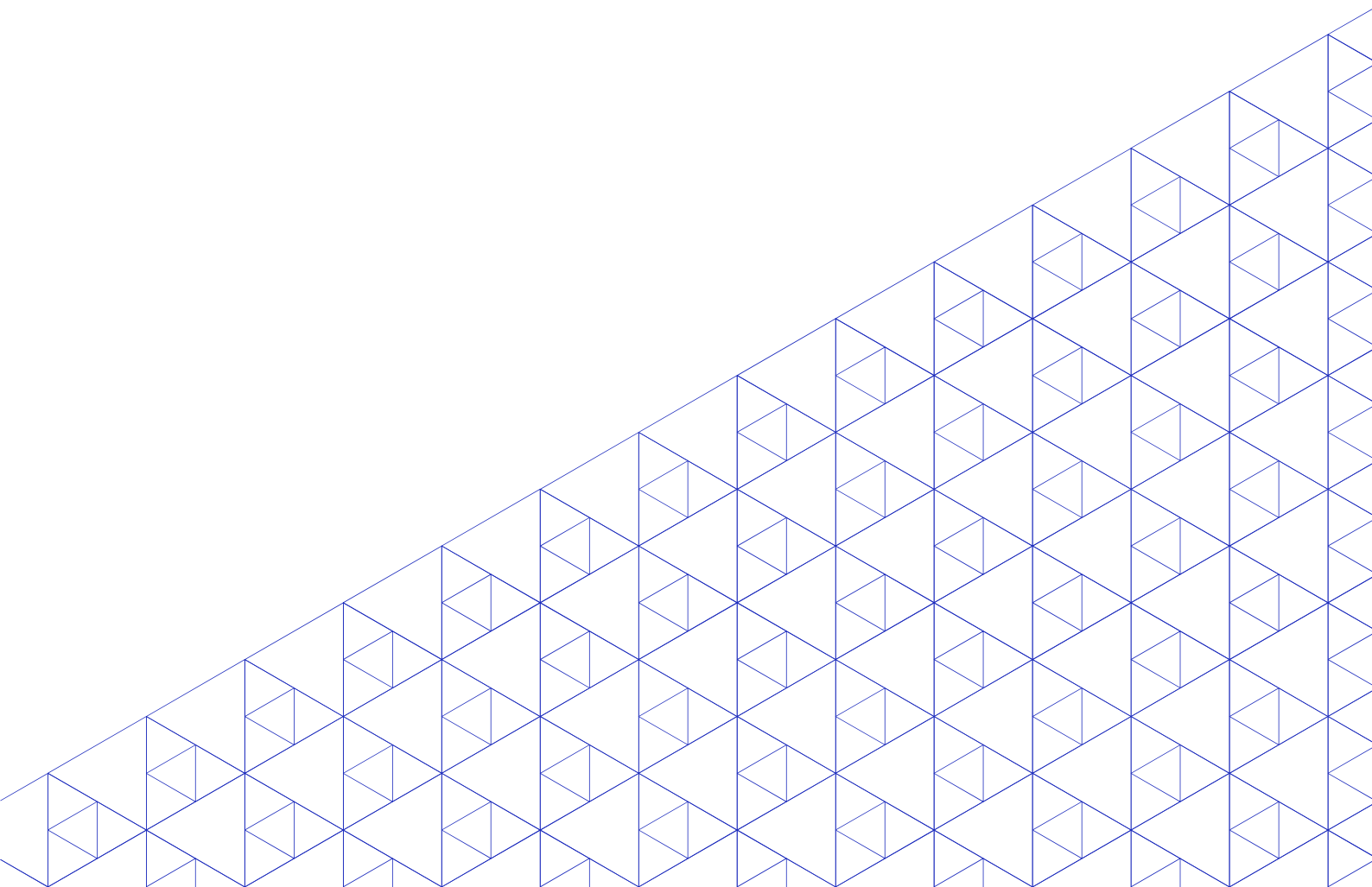




► Simbiosis industrial en empresas argentinas y su impacto en el empleo

Autores / Bruno Dante ABRIATA y Ariel MASUT





La presente obra es un documento de acceso abierto con arreglo a la licencia de atribución 3.0 para organizaciones intergubernamentales de *Creative Commons* (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo>). Tal como se detalla en dicha licencia, los usuarios pueden reproducir, distribuir, adaptar y desarrollar el contenido de la obra original, incluso con fines comerciales, a condición de que se mencione claramente que la OIT es la titular de la obra original. No está permitido utilizar el emblema de la OIT en relación con la obra del usuario.

Traducciones: En caso de que se traduzca la presente obra, deberá añadirse, junto con la atribución de la titularidad, el siguiente descargo de responsabilidad: *La presente traducción no es obra de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT) ni debe considerarse una traducción oficial de la OIT. La OIT no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción.*

Adaptaciones: En caso de que se adapte la presente obra, deberá añadirse, junto con la atribución de la titularidad, el siguiente descargo de responsabilidad: *La presente publicación es una adaptación de una obra original de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT). Las opiniones y puntos de vista expresados en esta adaptación son responsabilidad exclusiva de su autor o autores, y en ningún caso de la OIT.*

Todas las consultas sobre derechos y licencias deberán dirigirse a la Unidad de Publicaciones de la OIT (Derechos de autor y licencias), CH-1211 Ginebra 22 (Suiza) o por correo electrónico a rights@ilo.org.

ISBN: 9789220348581 (web-pdf)

Las denominaciones empleadas, en concordancia con la práctica seguida en las Naciones Unidas, y la forma en que aparecen presentados los datos en las publicaciones de la OIT no implican juicio alguno por parte de la Oficina Internacional del Trabajo sobre la condición jurídica de ninguno de los países, zonas o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

La responsabilidad de las opiniones expresadas en los artículos, estudios y otras colaboraciones firmados incumbe exclusivamente a sus autores, y su publicación no significa que la OIT las suscriba.

Las referencias a firmas o a procesos o productos comerciales no implican aprobación alguna por la Oficina Internacional del Trabajo, y el hecho de que no se mencionen firmas o procesos o productos comerciales no implica desaprobación alguna.

Les agradecemos que remitan sus comentarios sobre el presente documento a research@ilo.org.

Autorización para la publicación: Richard Marc Samans, Director del Departamento de Investigaciones.

Este documento pueden consultarse en: <https://www.ilo.org/global/research/publications/lang-es>

Resumen

La simbiosis industrial es un fenómeno en el cual dos o más empresas se benefician mutuamente a partir del intercambio de residuos o subproductos para utilizarlos como insumos. Este trabajo estudia la ocurrencia de estos fenómenos en Argentina y su impacto laboral. A partir de datos de fuentes primarias y secundarias, construimos una reseña de casos de simbiosis industrial en diversas actividades económicas y áreas geográficas del país. Luego desarrollamos una metodología de análisis donde, combinando datos primarios de encuestas a empresas y datos secundarios de relaciones insumo-producto sectoriales y de estructura sociodemográfica de la fuerza laboral, estimamos el impacto cuantitativo y cualitativo de dos redes de simbiosis industrial: una en la provincia de Corrientes, donde se reutiliza el residuo de madera de aserraderos para generar energía eléctrica que estos aprovechan, y otra en la región pampeana, donde se reutiliza el suero lácteo para producir suero en polvo.

Los resultados indican que la simbiosis industrial efectivamente ocurre a la largo y ancho del territorio argentino y en una amplia diversidad de sectores económicos. A su vez, encontramos que la simbiosis industrial genera un impacto positivo en el número de empleos del 19% en el caso del suero y del 52% en el caso de la madera. Si bien el impacto en la creación de empleo directo es significativo, el mayor impacto se observa en la cadena de valor. Asimismo, el impacto cualitativo es dispar, ya que reduce el riesgo del trabajo en los aserraderos, pero, al mismo tiempo, los empleos creados por las redes amplían las brechas de género y educación en las oportunidades de empleo.

Entre las conclusiones de política pública, destacamos la necesidad de contar con un sistema integrado de relevamiento, programas de inclusión laboral femenina y focalización de esfuerzos en aumentar los niveles de escolaridad, todo a los fines de mejorar el impacto cualitativo de la simbiosis industrial.

Prólogo

El mundo del trabajo actual presenta profundos cambios sociales relacionados con la tecnología, la innovación, la demografía, la organización del trabajo y la producción, la protección ambiental, y en suma en relación al papel del trabajo en la sociedad. En este contexto, el Departamento de Investigaciones de la OIT considera fundamental su análisis y estudio global y, muy en particular, en lo relativo a su impacto laboral.

En los últimos años, nuevas formas de producción e innovación tecnológica han contribuido al crecimiento de la economía verde y al avance de parte de los objetivos de desarrollo sostenible, mediante la promoción de una economía circular y de sus aplicaciones. Una expresión de la economía circular es la simbiosis industrial que se verifica cuándo entidades tradicionalmente separadas se reúnen en un enfoque colectivo con el objetivo de explorar y maximizar las ventajas competitivas derivadas de los intercambios físicos de materiales, energía, agua y los subproductos creados en cada uno de los procesos productivos involucrados.

Generalmente se analiza el impacto económico y ambiental, pero, sin embargo, raramente se han estudiado los efectos laborales de estas redes. En este sentido, la investigación que aquí se presenta aporta un enfoque innovador, además de ser uno de los primeros informes que analizan el vínculo entre el empleo y la simbiosis industrial en América Latina. Por ello considero que sus conclusiones pueden resultar de interés no sólo para investigadores involucrados en el tema de la transición justa y el empleo verde a nivel global, sino también para organizaciones de trabajadores, empleadores y encargados de políticas laborales y ambientales.

El presente informe sobre Argentina ha sido realizado bajo la dirección técnica de Maria Sabrina De Gobbi del Departamento de Investigaciones de la OIT de Ginebra y en colaboración con la Oficina de País de la OIT para la Argentina y la Oficina Regional para América Latina y el Caribe de la OIT, y es parte de un proyecto de investigación más amplio sobre los efectos laborales de redes de simbiosis industrial en dos países de América Latina: Argentina y Colombia.

Este informe no se pudiera haber realizado sin el valiosísimo apoyo técnico y logístico de Ana Belén Sanchez, Especialista en Empleo Verde de la Oficina Regional de la OIT para América Latina y el Caribe, y de Christoph Ernst, Especialista en Empleo y Desarrollo Productivo, y Joaquín Etoarena Hormaeche, Coordinador Nacional del programa Partnership for Action on Green Economy (PAGE), de la oficina de País de la OIT para la Argentina. Además, se agradecen los aportes de los participantes del taller de validación que tomó lugar el día 12 de abril de 2021, y que incluyen representantes de Mundo sindical (Confederación General del Trabajo, Central de Trabajadores de la Argentina), empresarial (Unión Industrial Argentina), del gobierno (Ministerio de Desarrollo Productivo), Provincias (ej. Corrientes), y del mundo académico. Por último, es necesario reconocer el trabajo realizado por los colaboradores externos Bruno Abriata y Ariel Masut, sin el que el resultado final no hubiera sido posible.

Richard Marc Samans
Director
Departamento de Investigaciones de la OIT.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación no habría sido posible de no haber contado con la paciencia y el compromiso desinteresado de todas las personas que contestaron nuestras preguntas. Ellos han dedicado parte de su valioso tiempo a colaborar con nosotros respondiendo encuestas y entrevistas y facilitando vínculos profesionales indispensables para este trabajo. Asimismo, dialogar con ellos ha sido una experiencia sumamente enriquecedora, tanto en términos profesionales como humanos.

Por ello, expresamos nuestro profundo agradecimiento a Raquel Ariza, José Luis Bergara, Juan Casavelos, Alejandro Cometto, Raúl Cometto, Florencia Cremona, Sergio Drucaroff, César Garilans, María Laura Lefevre, Juan Carlos Najul, Gustavo Pieroni, Carlos Romero, Ariel Sabeti, Juan Ramón Sotelo, Alfredo Vara y María Florencia Walger.

Por último, dedicamos un agradecimiento especial a Victoria Travetto, por compartir todo su conocimiento sobre la realidad de la simbiosis industrial en Argentina, y a Sabrina de Gobbi, por todo el apoyo prestado a este proyecto.

Confidencialidad de datos

Los datos utilizados para los análisis presentados aquí podrían resultar información sensible para las empresas que han decidido contribuir gentilmente con esta investigación. Por este motivo, hemos decidido suprimir todo tipo de referencia directa a razones sociales de empresas y nombres de personas asociadas a los casos. Asimismo, hemos evitado nombrar las localidades en las que ocurren los casos relevados, excepto en aquellos casos en que esta información estuviera contenida en el nombre de una fuente bibliográfica, a los fines de citar correctamente todas nuestras fuentes.

Los lectores que desearan conocer esta información podrán solicitarla a los autores por correo electrónico a brunoabriata85@gmail.com y arielmasut@gmail.com, quienes transmitirán la solicitud a los referentes de las empresas. En la medida en que los referentes consultados acepten, se procederá a brindar la información solicitada.

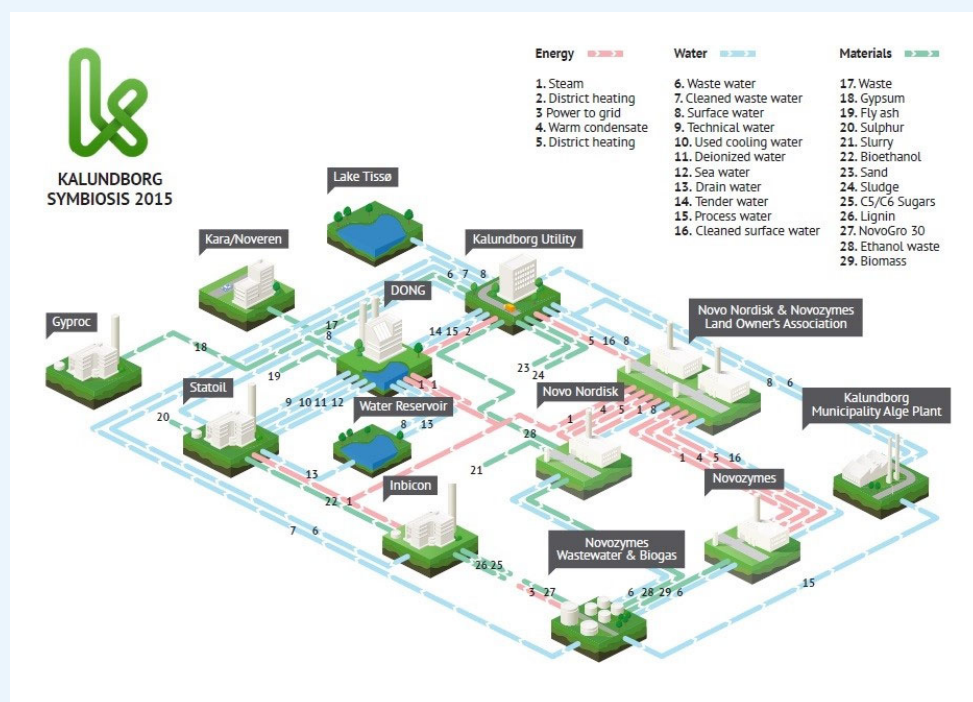
Índice

Resumen	01
Prólogo	02
Agradecimientos.....	03
Confidencialidad de datos	03
Introducción	05
► 1 Marco conceptual	07
1.1 El impacto cuantitativo de la simbiosis industrial.....	07
1.2 Impacto cualitativo.....	09
► 2 Metodología	11
2.1 Recolección de información.....	11
2.2 Relevamiento de casos	11
2.3 Estimación de impacto en los casos de estudio	12
2.4 Limitaciones.....	14
► 3 Reseña de la simbiosis industrial en Argentina	15
3.1 Origen de las redes de simbiosis industrial en Argentina	15
3.2 Relevamiento de casos	15
3.3 Estructura institucional para la promoción de la simbiosis industrial	21
► 4 Casos de estudio	24
4.1 Presentación	24
4.2 Impacto cuantitativo	33
4.3 Impacto cualitativo.....	36
► 5 Simbiosis industrial y políticas públicas	43
5.1 Investigación y desarrollo.....	43
5.2 Asistencia	43
5.3 Recursos humanos	44
5.4 Factores de éxito y fracaso en la promoción del empleo	45
Conclusiones.....	49
Referencias bibliográficas	53
Anexo A Encuesta de Empresas – Cuestionario	59
Anexo B Entrevistas a referentes – Cuestionarios.....	68
Anexo C Complemento metodológico.....	70

Introducción

La simbiosis industrial ha cobrado importancia como objeto de estudio científico en los últimos años. Se trata de un enfoque colectivo de trabajo en el que las empresas buscan crear ventajas competitivas a través del intercambio de residuos, subproductos y otros recursos (Martin & Harris, 2018), conformando una red que genera beneficios mutuos promovidos por la proximidad geográfica (Chertow, 2000), el conocimiento y la innovación (Lombardi & Laybourn, 2012). El antecedente de mayor trascendencia es el de la localidad de Kalundborg (Dinamarca), donde diversas empresas se organizaron, empujadas por normativas medioambientales y búsqueda de beneficios económicos, para hacer uso de residuos (sulfuro, cenizas, aguas residuales) y subproductos (vapor, gas natural, agua de enfriamiento, yeso, calor) generados por sus pares como insumos de sus procesos productivos (ONUDI, 2017; Innova-ambiental, 2017).

► Esquema de simbiosis industrial entre las empresas en el Parque Industrial de Kalundborg



Fuente: Innova-ambiental (2017).

La literatura sobre el impacto socio-laboral de estas redes es escasa en comparación con otras dimensiones. Los estudios de impacto se han centrado principalmente en lo ambiental y lo económico (Neves, Godinac, Azevedo, & Matias, 2020). El artículo de Chertow (2000) examina estos intercambios colectivos desde la perspectiva de la ecología industrial más que desde una perspectiva socio-laboral. Asimismo, como mencionan Martin y Harris (2018), gran parte de la literatura se ha centrado en revisar o descubrir redes de simbiosis desarrolladas, mientras que hay pocas evaluaciones de sostenibilidad integrales que se centren en el rendimiento de las redes de simbiosis. Como tal, a menudo se presume que las redes de simbiosis industrial generan beneficios para la sociedad y las empresas en

términos ambientales y económicos. Sin embargo, las revisiones de los otros pilares de sostenibilidad, relacionados con los impactos sociales de las redes de simbiosis industrial, han sido esporádicos y relativamente simples, y se han centrado en los empleos derivados de la reducción de la eliminación de desechos (Martin & Harris, 2018).

La literatura específica de esta temática aplicada al estudio de la realidad argentina es virtualmente inexistente. Según el relevamiento de Neves, Godinac, Azevedo y Matias (2020), los únicos trabajos de investigación sobre casos de estudio en América Latina corresponden a México y Brasil. La literatura sobre Argentina no hace foco en la simbiosis industrial sino en toda la economía circular y se limita a algunas descripciones de tales esquemas desde el punto de vista técnico, ambiental y económico, no habiendo registro de artículos académicos o de estudios analíticos sobre el impacto de la simbiosis industrial. Entre estos trabajos podemos citar los de Ariza y Dorado (2010), Ariza y otros (2014), Chiappori y otros (2013), Coppari Peña (2011), González (2010), Juliano y Muset (2017) y Lalanne (2010).

Asimismo, notamos que las estimaciones existentes de impacto socioeconómico presentan deficiencias metodológicas. Por ejemplo, Martin y Harris (2018) no presentan una metodología clara y concreta de estimación de la creación y retención de empleo, ni una metodología de cálculo del impacto en las cadenas de suministro que abastecen la red de simbiosis industrial en Sotenäs (Suecia). Asimismo, los autores basan sus estimaciones cualitativas en el uso de puntajes subjetivos brindados por los entrevistados, lo que a nuestro criterio carece de rigurosidad. Ibáñez-Forés, Bovea y Coutinho-Nóbrega (2019), en su metodología, tampoco toman en cuenta los efectos en la cadena de valor a la vez que también hacen uso intensivo de puntajes sobre variables cualitativas y, a diferencia de Martin y Harris (2018), no realizan comparaciones contra un escenario contrafáctico.

En consecuencia, este trabajo pretende comenzar a llenar este vacío empírico y metodológico. Primero, hacemos un relevamiento preliminar de los casos de simbiosis en el territorio argentino mediante una combinación de entrevistas con referentes y fuentes de información secundarias. Luego analizamos el impacto laboral mediante dos estudios de casos: el reaprovechamiento del lactosuero en la industria láctea de la región pampeana y la generación de bioenergía con residuos de la madera en la provincia de Corrientes. Para esta última tarea desarrollamos una metodología para estudiar en profundidad el impacto laboral de la simbiosis industrial, abarcando aspectos cuantitativos y cualitativos con rigurosidad y mediante uso de encuestas de empresas, indicadores de relaciones insumo-producto, datos estructurales sobre los sectores industriales y su fuerza laboral, y datos de otras fuentes secundarias. En cuanto a nuestra contribución metodológica, innovamos en la descomposición de los efectos de empleo, el uso de multiplicadores de empleo para estimar el impacto indirecto, el diseño de los indicadores cualitativos y la construcción de los escenarios contrafácticos.

El resto del informe se organiza de la siguiente manera. En el apartado a continuación presentamos el marco conceptual de la investigación, proponiendo las hipótesis respecto al impacto laboral de la simbiosis industrial. En el tercer apartado presentamos la metodología, explicando cómo recabamos los datos, cómo estimamos los impactos y cuáles son sus limitaciones. Luego presentamos una reseña sobre la simbiosis industrial en Argentina, describiendo el origen e identificando casos, lugares, sectores e instituciones. En el quinto apartado desarrollamos los dos estudios de caso, describiendo las redes y su entorno sectorial y analizando los impactos laborales en términos cuantitativos y cualitativos. En el sexto presentamos los hallazgos directamente referidos a temas de política pública: inversiones en investigación y desarrollo (I+D), asistencia, capacitación, mercado laboral, y factores de éxito y fracaso para la promoción del empleo a través de las redes de simbiosis industrial. Por último, presentamos las conclusiones.

► 1 Marco conceptual

La simbiosis industrial es un caso particular de la economía circular. Esta última se define como un sistema de asignación de recursos que busca preservar el valor de recursos naturales mediante su reincorporación al ciclo de producto al final de su uso y la minimización de la generación de desperdicios (Comisión Europea, 2021). Cuando este sistema involucra a dos o más empresas que se benefician mutuamente del intercambio de residuos y subproductos, entonces estamos en el caso particular de la simbiosis industrial (Chertow, 2000).

Este trabajo se centrará en medir el impacto laboral de los esquemas de simbiosis industrial en términos cuantitativos y cualitativos. El impacto cuantitativo se mide en número de puestos de trabajo totales, mientras que el cualitativo se estudia analizando características relevantes de los empleos creados o suprimidos y el efecto sobre ciertas problemáticas laborales.

1.1 El impacto cuantitativo de la simbiosis industrial

Wijkman y Skånberg (2017) explican que la economía circular, de la cual la simbiosis industrial es un caso particular, tiende a generar una mayor cantidad de empleos. La fabricación de productos nuevos cada vez demanda menos mano de obra, mientras que la economía circular implica la contratación de toda una serie de servicios intensivos en mano de obra.

De hecho, los autores identifican cambios estructurales en la economía como resultado de la economía circular. Primero, hay sectores que se ven perjudicados por la reducción de su demanda, como en el caso de los productores de materiales vírgenes. Como contracara, también hay sectores beneficiados, especialmente los dedicados a la recolección, reciclado, reparación y diseños inteligentes, particularmente aquellos durables y de mayor eficiencia energética. Por último, señalan que la economía circular requiere de la realización de inversiones, lo cual también generará impacto en el empleo en rubros de construcción y equipamiento.

Nuestro marco conceptual va en línea con las conclusiones de estos autores. Aquí planteamos que la simbiosis industrial puede afectar el número de puestos de trabajo de una economía a través de distintos canales. Aquí procedemos a conceptualizar este impacto en el empleo, agrupando esos canales en torno a dos dimensiones. Por un lado, el efecto puede originarse en cambios en el proceso productivo ("efecto sustitución") o en cambios en el nivel de producción de la actividad principal de la empresa ("efecto actividad"). Por el otro, el impacto puede ser directo (afectando puestos de trabajo en las empresas que participan directamente en la simbiosis), indirecto (impacto en el empleo de la cadena de proveedores de las empresas que ven modificada la cuantía y estructura de su gasto) o inducido (efecto en la actividad económica a través del mayor gasto de consumo por el mayor ingreso de los factores productivos).

El efecto sustitución consiste en los cambios en la demanda de trabajo por unidad del producto principal. Estas alteraciones surgen de la supresión de las tareas vinculadas a la disposición de los residuos o subproductos y de la creación de nuevas tareas vinculadas a su acondicionamiento, recolección y procesamiento. Para ejemplificar este fenómeno, pensemos en la implementación de un esquema de simbiosis industrial donde los aserraderos venden a empresas de generación eléctrica la biomasa en forma de chips hechos a partir de residuos de madera. Por un lado, se reducen las tareas de movimiento, disposición y almacenamiento y se suprimen las de combustión controlada de esos desechos. Por el otro, se crean tareas de industrialización (transformación de desechos en chips y de chips en energía eléctrica) y de logística para la entrega de chips a la planta de biomasa.

El efecto actividad captura el impacto laboral a través la expansión o contracción de la actividad principal de la empresa como resultado de la implementación de la simbiosis. Esto puede ocurrir a través de distintos canales que confluyen en dos vías principales: el costo marginal y el ingreso marginal de la empresa. Así, la simbiosis industrial puede resultar en cambios en los precios y cantidades producidas del producto principal de equilibrio, y por ende en la demanda total de factor trabajo.

Un impacto de la simbiosis en el costo marginal conllevaría cantidades de equilibrio distintas a las del esquema tradicional (sin reutilización de residuos) siempre que la demanda no sea perfectamente inelástica. Más concretamente, la creación y supresión de actividades implica cambios en la estructura y nivel de costos de la empresa y en los riesgos asociados a todo el proceso productivo, los cuales pueden sintetizarse en cambios en el costo marginal de la actividad.¹ Por ejemplo, en el caso de los aserraderos, su demanda es perfectamente elástica (producen un commodity exportable a costos competitivos), con lo que una reducción del costo marginal expande la cantidad óptima a producir. La simbiosis, al suplantar el suministro eléctrico anterior de mala calidad por uno de buena calidad (sin interrupciones), permite el uso de nuevas tecnologías más eficientes que reducen el tiempo y costo de secado y por ende el rendimiento de la planta, y permiten así acceder a más mercados de exportación que, por cuestiones sanitarias, solo permiten importar madera secada. Así, un costo marginal que antes era infinito (por la inexistencia de capacidad para secar más madera) ahora es un costo marginal compatible con la exportación y resulta, por ende, en mayor nivel de actividad, con sus respectivos empleos asociados.

También podría pensarse en canales que alteren la cantidad a través del ingreso marginal. La mejora en el ingreso por unidad adicional apropiado por el aserradero puede hacer rentables volúmenes de producción que antes no lo eran por razones de calidad de la madera recibida, precio percibido en el mercado, impuestos, subsidios y costos de logística, entre otros. Por ejemplo, si el ingreso adicional por tonelada de madera procesada proveniente de la venta de chips hiciera rentable el procesamiento de volúmenes adicionales de troncos provenientes de lugares más lejanos (mayor costo logístico), entonces la simbiosis industrial habrá expandido el empleo por la vía del ingreso marginal.

Por último, todos estos impactos pueden ocurrir de manera directa y/o indirecta. En el primer caso, como se explicaba anteriormente, se trata de los empleos creados o suprimidos en las empresas que participan directamente en el proceso de simbiosis industrial. En cuanto a los indirectos, los mismos se originan en las sucesivas demandas

¹ Si bien estos esquemas de simbiosis generan un impacto financiero visible, su principal beneficio privado puede estar en los costos que permiten evitar. Sin embargo, internalizar estas ventajas de largo plazo puede resultar complicado para las empresas pequeñas o con alto grado de informalidad.

derivadas de modificaciones en los gastos de las empresas del esquema de simbiosis. Por ejemplo, volviendo al caso de los aserraderos, el funcionamiento de la central eléctrica de biomasa implica una nueva demanda de servicios e insumos para la operación y el mantenimiento que se contratan a otras empresas, proveedoras directas del esquema de simbiosis, y a las que llamamos “primer anillo”. Esto de por sí genera empleo adicional, y en paralelo también genera nuevos gastos ya que este primer anillo de proveedores tiene a su vez su propia demanda de bienes y servicios para con el “segundo anillo”, y así sucesivamente. Estos aumentos en la demanda tienen su correlato en producción y, por ende, en empleo, y se corresponden con la noción de “multiplicador de empleo”.

1.2 Impacto cualitativo

La simbiosis industrial también puede generar cambios cualitativos en el conjunto de la fuerza laboral. Kühnen y Hahn (2018), en su “enfoque de sistemas abiertos”, señalan que las organizaciones de negocios impactan socialmente a través del proceso productivo, tanto de manera directa² (“throughput processes”) como indirecta³ (“outcomes”). En el mismo sentido, Neves, Godinac, Azevedo, & Matias (2020), en su estudio sobre la performance social de la recolección de residuos en Brasil, sugieren que esta actividad, propia de los procesos de economía circular, podría impactar en diversos aspectos sociales del trabajo, entre los que mencionan: igualdad de oportunidades (género, grupos marginales, etc.), condiciones socioeconómicas (educación, por ejemplo) y beneficios laborales (formalidad, seguro de salud, reducción de riesgo de accidentes, mayores ingresos).

En este trabajo nos centramos en dos tipos de impactos cualitativos. Por un lado, tenemos el “efecto composición”, que es aquel que se origina por las características sociodemográficas de los sectores en los que se crean o suprimen empleos. Y por el otro, tenemos el “efecto condición”, correspondiente a los cambios en las condiciones en las que se desenvuelven las actividades y relaciones de empleo cuya existencia no depende de la simbiosis.

El efecto composición describe cómo contribuye la simbiosis industrial a la equidad en las oportunidades de empleo y de formalización, y está directamente vinculado al impacto cuantitativo. Este efecto se origina en los puestos de trabajo creados o destruidos por la simbiosis, solo que aquí ponemos el foco en la calidad de las oportunidades de empleo en función de su condición de formalidad y de la participación de distintos grupos sociodemográficos en los cambios en la demanda laboral. Entonces, desde una perspectiva de igualdad de oportunidades, no solamente interesa conocer la composición sociodemográfica de los empleos directos creados o destruidos, sino también la composición de aquellos generados indirectamente en toda la cadena de valor. Cada sector industrial tiene su propia composición socio-laboral por género, educación y condición de formalidad, de manera que el peso relativo de estos sectores en la variación del empleo determinará los porcentajes de participación de los grupos sociodemográficos de interés (mujeres y personas de bajo nivel educativo) en las oportunidades de empleo totales y formales. En última instancia, este análisis ayudará a entender mejor cómo focalizar las políticas públicas para que la simbiosis industrial sea un mecanismo más efectivo en la promoción de la equidad laboral.

² Por ejemplo, mediante cambios en el tipo y cantidad de demanda laboral, y en las condiciones de seguridad y formalidad del trabajo.

³ Esto se refiere a los impactos que están más allá de la empresa, como ser el impacto en problemáticas sociales como la inequidad de género, por ejemplo.

El efecto condición es puramente cualitativo y depende de los cambios en las características técnicas y operativas de los procesos productivos. En el marco de estos procesos, los trabajadores realizan tareas que tienen dos características que hacen a la calidad del puesto de trabajo. Por un lado, hay riesgos a la seguridad y salud del trabajador que son inherentes a las tareas, ya sea porque requieren exposición a situaciones (altura, inseguridad, clima, objetos pesados en movimiento, crimen, violencia social, etc.) o elementos (sustancias tóxicas, inflamables, contaminación) que perjudiquen o pongan en riesgo su integridad. Por el otro, cada tarea requiere un conjunto distinto de conocimientos y habilidades para ser ejecutada. Así, si las tareas de los procesos productivos son eliminadas, reemplazadas o modificadas, lo mismo ocurrirá con los riesgos a los que están expuestos los trabajadores y las capacitaciones que recibirán.

► 2 Metodología

2.1 Recolección de información

La principal fuente de información primaria de la reseña de casos es una serie de entrevistas realizadas a referentes en temas vinculados a simbiosis industrial. A los fines de contar con una perspectiva sectorial y territorial lo suficientemente amplia, se contactaron referentes del sector público y de asociaciones empresarias, y a especialistas en economía circular. Esta diversidad de perfiles y conocimientos de las personas entrevistadas permitió obtener una perspectiva general de la simbiosis industrial en Argentina, así como un conocimiento específico y detallado de casos particulares. Asimismo, se contactó a un referente de un organismo internacional vinculado a la temática, pero declinó de conceder la entrevista. Los cuestionarios se pueden consultar en el Anexo A.

En cuanto a la recolección de datos sobre los casos de estudio, se llevaron delante encuestas de manera remota y parcialmente estructurada. Debido a la distancia geográfica y las dificultades propias de la situación de pandemia, se coordinaron videoconferencias con referentes de las empresas para responder a las preguntas. En ocasiones, el formato de entrevista dificultó ajustar las respuestas a los requerimientos y la estructura del cuestionario. Sin embargo, esta flexibilidad también permitió que los entrevistados aportaran información altamente relevante que no estaba prevista en el cuestionario, que se puede consultar en el Anexo B.

También recurrimos, de manera complementaria, a datos de fuentes secundarias. En primer lugar, utilizamos a la Matriz Insumo Producto Argentina 1997 (INDEC, 2001),⁴ denominada MIPAr97 de aquí en adelante, para obtener los coeficientes de requerimientos intersectoriales y de empleo por unidad de gasto y multiplicadores de empleo de las distintas actividades económicas. Los datos de la estructura sociodemográfica de los sectores industriales se obtienen de la Encuesta Permanente de Hogares (INDEC, 2020), denominada “EPH”. A su vez, complementamos esta información con estudios de estructuras de costo sectoriales más específicas y actuales, entre los que destacamos el Censo Nacional de Aserraderos 2015 (Ministerio de Agroindustria, 2017). Tercero, acudimos a artículos académicos e informes sectoriales de fuentes gubernamentales, entre los que destacamos el informe del INTI (Juliano & Muset, 2017) sobre la revalorización del lactosuero. Por último, también recurrimos a publicaciones periodísticas, particularmente a los fines de alimentar la reseña de redes de simbiosis industrial a partir de noticias que informen sobre la puesta en marcha o el éxito de determinados proyectos.

2.2 Relevamiento de casos

El relevamiento de casos de simbiosis industrial es meramente preliminar y exploratorio. Planteamos la hipótesis de que la simbiosis industrial es un fenómeno que ocurre en una amplia diversidad de actividades económicas y áreas geográficas del país. Para intentar validarla, utilizamos la información recabada de tres de las citadas fuentes (entrevistas, bibliografía y publicaciones periodísticas) con un enfoque descriptivo. Una vez relevados los casos, se los caracteriza de manera resumida desde el punto de vista técnico (proceso), se los ubica en su respectivo sector de actividad económica y se los localiza en el espacio geográfico.

⁴ La citada versión de la matriz de transacciones intersectoriales de la economía argentina es la más actualizada que haya disponible.

2.3 Estimación de impacto en los casos de estudio

2.3.1 Impacto cuantitativo

Primero estimamos, para cada empresa entrevistada, un factor de expansión. Dado que los relevamientos no logran captar la totalidad de las empresas, una aproximación razonable al impacto global del esquema requiere multiplicar las magnitudes de empleos y gastos por un factor que refleje cuán subrepresentada está la empresa relevada en el total de empresas que cumplen su mismo rol en el esquema de simbiosis. Es decir, el factor de expansión en este trabajo funciona de manera análoga a los ponderadores de una encuesta. En la sección C1.1 del Anexo C se explica más en detalle la metodología de cálculo y se presenta la fórmula.

Los efectos directos se calculan a partir de las respuestas a las preguntas 17, 24 y 25 de la encuesta y del factor de expansión. El cálculo distingue entre efecto sustitución (FDSE) y efecto actividad (FDAE). En la sección C1.2 del Anexo C se presentan las derivaciones de los respectivos cálculos.

El efecto indirecto total del esquema, FITE, también puede descomponerse en efecto sustitución (FISE) y efecto actividad (FIAE). Ambos se estiman a través del cambio en los gastos y su impacto en la demanda de empleo de otros sectores de la economía. Primero, se estima el empleo generado en los proveedores directos a partir de las modificaciones en la magnitud de gastos por sector de actividad económica, obtenidos a partir de las preguntas 14, 16, 26 y 27, y multiplicándolos por sus respectivos coeficientes sectoriales y multiplicadores de empleo, que incluyen el empleo derivado de los sucesivos gastos de insumos de las empresas. En la sección C1.3 del Anexo C se presentan las fórmulas.

En cuanto al efecto inducido, implementamos un cálculo simple. Se estima la masa salarial derivada de los efectos totales directos e indirectos y se aplica luego un multiplicador keynesiano junto con un coeficiente de empleo para la totalidad de la economía.

Asimismo, a los fines de poder expresar los impactos como magnitud relativa, construimos un indicador de empleo “base”. Es decir, ante la necesidad de contar con un valor de comparación para apreciar la intensidad de los impactos, estimamos LBTE, que es el empleo total generado por las empresas del esquema de simbiosis en ausencia de la reutilización de residuos. En la sección C1.4 del Anexo C se especifican los cálculos.

Por último, el efecto en el empleo total del esquema *FLTE* es la suma de estos tres efectos:

$$FLTE = FDSE + FDAE + FITE$$

Para dimensionar este efecto en términos de impacto relativo *FLTR*, lo expresamos como proporción del empleo contrafáctico sin simbiosis:

$$FLTR = \frac{FLTE}{LBTE}$$

2.3.2 Impacto cualitativo

2.3.2.1 Efecto composición

Si bien expresa una dimensión cualitativa de la creación de empleo, logramos una metodología para cuantificar este tipo de impacto. Desde un enfoque de igualdad de oportunidades, la metodología consiste en medir la participación de distintos grupos sociodemográficos en las variaciones de empleo generadas por la pandemia. Debido a cuestiones de disponibilidad de información, desarrollamos tres sets distintos de indicadores cualitativos de este efecto.

Para los efectos directos e indirectos de variación de empleo, la información nos permite medir:

- Participación de las mujeres sobre el total de empleos creados o eliminados.
- Participación de la población sin educación secundaria sobre el total de empleos creados o eliminados.
- Participación de las mujeres sin educación secundaria sobre el total de empleos creados o eliminados.

Para los efectos indirectos solamente, los datos permiten incluir también la dimensión de la formalidad en los empleos creados o destruidos, de manera que agregamos los siguientes indicadores:

- Tasa de formalidad en el total de trabajos creados o eliminados.
- Participación de empleos formales femeninos sobre el total de empleos creados o eliminados.
- Participación de las mujeres sobre el total de empleos formales creados o eliminados.
- Tasa de formalidad en el total de empleos formales femeninos creados o eliminados.
- Tasa de formalidad en el total de empleos para trabajadores de bajo nivel educativo creados o eliminados.

Dado que todos los referentes de empresas entrevistados informaron una tasa de formalidad del 100%, utilizamos un enfoque distinto respecto de este tema. Los relevamientos permitieron conocer la situación de empleo previa, indicando si se trataba del primer empleo o si provenía de situaciones de empleo formal, informal o desempleo. De todas las empresas relevadas, hay tres que se dedican íntegramente al procesamiento de residuos y, por ende, todos sus empleos corresponden a efecto sustitución o actividad. Así, desarrollamos dos indicadores de “conversión” laboral que reflejen el porcentaje de nuevos empleos formales que provienen de situaciones desfavorables (desempleo o informalidad) para esas empresas.

- Participación de trabajadores anteriormente informales o desocupados en el total de empleos creados o destruidos.
- Participación de trabajadores anteriormente informales o desocupados en el total de empleos femeninos creados o destruidos.

En cuanto al efecto inducido, no consideramos relevante su análisis ya que opera a través del consumo, que explica dos terceras partes de la demanda agregada nacional. Por ende, el empleo en estas actividades replicará en mayor medida la composición sociolaboral existente en ausencia de simbiosis.

2.3.2.2 Efecto condición

El efecto condición es relevado y analizado en base a las explicaciones y descripciones obtenidas en las entrevistas y en las fuentes secundarias. Como mencionábamos anteriormente, el efecto condición abarca el impacto en el riesgo laboral y en la capacitación de los trabajadores. En consecuencia, consultamos a los referentes sobre estos dos aspectos y complementamos con información obtenida de artículos académicos e informes.

2.4 Limitaciones

La metodología implementada presenta ciertas limitaciones. Por empezar, tal y como mencionábamos anteriormente, no provee un relevamiento exhaustivo ni sistemático de redes de simbiosis industrial en Argentina. Tampoco son exhaustivos los relevamientos en los propios casos de estudio, ya que las redes están conformadas por muchas más empresas que las encuestadas. También es importante destacar la falta de datos provenientes de encuestas a trabajadores, que podrían enriquecer la base de datos y testear otras hipótesis, especialmente de impacto cualitativo, pero resultan de difícil recolección. Por otro lado, todos los cálculos de efectos indirectos se ven distorsionados por la antigüedad de la matriz insumo-producto, que data del año 1997 y es la última disponible para Argentina con carácter oficial⁵ y con el debido grado desagregación sectorial, condiciones que no cumple ninguno de los trabajos posteriores, como la matriz de contabilidad social la elaborada por Michelena (2019) para 2018.⁶ Además, el uso de esta herramienta implica aceptar los supuestos con los que se construye, como por ejemplo el de funciones de producción de proporciones fijas. Asimismo, los cálculos de “efecto composición” se ven limitados por la falta de correspondencia entre las clasificaciones industriales de la EPH y la MIPAr97, requiriendo una reclasificación a criterio de los autores (ver sección C2.1 del Anexo C). Por último, la calidad y cantidad de datos requerida por la metodología era superior a la efectivamente obtenida mediante los relevamientos de fuentes primarias y secundarias, motivo por el cual fue necesario realizar transformaciones e imputaciones en datos numéricos faltantes o considerados defectuosos (ver sección C2.2 del Anexo C).

⁵ Las matrices insumo producto disponibles hasta 1997 han sido elaboradas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Los trabajos posteriores sobre la temática han sido reestimaciones por parte de investigadores sin validación de la mencionada institución.

⁶ Este trabajo agrupa ciertas actividades clave para nuestro modelo como Aserraderos, Silvicultura, Ganadería y Transporte Terrestre dentro de otras categorías más amplias, lo que introduciría importantes distorsiones en los coeficientes empleo-producto y de demandas intersectoriales que utilizamos.

► 3 Reseña de la simbiosis industrial en Argentina

En Argentina existe un importante número de iniciativas de simbiosis industrial que recibe apoyo de un incipiente entramado institucional. Los promotores y participantes comúnmente identifican las iniciativas como de “economía circular”, pero sus características indican que también pueden identificarse dentro de las categorías de simbiosis industrial. Se ubican en una gran diversidad de sectores y ámbitos geográficos e involucran a todo el espectro de tamaño de empresas, desde grandes empresas multinacionales hasta pymes locales y cooperativas de trabajadores formalizados. Las instituciones que proveen apoyo, si bien comienzan a tener cierto grado de comunicación e interrelación, aun parecen estar dispersas.

En lo que resta de la sección presentamos una breve reseña de la simbiosis industrial en Argentina. Indagamos sobre el origen de las redes, enumeramos los casos de los que tomamos conocimiento y describimos la estructura institucional de apoyo que logramos reconstruir a partir de nuestros relevamientos.

3.1 Origen de las redes de simbiosis industrial en Argentina

De acuerdo con la información provista por los especialistas entrevistados, las redes de simbiosis industrial en el país tienen orígenes diversos. En algunos casos han surgido espontáneamente, con miras a resolver un problema logístico u obtener ahorro de costos marginal, mientras que en otros son el resultado de un proceso activo de asociación para lograr sinergias. En este último caso la conformación obedece a distintos motivos, como ser la obtención de beneficios económicos a partir de la generación de un nuevo negocio, el logro de una mejor reputación y visibilidad, y el cumplimiento de normativas de sustentabilidad, estándares de calidad y metas de responsabilidad social empresarial.

3.2 Relevamiento de casos

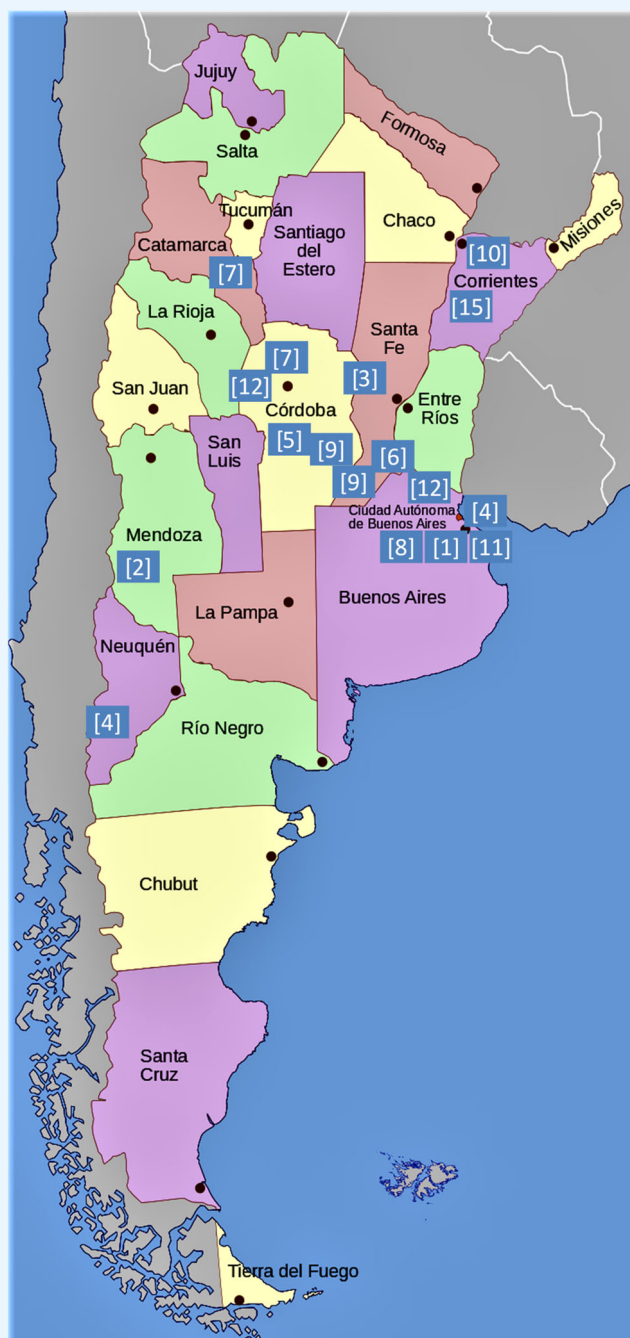
Si bien no existe a nivel institucional o de política pública un organismo que los registre sistemáticamente, nuestro relevamiento ha logrado identificar más de 15 casos de simbiosis. Por medio de entrevistas a referentes, búsquedas en internet de noticias y trabajos e informes sectoriales, hemos tomado conocimiento de una serie de iniciativas de este tipo que ya se encuentran funcionando, que detallamos en las siguientes subsecciones del apartado. Asimismo, nos hemos servido de publicaciones especializadas sobre economía circular, como la de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Pérez, 2019) sobre proyectos de economía circular sobre la base de residuos y la de la Cámara Argentina de la Construcción sobre los residuos urbanos (González, 2010).

El gráfico y la tabla de este apartado ofrecen una perspectiva geográfica y sectorial de los casos relevados. En primer lugar, resulta notoria la diversidad geográfica, ya que, si bien Argentina concentra un tercio de su población y su actividad económica en el Área Metropolitana de Buenos Aires, nuestro relevamiento ha identificado casos en al menos otras 10 de las 24 jurisdicciones provinciales del país. Desde el punto de vista sectorial, también se observa participación de diversos sectores con gran peso en la economía nacional, aunque con tres rasgos claros:

- Origen de los residuos concentrado en la recolección de residuos del consumo urbano.
- Aplicación de los residuos concentrada en el sector de plásticos.
- Firmas especializadas en ingeniería ambiental intervienen en la red mediante procesos industriales para transformar y valorizar residuos, en aproximadamente la mitad de los casos.

Estas observaciones sugieren entonces que los sectores de recolección de residuos urbanos y de los plásticos son los que más han avanzado en el armado de redes de simbiosis industrial, al tiempo que los servicios de ingeniería ambiental parecen ser una pieza clave en la materialización de estas redes.

► **Casos de simbiosis industrial relevados en Argentina – Georreferenciación**



Fuente: elaboración propia.

► Casos de simbiosis industrial relevados en Argentina – Clasificación sectorial

Aplicación Generación	Energía eléctrica	Materiales de construcción	Químicos	Combustibles	Siderurgia	Plásticos	Caucho	Textiles	Manufactura (electrónicos)	Papel y cartón	Vidrio	Alimentos y bebidas
Consumo urbano + Recolección	[1]	[6 - IA]	[3 - IA]	[3 - IA]	[3] [9]	[3] [4]	[3 - IA] [15 - IA]	-	[7] [16]	-	[11]	-
Hidrocarburos	-	[2 - IA] [14]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Comercio minorista	-	-	-	-	-	-	-	-	[18]	-	-	-
Agricultura y ganadería	[5]	-	-	-	-	[16]	-	[4]	-	-	-	-
Sectores varios	-	-	-	-	-	[10 - IA]	-	-	[7]	[10 - IA]	-	-
Alimentos y bebidas	-	-	-	-	-	[8 - IA] [13 - HC]	-	-	-	-	-	[15]
Automotriz	-	-	-	-	-	[12 - IA]	-	-	-	[12]	-	-
Aserraderos	[15]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Minería	-	[5 - IA]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

IA: participación de una empresa de ingeniería ambiental en la transformación de los residuos mediante algún proceso industrial.
HC: participación de una empresa de hidrocarburos en la logística de los residuos.

Fuente: elaboración propia.

3.2.1 Generación eléctrica a partir de residuos urbanos en Buenos Aires [1]

El Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) cuenta con una empresa estatal encargada de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos (CEAMSE, 2018). Como parte de esta gestión integral provee residuos sólidos a empresas de generación eléctrica a partir de biogás que operan plantas ubicadas en el Complejo Ambiental de Ensenada. Actualmente, este parque de generación cuenta con una potencia de 25 MW y ha gozado de los beneficios de RENOVAR, el programa de promoción de energía renovables del Gobierno Nacional (Marina, 2019).

3.2.2 Tratamiento de residuos de la perforación de pozos petroleros (cutting) [2]

Se denomina “cutting” a los recortes de roca del subsuelo generados en el proceso de la perforación de un pozo mediante la acción del trépano, que tritura los minerales, y que son evacuados del pozo hacia la superficie (Red del Petróleo, 2021; Schlumberger, 2021). Este residuo de la perforación requiere un proceso y un espacio específico para su disposición final ya que contiene sustancias contaminantes. Una vez tratado, este residuo puede ser utilizado como insumo disponible in-situ para actividades de construcción por parte de las contratistas de obras de las propias empresas petroleras. El proceso consiste en procesar estos recortes y mezclarlo con otros materiales como cemento, por ejemplo. Así, actúa como sustituto de materiales calcáreos, reduciendo el impacto en explotación en canteras y evitando la acumulación de los recortes, al tiempo que se reducen los costos de construcción por la supresión de costos de extracción de mineral virgen y su transporte hacia el sitio de utilización (Chiappori, Follis, Kocina, & Luna, 2013).

En nuestro relevamiento hemos identificado una red en la provincia de Mendoza y otra en la provincia de Río Negro. En la primera red, según lo explicado en las entrevistas, las contratistas de obras de una empresa petrolera utilizan el cutting tratado para la estabilización de los caminos de ripio de los yacimientos y también para las “picadas”, que son los caminos por donde transitan caños y ductos en la operación petrolera. En la segunda, las contratistas de otra empresa hidrocarburífera utilizan este residuo como material de relleno en la construcción de la base y “sub-base” de las locaciones de pozos nuevos (Chiappori, Follis, Kocina, & Luna, 2013). Asimismo, esta actividad tiene el potencial de ser varias veces replicadas en otras provincias, como Neuquén, donde el cutting es cuantioso dado que la perforación se basa principalmente de pozos no convencionales (más de 5.500 metros de perforación por pozo), pero, la regulación provincial aún no adhiere a la nacional (tratamiento de residuos peligrosos).

3.2.3 Parque Tecnológico del Reciclado y Planta de Tratamiento de Residuos en la ciudad de Rafaela, provincia de Santa Fe [3]

El municipio de Rafaela (100.000 habitantes), ubicado en la zona oeste de la provincia de Santa Fe, cuenta desde hace 17 años con un sistema de tratamiento de residuos sólidos urbanos. En 2003, el gobierno municipal inauguró, en un predio de 33 hectáreas, su propio relleno sanitario. Varios años después (2014), este espacio pasaría a llamarse Complejo Ambiental debido a la diversidad de actividades que fue incorporando.

El Complejo Ambiental de Rafaela es un predio que abarca el relleno sanitario, una planta de recupero de residuos y el Parque Tecnológico de Reciclado de Rafaela (PTTR), en el que funcionan distintas plantas de tratamiento para materiales específicos. Cuenta con ocho emprendimientos de interés público regional: una planta biodigestora que produce gas y fertilizante, una planta de aceite mineral usado, una planta de recuperación de aceite vegetal usado, una planta de compactación de chatarra (cuyo producto final es vendido en otras industrias), una planta de envases PET, una planta de neumáticos fuera de uso, una planta de chipeado y compostaje, y un depósito transitorio de residuos especiales (Geary, 2019; IDSR, 2018; 2020). Estas empresas luego comercializan lo producido en la ciudad y la región e inclusive a clientes finales situados en la provincia de Buenos Aires (plástico reciclado).

El proyecto tiene un importante componente social. Para su funcionamiento, trabajan alrededor de 60 personas que anteriormente se desempeñaban como recolectores informales de residuos, y con este proyecto se han organizado de manera formal en tres cooperativas. En este esquema la municipalidad recolecta la basura de los domicilios y empresas locales, las cooperativas clasifican y venden a las otras empresas ubicadas en el PTTR.

3.2.4 Reciclado de neumáticos [4]

Otro caso de simbiosis industrial del que participa CEAMSE es el de los neumáticos (CEAMSE, 2019; Nomyc, 2018). En su predio, una empresa recicladora de caucho instaló una planta en la cual tritura los neumáticos y a partir de ahí produce los gránulos de caucho utilizados en las canchas de césped sintético, baldosas y pisos blandos, pintura asfáltica, nuevos neumáticos y productos tales como las escobillas de los limpiaparabrisas.

3.2.5 Recuperación de aceites de la actividad minera para uso en la industria cementera [5]

Una empresa de ingeniería ambiental utiliza aceites residuales de la industria minera en la provincia de San Juan y lo revaloriza para su reutilización como combustible en la industria cementera. El aceite proviene del uso de maquinaria pesada utilizada en la minería metalífera, que la empresa de ingeniería ambiental adecúa para aplicarlo como combustible de los hornos caleros (Energías Patagónicas, 2015).

3.2.6 Reutilización de neumáticos para productos empleados en construcción [6]

En una localidad en el sur de la provincia de Santa Fe tiene su planta una empresa de capitales nacionales dedicada al saneamiento ambiental. Allí tratan residuos sólidos y líquidos del cordón industrial del Gran Rosario y los convierten en fertilizantes orgánicos y materiales para la construcción. Con su planta de reciclaje y valorización, que tiene capacidad de procesamiento de 1.000 toneladas mensuales, convierte neumáticos fuera de uso en productos como baldosas para la construcción de parques infantiles, defensa de muelles o embarcaciones, rompeolas, sillas, mesas o barreras anti-ruídos, taludes de carretera, estabilización de zonas anegadas, pistas de carreras, o utilidades agrícolas para retener el agua, controlar la erosión y gránulos para el piso de canchas de fútbol cinco. Recientemente firmó un convenio con una comuna vecina por el cual el municipio percibirá un ingreso económico por lo recaudado en concepto de reutilización de caucho (Barbarich, 2020; Radio Ramallo, 2020).

3.2.7 Recuperación de baterías [7]

Una empresa en Córdoba y otra en Catamarca se abastecen de baterías de plomo usadas para recuperar materiales y vender baterías reacondicionadas. Además, tienen sucursales en las provincias de Tucumán y Santiago del Estero. En algunas de las localidades en las que operan, estas empresas tienen roles sociales muy importantes, ya que están entre los principales empleadores y generan demanda para diversos bienes y servicios locales (ropa, comida, ferretería, materiales de construcción, aditivos, canteras).

► Proceso de reciclaje de baterías de plomo



Fuente: Ithurbide (2020).

3.2.8 Recuperación de botellas PET [8]

Una empresa de bebidas se abastece de plástico reciclado por una empresa situada en la provincia de Buenos Aires, que compra plástico usado recolectado y lo recicla en forma de pellets. Esta empresa de plásticos ha invertido 26 millones de dólares en la construcción de la primera planta de reciclado de botellas PET en Argentina, que permitirá reutilizar ese material en el envasado de nuevas bebidas y alimentos. Para el abastecimiento de materia prima se realizarán acuerdos con municipios y centros de acopio de cartoneros que contribuirán a la clasificación previa de las botellas (The Food Tech, 2011).

3.2.9 Recuperación de metales [9]

Fundidores de Córdoba y del sur de la provincia de Santa Fe compran chatarra y la funden para obtener acero, bronce y aluminio. Esto también es realizado por grandes acerías.

3.2.10 Recolección de cartones y plásticos [10]

Una empresa de reciclado en la provincia de Corrientes recibe todo el papel y cartón de embalaje de diferentes industrias y centros comerciales de la ciudad. En su planta de recuperación de papel se realiza la recepción, clasificación, trituración y almacenaje para ser enviado a industrias papeleras como materia prima de papel reciclado.

3.2.11 Industria vidriera [11]

Un caso mencionado en las entrevistas es el de la industria vidriera, que se abastece de botellas recuperadas. Esta industria tiene un gran número de empresas en el Área Metropolitana de Buenos Aires.

3.2.12 Proveedores dedicados de servicios de recolección de desperdicios industriales [12]

También fueron mencionados casos de empresas dedicadas a retirar y reciclar los residuos de grandes plantas industriales. Por ejemplo, existe una gran planta automotriz en Córdoba que contrata a un proveedor para que retire y recicle el material de embalaje, cartones y pallets. Asimismo, tenemos el caso de un proveedor de servicios de una importante empresa de bebidas alcohólicas ubicada en la provincia de Buenos Aires, que se dedica a recuperar sus residuos.

3.2.13 Sinergias para la recuperación de PET cristal [13]

Una empresa del rubro hidrocarburífero y una de bebidas colaboran mutuamente poniendo a disposición su infraestructura logística a lo largo de la ruta nacional N° 7 (provincias de Buenos Aires, Córdoba, San Luis y Mendoza) para recuperar PET cristal que previamente ha sido segregado por recuperadores urbanos. El beneficio social es directo para el interior del país ya que se iguala el precio abonado por el material a estos trabajadores con los mayores precios abonados en Buenos Aires. De aquí se deduce también la existencia de monopsonios locales en los mercados de residuos recuperados.

3.2.14 Sinergia para la recuperación de aluminio y sílice [14]

Una empresa refinadora de combustibles envía sus catalizadores agotados y materiales inertes a una cementera ubicada en la provincia de San Luis. Esta empresa recupera sílice y aluminio contenidos en los materiales a los fines de reemplazar el insumo de piedra caliza. A su vez, la refinadora se ahorra el costo de disposición de los catalizadores.

3.2.15 Casos de estudio seleccionados para la evaluación de impacto [15]

Por supuesto, incluimos en el relevamiento los casos de estudio elegidos en este trabajo para estimar el impacto laboral. Se tratan de la reutilización del lactosuero en la región pampeana y la generación de energía eléctrica a partir de residuos de la madera en la provincia de Corrientes.

3.2.16 Otros casos

En las entrevistas con referentes se han mencionados otros casos de simbiosis industrial, que no logramos georreferenciar, pero que igual listamos a continuación:

- ONG y una gran cooperativa agrícola se encargan de organizar y coordinar a recicladores rurales (peones informales y migrantes). Los trabajadores recogen residuos fitosanitarios (bidones de agroquímicos y “silos-bolsa”, principalmente) y los venden a una empresa que funde el plástico para reciclarlo. Al tratarse de un residuo disperso, la logística inversa es complicada, pero con este sistema se soluciona. Se trata de un esquema financiado por los productores agrícolas, que son los que generan el residuo. La cooperativa agrícola y la ONG establecieron la logística, institucionalizaron a los trabajadores y organizaron a las cooperativas de recicladores para organizar circuitos circulares.
- La sinergia entre una empresa telefónica y una de consumo masivo se encarga de recuperar teléfonos celulares descartados, reacondicionarlos y venderlos con garantía.

3.3 Estructura institucional para la promoción de la simbiosis industrial

Argentina ya cuenta con un entramado de instituciones intermedias que promueven expresamente la simbiosis industrial. Según uno de los especialistas entrevistados, estas entidades tienen activa participación en algunas iniciativas indagando sobre el posible uso de los residuos y convocando a empresas a sumarse, mientras que, a su vez, las iniciativas ya están incorporadas a la industria, pero necesitan apoyo de las instituciones para materializarse o expandirse.

De acuerdo con la información que se pudo relevar en esta investigación, relevamos (de manera no exhaustiva) un total de 14 instituciones que apoyan activamente la simbiosis industrial, y las clasificamos en tres grupos que explicamos a continuación.

3.3.1 Instituciones especializadas en desarrollo sostenible y economía circular

3.3.1.1 Asociación para el Estudio de los Residuos Sólidos (ARS)

ARS es el capítulo argentino de la International Solid Waste Association (ISWA). Agrupa y representa a las empresas interesadas en el manejo de residuos con la misión de encontrar soluciones sustentables desde el punto de vista económico y ambiental. Así, realiza investigaciones, promueve buenas prácticas tecnológicas y organiza actividades de formación y extensión (ARS, 2011).

Esta institución coordinó la elaboración y publicación de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ARS, 2019). Allí explica brevemente los principios de la economía circular, expresa la necesidad de utilizarla para generar nuevos modelos de negocios colaborativos y en 20 años, desandar el actual modelo de economía lineal, y resalta el rol que debe cumplir el Estado, creando el marco institucional y de incentivos adecuados mediante una serie de medidas concretas.

3.3.1.2 Partnership for Action on Green Economy (PAGE)

Es un proyecto asociativo de distintas agencias del sistema de Naciones Unidas. Fue destacada por uno de los especialistas en cuanto a la calidad de sus iniciativas.

3.3.1.3 Red Pacto Global

Es una iniciativa de responsabilidad social empresaria que convoca y publicita casos de éxito y facilita el relacionamiento con organismos internacionales.

3.3.1.4 Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sustentable (CEADS)

CEADS es el capítulo argentino del World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), que tiene la misión de liderar y facilitar la transformación de las empresas hacia el desarrollo sostenible. Cuenta con un área específica de economía circular que se encarga de armar redes de simbiosis industrial, facilitar herramientas informáticas y llevar adelante proyectos de investigación con organismos internacionales (CEADS, 2019).

3.3.1.5 ECOPLAS

Es una asociación civil que congrega a grandes firmas y cámaras empresarias de la industria petroquímica y plástica con la misión de impulsar “el desarrollo sustentable de los plásticos en una economía circular para contribuir con la protección del ambiente y con la calidad de vida de la sociedad” (ECOPLAS, 2017). Recientemente organizó y presentó la “Red de Economía Circular de los Plásticos”, organizando mesas de trabajo para facilitar “el intercambio de ideas y proyectos para promover y realizar casos de economía circular de los plásticos” (ECOPLAS, 2020).

3.3.1.6 Fundación Ellen MacArthur

Esta institución de nivel mundial tiene presencia en Argentina y trabaja con los sectores público, privado y académico para “construir una economía regenerativa y reparadora desde el diseño” y así “acelerar la transición a la economía circular” (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

3.3.2 Asociaciones empresarias e instituciones intermedias no especializadas

3.3.2.1 Instituciones empresarias

Existen instituciones empresarias que cuentan con mesas de trabajo de economía circular. Estos ámbitos cuentan con capacidad técnica y de relacionamiento para promover la economía circular. Según uno de los especialistas entrevistados, estas mesas motorizan numerosas gestiones para materializar casos de simbiosis industrial. Entre estas instituciones, tenemos:

- Instituto Petroquímico Argentino (IPA).
- Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos (CAIRPLAS).
- Cámara de Comercio de los Estados Unidos en Argentina (AMCHAM).

3.3.2.2 Asociación de Parques Industriales Argentinos (APIA)

Esta institución cuenta con una sección de ambiente y sostenibilidad, que asiste a los parques miembros en la planificación con criterio de simbiosis.

3.3.2.3 Unión Industrial Argentina (UIA)

UIA también cuenta con recursos dedicados al desarrollo sostenible y ha promocionado proyectos de simbiosis industrial.

3.3.3 Sector público

3.3.3.1 Instituto Nacional de Tecnología Industrial⁷ (INTI)

INTI ha participado en muchos proyectos de simbiosis industrial relevados, particularmente aquellos que recibieron apoyo estatal. Allí jugó un rol clave, particularmente en lo que hace a los diseños y las mejoras en la calidad y los procesos industriales. Asimismo, está dando asesoramiento técnico sobre economía circular y ahorro energético, y está instalando oficinas de asistencia en distintos parques industriales, para colaborar activamente.

3.3.3.2 Sector Público Nacional

El Estado federal cuenta con una dependencia con competencia específica y directa sobre la economía circular, que es la Dirección de Industria Sostenible dependiente del Ministerio de Desarrollo Productivo (MDP). Asimismo, el gobierno ha convocado a diversas mesas transversales referidas a estos temas, como las Mesas de Economía Circular del MDP, las mesas del Consejo para el Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las misiones del Consejo Económico y Social.

Sin embargo, cabe destacar que una carece de una ley de economía circular, aunque existe un proyecto al respecto ya ingresado al Poder Legislativo Nacional (HCDN, 2018).

3.3.3.3 Sector Público subnacional

También hemos notado un fuerte involucramiento del sector público provincial y municipal en Corrientes, participando activamente en la planificación y organización de proyectos de simbiosis industrial y que cuenta con recursos humanos altamente calificados a tal fin.

⁷ Agencia federal encargada de promover el desarrollo de tecnología aplicada la industria.

► 4 Casos de estudio

4.1 Presentación

4.1.1 Caso “Lactosuero”: Industrialización de lactosuero en la región pampeana

4.1.1.1 Breve caracterización del sector⁸

El sector lácteo hace una significativa contribución a la economía nacional. Anualmente produce y procesa 11.200 millones de litros de leche al año y factura 8.500 millones de dólares. El valor agregado por el sector representa el 1,8% del PBI nacional y genera empleo directo para 70.000 personas. Sus exportaciones ascienden a 1.100 millones de dólares, representando el 2% de las exportaciones del país. La cadena cuenta con un segmento agrícola-ganadero y otro industrial. El primero factura anualmente 3.600 millones de dólares y su participación en el PBI del sector agrícola es del 11%. El segundo, por su parte, representa el 5% de la actividad industrial manufacturera (KPMG, 2016).

De acuerdo con el último relevamiento sectorial (MAGyP, 2016), la industria láctea argentina está conformada por 685 plantas industriales. Estas usinas están concentradas en el centro del país, con presencia en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, La Pampa y Santiago del Estero. La actividad está altamente concentrada, ya que las plantas grandes componen apenas el 3% del número total de usinas lácteas, pero procesan el 60,7% del volumen total de leche cruda, mientras que las pequeñas y medianas componen el 45% y 46%, respectivamente, de la población de plantas industriales, pero apenas representan 2,3% y 37% del procesamiento. La mayoría de las plantas comercializa sus productos a través de distribuidores, pero a partir los 100.000 litros de leche procesada diariamente crece fuertemente la comercialización directamente a través de supermercados.

► Participación en el volumen de leche cruda procesada, por tamaño de empresa

Estrato	Volumen (lts/día)	%
Pequeñas	> 5.000	46
Medianas	5.001 a 250.000	45
Grandes	>251.000	3
No reciben leche cruda	-	6

Fuente: MAGyP (2016).

⁸ Elaborado en base a los trabajos de Juliano y Muset (2017) y del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP, 2016).

► **Alternativas tecnológicas para el uso del suero y posibles productos finales⁹**

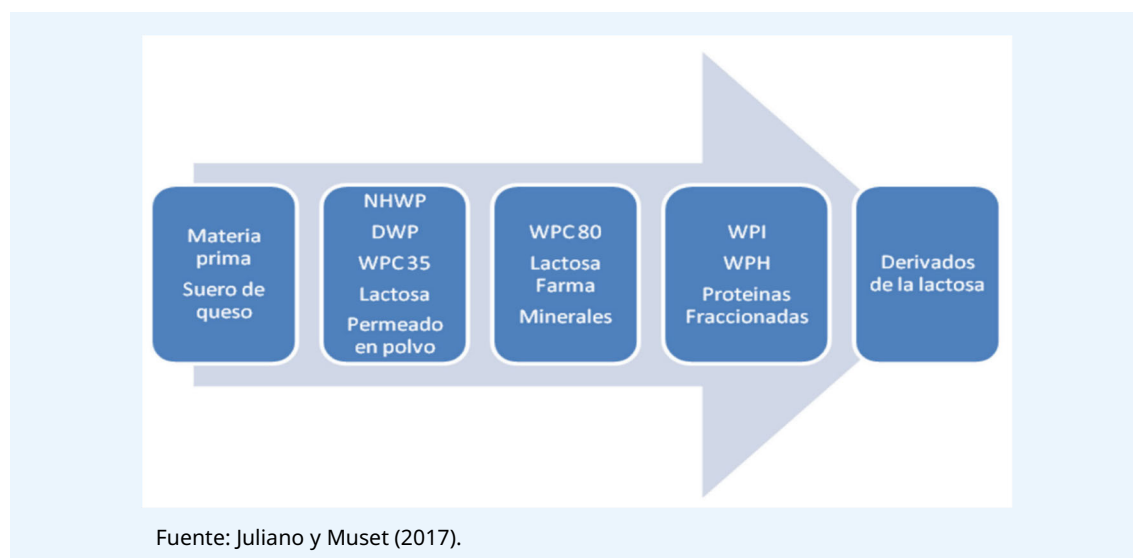
SUERO DULCE	Uso directo	Quesos de suero	Ricota	
			Requesón	
			Brocciu	
			Brown cheese	Mysost
				Gjetsost
				Flotemysost
				Gudbrandsdalsost
		Bebidas	Fermentadas	
			No fermentadas	
		Biogas / Bioetanol		
	Alimentación animal			
	Evaporación / Cristalización	Suero en polvo		
		Suero en polvo desgrasado		
		Suero deslactosado en polvo		
	Ultrafiltración	WPC 35%-65%		
		Lactosa	Jarabe de glucosa / Galactosa / Lactitol	
			Galacto-oligosacáridos y lactulosa	
			Lactosa grado alimenticio	
			Ácido láctico	
			Biogas / Bioetanol	
			Alimentación animal	
			Biomasa	Levaduras y cultivos starter
		Diafiltración	WPC 80-85%	
Permeado en polvo				
Nanofiltración	Suero en polvo parcialmente desmineralizado (D40)			
	Intercambio iónico	Suero en polvo desmineralizado (D90)		
Ultrafiltración / Microfiltración	Ultrafiltración / Diafiltración	WPI > 90%		

Fuente: Juliano y Muset (2017).

La heterogeneidad también se observa a nivel tecnológico y ambiental. El 53% de las plantas carecen de higienizadora o estandarizadora, y el porcentaje es aún mayor entre las pequeñas empresas. En cuanto a las plantas de secado, el 70% tiene una antigüedad de 10 o más años, con un segmento de más de 30 años. Apenas el 30% de las plantas tratan sus efluentes y solo el 24% lleva a cabo las mediciones de consumo de agua. En cuanto a la recuperación de suero, se trata de una práctica que tiene muy baja difusión entre las plantas pequeñas y medianas: apenas el 20% lo realiza (MAGyP, 2016).

En este caso, el segmento de la cadena que nos ocupa es el de la industrialización de un subproducto como es el suero. Existen varias opciones tecnológicas para la utilización del suero de quesería tanto a través de su estabilización, fraccionamiento, transformación como recombinación. La figura precedente presenta un esquema global con la amplia gama de productos que pueden obtenerse directa o indirectamente a partir del suero de quesería, de acuerdo con las tecnologías aplicadas para su obtención. Hace 20 años los países desarrollados destinaban el suero principalmente a la alimentación animal en forma directa. En la actualidad, la principal estrategia utilizada en estos países para valorizarlo es su transformación en ingredientes en polvo. El suero en polvo es utilizado en la elaboración de varios alimentos, incluyendo derivados lácteos, productos de panadería, confitería y embutidos debido a la funcionalidad y nutrición que brindan las proteínas del suero. También existen nuevos desarrollos en cuanto a aplicaciones en la alimentación animal, incluyendo biomasa.

⁹ WPC y WPI son acrónimos en inglés de Whey Protein Concentrate (concentrado de proteína de suero) y Whey Protein Isolate (aislado de proteína de suero).

► **Esquema de la cadena de valor agregado de productos obtenidos a partir del suero**

La mejor ubicación para una empresa en la cadena de valorización de sueros de queso depende de diversos factores. La calidad del suero que dispone, el volumen diario, la capacidad tecnológica de la empresa, el conocimiento de los mercados, la capacidad de inversión y hasta su ubicación geográfica serán factores a tener en cuenta. La lógica de empresas grandes en el campo de los ingredientes es avanzar en la cadena de valor agregado, integrándose verticalmente desde la alimentación animal hasta la farmacopea. Los productos que pueden ser elaborados por una empresa que recién se inicia en este tipo de producción son los básicos en la cadena de valor del suero:

- Suero en polvo no higroscópico (non higroscopic whey powder).
- Suero parcialmente desmineralizado al 40% D40WP (40% demineralized whey powder).
- Suero de alta desmineralización al 90% D90WP (90% demineralized whey powder).
- Concentrado de proteína de suero al 35% WPC 35 (whey protein concentrate) y permeado en polvo.

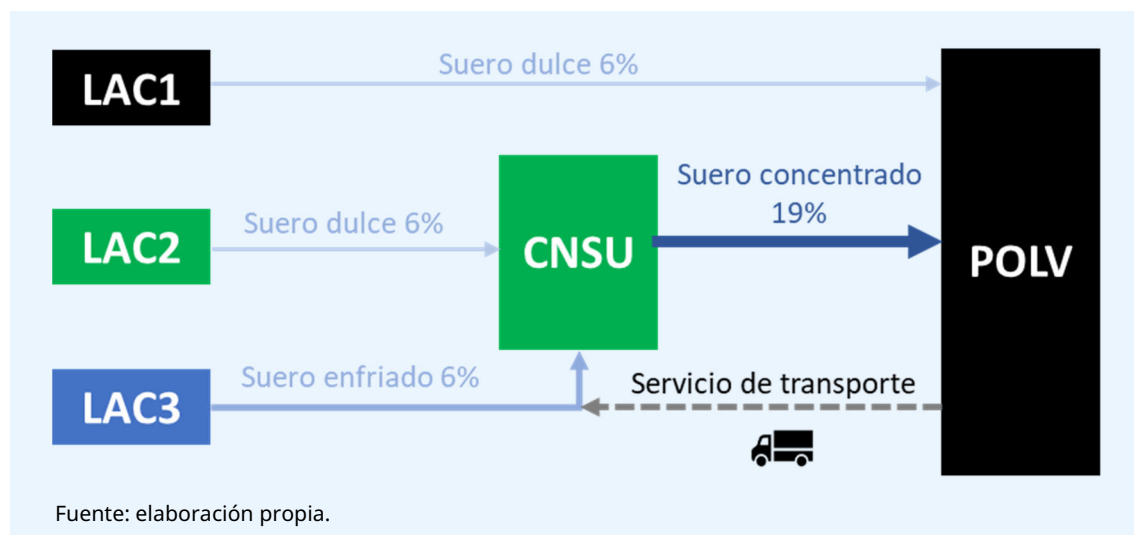
En estos productos el agregado de valor por tonelada se incrementa en la medida que se pasa del suero en polvo no higroscópico hacia concentrados de proteínas de suero, junto a la producción de lactosa o permeado. La empresa proveedora de sueros puede asociarse a otra que ya esté en el mercado y disponga de la tecnología de productos con mayor valor agregado. En ese sentido, en el segundo escalón de la cadena de valorización de suero está la producción de concentrado de proteína de suero al 80% (WPC 80, por sus siglas en inglés) junto a lactosa farmacéutica, mineral de calcio u otros. En la producción de concentrados de proteínas (WPC) para que la inversión sea rentable es necesario asociarle la inversión de la producción de lactosa y viceversa.

4.1.1.2 Descripción de la red de simbiosis industrial

La red de simbiosis industrial de este caso se compone de un conjunto de empresas del sector lácteo pampeano y bonaerense que se organizaron para resolver el problema de desechar el suero. Se trató de una iniciativa conjunta, el "Programa de aprovechamiento del lactosuero", donde productores lácteos de la región, el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación y la Unión Industrial Argentina unieron esfuerzos para dar respuesta al problema ambiental de la disposición del suero residual (UIA, 2014).

La red de simbiosis se compone de tres tipos de empresas. Al inicio de la cadena de valor dentro de la red tenemos las usinas lácteas, que fabrican quesos, ricota, dulce de leche y otros derivados lácteos. Luego están las empresas concentradoras, que reciben suero de los fabricantes de lácteos para aumentar el porcentaje de sólidos de 6% a 19% y poder transportarlo en condiciones adecuadas al último eslabón de la cadena: la fábrica de suero en polvo. Aquí se recibe suero en diferentes de procesamiento para transformarlo en polvo y así venderlo como insumo a la industria local o exportarlo.

► **Esquema de valorización del lactosuero (empresas encuestadas)**



El actor principal de la red es la única fábrica de suero en polvo, “Empresa Polvera 1” (POLV), que formó parte de la encuesta. Esta empresa está ubicada en una localidad en la provincia de Buenos Aires, en el corazón de la cuenca lechera. Su producción abastece a grandes empresas alimenticias y farmacéuticas radicadas en el país y también se exporta a Colombia, Argelia y Bolivia como insumo de una importante multinacional del rubro alimenticio. Produce alrededor de 200 toneladas mensuales de suero en polvo, para lo cual se procesan un total de 3.333 toneladas de suero y que a su vez son el residuo del procesamiento de unas 4.000 toneladas de leche. Emplea a 15 personas.

En cuanto a su propio abastecimiento de suero líquido, proviene de 9 empresas e ingresa a la planta diferentes niveles de industrialización. En primer lugar, recibe suero sin tratar (6% de materia sólida) de “Empresa Láctea 1” (LAC1), propiedad de los mismos dueños de POLV y ubicada en la misma localidad, y que también fue encuestada. Segundo, recibe suero (6%) de otras usinas lácteas de la zona, que es enfriado para evitar su degradación en el trayecto. Y tercero, recibe suero concentrado (19%) proveniente de plantas concentradoras más alejadas. Asimismo, se encarga del transporte de suero enfriado entre algunas usinas lácteas y sus respectivas plantas concentradoras.

El suero concentrado de esta red es producido por tres empresas. Una de ellas es “Empresa Concentradora de Suero 1” (CNSU), que fue parte de la encuesta. Se encuentra ubicada en una pequeña localidad en la provincia de La Pampa. Procesa 80.000 litros diarios de suero, de los cuales 18.000 provienen de la usina láctea con la que comparte propietario, “Empresa Láctea 2” (LAC2), también entrevistada. El resto del suero proviene de otras dos usinas lácteas que le proveen suero enfriado mediante logística provista por POLV. Da empleo directo a 3 personas.

El otro eslabón de la cadena lo componen las usinas lácteas. Estas empresas son las que producen el suero líquido y lo abastecen a las concentradoras y la polvera. Además de las mencionadas LAC2 y LAC1, hay por lo menos otras 5 empresas que abastecen a POLV. Una de ellas es “Empresa Láctea 3”, que también fue encuestada y se ubica en otra localidad de La Pampa. Mensualmente produce 1.100.000 litros de suero que procede a enfriar y luego son llevados por POLV a CNSU para su concentrado y posterior transporte a POLV. Al igual que las otras usinas lácteas del esquema, produce quesos, dulce de leche, ricota y otros derivados de la leche. Emplea directamente a 31 personas, mientras que LAC1 tiene 30 empleados y LAC2 sólo 14.

4.1.2 Caso “Madera”: Bioenergía a partir de residuos de aserraderos en Corrientes

4.1.2.1 Breve caracterización del sector

La industria maderera representa 0,25% del PBI nacional. De esta magnitud, 0,15 puntos porcentuales corresponden a la manufactura de madera, mientras que 0,1 puntos restantes corresponden a los aserraderos. La cadena de valor en Argentina incluye tanto el segmento de producción primaria como el de transformación, tanto para el mercado interno como para la exportación. En 2020, las exportaciones de los aserraderos representaron el 0,4% del total exportado por el país (Gorzycki & Ruggiero, 2016).

► Distribución de los aserraderos en Argentina, por tamaño y región

Región	Establecimientos		Empleados		Consumo materia prima (m3)		Producción (m3)		Rendimiento
NEA	767	37%	12.332	55%	8.000.443	84%	2.831.008	84%	35%
Chaqueña	678	32%	4.496	20%	419.128	4%	145.910	4%	35%
Patagonia	214	10%	1.573	7%	392.243	4%	136.090	4%	35%
NOA	197	9%	1.796	8%	151.694	2%	66.556	2%	44%
Pampeana	144	7%	1.280	6%	414.834	4%	142.459	4%	34%
Cuyo	87	4%	825	4%	99.673	1%	66.556	2%	67%
Total	2.087	100%	22.302	100%	9.478.015	100%	3.388.579	100%	36%

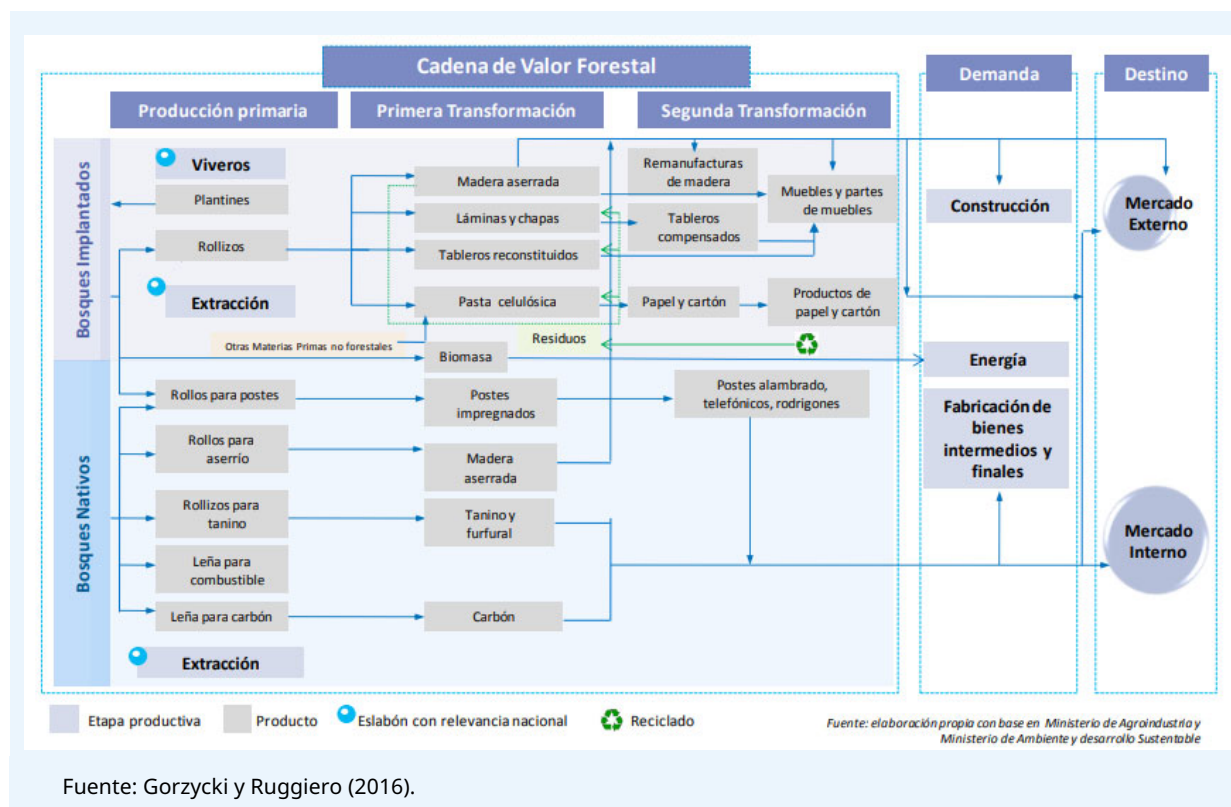
Tamaño*	Establecimientos		Empleados		Inversión 2015 (USD)	
Micro	1.515	73%	9.506	43%	6.424.375	16%
Pequeña	415	20%	5.877	26%	11.829.702	29%
Mediana	141	7%	4.325	19%	16.158.798	39%
Grande	16	1%	2.594	12%	6.889.033	17%
Total	2.087	100%	22.302	100%	41.301.908	100%

* Micro hasta 940 m3 / Pequeña hasta 4.720 m3 / Mediana hasta 23.585 / Grande mayor a 23.585

Fuente: Ministerio de Agroindustria (2017).

Un rasgo característico de la industria es su bajo rendimiento. El volumen de productos aserrados y manufacturados en los establecimientos equivale al 35% de la materia prima utilizada. La eficiencia de los aserraderos está fuertemente correlacionada con su escala de operación, y en Argentina predominan las unidades pequeñas, que están poco tecnificadas y en algunos casos hasta hacen procesos artesanales (Ministerio de Agroindustria, 2017).

► Cadena de valor forestal



El NEA (noreste argentino) se presenta como la principal región del país en cuanto a la disponibilidad de plantaciones y entramado industrial. Con sus recursos, sus empresas abastecen de productos de pino y eucalipto a los principales centros de consumo de nuestro país: Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe.

En la provincia de Corrientes, las empresas del sector presentan ciertas particularidades. Allí hay 150 empresas empleando a más de 3.200 trabajadores, en total.¹⁰ A diferencia del resto de Argentina, el peso de las microempresas es muy bajo (apenas 27% frente a 73% de todo el país), mientras que predominan las pequeñas y medianas (68% frente a 27% en todo el país). El promedio del total del parque de maquinaria es de 22 años. De los encuestados, 55 tienen como máquina principal sierra sin fin con carro, 14 utilizan sierras gemelas y 1 sierra circular con carro. Solo el 19% de los aserraderos tienen secadero propio.¹¹

¹⁰ Dato del año 2015.

¹¹ El Plan Estratégico Foresto Industrial Corrientes 2012/2013 (Marengo, 2013) definía 3 grupos de empresas que componen la industria del aserradero en Corrientes:

- El primero compuesto por empresas pequeñas que representan en la actualidad el 70% del total de empresas; éstas poseen en general bajo nivel de integración, valor agregado y tecnológico. Es un sector que presenta altos niveles de informalidad y donde las necesidades de capacitación y profesionalización son muy elevadas.
- El segundo (24% del total) son empresas con mayor desarrollo y nivel tecnológico, en proceso de aumento de eficiencia y productividad, y sus principales inversiones se concentran en mejorar procesos como el secado y el aprovechamiento de los subproductos. Su economía se reparte entre el pino y el eucalipto, orientada al mercado doméstico.
- El tercero (5%) son grandes establecimientos con mayor y mejor equipamiento, mejor inserción en los mercados internos y externos, con alto valor agregado incorporado a su producción y con manejo de subproductos. La mayoría de ellas procesa madera de pino.

Asimismo, la evaluación de los aserraderos respecto al servicio eléctrico es poco satisfactoria. El 87% de las empresas de la provincia dispone de energía eléctrica de red, pero sólo el 35% lo califica como un buen servicio, mientras que el 33% lo evalúa como regular y el 41% restante directamente considera que no cumple las exigencias de la industria. Y, de los que consideran bueno el servicio, solo 46% considera que puede aumentarse la potencia eléctrica.

► **Distribución de aserraderos en la provincia de Corrientes, por tamaño**

Tamaño*	Establecimientos		Empleados		Producción (m3)	
Micro	41	27%	248	8%	14.008	2%
Pequeña	60	40%	843	26%	114.602	15%
Mediana	42	28%	1.117	35%	303.818	40%
Grande	7	5%	1.018	32%	335.474	44%
Total	150	100%	3.226	100%	767.902	100%

Fuente: Ministerio de Agroindustria (2017).

Respecto del mercado laboral del sector maderero, el índice de informalidad es elevado en el sector, sobre todo en el sector de aserraderos. Según Ramos, del Castillo, Flores y Carciofi (2015), la tasa de incidencia de trabajadores en condición de informalidad es de alrededor del 45%.

4.1.2.2 Génesis de la red

La red de simbiosis bajo análisis se desarrolla en torno a una localidad de la provincia de Corrientes. Este pueblo tuvo, durante las últimas dos décadas, un vertiginoso crecimiento de la mano de obra de la industria forestal, pasando de 2.500 habitantes en el año 2000 a 12.000 en 2010, y contando con más de 30 aserraderos. Hoy en día se estima que viven en la localidad 18.000 personas.

En el año 2010 se produjo en la provincia de Corrientes una profunda crisis energética que dejó parado al sector industrial local. A partir de esto, el Gobierno Provincial diseñó junto a los empresarios y la intendencia un plan para poder solucionar la crisis, atacando la problemática de corto plazo, pero también la de mediano y largo plazo, aprovechando las circunstancias especiales existentes en el lugar (Tripaldi & Valdés, 2017)¹², para lo cual:

- Solicitó al Gobierno Nacional la instalación de generadores de energía distribuida a base de gasoil, como solución de corto plazo para la industria local, ya que se trata de un sistema de alto costo marginal de generación, pero de muy fácil instalación y rápido funcionamiento.¹³
- Se planificó la instalación de un Parque Foresto Industrial, a fin de juntar a los aserraderos de la zona en un mismo sitio, ordenando la demanda energética y haciendo al sistema de distribución de energía más eficiente, también con el objetivo de retirar a los aserraderos de las inmediaciones del pueblo. Esto generó un impacto ambiental positivo y protegió la salud de los pobladores, ya que los aserraderos no tenían donde disponer los residuos generados por el procesamiento de la madera y, por tanto, lo acumulaban en el predio o lo quemaban a cielo abierto, produciendo la dispersión descontrolada de cenizas.

¹² En paralelo a estas demandas, la localidad se encontraba trabajando en un plan integral para el ordenamiento territorial, en varias dimensiones que se plasmó en el Plan de Ordenamiento Territorial (Tripaldi & Valdés, 2017).

¹³ Esta generación “de emergencia” contaba con subsidios estatales, de manera que el costo no era un problema primario para el sector industrial, sino que sí lo era su disponibilidad.

- Por último, aprovechando la gran cantidad de residuo de madera que se produce en la localidad y que se produciría en el Parque Foresto Industrial, se pensó en la promoción de una planta de generación de energía a partir de biomasa forestal, como solución definitiva a la problemática de la energía y permitir a los aserraderos fortalecerse de la mano de dos aportes significativos: energía suficiente, en calidad y cantidad, para poder invertir en mayor y mejor tecnología, y aumentar sus ingresos totales en virtud de la venta de los residuos de madera que dejarían de representar un problema, para convertirse en un producto capaz de generar ingresos adicionales.

En el año 2010 se adquirió un predio rural de 80 hectáreas, con el fin de diseñar el primer parque foresto industrial de la Provincia. En el año 2012 comenzó su construcción y fue inaugurado en el año 2015. No obstante, en un primer momento las industrias no se trasladaban al parque debido a la desconfianza que les producían, por un lado, el requerimiento y control que se pudiera producir dentro de dicho predio (la industria cuenta con altos índices de informalidad), y, por el otro, que ello no fuera a implicar una mejora sustancial en la provisión de energía. Posteriormente, en el año 2016 el Gobierno Nacional lanza el Programa RENOVAR, para impulsar las energías renovables en el país. En dicho año, el titular de una firma local decide presentarse a la licitación de la “Ronda I” del RENOVAR y resulta adjudicatario de un contrato para producir 15 MW en el Parque Foresto Industrial.

4.1.2.3 Descripción de la planta de bioenergía

Llamamos aquí “BENG” a la empresa que instaló la planta de generación de energía a partir de biomasa forestal en la localidad correntina. El capital de la empresa es 25% nacional y 75% extranjero. La construcción comenzó en marzo de 2017 y demandó 68 millones de dólares para su finalización en 2020. La capacidad de producción es de 18 MW y podrá operar 24 horas al día con una parada técnica por mantenimiento de un mes al año. La empresa firmó un contrato de abastecimiento de energía eléctrica en 2017 y por 20 años con CAMMESA, el organismo nacional encargado de la administración del despacho eléctrico, por la entrega de la energía, en el contexto del Programa RENOVAR (Ley 27.191). Durante el mes de noviembre de 2020 la central comenzó a generar energía eléctrica y a despachar al sistema (Argentina Forestal, 2017).

De acuerdo con los cálculos previos, la planta consumiría 20 mil toneladas mensuales de biomasa. Este volumen comprende residuos del bosque y de los aserraderos de la zona que antes de la planta se quemaban y afectaban el medio ambiente, poniendo en valor los residuos madereros como los subproductos de aserrín y costaneros que generan industrias de la localidad y sus alrededores principalmente. La empresa se encuentra cerrando acuerdos privados por 20 años con proveedores de materia prima.

La planta está emplazada en el sector sudoeste del parque, en una superficie superior a 8 hectáreas. Ya comenzó a abastecer de energía eléctrica a las industrias que operan actualmente en predio y también abastecerá a las que se instalen a futuro. Por su potencia, permitirá volcar el remanente al tendido provincial, beneficiando así a la zona de influencia. Además de producir energía renovable, el proceso permite disminuir la polución y en consecuencia mejorar la calidad de vida de los pobladores de la zona.

Vale destacar que el proyecto está generando mayores inversiones públicas en líneas eléctricas. El Gobierno Provincial ya se dispone a iniciar una obra de transporte eléctrico en 33 MW hacia otra localidad a 59 km y está proyectado construir otra de 132 MW y 33 km hacia una tercera ubicación (Argentina Forestal, 2020).

Para la operación y mantenimiento de la central se requieren 34 personas. El plantel de personal directo de la empresa se compone de técnicos y profesionales mayormente de la región. Se trata de un ámbito laboral que requiere cualificaciones específicas para trabajar. El personal es 70% universitario, con un mix 80% de hombres y 20% de mujeres, y se compone de la siguiente forma:

- Responsable de planta (ingeniera).
- Jefe eléctrico (ingeniero).
- Jefe mecánico (ingeniero).
- Responsables de turno (terciarios).
- Electricistas y mecánicos senior (terciarios).
- Mecánicos juniors (terciarios).
- Responsables de seguridad e higiene, internos y externos (terciario).
- Responsables ambientales (terciario).
- Personal administrativo (terciario/universitario).
- Operadores, apoyo de maquinistas (no profesionales).

El 80% del plantel de la central ya tenía otros trabajos al momento de ser contratados. Solo una fracción de los técnicos se encontraban desocupados a ese momento. El reclutamiento priorizó el empleo de trabajadores locales.

4.1.2.4 Descripción de la red de simbiosis industrial

En la simbiosis intervienen los aserraderos de la zona y la planta de bioenergía. De todos esos aserraderos, nuestro relevamiento solo comprende a dos, a los que asignamos los nombres "ASR1" y "ASR2". Los residuos del procesamiento de la madera son llevados a la planta de generación térmica a base de biomasa, "BENG". La mayoría de los aserraderos se encuentra en un rango de distancia de la planta de 20 km.

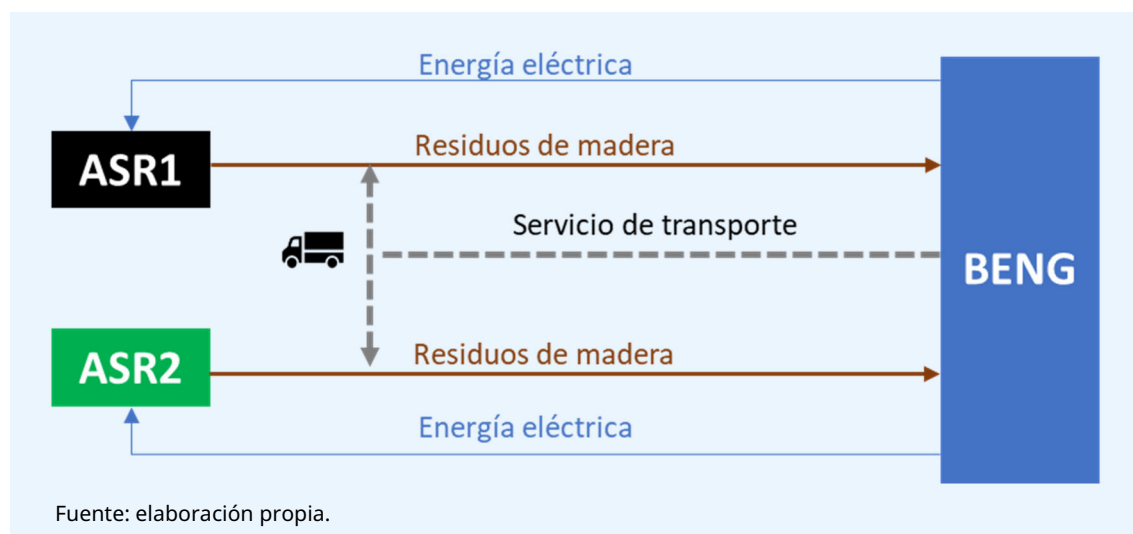
Este esquema de simbiosis se basa en la reutilización de los residuos de la madera. El primer residuo del procesamiento de la madera es el aserrín, y hay otros tipos de residuo que pueden provenir tanto de la forestación como del procesamiento en los aserraderos:

- el costanero, que es un borde del tronco de hasta 3 metros de largo,
- los productos de raleo, que es residuo de la forestación y queda en el campo,
- y el tronco, que es la última opción porque es la de mayor valor comercial.

Existen unos 20 aserraderos que actualmente proveen a la planta de biomasa, y se estima que en los próximos años el número se duplicará. La provisión se rige mediante contratos trimestrales.

La mayor parte de los insumos deben ser procesados para convertirlos en "chips" previamente a su utilización en la caldera. La planta utiliza hasta un 30% de aserrín como insumo, que, si bien es el de más bajo costo, tiene un límite en su utilización, y el 70% tiene que ser en forma de chips. Algunos aserraderos que abastecen la planta tienen máquina chipeadora, incrementando el valor de los residuos ya que facilita la logística interna de la planta de bioenergía, que se encarga de procesar sólo los residuos de los aserraderos que no cuentan con la máquina.

► Esquema de reutilización de residuos de madera (empresas encuestadas)



Los precios difieren según el tipo de residuos. A diciembre 2020, sin flete, el costo del chip era aproximadamente 300 ARS/tn (3,75 USD/tn, al tipo de cambio oficial de Argentina), mientras que el del costanero era de 180 ARS/tn (2,25 USD/tn). El costo del tronco más que duplica el valor del chip, y es la alternativa a cuando no se emplea el residuo. Vale aclarar que durante 2020 el costo de la materia prima cayó fuertemente respecto de las proyecciones previas a la puesta en marcha (chip a 10 USD/tn) debido a que uno de los grandes demandantes de la zona era una gran empresa agroindustrial cuya demanda está sufriendo una fuerte caída.

La logística es fundamental para el abastecimiento de la planta. Para contar con dichos volúmenes se requieren 80 camiones al día, que realizan trayectos en un radio de no más de 50 km. La mayor parte se encuentra en un radio de 20 km, y a su vez una fracción está a no más de 1 km de distancia ya que se encuentra dentro del parque industrial. La eficiencia de cada viaje, en términos de peso efectivo de la carga sobre el total de la capacidad de cada camión varía según el residuo. Normalmente el costanero largo es la carga más ineficiente (puede llegar a cargarse 18 tn por camión (cuando la capacidad total se encuentra en 30 tn, aproximadamente). El costo del flete se paga por tonelada transportada y se estima en 4,75 USD por tonelada.

El flete puede ser provisto por el proveedor o por la planta.¹⁴ El proceso logístico es formal, tanto para los camiones como los choferes. Los camiones se encuentran identificados con el logotipo de la planta. Con un solo turno al día se completa el ciclo logístico de abastecimiento de la planta (no se trabajan los fines de semana).

4.2 Impacto cuantitativo

Los resultados de este trabajo muestran un claro impacto positivo de la simbiosis industrial en la generación de empleo. En el caso del lactosuero, el empleo total es 19% mayor al que habría si las usinas lácteas desecharan el residuo en vez de convertirlo en suero en polvo, mientras que en el caso de la madera el impacto positivo es del 52% frente a un escenario en el que los residuos de madera son almacenados para su posterior quema controlada.

¹⁴ Estimado en 70% camiones de proveedores, 30% de la planta.

► **Impacto cuantitativo total**

TOTAL	Relevado	Base	Efecto Sustitución	Efecto Actividad	Efecto TOTAL
Lactosuero	93	2067	400	0	19%
Madera	246	2473	130	1151	52%

En el caso del lactosuero, el impacto en el empleo se explica enteramente por el efecto sustitución. Los procesos de enfriamiento, logística e industrialización del suero generan un requerimiento adicional de trabajo, bienes y servicios que no tendrían lugar si el suero fuera desechado. En este último caso, contrafáctico, sería necesaria la construcción y operación de una planta de tratamiento de efluentes in situ, pero aun descontando la demanda laboral asociada se mantiene el efecto positivo.

El efecto actividad es nulo. El volumen de producción de derivados lácteos depende exclusivamente del nivel de producción de leche cruda recibida de los tambos. Por otra parte, según informaron las empresas lácteas, la retribución recibida por el suero no altera el ingreso neto por litro de leche, sino que apenas repaga los costos vinculados al acondicionamiento y tratamiento del suero para su entrega. De hecho, el principal motivo para que las usinas lácteas se involucren en la simbiosis es la solución del problema logístico de disposición del suero (equivalente al 85% del volumen de la leche recibida) sin generar el daño ambiental que implicaría la disposición directa en el suelo agrícola. Así, la participación en la red de simbiosis industrial tampoco genera incentivos para aumentar el procesamiento de leche proveniente de tambos más distantes y, por ende, de mayor costo.

Por el contrario, en el caso la madera, predomina el efecto actividad, que se materializa por dos canales. Por un lado, la simbiosis permitió un suministro eléctrico de mayor calidad, facilitando la incorporación de tecnologías que eficientizan el proceso productivo (ahorro de tiempo y espacio físico en los aserraderos) y aumentan la calidad del producto (cumplimiento de requisitos fitosanitarios europeos), permitiendo así el acceso a más mercados externos. Según informaron los entrevistados, la naturaleza de este proyecto y la disponibilidad del programa RENOVAR fue lo que permitió contar con el suministro, dado que las fuentes alternativas, sin subsidio, resultaban muy costosas y sin externalidades ambientales positivas. Por el otro, el hecho de encontrar un destino inmediato para los residuos liberó aún más espacio en los aserraderos, permitiendo secar y almacenar un mayor volumen de producto final.

El efecto sustitución también está presente en el caso de la madera. Este efecto se origina en la construcción y operación de la planta de biomasa, la inversión en máquinas chipeadoras en los aserraderos, sus gastos de operación y mantenimiento (fuerza de trabajo, electricidad y repuestos) y gastos adicionales en logística para llevar los residuos a la planta de biomasa, al tiempo que se deja de demandar la fuerza laboral para las incineraciones controladas de los residuos y por las fuentes de energía eléctrica alternativas que son sustituidas por la instalación de la planta. Esto último impacta significativamente a la baja en el efecto sustitución indirecto.

4.2.1 Efecto directo

Por generación directa de puestos de trabajo, la revalorización del suero lácteo incrementó el empleo de las empresas en un 19%. Las empresas relevadas totalizan 93 empleados, que descontando los empleos generados por la simbiosis y aplicando los factores de expansión resulta en un empleo base de la red de un total de 137 trabajadores operando 9 fábricas de productos lácteos. El efecto sustitución crea un total de 25 puestos de trabajo directos que se explican principalmente por los planteles enteros de la planta de suero en polvo y de las tres plantas concentradoras de suero que la abastecen más una incorporación marginal de medio tiempo para tareas logísticas, que se registra en las usinas lácteas que no están integradas con ninguna parte del proceso de industrialización del suero.

► **Impacto cuantitativo: efecto directo**

DIRECTO	Relevado	Base	Efecto Sustitución	Efecto Actividad	Efecto TOTAL
Lactosuero	93	137	25	0	19%
Madera	246	556	43	204	44%

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la reutilización de residuos de la madera, la mayor parte del efecto se explica por el impacto en el nivel de producción. Ante un mercado de exportación ampliado, la incorporación de tecnología y la mayor eficiencia en el uso del espacio resultaron en una expansión de la producción que, a su vez, expandió también la demanda de empleo. En cuanto al efecto sustitución de esta red, se compone del total del plantel de trabajadores de la planta de bioenergía, del personal de mantenimiento y operación de las máquinas chipeadoras en los aserraderos y de personal adicional destinado a transporte y logística interna.

4.2.2 Efecto indirecto

El impacto de la simbiosis industrial en la cadena de valor también es positivo. Los cambios en los procesos productivos y el impacto en la actividad conllevan mayor gasto volcado hacia la cadena de valor, que luego deriva en la generación sucesiva de nuevos puestos de trabajo. Así, vemos que la reutilización del suero aumenta en 20% el empleo indirecto, mientras que en el caso de la madera el impacto es del 67%.

► **Impacto cuantitativo: efecto indirecto**

INDIRECTO	Relevado	Base	Efecto Sustitución	Efecto Actividad	Efecto TOTAL
Lactosuero	-	810	165	0	20%
Madera	-	427	-15	299	67%

Fuente: elaboración propia.

En el caso del lactosuero, el impacto positivo se origina principalmente en la nueva demanda de bienes y servicios para la operación de las plantas de suero concentrado y de suero en polvo. Esto genera una importante demanda de transporte terrestre, consumo energético (gas y electricidad) e insumos industriales que a su vez traccionan nuevas adquisiciones de bienes y servicios. Asimismo, la construcción de las plantas también tracciona el gasto en las cadenas de valor de construcción, estructuras metálicas y maquinaria de origen nacional, aunque el impacto es atenuado por el hecho de que las fábricas de productos lácteos dejan de gastar en la instalación, operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de efluentes. Por último, cabe destacar que, si bien la industria láctea tiene uno de los multiplicadores de empleo más altos de la economía argentina (6,22 empleos indirectos por cada empleo directo), la ausencia de efecto actividad hace que la red de simbiosis no derrame al resto de la economía por ese canal. En cambio, impacta a través de los gastos mencionados recientemente en otros sectores de menor efecto multiplicador.

En el caso de la madera, el impacto de la red de simbiosis es más potente. El empleo total generado equivale a dos terceras partes del empleo base que habría en ausencia de simbiosis. Sin embargo, aquí el efecto ocurre enteramente por impacto en el nivel de actividad, ya que la sustitución de gastos resulta en reducción de empleos.

Este efecto sustitución negativo se explica por el impacto en el mercado eléctrico. Por el lado de los aserraderos, la única actividad suprimida es la incineración de los residuos, mientras que se incorporan el procesamiento y venta de los chips. Esto genera gastos adicionales de inversión en nuevos equipos, su operación y mantenimiento, y en servicios de transporte para lidiar con el recorrido que deben hacer los residuos desde los aserraderos hacia la planta. Asimismo, si bien la generación de bioenergía es una actividad capital intensiva, la instalación de la planta de biomasa y sus gastos operativos derraman gasto hacia los sectores de construcción, servicios personales, insumos, maquinaria y equipo, entre otros. Sin embargo, la planta inyecta energía eléctrica al sistema de distribución, con lo cual sustituye la generación en otras fuentes por un volumen superior al demandado por la expansión de los aserraderos. De acuerdo con los coeficientes de la matriz insumo producto, el empleo por la demanda derivada de las fuentes alternativas de electricidad supera al generado por la construcción y operación de la planta de biomasa y los demás efectos sustitución positivos.

El efecto actividad, por su parte, se compone de dos partes. Por un lado, la actividad que llevarán a cabo los nuevos equipos incorporados en los aserraderos demandará insumos operativos de manera prácticamente proporcional a la nueva actividad adicional (materia prima de madera, energía eléctrica, transporte de carga, etc.). Por el otro, la reducción del riesgo de incendio se traducirá en una mayor actividad en el conjunto de aserraderos locales, derramando gasto hacia todos los sectores donde tradicionalmente lo hace (principalmente, extracción de madera y transporte de carga).

La diferencia en la magnitud de impacto respecto al caso del lactosuero se explica por diferencias operativas y de estructura de costos. Si bien la industria láctea tiene un multiplicador de empleo sensiblemente mayor al de los aserraderos (6,22 contra 1,77), la ausencia de efecto actividad en el primero anula la expansión del empleo a través de esas demandas derivadas. Respecto del efecto sustitución, la diferencia radica en la magnitud del gasto de inversión en la construcción de la planta de biomasa, con impacto en sectores de alto requerimiento directo e indirecto de empleo, como la construcción y la maquinaria.

4.2.3 Efecto inducido

El efecto inducido es una simple expansión de los efectos directos e indirectos. Las masas salariales asociadas a estos aumentos de empleo son impactadas por un mismo multiplicador de gasto y un mismo coeficiente de empleo por dólar de valor de agregado, de manera que, salvo por algunas diferencias intersectoriales de salarios, tanto la base como los efectos conservan las proporciones de la suma de los efectos directo e indirecto.

► Impacto cuantitativo: efecto inducido

INDUCIDO	Relevado	Base	Efecto Sustitución	Efecto Actividad	Efecto TOTAL
Lactosuero	-	1121	209	0	19%
Madera	-	1490	101	648	50%

Fuente: elaboración propia.

4.3 Impacto cualitativo

4.3.1 Efecto composición

La performance de la simbiosis en términos de calidad del empleo generado es dispar. La contribución a la igualdad de oportunidades es modesta, ya que la participación de los grupos sociodemográficos vulnerables es inferior a la participación de estos en la población desocupada y la población económicamente activa.

► Efecto composición total y características del mercado laboral regional

DIRECTO E INDIRECTO	Lactosuero	Madera
Participación de las mujeres sobre el total de empleos creados o eliminados	26%	12%
Participación de la población sin educación secundaria sobre el total de empleos creados o eliminados	22%	35%
Participación de las mujeres sin educación secundaria sobre el total de empleos creados o eliminados	7%	2%

CARACTERÍSTICAS DEL MERCADO LABORAL REGIONAL	Región Pampeana	Región Nordeste
Participación de las mujeres en el desempleo regional	53%	50%
Participación de la población sin educación secundaria en el desempleo regional	41%	39%
Participación de las mujeres sin educación secundaria en el desempleo regional	23%	14%

Fuente: elaboración propia.

La comparación entre los dos cuadros precedentes sugiere que los casos de simbiosis industrial no ayudan a cerrar la brecha de oportunidades de empleo. Recordemos que nuestra estimación de efecto composición considera género y nivel educativo de los empleos creados directamente, y toma la estructura de género y nivel educativo de los sectores donde se crea empleo indirecto. Realizando la estimación bajo estas premisas, observamos que la participación de los grupos vulnerables en las oportunidades de empleo se encuentra muy por debajo de la participación de estos grupos en el desempleo total de la región. En ambos casos, las mujeres representan al menos la mitad del desempleo total, pero el porcentaje de empleos creados por la simbiosis que son tomados por mujeres apenas llegan al 26% en el caso del lactosuero y 12% en el caso de la madera. Un fenómeno similar se observa respecto a la población sin educación secundaria. Al combinar género femenino y bajo nivel educativo, el problema se potencia, ya que la participación de este grupo sociodemográfico en el desempleo es entre 3 y 7 veces mayor a la participación en la generación de empleo de la simbiosis.

► Efecto composición indirecto

EFFECTO INDIRECTO	Lactosuero	Madera
Tasa de formalidad en el total de trabajos creados o eliminados	63%	38%
Participación de empleos formales femeninos sobre el total de empleos creados o eliminados	11%	-2%
Participación de las mujeres sobre el total de empleos formales creados o eliminados	17%	-6%
Tasa de formalidad en el total de empleos femeninos creados o eliminados.	37%	-45%
Tasa de formalidad en el total de empleos para trabajadores de bajo nivel educativo creados o eliminados.	59%	40%

CARACTERÍSTICAS DEL MERCADO LABORAL REGIONAL	La Pampa	Corrientes
Tasa de formalidad del empleo	75%	61%
Tasa de formalidad del empleo femenino	70%	59%

Fuente: elaboración propia.

La performance en términos de formalidad no resulta satisfactoria. En términos agregados, las nuevas estructuras de gastos generadas por ambos esquemas impactan en sectores con tasas de formalidad inferiores a los promedios provinciales (63% contra 75% en el caso del lactosuero y 38% contra 61% en el caso de la madera).

Desde el punto de vista de la equidad de género en el acceso a oportunidades de empleo formal, tampoco se observa un impacto favorable. En el caso del lactosuero, observamos que el problema de la informalidad se acentúa en el empleo femenino (37% contra 70%). Asimismo, apenas el 10% de los empleos creados son empleos formales para mujeres, y la participación de las mujeres en el total de empleos formales creados por la simbiosis es de apenas el 17%. En el caso de la madera, se observa un efecto adverso en términos absolutos sobre los empleos formales para mujeres, ya que la simbiosis resulta en una destrucción de empleos formales femeninos equivalente al 2% del empleo total creado o, alternativamente, al 45% de los empleos femeninos creados.

En cuanto a la formalidad de los empleos indirectos, se observa una extensión de la situación regional. Tanto en la provincia de La Pampa como en la de Corrientes la informalidad laboral ronda el 30%-35% (Ministerio de Trabajo, 2021), de manera que las tasas de formalidad del empleo indirecto creado por la simbiosis no alteran esta situación.

La interpretación de este resultado es sutil, ya que nos lleva a pensar qué sectores tienen capacidad de lograr cambios cualitativos. En principio, podría parecer obvio que las tasas de informalidad en los empleos creados indirectamente sean muy similares a las del resto de la economía, ya que el efecto indirecto simplemente implica la expansión o contracción de sectores que ya tienen una estructura sociodemográfica y que, en el agregado conforman ese 30%-35% observado de informalidad para toda la economía. Sin embargo, la simbiosis industrial sólo impulsa a través de sus efectos indirectos sólo algunos de estos sectores, que podrían tener características sociodemográficas diferentes al resto. Así, nuestro resultado a nivel tasas de formalidad en el efecto indirecto simplemente nos está diciendo que los sectores impulsados por la creación y expansión de la red no son aquellos que tengan, en promedio, una estructura sociodemográfica muy diferente a la del promedio de la economía regional.

Nuevamente, la brecha de oportunidades es muy notoria. Apenas el 11% de los empleos indirectos creados por la revalorización del suero son oportunidades formales para mujeres, y la cifra se reduce a 8% en el caso de la madera. Asimismo, se observa que la participación de las mujeres en el total de empleos formales creados es incluso inferior a su ya baja participación en el total de oportunidades. Y, en el caso del suero, la brecha de género se profundiza al considerar que la tasa de formalidad en los empleos femeninos es notoriamente inferior a la tasa de formalidad de la fuerza de trabajo (37% contra 65%). Por último, cabe destacar que, en el caso de la madera, menos de la mitad los empleos indirectos creados para trabajadores de bajo nivel educativo son formales.

Sobre los empleos directos, los datos permiten evaluar el impacto en la formalización sólo de las plantas dedicadas enteramente a actividades de simbiosis industrial. En el caso de las plantas de concentración de suero y producción de suero en polvo, el 72% del empleo generado formalizó a trabajadores anteriormente en situación de informalidad o desempleo. En el caso de la madera, dado que en este indicador solamente se tienen en cuenta los empleos creados por la planta de bioenergía, el impacto es menor, pero esto se debe a que el perfil de empleo de este establecimiento requiere mayores niveles de formación y especialización y, por ende, menor probabilidad de provenir de un empleo precario. En ningún caso hubo mujeres beneficiadas de estos cambios de situación de formalidad laboral. De todas formas, debe tenerse en cuenta que estos resultados son poco representativos ya que se limitan a las plantas de bioenergía e industrialización del suero.

► **Efecto composición directo**

EFFECTO DIRECTO	Lactosuero	Madera
Participación de trabajadores anteriormente informales o desocupados en el total de empleos creados o destruidos	72%	12%
Participación de trabajadores anteriormente informales o desocupados en el total de empleos femeninos creados o destruidos	0%	0%

Fuente: elaboración propia.

Respecto al empleo directo del caso de la madera, cabe destacar que la simbiosis industrial podría generar una significativa mejora cualitativa. Marengo (2013) señala el altísimo grado de informalidad como uno de los principales problemas laborales asociados a los aserraderos correntinos, particularmente los de menor escala. Los grandes proyectos como el de BENG, al visibilizar la situación laboral de la cadena de abastecimiento (en este caso, el sector foresto industrial) y ofrecer un incentivo, pueden forzar un sensible aumento en la tasa de formalidad laboral. La participación de actores de alta exposición en términos de RSE,¹⁵ como ser empresas multinacionales, gobiernos, bancos de desarrollo y fondos de inversión, hace que preserven su reputación como empleadores responsables, forzando así un aumento de la formalización en la cadena de valor local como precondition para beneficiarse de esa inversión. De esta manera, trabajan activamente para elevar el grado de formalidad para poder llevar adelante el proyecto, y la industria forestal aceptará llevar a cabo estos cambios en la medida en que vea beneficios, como ser, en este caso, mejor suministro eléctrico, reducción de riesgo de incendio y ahorro de espacio físico.

En paralelo, estos proyectos exigen mayor nivel de formación por parte de la fuerza laboral local. La estandarización de procesos, la implementación de normas de higiene y seguridad, la incorporación de tecnologías y la participación en mercados con mayores exigencias de calidad exigen una fuerza laboral con un grado de instrucción muy por encima de aquel con el que hoy cuentan los aserraderos y sus proveedores de materias primas. Sin embargo, el nivel de escolaridad promedio de los trabajadores es muy inferior al del promedio de la economía, incluso en regiones con importante sector forestal (Peirano C., 2009). Asimismo, el perfil de los recursos humanos conserva los rasgos de bajo nivel educativo, alta relevancia del conocimiento adquirido en el puesto de trabajo y de habilidades específicas a lo largo de casi toda la cadena (Ramos, del Castillo, Flores, & Carciofi, 2015).

La lección para la política pública es clara. Si la simbiosis industrial no es acompañada por un aumento en el nivel de escolaridad, no generará un impacto positivo en los niveles de formalidad laboral de la población actual. Los nuevos empleos directos creados requerirán trabajadores más formados que los disponibles, que a su vez tendrán más posibilidades de insertarse en puestos de trabajo no formales surgidos en eslabones de la cadena de abastecimiento con menos visibilidad por parte de la política de RSE de los actores mencionados anteriormente.

4.3.2 Efecto condición

4.3.2.1 Riesgos laborales

Los casos de estudio presentan marcadas diferencias en este aspecto. La industria láctea es de bajo riesgo para el trabajador y su participación en la simbiosis no acarrea mayores riesgos. Sin embargo, en el caso de los aserraderos y la explotación forestal, se trata de actividades que acarrean un alto nivel de riesgo para la integridad física de los trabajadores, y la simbiosis industrial puede contribuir a su mitigación.

¹⁵ Responsabilidad Social Empresaria.

En el caso de los aserraderos hemos encontrado un importante volumen de bibliografía que estudia las condiciones laborales en la cadena de valor de la madera, en todas las fases de la cadena y en particular en los aserraderos. Estos estudios parten de relevamientos de las condiciones mediante encuestas y trabajos en el campo (observación de condiciones laborales en las fábricas). Para ampliar el trabajo en este sentido, creemos importante resumir la discusión a tal fin, que, creemos, puede servir en instancias posteriores para integrar los estudios de impacto laboral de simbiosis industrial con estos estudios de campo.

En su Manual de Buenas Prácticas¹⁶ para la industria láctea, la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT) identifica dos tipos de riesgos de mayor prevalencia en todas las etapas del proceso (SRT, 2016). Por un lado, están los riesgos físicos del ambiente de trabajo, como ser la temperatura, el ruido, la iluminación, la humedad, la ventilación, las vibraciones, las radiaciones, y la presión barométrica. Y por el otro, están aquellos riesgos vinculados con accidentes, como por ejemplo caídas, torceduras, quemaduras, picaduras, cortes, golpes, atrapamientos, atropellamientos, choques, agresiones por terceros, electricidad, incendio, traumatismo de ojo y explosión.

En el sector lácteo, es crucial el cuidado de la materia prima en todas sus fases, por lo que tiene grandes exigencias de cuidados personales y del medioambiente laboral. Comparativamente con los aserraderos, los establecimientos lácteos tienen una mayor inversión relativa a cuidados y a preparación del medioambiente laboral, dada la naturaleza del producto y materia prima. A su vez, y tal como se desprende del informe mencionado, los empleados en la industria láctea reciben más capacitación en temas de los procesos, preparación del ambiente de trabajo y los cuidados de los mismos. En el caso analizado del lactosuero, no vislumbramos un riesgo específico que se suma o se mitiga por la simbiosis, y/o un efecto incremental en la inversión en algún proceso específico para la planta.

La actividad forestal, en cambio, es una de las actividades laborales más peligrosas en todo el mundo. Todos los puestos de trabajo de la cadena forestal acarrearán riesgos de sufrir lesiones graves: aplastamiento, amputaciones, cortes, inhalación de aserrín, exposición a insectos, hongos o víboras, levantamiento de carga pesada, exposición a ruidos y vibraciones, entre otros. Por ende, no resultan llamativos los niveles observados de accidentes y enfermedades ocupacionales, ni la tendencia existente al retiro prematuro de los trabajadores. En Argentina, este sector presenta una de las mayores tasas de accidentes, y así ha sido calificadas por la SRT, incluso por delante de la minería. Los trabajadores de este sector aún tienen el doble de probabilidades de sufrir un accidente de trabajo o enfermedad profesional que el trabajador promedio argentino. Incluso, comparando con los sectores forestales de otros países, las tasas de accidentes en Argentina están entre las más altas (Ramos, del Castillo, Flores, & Carciofi, 2015).

La exposición a riesgos laborales se explica por tres factores. En primer lugar, están las características del proceso productivo, en términos de la tecnología y la diagramación en el espacio. Segundo, tenemos la disponibilidad y utilización de elementos de protección personal, especialmente protecciones contra aprisionamiento, cortes y voladuras de sierra. Y tercero, también influyen la capacitación y compromiso de las personas involucradas en la actividad. La experiencia internacional ha demostrado que la capacitación de las personas, la tecnificación y automatización de los procesos y la adopción de medidas preventivas han sido medios eficaces para reducir estos riesgos (Ramos, del Castillo, Flores, & Carciofi, 2015).

¹⁶ Este manual fue elaborado por una comisión conformada por la Superintendencia de Riesgos del Trabajo, Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, Centro de Industria Lechera (CIL) y la Asociación de Trabajadores de la Industria Lechera de la República Argentina (ATILRA). Allí se exponen los principales riesgos laborales en los distintos procesos en la industria láctea, desde el depósito de la materia prima, su tratamiento e industrialización, hasta el envasado y almacenamiento del producto elaborado.

En consecuencia, entendemos que la simbiosis industrial puede mitigar los riesgos laborales. Como mencionábamos anteriormente, el caso de los residuos de madera se ha caracterizado por contar con activa participación de actores de alta visibilidad (multinacionales, gobierno, bancos de desarrollo, etc.) y por facilitar, vía un mejor suministro eléctrico, la incorporación de tecnologías. Al igual que en el caso de la formalidad, la visibilidad fuerza a los aserraderos que quieran beneficiarse del proyecto de BENG a revisar sus prácticas en materia de seguridad y salud de los trabajadores. Al mismo tiempo, la incorporación de tecnologías por sí sola, al automatizar procesos, reduce la exposición de los trabajadores a riesgo. Además, obliga a contar con un plantel más capacitado y conlleva a mejoras en la organización del espacio de trabajo. En síntesis, esto debería resultar en una disminución en los valores de los indicadores de accidentes laborales.

4.3.2.2 Capacitación

Los casos estudiados muestran que la simbiosis industrial genera nuevas actividades de capacitación, pero con ciertas limitaciones. La mayoría de estas nuevas actividades se concentran en los eslabones más complejos de las redes, POLV y BENG, y surgen no por estar estrictamente vinculadas al hecho de trabajar con residuos sino por el hecho de ser unidades productivas nuevas, que requieren cumplir estándares de calidad, higiene y seguridad propios de cualquier empresa de su sector. En cuanto a capacitaciones específicamente ligadas a cambios en el manejo de residuos, el impacto se restringe a una tarea específica de un tipo de empresa.

En el caso del lactosuero, la capacitación se limitó a POLV y no estuvo vinculada específicamente a los residuos. La empresa llevó adelante un programa de formación apuntado al funcionamiento adecuado y seguro de su planta fabril: cursos internos en inocuidad y calidad, cursos externos (INTI) sobre trazabilidad, HACCP (análisis de riesgo y controles críticos alimentarios), seguridad e higiene. Es decir, se trata de formación requerida por cualquier industria alimenticia exportadora, independientemente del hecho de estar modificando prácticas respecto de residuos o subproductos. Sin embargo, cabe destacar que no deja de ser el esquema de simbiosis el que, a través de la generación de un bien exportable, motiva el aprendizaje y certificación de nuevas habilidades de la fuerza laboral.

Las demás empresas de la red de lactosuero manifestaron no haber realizado capacitaciones. En el caso de las usinas lácteas se trata de un resultado esperable, ya que no vieron sus productivos afectados. En el caso de CNSU, una posible explicación es la baja complejidad del proceso, que requiere de tres personas, sin calificaciones especiales, y que cuenta con soporte profesional técnico contratado externamente.

En el caso de la madera, es BENG quien concentra el esfuerzo de capacitación, aunque no de manera exclusiva. La mayoría de los trabajadores de esta empresa carece de experiencia en operación de plantas de biomasa, de manera que la capacitación incluye entrenamiento y aprendizaje en el puesto de trabajo, manuales de procedimientos, materiales de lectura y cursos de higiene, seguridad y medio ambiente. Nuevamente, esta capacitación tampoco está, per se, asociada al uso de residuos, ya que aplicaría también en caso de operar con madera que no sea de residuos. Sin embargo, de no haberse organizado la red de simbiosis, los trabajadores no estarían beneficiándose de estas capacitaciones.

Los aserraderos sí han incluido capacitaciones específicas a la simbiosis. Tanto ASR1 como ASR2 han capacitado su personal en el uso y mantenimiento de chipeadoras y rampas. Como medios de capacitación, ASR1 ha mencionado la realización de cursos y el asesoramiento de parte de una empresa agroindustrial que fue su primer comprador de residuos.

Los aserraderos más tecnificados y que aplican métodos de organización y gestión empresarial modernos han ido incorporando tecnología a sus procesos como un modo de ganar eficiencia y productividad y mejorar sus posibilidades de competir en el exterior. La tecnificación permite la reelaboración de productos de mayor valor agregado y la optimización de la madera. En general, las empresas mejor gestionadas suelen estar verticalmente integradas y especializadas en un número acotado de productos, operando más bien con procesos de escala. Esto permite optimizar los recursos y mejorar los estándares de calidad. A su vez, esta especialización tiende a demandar calificaciones más específicas por parte de los operarios (Ramos, del Castillo, Flores, & Carciofi, 2015).

Asimismo, el nivel de competencias de los recursos humanos tiene una alta incidencia en la calidad de los productos del aserrado. Esto ocurre especialmente a medida que se avanza hacia segmentos de mayor valor agregado, en los que el conocimiento y la habilidad del trabajador para discernir entre maderas de distinta calidad, detectar imperfecciones en las terminaciones o fallas, adquiere mayor relevancia.

► 5 Simbiosis industrial y políticas públicas

Tanto en las entrevistas como en las preguntas abiertas de la encuesta surgieron datos y reflexiones sobre simbiosis industrial que son relevantes para la política pública. En consecuencia, hemos recabado información sobre el impacto de la simbiosis industrial en los gastos de I+D, la recepción de asistencia externa por parte de la red, la disponibilidad de recursos humanos y los factores que pueden conducir al éxito o al fracaso de la red. En esta sección los presentamos de manera breve y sistematizada.

5.1 Investigación y desarrollo

En líneas generales, el I+D no ha ocupado un rol de importancia en la simbiosis industrial. En nuestros relevamientos y estudios de casos, las menciones al tema han sido escasas y marginales.

CNSU y LAC2 indicaron que existen iniciativas de I+D en el marco de la red de simbiosis. Mencionaron que existen proyectos con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y el Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA) para probar nuevos productos a base de suero y que también han invertido en viajes y asistencias a congresos para obtener nuevas ideas y abrir nuevos mercados.

La empresa de bioenergía no realiza, por sí, inversiones en I+D. Sin embargo, la empresa internacional de la que es subsidiaria sí realiza gastos en este rubro, del que la filial en Corrientes puede beneficiarse a sí misma y a la red.

Por otro lado, el caso de recuperación de baterías mencionado en la reseña (4.2.7) sí evidencia un uso intensivo e institucionalizado del I+D. Una de las empresas recibe apoyo de la Universidad Nacional de Río Cuarto por medio de un acuerdo de colaboración formal. La universidad ha puesto a disposición equipos de electroquímica, nanotecnología y microcapacitores.

5.2 Asistencia

En los dos casos estudiados en profundidad hubo algún tipo de asistencia externa. Estas ayudas fueron de naturaleza financiera y de planificación estatal. Esto último fue mucho más activo y decidido en el caso de la madera.

La red de simbiosis de lactosuero recibió distintos tipos de asistencia. El proyecto fue promovido por la Unión Industrial Argentina (UIA) y recibió asistencia técnica y financiera del Consejo Federal de Ciencia y Tecnología (COFECYT). Se trata de una instancia de decisión integrada por las respectivas dependencias de ciencia, tecnología e innovación del gobierno federal y los gobiernos provinciales que evalúa proyectos de transferencia tecnológica al sector productivo y los financia mediante subsidios directos (conocidos como "ANR" o aportes no reembolsables) por hasta el 70% de su costo de inversión, sujeto al cumplimiento de ciertos avales y condiciones de elegibilidad (COFECYT, 2021).

La red de residuos de madera fue, en cambio, activamente promovida por el sector público. El Gobierno Provincial de Corrientes tuvo una activa participación en el planeamiento y la convocatoria de los actores. Por otra parte, la empresa de generación de bioenergía recibió asistencia financiera por parte del gobierno federal a través del Plan Renovar, en tanto que su financiamiento fue coordinado por un consorcio de bancos del cual participaron bancos públicos y de desarrollo. Desde el punto de vista técnico, podemos también considerar como asistencia el aporte de conocimientos por parte de la empresa extranjera que posee y opera la planta. Por último, cabe mencionar que ASR1 informó que la red recibió asistencia de parte de la banca pública provincial.

5.3 Recursos humanos

5.3.1 Competencias laborales requeridas

Las competencias laborales demandadas por las redes de simbiosis industrial son diversas. A nivel operativo, solo requieren conocimiento del proceso y/o del residuo, y consisten principalmente de conducción de vehículos, recolección y preparación de material, carga, entamborado, paletización y descarga. Asimismo, se requieren perfiles de mayor formación, como ingenieros químicos, metalúrgicos, electrónicos e industriales, obreros especializados, gerentes y profesionales especialistas en cuestiones ambientales y de simbiosis.

Las empresas no manifestaron dificultades para encontrar en el país las habilidades de la fuerza laboral requeridas para las tareas de la simbiosis industrial. No hay requerimientos especiales y casi toda la mano de obra es local, salvo algunos profesionales contratados de otras localidades.

En el caso de los aserraderos, el efecto expansión de la simbiosis industrial hace que se replique la demanda de las competencias laborales actuales. En líneas generales, los empresarios apuntan a la polivalencia de los trabajadores debido a ciertas debilidades organizativas y a las necesidades de las empresas de ahorrar costos ante entornos inciertos. La rotación de los trabajadores por distintos puestos pone de manifiesto la baja especificidad de muchas de las ocupaciones, especialmente en la etapa de primera transformación.

Las competencias requeridas en esta industria varían según la escala y modernidad de la empresa. En líneas generales, las calificaciones son importantes para optimizar costos y tiempos del proceso productivo, ya que el mantenimiento demanda principalmente conocimientos de hidráulica y, por otro lado, la capacidad para realizar pequeñas reparaciones en los equipos y solucionar otros problemas operativos sin tener que parar la línea de producción suele ser un diferencial muy importante. El nivel de competencias de la mano de obra tiene mucha más incidencia en los aserraderos pequeños, poco tecnificados y con menos prácticas de gestión modernas, puesto que en estos los mecanismos de control y prevención suelen no funcionar o ser inexistentes. Por el contrario, las empresas más ordenadas, además de ofrecer muchas veces capacitación para sus operadores, poseen máquinas que tienen en sí mismas más mecanismos de control de la calidad de los productos e implementan más acciones de prevención y mantenimiento de los equipos, lo cual redundará en una menor demanda de intervención por parte de los trabajadores de la línea.

5.3.2 Déficit en la disponibilidad de personal adecuado

La mayoría de las empresas encuestadas no percibe problemas de déficit de personal. BENG indicó que todos los requerimientos de personal profesional y técnico fueron cubiertos con mano de obra de la provincia, proveniente de la industria arrocera. En el caso del lactosuero, ninguna empresa señaló inconvenientes para cubrir sus necesidades de recursos humanos. ASR1 y ASR2 presentan un diagnóstico similar, indicando que las habilidades requeridas son de oficios con presencia en el país, como afiladores, torneros, mecánicos, choferes y algunos profesionales, así como personas con educación secundaria para trabajar como operarios. Sin embargo, remarcaron la inexistencia de habilidades vinculadas específicamente al intercambio de residuos, y la dificultad de encontrar mano de obra residente en la localidad, por lo que debió contratar personal de otras regiones del país.

Según los especialistas, la mayor dificultad radica en encontrar profesionales con capacidad para emparentar ofertas de residuos con demandas. Se trata de una habilidad difícil de codificar, transmitir y adquirir. Aunque, por otro lado, se trata de habilidades que podrían suplantarse por tecnología. Y, en cuanto a los perfiles vinculados a I+D para nuevas líneas de producto, tampoco hay dificultades para cubrir las necesidades.

Asimismo, se ha diagnosticado déficit de perfiles gerenciales interdisciplinarios. La simbiosis industrial requiere competencias de gestión y análisis económico que incorpore cuestiones ambientales y sociales y sepan valorizar adecuadamente las iniciativas.

Sobre la calidad del recurso humano en los aserraderos, Ramos (2015) explica en su estudio de los aserraderos de la vecina provincia de Misiones que la calidad del recurso humano es un factor determinante de la productividad del sector. Muchas empresas reconocen que ascender hacia mayores niveles de calidad, escalar la actividad y exportar a nuevos mercados requiere de nuevas y mejores calificaciones laborales. Aunque, por otro lado, no la perciben hoy día como una barrera para el crecimiento.

De todas maneras, no podría descartarse que la fuerte expansión y modernización de la industria local del aserrado causada por la simbiosis industrial genere déficit local de mano de obra en el mediano plazo. La modernización del sector abre mercados de exportación con mayores exigencias de calidad y nivel de servicio que se trasladan a la mano de obra, al tiempo que la demanda de menor calidad puede ser ocupada por nuevos aserraderos de menor tecnificación, pero que también exige contar con oferta adecuada de recursos humanos.

5.4 Factores de éxito y fracaso en la promoción del empleo

Como hemos visto, la simbiosis industrial es un medio genuino para incrementar significativamente los niveles de empleo. Nuestras estimaciones indican un impacto de, como mínimo, 19% de empleo adicional gracias al establecimiento de estas redes. Esto, a su vez, es congruente con la hipótesis de Wijkman y Skånberg (2017) de que las iniciativas de economía circular aumentan el empleo ya que las actividades involucradas en la revalorización de residuos son intensivas en trabajo, mientras que las de producción de bienes nuevos son intensivas en capital y recursos naturales.

En vistas de este significativo impacto, la forma de promover el empleo a través de la simbiosis industrial es, directamente, fomentar la creación de estas redes y facilitar su crecimiento. Así, en virtud de la información recabada en las consultas con referentes, presentamos a continuación un resumen de las iniciativas, ideas y consideraciones referidas a la promoción del surgimiento y crecimiento de estas redes y la remoción de obstáculos a dichos procesos.

5.4.1 Promoción de las redes de simbiosis industrial

El crecimiento de las redes de simbiosis industrial necesita, primordialmente, mejorar la coordinación entre sus participantes. Los relevamientos realizados respecto a las formas de promoción han resultado en una amplia variedad de cursos de acción, que dependen mucho de las especificidades de cada caso y de la óptica de cada referente consultado. Sin embargo, existe un denominador común que se compone de la transparencia informativa y la coordinación de las decisiones entre distintos actores para que la expansión resulte visiblemente conveniente para todos, al mismo tiempo.

Desde la empresa concentradora de suero, CNSU, se nos explica que la industrialización del suero es rentable sólo a gran escala. Así, expandir la reutilización del suero requiere aglomerar suficiente demanda como para montar una nueva planta de suero en polvo o incrementar la demanda local de suero concentrado mediante su incorporación a productos lácteos para extender su vida útil, como en el caso del dulce de leche, o directamente para proveerles algún medio de conservación que los haga seguros para el consumo, como las bebidas lácteas. Esta última alternativa, para ser viable, necesita lograr acceso a nuevos mercados para colocar estos productos que contienen suero.

Según los referentes de la empresa de bioenergía, BENG, la mejor manera de promover es a través de acciones publicitarias y de una readecuación de la evaluación económica y social de estos proyectos. Por un lado, indicaron que la extensión y replicación de la red requería una mayor concientización respecto a sus beneficios, para lo cual se debería publicitar el proyecto. Asimismo, explicó que los mecanismos de fijación de tarifas no tienen en cuenta las externalidades económicas y sociales, lo cual lleva a una inversión subóptima en este tipo de proyectos. Resulta notorio cómo, en esta red, la intervención del Estado emerge prácticamente como un requisito para la existencia y expansión.

Los aserraderos han planteado caminos muy disímiles. ASR1 se ha manifestado en la misma línea que BENG ya que considera que la expansión de la red sólo puede generarse a partir de la instalación de otra central eléctrica. ASR2, en cambio, percibe oportunidades de mercado para expandir la simbiosis industrial. Por un lado, se puede expandir el uso de residuos de madera en la medida que la biomasa reemplace al uso de hidrocarburos. Asimismo, se puede utilizar el aserrín (cuya presencia en los aserraderos es indeseable) para fabricar pellets para pequeñas calderas de calefacción. Se trata de una industria poco desarrollada, aunque con mucho potencial, ya que se trata de un producto exportable a mercados de alto poder adquisitivo, como Europa. Una iniciativa de estas características requeriría, como mínimo, una inversión de 350.000 euros en equipos e instalaciones.

Entre los especialistas, una de las ideas para promover la simbiosis es el fortalecimiento de las municipalidades. Si las municipalidades tuvieran conocimientos suficientes para impulsar el desarrollo de cooperativas involucradas en actividades económicas con residuos, entonces se podría atomizar la promoción de las redes y acercar el apoyo estatal a los emprendedores, que tienen dificultades para iniciar los proyectos. En consecuencia, se requiere formación y acompañamiento a las municipalidades desde los niveles superiores de gobierno.

Asimismo, los especialistas indican que lo que crea empleo en la simbiosis es la acción de la empresa que busca activamente abastecerse de ese residuo. Es el eslabón de la cadena que invierte en recolectarlo y transformarlo. La acción de la empresa que lo genera y busca deshacerse del mismo tiene una incidencia menor, ya que simplemente sustituye mecanismos mediante los que se deshace del residuo. De hecho, esto último se observa en los casos analizados, particularmente en el del lactosuero. De aquí podemos deducir que las políticas públicas deberían centrarse más en facilitar la inversión de la empresa que demandará el residuo.

En cambio, otros referentes ven los parques industriales como forma de promocionar las redes de simbiosis industrial. Dado que estas sinergias requieren proximidad e implican transporte de materiales, la infraestructura y la aglomeración de empresas de los parques facilita la operatoria. Esta cualidad podría potenciarse si la infraestructura y los servicios se abocan a tal fin. Sin embargo, otros referentes también han indicado que el principal atractivo de los parques para la simbiosis industrial puede ser, en algunos casos, puramente fiscal.

En el caso de las pymes, por lo general, también se debe trabajar en el involucramiento temprano de todos los trabajadores de la empresa. Ocurre que, por lo general, la promoción de este tipo de acciones se suele concentrar en los dueños de las firmas.

Finalmente, los expertos también mencionan que, a su parecer, la escasa cantidad de experiencias de simbiosis se debe a que no existe un sistema de información cruzado que mapee oferta y demanda de residuos y sus características. Esto, por el contrario, sí existe en países desarrollados. En Argentina, por su parte, los casos surgen más por necesidades puntuales y otras redes informales de contacto. Esto también se trasluce en el hecho que los casos existentes de economía circular en el país involucran más a grandes empresas que a pymes, menos proclives a realizar actividades de responsabilidad social empresarial (RSE).

5.4.2 Obstáculos a remover

Según lo explicado por las empresas, entendemos los principales obstáculos al crecimiento de la red de simbiosis son la logística y el acceso a los canales de comercialización. En cuanto a la logística, los tiempos y costos de transporte dificultan el acceso al suero producido en tambos más lejanos, limitando así el tamaño de la red. De hecho, según LAC3, el cargo por flete implica un descuento de 60% sobre el precio del suero percibido. En cuanto a los canales de comercialización, señalaron que las condiciones de “acceso a góndola” impuestas por las grandes cadenas de comercio minorista dificultan la apertura de nuevos mercados para los nuevos productos. De hecho, LAC2 explicó que a raíz de este obstáculo tuvo que desarrollar su propia red de comercialización minorista, aunque no sea suficiente para la escala que requiere el procesamiento de todo el suero generado.

Asimismo, CNSU informó del obstáculo de la propia producción láctea, que es el potencial cierre de tambos locales a futuro. Si bien es un obstáculo al incremento del volumen de suero local revalorizado, en paralelo también limita la generación del residuo.

BENG indicó que el principal obstáculo al crecimiento de la red es la infraestructura de transporte eléctrico. Si bien la empresa responsable está realizando inversiones, hoy día la capacidad de transmisión resulta deficiente para la operación de BENG. Esto, a su vez, genera desperfectos en la planta, debiendo interrumpir el servicio eléctrico. Así, con mejor infraestructura, la red podría funcionar a mayor capacidad y proveer un suministro de calidad a los aserraderos.

Los aserraderos destacan a los problemas de índole laboral y logística. La localidad no cuenta con suficiente mano de obra, por lo que debe recurrir a localidades vecinas. Esto, a su vez, evidenció deficiencias de transporte, vivienda e infraestructura urbana. Asimismo, la mano de obra carece de la formación básica necesaria para cualquier trabajo operativo, incluso la educación primaria. Esto acarrea problemas operativos, como la indebida utilización de los elementos de protección provistos por la empresa, la falta de cumplimiento de las responsabilidades y el no respeto de las normas de seguridad laboral. Como consecuencia, se incrementa significativamente el riesgo de accidentes, afectando no solamente la integridad física del trabajador sino también la economía de toda la empresa. Según los referentes entrevistados, este problema podría aliviarse mediante la incorporación de una mayor proporción de mujeres a las tareas operativas, ya que estos las perciben como “más cumplidoras y responsables” (sic) que los operarios varones.

ASR1 también mencionó los problemas logísticos, principalmente el transporte de corta distancia y en los montes.

Entre los especialistas, uno de los obstáculos percibidos son las trabas normativas. Existen leyes que traban las iniciativas, como por ejemplo las de obtención de platino y paladio a partir del reciclaje o la logística inversa de residuos de aceite. Los mercados de simbiosis industrial, en definitiva, también necesitan de reglas ambientales claras y armonizadas entre jurisdicciones.

Conclusiones

Este trabajo constituye un primer análisis sobre la simbiosis industrial en Argentina y su impacto laboral. Aplicamos primero un enfoque abarcativo para construir una reseña de la magnitud y variedad sectorial y geográfica de la simbiosis industrial en Argentina, mediante entrevistas a referentes y relevamientos de literatura académica y periodística. Luego, aplicamos un enfoque acotado pero profundo para entender el impacto laboral de este fenómeno, haciendo uso de encuestas detalladas para recolectar información primaria e integrarla con datos secundarios y metodologías con fundamento microeconómico para estimar el impacto laboral.

Una primera observación de nuestro trabajo es que la simbiosis industrial ocurre en diversos sectores y lugares de la Argentina. Hemos identificado más de 15 casos en diversas provincias del país, y con diversas características socioeconómicas, que bien podrían ser objeto de estudio como parte de un esquema de simbiosis industrial. La génesis de los casos es diversa, ya que hemos encontrado un amplio espectro que incluye desde ejemplos surgidos de la propia planificación estatal (reaprovechamiento de residuos urbanos con fines comerciales y de formalización de mano de obra), a casos generados íntegramente por la iniciativa privada (reutilización de neumáticos para su procesamiento e industrialización posterior) pasando por ejemplos intermedios (por ejemplo, el caso de los residuos de madera, donde la política pública participa desde la planificación estratégica y los incentivos a la generación renovable).

Otro resultado relevante tiene que ver con el signo positivo en la generación de empleo, el cual tiene que ver también con que son casos en donde están involucradas firmas y sectores con salida exportadora. El impacto de creación de empleo es del 19% en el caso del suero y del 52% en el caso de la madera, y en ambos casos existe salida exportadora para productos del esquema, de manera que el proceso no sustituye consumo local.

Asimismo, los resultados muestran un importante aprendizaje metodológico. El grueso del impacto cuantitativo se observa en el efecto indirecto. La literatura empírica, hasta el momento, no había presentado una metodología rigurosa que incluyera los efectos de la simbiosis industrial en la generación de empleo por el derrame de gasto hacia la cadena de valor. Aquí, al aplicar un enfoque más integral y de equilibrio general en el tratamiento de estos impactos, vemos resultados cuyos órdenes de magnitud marcan la importancia de incorporar debidamente las demandas derivadas al análisis.

En cuanto a la calidad de los empleos, los resultados exhiben cierto escepticismo. Las oportunidades de trabajo creadas por la simbiosis siguen marginando a los grupos sociodemográficos vulnerables, como las mujeres y las personas sin educación secundaria. De hecho, los resultados muestran que la combinación de ambos factores reduce aún más las chances de ser obtener un empleo generado en la simbiosis. En términos de formalidad, parte de la creación de empleo directo ha sacado de la informalidad a la mayoría de los trabajadores tomados. Sin embargo, en el empleo indirecto, las estimaciones muestran que la simbiosis expande las desigualdades de género y educación en el acceso a empleos formales y, en el caso de la madera, directamente destruyen empleo formal femenino por cambio de la composición sectorial en la cadena de valor.

Estos resultados nos llevan a reflexionar, primero, sobre los sectores impulsados por la simbiosis y sus características sociolaborales. En lo que hace a empleos de baja calificación, la evidencia parece mostrar que los varones tienen más peso relativo en los sectores productores de bienes, con la notable excepción de algunos rubros, como los textiles, mientras que las mujeres tienen mayor participación (relativa¹⁷) en los sectores de servicios urbanos. Entonces, en línea con lo señalado por OIT y BID (Saget, Vogt-Schilb, & Luu, 2020), esto implica que si la generación de empleos directos e indirectos se da principalmente en las actividades con mayor propensión a incorporar varones, la simbiosis industrial no reducirá de la brecha de género de oportunidades laborales, al menos mientras no se modifiquen los actuales patrones de división sexual del trabajo¹⁸ (CEPAL, 2011).

En el mediano plazo, esta misma reflexión deriva en la necesidad de políticas activas para la inclusión de género en el ámbito laboral. En la medida en que las mujeres permanezcan marginadas de las actividades económicas favorecidas por la simbiosis industrial, las redes no podrán contribuir a escala suficiente a la reducción de la inequidad en las oportunidades de empleo. En este sentido, un mapeo sistémico y abarcativo de los casos de simbiosis industrial en toda la economía argentina permitiría identificar con mayor precisión aquellas actividades donde se debe focalizar el esfuerzo para lograr una mayor participación de la mujer.

Y tercero, también deriva implicancias para la política educativa. Las oportunidades generadas por las simbiosis tienen un sesgo hacia la población con nivel educativo secundario completo. Este sesgo se profundiza en el caso de los empleos formales, y será aún más marcado en la medida que la simbiosis conlleve la incorporación de tecnología, que es justamente lo que se observa en los casos más exitosos y de mayor solidez económica. En consecuencia, además de atender los déficits ya conocidos del sistema educativo, a partir de mapeos sectoriales se podrían diseñar programas enfocados en completar la educación primaria y secundaria de trabajadores en actividades donde la simbiosis generará oportunidades laborales con mayor exigencia de escolaridad.

En cuanto al impacto en las condiciones laborales, se destaca el impacto de la simbiosis en la reducción de los riesgos del trabajo. La incorporación tecnológica y la visibilidad en términos de RSE generadas por la simbiosis industrial deberían disminuir los riesgos de accidentes mediante una automatización de procesos y mayores incentivos a los propios aserraderos y sus clientes (BENG) a controlar las condiciones laborales del sector forestal.

Otra conclusión directamente derivada de nuestros resultados es la necesidad de políticas que promuevan la simbiosis industrial. El impacto cuantitativo positivo en el empleo y la posibilidad de mejorar el impacto cualitativo implican que la promoción de la simbiosis industrial ayudará a generar empleo. Las iniciativas de política pública a tal fin son variadas y abarcan distintas problemáticas.

¹⁷ Las mujeres, en el agregado, tienen menor tasa de participación en la fuerza laboral y una mayor propensión relativa que los hombres a trabajar en servicios urbanos que en la producción de bienes.

¹⁸ El concepto de división sexual del trabajo refiere a la construcción cultural que asigna roles laborales en base al género. En esta construcción, las mujeres quedan recluidas a las tareas “reproductivas”, es decir, de cuidado del hogar, de escasa visibilidad y nulo reconocimiento social, mientras que los hombres son designados a las tareas “productivas” (trabajo fuera del hogar).

En primer lugar, destacamos la necesidad de construir un sistema integrado de relevamiento de casos de simbiosis industrial. Una de las principales lecciones de este estudio es la falta de información estructurada y a gran escala sobre la simbiosis industrial en el país, y menos aún se observa un esfuerzo por cuantificarlo.¹⁹ El país carece de un sistema integrado de relevamiento de casos de simbiosis industrial que permita una planificación basada en datos y, de hecho, la información al respecto se genera de manera atomizada y sin registro centralizado. Los privados no parecen tener incentivo suficiente para mostrar el impacto de estos proyectos, toda vez que no existen políticas públicas que incentiven la creación y fortalecimiento de estas redes en el ámbito privado. En consecuencia, el Estado Nacional, en su rol de coordinador y facilitador para el sector privado, podría asumir la tarea de mapear los casos de simbiosis industrial de forma sistemática y abarcativa, así como las relaciones insumo-producto en torno a la generación y utilización de residuos y subproductos.

Este trabajo de investigación puede constituir la piedra angular de la construcción de dicho sistema de relevamiento. Los cuestionarios y el marco metodológico pueden ser la base de una primera fase de esta tarea donde se readecúen los formularios de censos económicos y encuestas de empresas y hogares para producir información sobre generación, venta, logística, adquisición y procesamiento de residuos y subproductos e identificar las contrapartes de las transacciones de esos bienes. De esta manera, se podrán detectar los flujos materiales que constituyen simbiosis industrial y asociarlos a datos económicos y laborales. Luego, podría avanzarse en un registro digital automático de las transacciones de residuos y subproductos haciendo uso del sistema de factura electrónica de la Administración Federal de Ingresos Públicos ("AFIP", organismo encargado de la recaudación tributaria), comenzando así a generar datos masivos y públicos sobre simbiosis industrial. En este sentido, aquí servirá la experiencia de otros países para armar y sistematizar una base de datos que permita coordinar esta oferta y demanda que puede ser la base de una plataforma de proyectos de simbiosis industrial.

Asimismo, el entendimiento y difusión de la simbiosis industrial puede ser un complemento para programas de promoción de industrias verdes. Por ejemplo, en el caso del Programa RENOVAR de apoyo a las energías renovables impulsado desde el Estado Nacional, el estudio de los casos de simbiosis industriales regionales puede ser un instrumento adicional para capturar las externalidades del programa en la evaluación económica.

La política pública puede, asimismo, ser catalizador del potencial de nuevos negocios de la simbiosis industrial. Estas redes son fuentes de innovación y, por ende, de desarrollo de procesos, productos y nichos de negocio. El caso del lactosuero, estudiado en detalle, y otros casos mapeados como el de reciclado de baterías, pueden ser atractivos para la inversión de privados que potencien el negocio. En ese caso, tener información detallada en tiempo y forma puede acelerar el interés privado y el fortalecimiento de la red, al tiempo que la solución de cuellos de botella logísticos y la asistencia para financiamiento y acceso a canales de comercialización y apertura de mercados pueden contribuir significativamente.

En paralelo, Argentina debe avanzar hacia la armonización de normativas ambientales. Un reclamo de actores y especialistas consultados es la necesidad de simplificar y homogeneizar los criterios y condiciones para las actividades relacionadas con el medioambiente y los residuos. La heterogeneidad normativa interjurisdiccional eleva innecesariamente los costos de transacción, generan incertidumbre a la hora de planear actividades de economía circular o, directamente, impiden legalmente la realización de

¹⁹ Salvo el caso del municipio de Rafaela, en el que sí se puede observar una serie de estudios referentes al impacto socioeconómico, elaborados desde el mismo municipio.

estas actividades. De hecho, en nuestros relevamientos, hemos detectado potenciales casos de simbiosis industriales frenados por normativas arbitrarias respecto a la logística de residuos en determinadas provincias.

En consecuencia, entendemos que es conveniente avanzar con la creación de un Consejo Federal de Normativas Ambientales. Allí deberán estar representadas las reparticiones referidas al medioambiente, el desarrollo sustentable y la industria sostenible de la Nación, las provincias y CABA, a los fines de establecer y llevar adelante una agenda de identificación de normas problemáticas y trabajar en su simplificación y homogeneización.

Por último, esta investigación ofrece múltiples direcciones de avance. En primer lugar, se puede perfeccionar y extender esta metodología de análisis a otros sectores, incluyendo nuevas fuentes de información, como entrevistas a trabajadores. Asimismo, este trabajo se puede complementar con un estudio más detallado sobre cómo facilitar la inclusión femenina en los trabajos creados por la simbiosis industrial. Y tercero, se puede profundizar en el análisis de la contribución de la simbiosis industrial a la generación de puestos de trabajo formales.

Referencias bibliográficas

- ANAV. (2021). La Base de Datos de Rodolfo G. Frank. Base de datos, Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, Argentina. Recuperado el 28 de febrero de 2021, de http://www.anav.org.ar/sites_personales/5/
- Argentina Forestal. (27 de enero de 2017). Madera correntina: otro pequeño paso que significa un gran avance. Argentina Forestal. Recuperado el 15 de marzo de 2021, de o <https://www.argentinaforestal.com/2017/01/27/madera-correntina-otro-pequeno-paso-que-significa-un-gran-avance/>
- Argentina Forestal. (8 de abril de 2020). GenergiaBio Corrientes reorganiza su puesta en marcha y espera pasar la pandemia para iniciar las pruebas de la nueva planta de generación de energía de biomasa forestal en Santa Rosa. Argentina Forestal. Recuperado el 15 de marzo de 2021, de o <https://www.argentinaforestal.com/2020/04/08/genergiabio-corrientes-reorganiza-su-puesta-en-marcha-y-espera-pasar-la-pandemia-para-iniciar-las-pruebas-de-la-nueva-planta-de-generacion-de-energia-de-biomasa-forestal-en-santa-rosa/>
- Ariza, R., & Dorado, C. (Marzo de 2010). Diseño Sustentable: Oportunidades de agregar valor a la cadena lanera. Obtenido de Universidad de Palermo - Facultad de Diseño y Comunicación: https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_articulo=5978&id_libro=147
- Ariza, R., Bennaso, T., Dorado, C., Flores, F., Ramirez, R., & Yoguel, V. (2014). Objeto Fieltro: oportunidades de agregar valor a la cadena lanera. INTI.
- ARS. (2011). ARS >> Quiénes somos. (Asociación para el Estudio de los Residuos Sólidos) Recuperado el 7 de marzo de 2021, de ARS: <http://ars.org.ar/institucionales/quienes-somos/>
- ARS. (2019). Estrategia Nacional de Economía Circular. Asociación para el Estudio de Residuos Sólidos. Recuperado el 7 de marzo de 2021, de <http://ars.org.ar/wp-content/uploads/Documento-Estrategia-Nacional-de-Economia-Circular.pdf>
- Barbarich, C. W. (26 de julio de 2020). La comuna de Wheelwright firmó un convenio para reciclar neumáticos. La Capital. Recuperado el 7 de diciembre de 2020, de <https://www.lacapital.com.ar/la-region/la-comuna-wheelwright-firmo-un-convenio-reciclar-neumaticos-n2599407.html>
- BCRA. (2021). Estadísticas cambiarias. Argentina: Banco Central de la República Argentina. Recuperado el 2021 de febrero de 28, de http://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Tipos_de_cambios.asp

- CEADS. (2019). Introducción. Recuperado el 7 de marzo de 2021, de CEADS | Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sustentable:
<http://www.ceads.org.ar/introduccion/>
- CEAMSE. (2018). CEAMSE. (C. E. Estado, Editor) Recuperado el 28 de marzo de 2021, de CEAMSE: www.ceamse.gov.ar
- CEAMSE. (2019). Gestión de los Residuos en Buenos Aires. Guía para educadores. Coordinación Ecológica del Área Metropolitana Sociedad del Estado, Gerencia de Relaciones Institucionales. Buenos Aires: CEAMSE. Recuperado el 7 de marzo de 2021, de <https://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2019/07/guia-educadores1.pdf>
- CEPAL. (2011). Las mujeres cuidan y proveen. (C. E. Caribe, Ed.) Recuperado el 29 de marzo de 2021, de CEPAL: <https://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/mujer/noticias/paginas/6/43266/P43266.xml&xsl=/mujer>
- Chertow, M. (2000). Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*(25), 313-337.
- Chiappori, L., Follis, E., Kocina, S., & Luna, R. (2013). Utilización de recortes de perforación en la construcción de locaciones. *Petrotecnia*, 12-24. Obtenido de <http://www.petrotecnia.com.ar/diciembre13/Utilizacion.pdf>
- CNE. (2020). Informe de costos de tecnologías de generación. Chile: Comisión Nacional de Energía. Recuperado el 28 de febrero de 2021, de <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2020/03/ICTG-Marzo-2020.pdf>
- COFECYT. (2021). COFECyT: Preguntas frecuentes | Argentina.gob.ar. (A. C. Tecnología, Editor) Recuperado el 28 de marzo de 2021, de Argentina.gob.ar: COFECyT: Preguntas frecuentes | Argentina.gob.ar
- Comisión Europea. (2021). Overview - Circular economy - Eurostat. (C. Europea, Ed.) Recuperado el 29 de marzo de 2021, de European Commission.
- Coppari Peña, M. (2011). La materia fibra de lana -no tejido- y su exploración hacia nuevas configuraciones para aplicaciones sustentables. Universidad Católica de Córdoba. Córdoba: Universidad Católica de Córdoba. Obtenido de http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/103/1/TM_CoppariPe%C3%B1a.pdf
- Devincenzi, A. (2 de marzo de 2018). Producción de basura: cuál es la realidad en Argentina y qué se podría hacer. Obtenido de El Cronista:
<https://www.cronista.com/responsabilidad/Produccion-de-basura-cual-es-la-realidad-en-Argentina-y-que-se-podria-hacer-20180302-0075.html>
- ECOPLAS. (2017). Quiénes somos y qué hacemos. Recuperado el 7 de marzo de 2021, de Ecoplas - Entidad técnica profesional especializada en plásticos y medioambiente: <https://ecoplas.org.ar/mision-vision-2/>
- ECOPLAS. (26 de marzo de 2020). Economía circular: Ecoplas presentó la Red de Economía Circular de los plásticos. Obtenido de Ecoplas - Entidad técnica profesional especializada en plásticos y medio ambiente:
<https://ecoplas.org.ar/2016/2020/03/26/vida-cotidiana-2-2/>

- El Inversor Energético. (2017). Córdoba genera biomasa con cáscara de maní. Recuperado el 1 de marzo de 2021, de El Inversor Energético: <http://www.elinversorenergetico.com/cordoba-genera-biomasa-con-cascara-de-mani/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). La Fundación - Ellen MacArthur Foundation. Recuperado el 7 de marzo de 2021, de Ellen MacArthur Foundation: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/fundacion-ellen-macarthur/la-fundacion>
- Energías Patagónicas. (13 de noviembre de 2015). Loma Negra utiliza residuos mineros como combustible de hornos caleros. Energías Patagónicas. Recuperado el 9 de marzo de 2021, de <https://www.energiaspatagonicas.com/empresas/loma-negra-utiliza-residuos-mineros-como-combustible-de-hornos-caleros/>
- García de Soria, X., Villasante, C., & Cabrera, C. (2008). Evaluación Económico-Financiera. Proyecto de 10 MW Generación de Electricidad a partir de Residuos y/o subproductos de Biomasa. Uruguay: Ministerio de Industria, Energía y Minería. Obtenido de http://www.miem.gub.uy/sites/default/files/evaluacion_economico-financiera_biomasa.pdf
- Geary, M. (2019). El caso de Rafaela: emprendedores en un entorno favorable. Teseopress. Obtenido de <https://www.teseopress.com/innovacionenpoliticaspublicas/chapter/6-el-caso-de-rafaela-emprendedores-en-un-entorno-favorable/>
- González, G. L. (2010). Residuos sólidos urbanos. Argentina. Tratamiento y Disposición final. Situación actual y perspectivas futuras. Cámara Argentina de la Construcción, Área de Pensamiento Estratégico. Instituto de Gestión de Ciudades. Obtenido de <http://www.igc.org.ar/megaciudad/N3/Residuos%20Solidos%20Urbanos%20CAMARCO.pdf>
- Gorzycki, R., & Ruggiero, M. (2016). Informes de Cadena de Valor - Forestal, papel y muebles. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas.
- HCDN. (2018). Creación del Programa Nacional de Economía Circular. (H. C. Nación, Ed.) Recuperado el 7 de marzo de 2021, de Honorable Cámara de Diputados de la Nación: <https://www4.hcdn.gob.ar/dependencias/dsecretaria/Periodo2018/PDF2018/TP2018/7052-D-2018.pdf>
- Ibáñez-Forés, V., Bovea, M., & Claudia Coutinho-Nóbrega, H. d. (2019). Assessing the social performance of municipal solid waste management systems in developing countries: Proposal of indicators and a case study. *Ecological Indicators*, 98, 164-178.
- IDSR. (6 de noviembre de 2018). Se firmó convenio para la instalación de una nueva empresa en el Parque Tecnológico del Reciclado. Obtenido de <http://rafaela-sustentable.com.ar/sitio/noticias/5033-se-firmo-convenio-para-la-instalacion-de-una-nueva-empresa-en-el-parque-tecnologico-del-reciclado.html>
- IDSR. (2020). Gestión Integral de Residuos. Recuperado el 8 de diciembre de 2020, de Instituto para el Desarrollo Sustentable de Rafaela: <http://rafaela-sustentable.com.ar/sitio/gestion-integral-de-residuos.html>

- INDEC. (2001). Matriz Insumo Producto Argentina 1997. Argentina: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- INDEC. (2020). Encuesta Permanente de Hogares. Argentina: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- Innova-ambiental. (2017). El caso Kalundborg y la simbiosis industrial. Recuperado el 10 de marzo de 2021, de Innova-ambiental: <https://blogs.upm.es/inambiental/2017/10/05/el-caso-kalundborg-y-la-simbiosis-industrial/>
- IRENA. (2020). Renewable Power Generation Costs in 2019. Abu Dhabi (Emiratos Árabes Unidos): International Renewable Energy Agency.
- Ithurbide S.A. (2020). Reciclado de baterías. Recuperado el 1 de diciembre de 2020, de Ithurbide: <https://ithurbide.com.ar/ambiente>
- Juliano, P., & Muset, G. (2017). Valorización del lactosuero. En G. Muset, & M. L. Castells, Colección Transferencia Tecnológica. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- KPMG. (2016). Industria lechera argentina. De la crisis a una lenta recuperación. Análisis de la década 2005-2015. KPMG, Agronegocios. Buenos Aires: KPMG. Recuperado el 17 de marzo de 2021, de <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2016/07/kpmg-argentina-industria-lactea-argentina-2016.pdf>
- Kühnen, M., & Hahn, R. (2018). Systemic social performance measurement: Systematic literature review and explanations on the academic status quo from a product life-cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 205, 690-705.
- Lalanne, B. (2010). Utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica. Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Argentina): ITBA. Recuperado el 28 de febrero de 2021, de <https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/927/L194%20-%20Utilizaci%C3%B3n%20biomasa%20para%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lombardi, D., & Laybourn, P. (2012). Redifining industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*(16), 28-37.
- MAGyP. (2016). Estado de situación de la industria láctea argentina. Para la definición de políticas públicas 2016-2018. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Recuperado el 28 de febrero de 2021, de https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/industria/estado/estado.pdf
- Marengo, A. (2013). Plan Estratégico Foresto Industrial Corrientes 2012/13. Consejo Federal de Inversiones.
- Marina, R. (22 de marzo de 2019). Energía renovable de la basura: empieza a funcionar en la planta de Ceamse de Ensenada. Recuperado el 28 de marzo de 2021, de Diario La Nación: <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/energia-renovable-basura-empieza-funcionar-planta-ceamse-nid2231293/>

- Martin, M., & Harris, S. (2018). Prospecting the sustainability implications of an emerging industrial symbiosis network. *Resources, Conservation & Recycling*, 138, 246-256.
- Michelena, G. (2019). Construcción de la matriz de contabilidad social 2018 para la Argentina. Ministerio de Producción y Trabajo, Secretaría de la Transformación Productiva: Dirección Estudios para el Desarrollo Productivo. Argentina: Ministerio de Producción y Trabajo.
- Ministerio de Agroindustria. (2017). Censo Nacional de Aserraderos 2015. Argentina: Ministerio de Agroindustria - Presidencia de la Nación. Recuperado el 28 de febrero de 2021, de [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_desarrollo_foresto_industrial/censos_inventario/_archivos/censo/000000_Provincia%20de%20Buenos%20Aires%20\(Octubre%202017\).pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_desarrollo_foresto_industrial/censos_inventario/_archivos/censo/000000_Provincia%20de%20Buenos%20Aires%20(Octubre%202017).pdf)
- Ministerio de Trabajo. (2021). Informes Provinciales. Argentina: Ministerio de Trabajo. Recuperado el 15 de marzo de 2021, de Ministerio de Trabajo: <http://www.trabajo.gob.ar/estadisticas/informesprovinciales/index.asp>
- Neves, A., Godinac, R., Azevedo, S. G., & Matias, J. C. (2020). A Comprehensive Review of Industrial Symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 247.
- Nomyc. (6 de septiembre de 2018). Se fabrican canchas de césped sintético con neumáticos reciclados validadas por la FIFA. *Notas Médicas y Científicas*. Recuperado el 7 de marzo de 2021, de <https://www.nomyc.com.ar/se-fabrican-canchas-de-cesped-sintetico-con-neumaticos-reciclados-validadas-por-la-fifa/>
- ONUDI. (2017). Desarrollo de Parques Industriales Sostenibles en los países de América Latina y Caribe. Viena (Austria): Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- Peirano C., e. a. (2009). Recursos humanos en el sector forestal. Un análisis cuantitativo y cualitativo a partir del Programa de Certificación de Competencias Laborales. IERAL.
- Pérez, T. (2019). Los residuos que generamos. Su manejo sustentable, un gran desafío. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Obtenido de <https://www.ancefn.org.ar/user/FILES/PUBLICACIONES/LOS%20RESIDUOS%20WEB.pdf>
- Radio Ramallo. (9 de agosto de 2020). Worms, la empresa que está llegando a Ramallo. Recuperado el 12 de diciembre de 2020, de La Radio Ramallo: <https://laradioramallo.com.ar/nota/7468/worms-la-empresa-que-esta-llegando-a-ramallo>
- Ramos, D., del Castillo, M., Flores, J., & Carciofi, I. (2015). Competencias, Condiciones de trabajo y upgrading en el sector forestal de Misiones. Red Sur. Montevideo: Red Sudamericana de Economía Aplicada / Red Sur. Recuperado el 16 de marzo de 2021, de <https://www.redsudamericana.org/sites/default/files/doc/EP%204.%20Competencias,%20condiciones%20de%20trabajo%20y%20upgrading%20en%20el%20sector%20forestal%20de%20misiones.pdf>
- Red del Petróleo. (2021). Cutting. Recuperado el 28 de febrero de 2021, de Red del Petróleo: <https://reddelpetroleo.com.ar/glossary/cutting>

- Saget, C., Vogt-Schilb, A., & Luu, T. (2020). El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe. Washington y Ginebra: Banco Interamericano de Desarrollo y Organización Internacional del Trabajo.
- Schlumberger. (2021). recortes de perforación - Oilfield Glossary - Schlumberger. Recuperado el 10 de marzo de 2021, de Schlumberger:
<https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/terms/c/cuttings>
- SRT. (2016). Manual de Buenas Prácticas Industria Láctea. Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, Superintendencia de Riesgos del Trabajo. Argentina: Superintendencia de Riesgos del Trabajo. Recuperado el 16 de marzo de 2021, de <https://www.srt.gob.ar/wp-content/uploads/2016/04/MBP-.Industria-Lactea.pdf>
- The Food Tech. (2011). Cabelma abrirá la primera planta de reciclado de botellas PET. Recuperado el 28 de febrero de 2021, de The Food Tech:
<https://thefoodtech.com/maquinaria-para-ensado-y-procesamiento/cabelma-abrira-la-primera-planta-de-reciclado-de-botellas-pet/>
- Tripaldi, G., & Valdés, P. (2017). Plan de Ordenamiento Territorial de Santa Rosa.
- UIA. (2014). Innovación sustentable en La Pampa. Recuperado el 2020 de diciembre de 1, de Unión Industrial Argentina: <https://www.uia.org.ar/ciencia-tecnologia-e-innovacion/1882/innovacion-sustentable-en-la-pampa/>
- Wijkman, A., & Skånberg, K. (2017). The Circular Economy and Benefits for Society: Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency. A study pertaining to the Czech Republic and Poland. Recuperado el 27 de febrero de 2021, de <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/the-circular-economy-czech-republic-and-poland.pdf>

Anexo A

Encuesta de Empresas – Cuestionario

1 Confirmación del caso de estudio

p1. ¿Adquiere su empresa residuos o subproductos de otras empresas? Marque con una X la respuesta (sólo una).

☐ Si

☐ No

p2. ¿Algún insumo de su proceso productivo es provisto por alguna compañía que recolecte o procese residuos? Marque con una X la respuesta (sólo una).

☐ Si

☐ No

p3. ¿Entrega sus residuos o subproductos a otra empresa para que los reutilice? Marque con una X la respuesta (sólo una).

☐ Si

☐ No

p4. ¿Estaría dispuesto/a a ampliar al respecto, contestando algunas preguntas sobre el impacto de estas transacciones con residuos en la generación de puestos de trabajo? Marque con una X la respuesta (sólo una).

☐ Si

☐ No

2 Caracterización general de la empresa y del entrevistado

p5. Cargo que ocupa el entrevistado:

R:

p6. Nombre de la empresa:

R:

p7. Rubro principal de actividad de la empresa:

R:

p8. Principales productos y servicios que vende su empresa (hasta 5):

Producto/servicio

p9. Ubicación de la principal instalación de su empresa.

☐ Localidad:

☐ Provincia:

p10. ¿A qué mercados vende sus productos y servicios? Marque con X la(s) respuesta(s).
Puede marcar más de una opción:

☐ En la localidad de la instalación y sus inmediaciones.

☐ En toda la provincia o región.

☐ En varias provincias o todo el país.

☐ Exportación a otros países.

p11. Facturación aproximada durante el año 2019 (en pesos argentinos):

R: pesos argentinos.

3 Caracterización del intercambio de residuos o subproductos

p12. Describa, en términos generales, la actividad de la empresa y su participación en el intercambio de materiales en el que participa, mencionando todos los aspectos que usted considere relevantes. De ser posible, incluya un diagrama sencillo del intercambio de materiales.

p13. ¿En qué año comenzó la empresa a participar del intercambio de residuos o subproductos?

R:

Si respondió afirmativamente la pregunta p1, por favor responda las siguientes preguntas. De lo contrario, continúe directamente a la pregunta p15.

p14. ¿Qué residuos o subproductos adquiere de otras empresas? Por favor, completar la tabla indicando además los siguientes datos:

- ☐ Residuo o subproducto adquirido:
- ☐ Empresa proveedora.
- ☐ Sector de actividad de la empresa proveedora.
- ☐ Costo total de los residuos o subproducto pagado en 2019 (en caso de que el proveedor de residuos le pagara por entregárselos, el costo será registrado como negativo).
- ☐ Insumo nuevo alternativo (no proveniente de residuos).
- ☐ Costo estimado del insumo alternativo.

Residuo o subproducto	Empresa proveedora	Sector	Costo 2019 de residuo o subproducto	Insumo alternativo	Costo estimado insumo alternativo

Si respondió afirmativamente la pregunta p2, por favor responda las siguientes preguntas. De lo contrario, continúe a la pregunta p16.

p15. ¿Qué insumos adquiere de compañías que recolectan y/o tratan residuos? Por favor, completar la tabla indicando los siguientes datos:

- ☐ Producto.
- ☐ Empresa proveedora.
- ☐ Sector.
- ☐ Costo.

Producto	Empresa proveedora	Sector	Costo 2019 de residuo o subproducto

Si respondió afirmativamente la pregunta p3, por favor responda las siguientes preguntas. De lo contrario, continúe al apartado siguiente.

p16. ¿Qué residuos o subproductos entrega a otras empresas que los utilizan como insumos? Por favor, completar la tabla indicando los siguientes datos:

- ☐ Residuo o producto entregado.
- ☐ Empresa receptora.
- ☐ Sector de actividad económica de la empresa receptora.
- ☐ Ingreso generado por la entrega del residuo (en caso de que se abonara a la otra empresa por recibirlo, registrarlo con valor negativo).
- ☐ Destino alternativo de los residuos o subproducto en caso de no entregarlos a otra empresa como insumo (disposición final, incineración, etc.).
- ☐ Costo que implicaría esta alternativa.

Residuo o subproducto	Empresa receptora	Sector	Ingreso 2019 del residuo o subproducto	Destino alternativo	Costo estimado destino alternativo

4 Caracterización del empleo

p17. ¿Cuántas personas trabajan en total en su empresa?

R:

p18. Caracterización por género y nivel educativo del personal de su empresa:

Nivel educativo de los trabajadores	Varones	Mujeres
Ninguno		
Primario		
Secundario		
Terciario		
Universitario		
TOTAL		

p19. Condición de formalidad de los trabajadores en su empleo anterior:

Condición de formalidad	Varones	Mujeres
Formal		
Informal		
TOTAL		

p20. Las actividades relacionadas con la logística de los residuos o subproductos (recolección, transporte, entrega), es realizada por (marque con una X la respuesta, sólo una):

- ☐ Su empresa (receptora/generadora).
- ☐ Su contraparte en el intercambio (generadora/receptora).
- ☐ Una tercera empresa.

i. ¿Qué empresa es?

R:

ii. ¿De qué rubro?

R:

iii. ¿Cuántas personas dedica a esta tarea (si considera que puede brindar una cifra aproximada)?

R:

iv. ¿Cuánto gastó su empresa por este servicio en 2019?

R: pesos argentinos.

p21. Las actividades relacionadas con el procesamiento de los residuos (tratamiento, transformación industrial en insumo), es realizada por (marque con una X la respuesta, sólo una):

- ☐ Su empresa (receptora/generadora).
- ☐ Su contraparte en el intercambio (generadora/receptora).
- ☐ Una tercera empresa.

i. ¿Qué empresa es?

R:

ii. ¿De qué rubro?

R:

iii. ¿Cuántas personas dedica a esta tarea (si considera que puede brindar una cifra aproximada)?

R:

iv. ¿Cuánto gastó su empresa por este servicio en 2019?

R:pesos argentinos.

- ☐ No se procesan los residuos.

Si en al menos una de las preguntas p19 o p21 respondió “Su empresa”, por favor responda las siguientes dos preguntas. De lo contrario, proceda a la subsiguiente.

- p22. ¿Cuántas personas dedica a las tareas de logística y/o procesamiento de residuos intercambiados? Complete por favor la información en la siguiente tabla indicando género y nivel educativo de los trabajadores.

Nivel educativo de los trabajadores	Varones	Mujeres
Ninguno		
Primario		
Secundario		
Terciario		
Universitario		
TOTAL		

5 Impacto de la simbiosis industrial

5.1 Efecto sustitución

- p23. La participación en intercambios de residuos puede implicar una organización diferente del proceso productivo respecto a una situación en la que no ocurre este intercambio. Puede llevar a la realización de actividades nuevas (recolección y tratamiento de residuos, por ejemplo) y/o a la reducción de otras (disposición o incineración de residuos, y su logística asociada, por ejemplo). A su vez, estas actividades tienen sus respectivos requisitos de empleo.

Entonces, si su empresa hoy quisiera mantener el nivel de producción, pero sin participar del intercambio de residuos (es decir, comprando insumos nuevos y/o desechando residuos), ¿contaría con más personal, menos o la misma cantidad? (Marque con una X la respuesta, solo una).

- ☐ Contaría con más personal.
- ☐ Contaría con menos personal.
- ☐ Dejaría la misma cantidad.

- p24. Por favor, complete el detalle de diferencias en el personal contratado, por género y nivel educativo, utilizando valores negativos donde contaría con menos personal y positivos si contaría con más:

Nivel educativo de los trabajadores	Varones	Mujeres
Ninguno		
Primario		
Secundario		
Terciario		
Universitario		
TOTAL		

5.2 Efecto actividad

p25. Los intercambios de residuos pueden impactar en el volumen de ventas, ya sea por variaciones en el costo (que se trasladan a market share vía precio) o por la generación de nuevos productos. Entonces, si usted no participara del intercambio de residuos, ¿considera que vendería más, menos o lo mismo? ¿En qué porcentaje? (Marque con una X y complete la respuesta)

- ☐ A1. Más,%
- ☐ A2. Menos, %
- ☐ A3. Lo mismo.

5.3 Efecto indirecto

p26. Aparte de los gastos referidos a personal, logística y procesamiento, consultados en preguntas anteriores, ¿hay algún otro gasto generado o evitado por el intercambio de residuos? Por favor complételo en la tabla, por rubro e indicando el monto correspondiente a 2019. Si se tratara de gastos evitados, indique valores estimados negativos.

Concepto de gasto	Sector	Monto

p27. ¿Tuvo que realizar alguna inversión para poder llevar adelante el intercambio de residuos o subproductos? ¿De qué tipos? ¿Cuál fue su costo aproximado, a valores actuales? Ingrese la información en la tabla.

Concepto de gasto de inversión	Monto
Construcción	
Equipamiento nacional	
Equipamiento importado	
Insumos locales	
Insumos importados	
Otros I (especificar):	
Otros II (especificar):	

6 Información complementaria

p28. Desde que la empresa comenzó a participar de los intercambios de residuos/subproductos, ¿se implementaron acciones de capacitación vinculadas a estas actividades? ¿De qué tipo? Marque todas las respuestas que considere correctas.

- ☐ A4. Cursos de formación.
- ☐ A5. Aprendizaje entre trabajadores.
- ☐ A6. Documentación y manuales de capacitación.
- ☐ A7. Investigación sobre mejores prácticas.
- ☐ A8. Otras:
- ☐ A9. No se implementaron más acciones de capacitación.

p29. A partir de la implementación de los intercambios, ¿se invierten más recursos en I+D?

- ☐ A10. Sí
- ☐ A11. No

p30. ¿Qué perspectiva tiene usted respecto al crecimiento del empleo en la empresa en los próximos 5 años?

- ☐ A12. Crecerá, %
- ☐ A13. No crecerá.

p31. ¿Qué fracción de ese crecimiento (si correspondiera) cree usted que se explicará por el intercambio de residuos?

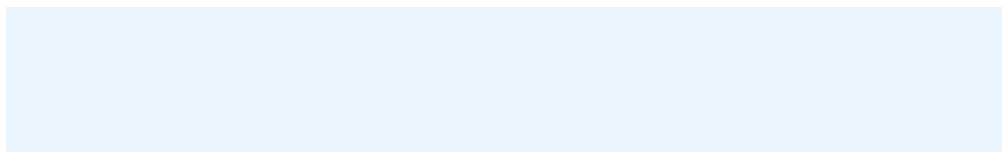
R: %

p32. ¿Recibió algún tipo de asistencia para el establecimiento o fortalecimiento del intercambio de residuos? ¿De qué tipo de institución? ¿Considera usted que funcionó? Por favor, complete la información en la siguiente tabla, llenando con la palabra "No" los casilleros de la asistencia recibida de parte de la institución correspondiente que no funcionó, "Sí" para los casos que sí funcionaron, y dejando casillero vacío cuando no hubiera asistencia recibida de ese tipo e institución.

Institución \ Asistencia	Técnica	Financiera	Legal	Otra (especificar)
Sector público				
Asociación empresaria				
Organismo internacional				
Consultora				
Empresa privada				

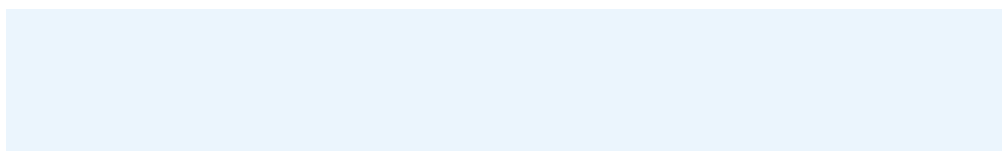
p33. ¿Cuál cree usted que es la mejor manera de promover la utilización de residuos o subproductos como insumos de otra empresa?

R.



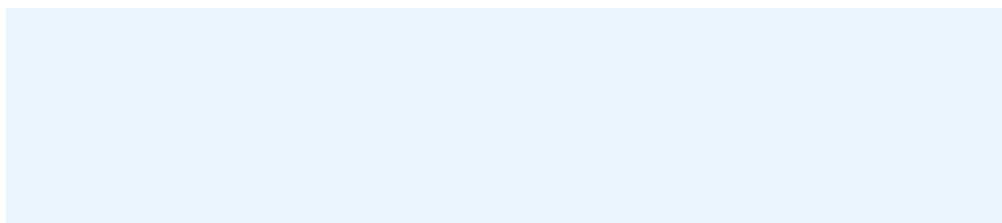
p34. ¿Cuáles, cree usted, son los principales obstáculos a la creación de empleo mediante este tipo de esquemas de intercambio de residuos y subproductos?

R.



p35. ¿Qué habilidades requiere el mercado laboral para cubrir la demanda generada por los esquemas de intercambio de residuos y subproductos? ¿Existen en Argentina a razonable escala y accesibilidad?

R.



Anexo B

Entrevistas a referentes – Cuestionarios

APIA

Nombre del entrevistado:

Rol en APIA:

Reseñas sobre casos de simbiosis industrial en Argentina

1. ¿Conoce usted casos de parques industriales en los que haya empresas que vendan residuos a otras que los utilizan como insumos? (fenómeno conocido como “simbiosis industrial”).

R.

2. ¿Conoce casos en los que este tipo de intercambios ocurran entre empresas de distintos parques?

R.

3. Respecto de cada uno de estos ejemplos, de acuerdo con su conocimiento y entendimiento:

- a. ¿Podría caracterizar los intercambios materiales que ocurren allí?

R.

- b. ¿Qué beneficios considera usted que obtienen los participantes?

R.

- c. ¿A qué empresas involucra?

R.

- d. ¿A qué sectores pertenecen?
R.
- e. ¿En qué parque(s) industrial(es) están ubicadas?
R.
- f. ¿Cómo se idearon estos intercambios? ¿Fueron espontáneos o deliberados?
¿Participó alguna institución?
R.
- g. ¿Existe algún tipo de institución que gestione la relación actualmente?
R.
- h. ¿Conoce usted el Programa PAGE (Partnership for Action on Green Economy)?
R.
4. ¿En qué parques industriales considera usted que existe potencial para desarrollar este tipo de redes?
R.
5. ¿Qué ventajas considera usted que proveen los parques industriales para el surgimiento y crecimiento de estas redes?
R.
6. ¿Qué iniciativa se llevan a cabo en el ámbito de los parques industriales para promover estas redes?
R.
7. ¿Qué instituciones participan de estas iniciativas?
R.

Anexo C

Complemento metodológico

C1 Metodología de impacto cuantitativo

C1.1 Factor de expansión

Comenzamos estimando un “factor de expansión” de las observaciones relevadas en el esquema de simbiosis.

Estos roles se determinan por lo que las empresas producen como producto principal y como residuo. Para esta investigación, de acuerdo con la información relevada y las características de cada ecosistema, se considera que este criterio es suficiente para caracterizar razonablemente todos los tipos de empresas que lo componen.

El uso de un factor de expansión requiere también de una métrica para determinar qué proporción representa la empresa del total de las de su rol. La métrica elegida dependerá de cuán relevante sea para medir estas magnitudes, así como de la información disponible para hacerlo. Dado que la variable de interés es el número de puestos de trabajo, evitamos expandir según el número de empresas y, en su lugar, lo hacemos en base a alguna variable que refleje los niveles de actividad económica, como ser la cantidad de empleados, el volumen procesado o el nivel de ventas.

Entonces, definimos matemáticamente el factor de expansión xf de cada empresa i . Se calcula como el cociente del valor de la métrica M_i individual sobre la suma del total, para cada bien o servicio principal b y residuo o subproducto z :

$$xf_i = \frac{M_{i,b,z}}{\sum_i M_{i,b,z}}$$

C1.2 Efectos directos

El primer indicador de impacto es el empleo directo neto generado por el efecto sustitución en el esquema de simbiosis industrial, $FDSE$. Este valor surge directamente de la respuesta a la pregunta 24 ($r24$), sumado para cada empresa $[i]$ que forma parte del esquema de simbiosis industrial.

$$FDSE = \sum_i FDS_i$$

$$FDS_i = xf_i * r24_i$$

Luego calculamos el empleo directo neto generado por el efecto actividad, $FDAE$, a partir de las respuestas a las preguntas 17 ($r17$) y 25 ($r25$), con la siguiente fórmula²⁰:

$$FDAE = \sum_i FDA_i$$

$$FDA_i = xf_i * r25_i * \left(\frac{r17_i}{1 + r25_i} \right)$$

²⁰ En el Anexo A se pueden consultar los cuestionarios de las encuestas de empresas

La fórmula se basa en el supuesto de que el insumo laboral por unidad producida se mantiene constante. Esto implica que el incremento porcentual de las ventas se replica en el empleo. Sin embargo, como veremos en la subsección C2.2, si existe mejor información respecto a la elasticidad empleo-ingreso, obviamos este supuesto.

La suma de ambos efectos totales nos da el efecto directo total, $FDTE$.

$$FDTE = FDSE + FDAE$$

C1.3 Efectos indirectos

El efecto indirecto total del esquema FITE también puede descomponerse en efecto sustitución (FIS) y efecto actividad (FIA). Los efectos indirectos también tienen un componente de sustitución y otro de actividad. Ambos se estiman a través del cambio en los gastos y su impacto en la demanda de empleo de otros sectores de la economía. Primero, se estima el empleo generado en los proveedores directos a partir de las modificaciones en la magnitud de gastos Δx_a originada en el efecto actividad y Δx_s originada en el efecto sustitución, por sector de actividad económica s , obtenidos a partir de las preguntas 14, 16, 26 y 27, y multiplicándolos por sus respectivos coeficientes sectoriales de empleo k y multiplicadores m , que incluyen el empleo derivado de los sucesivos gastos de insumos de las empresas.

$$\begin{aligned} FITE &= FISE + FIAE \\ FISE &= \sum_i FIS_i \\ FIS_i &= \sum_s x f_i * \Delta x_{s,i} * k_s * (m_s - 1) \\ FIAE &= \sum_i FIA_i \\ FIA_i &= \sum_s x f_i * \Delta x_{a,i} * k_s * (m_s - 1) \end{aligned}$$

C1.4 Efecto inducido

El cálculo requiere estimar la masa salarial generada de los efectos totales y aplicarle un multiplicador keynesiano junto con un coeficiente de empleo. A partir del efecto directo e indirecto en el empleo y de los salarios medios sectoriales calculamos el aumento de la masa salarial generado por la simbiosis. Luego le aplicamos un multiplicador basado en las propensiones a consumir y a importar y lo multiplicamos por el empleo promedio de la economía por cada dólar de valor agregado.

El efecto inducido total del esquema, $FNTE$, parte del empleo sectorial derivado a partir de las fórmulas anteriores:

$$FNTE = mk * \frac{L}{VA} * \sum_s \left\{ \bar{W}_s * \sum_i [(FDS_i + FDA_i) * IB_{i,s} + (x f_i * \Delta x_{s,i} + x f_i * \Delta x_{a,i}) * k_s * (m_s - 1)] \right\}$$

El mk es el multiplicador keynesiano de la demanda. Lo calculamos a partir de datos de 2019 mediante la siguiente fórmula, donde pmm es la propensión marginal a consumir y cip el contenido importado por unidad de producto:

$$mk = \frac{1}{1 - pmm * (1 - cip)}$$

Dado que pmm es 68% y cip es 22%, el multiplicador mk tiene un valor de 2.15.

L y VA son, respectivamente, el empleo y valor agregado total de la economía argentina. La variable $\bar{W}_s$ es la remuneración anual promedio por trabajador del sector s . IB es un indicador binario que toma valor 1 si la empresa i de la red de simbiosis pertenece al sector s . Así, la expresión entre corchetes de la fórmula de $FNTE$ expresa los efectos directos e indirectos por sector, que al multiplicar por los salarios promedios permite obtener la masa salarial generada por sector. El agregado de esas masas salariales, multiplicado por mk resulta en el valor agregado adicional en el resto de la economía por la vía del consumo asalariado. Por último, multiplicando esta magnitud por el coeficiente de empleo por unidad de valor agregado $\frac{L}{VA}$ obtenemos el empleo generado por efecto inducido.

C1.5 Empleo base

Para dimensionar adecuadamente el impacto de la simbiosis industrial, es necesario contar con un escenario contrafáctico de ausencia de simbiosis. A los indicadores de empleo en este escenario los denominamos “base”, y servirán de valor respecto al cual expresar los impactos en términos relativos como variaciones porcentuales.

El empleo base total $LBTE$ es la suma del empleo base directo $LBDE$, el indirecto $LBIE$ y el inducido $LBNE$. El empleo observado en la respuesta a la pregunta 17 del cuestionario de empresas ($r17$) ya está impactado por EDS y EDA , de manera que el $LBDE$ se calcula tomando el valor de esta respuesta, multiplicándolo por el factor de expansión y detrayéndole ambos efectos. Por su parte, el $LBIE$ se calcula directamente tomando el $LBDE$ y aplicándole su correspondiente multiplicador de empleo sectorial. Por último, $LBNE$ se calcula a partir del directo y aplicando una serie de multiplicadores.

$$\begin{aligned}
 LBTE &= LBDE + LBIE + LBNE \\
 LBDE &= \sum_i LBD_i \\
 LBD_i &= \sum_i x f_i * r17_i - FDS_i - FDA_i \\
 LBNE &= \sum_i LBN_i \\
 LBN_i &= LBD_i * mk * \frac{L}{VA} * \sum_s \left(\frac{k_{s,i}}{d_{s,i}} * \bar{W}_s \right)
 \end{aligned}$$

El empleo inducido generado por cada empresa es el que surge de aplicar al empleo directo de base el multiplicador keynesiano, el coeficiente de empleo sectorial y la masa salarial sectorial de los requerimientos directos e indirectos de empleo por cada empleo directo. Esto se obtiene multiplicando, para cada sector, el salario promedio $\bar{W}_s$ y el cociente entre los requerimientos directos e indirectos desde el sector al que pertenece la firma i y los respectivos requerimientos directos.

C1.6 Efectos totales

El efecto en el empleo total del esquema FLTE es la suma de estos tres efectos:

$$FLTE = FDTE + FITE + FNTE$$

Para dimensionar este efecto en términos de impacto relativo FLTR, lo expresamos como proporción del empleo contrafáctico sin simbiosis:

$$FLTR = \frac{FLTE}{LBTE}$$

C2 Ajustes

C2.1 Reclasificación de actividades económicas

El cálculo de los efectos indirectos hizo necesario hacer algunos reajustes en la taxonomía de las actividades económicas. Las observaciones de la EPH están agrupadas según la Clasificación de Actividades Económicas para Encuestas Sociodemográficas CAES Mercosur²¹, mientras que la MIPAr-97 tenía sus actividades identificadas según el Clasificador Nacional de Actividades Económicas 1997 (ClnAE 97). A criterio de los autores de este trabajo, las actividades de ambos grupos fueron reagrupadas y se relacionó cada actividad de una base con su homólogo de la otra.

En la tabla a continuación se presentan las equivalencias entre ambas clasificaciones:

MIPAr97	EPH
Cultivo de cereales, oleaginosas y forrajeras	Cultivos agrícolas
Cultivo de hortalizas, legumbres, flores y plantas ornamentales	Cultivos agrícolas
Cultivo de frutas y nueces	Cultivos agrícolas
Cultivos industriales	Cultivos agrícolas
Producción de semillas	Cultivos agrícolas
Cría de ganado y producción de leche, lana y pelos	Cría de animales
Producción de granja	Cultivo de productos agrícolas en combinación con la cría de animales
Servicios agropecuarios	Servicios agrícolas y pecuarios, excepto los veterinarios
Caza	Caza y captura de animales vivos, repoblación de animales de caza y servicios de apoyo
Silvicultura y extracción de madera	Silvicultura, extracción de madera y actividades de apoyo
Pesca	Pesca, acuicultura y actividades de apoyo
Extracción de petróleo, gas, carbón y uranio	Extracción de petróleo crudo y gas natural
Extracción de petróleo, gas, carbón y uranio	Extracción de carbón y lignito
Extracción de petróleo, gas, carbón y uranio	Actividades de apoyo a la explotación de minas y canteras
Extracción de minerales metalíferos	Extracción de minerales metalíferos
Extracción de otros minerales	Explotación de otras minas y canteras
Matanza de animales, conservación y procesamiento de carnes	Producción y procesamiento de carne y pescado
Elaboración y conservación de pescado y productos de pescado	Producción y procesamiento de carne y pescado

²¹ <https://www.mercosur.int/documento/clasificacion-de-actividades-economicas-para-encuestas-sociodemograficas-caes-mercotur-1-0>.

MIPAr97	EPH
Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas	Preparación de frutas, hortalizas y legumbres; aceites y grasas
Aceites y subproductos oleaginosos	Elaboración de productos alimenticios n.c.p.
Productos lácteos	Elaboración de productos lácteos
Molienda de trigo y de otros cereales	Elaboración de productos alimenticios n.c.p.
Alimentos balanceados	Elaboración de productos alimenticios n.c.p.
Productos de panadería	Elaboración de productos alimenticios n.c.p.
Azúcar	Elaboración de productos alimenticios n.c.p.
Cacao, chocolate y productos de confitería	Elaboración de productos alimenticios n.c.p.
Pastas alimenticias	Elaboración de productos alimenticios n.c.p.
Otros productos alimenticios	Elaboración de productos alimenticios n.c.p.
Bebidas alcohólicas	Elaboración de bebidas
Producción vitivinícola	Elaboración de bebidas
Cerveza y malta	Elaboración de bebidas
Gaseosas, agua mineral y otras bebidas no alcohólicas	Elaboración de bebidas
Productos de tabaco	Elaboración de productos de tabaco
Fibras, hilados y tejeduría de productos textiles	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir
Acabado de productos textiles	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir
Fabricación de productos textiles	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir
Tejidos de punto	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir
Prendas de vestir, terminación y teñido de pieles	Confección de prendas de vestir, terminación y teñido de pieles
Curtido y terminación de cueros	Curtido y terminación de cueros; fabricación de maletas, bolsos de mano y artículos de talabartería y guarnicionería; teñido de pieles
Marroquinería y talabartería	Curtido y terminación de cueros; fabricación de maletas, bolsos de mano y artículos de talabartería y guarnicionería; teñido de pieles
Calzado y sus partes	Fabricación de calzado y sus partes
Aserraderos	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables
Madera y sus productos	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables
Celulosa y papel	Fabricación de papel y productos de papel

MIPAr97	EPH
Papel y cartón ondulado y envases de papel y cartón	Fabricación de papel y productos de papel
Productos de papel y cartón	Fabricación de papel y productos de papel
Edición de libros, folletos, grabaciones y otras ediciones	Edición de libros, periódicos y otras publicaciones, incluso integrada a la impresión
Edición de periódicos y revistas	Edición de libros, periódicos y otras publicaciones, incluso integrada a la impresión
Impresiones y reproducción de grabaciones	Actividades de impresión y servicios de apoyo; reproducción de grabaciones
Refinación de petróleo	Fabricación de productos de la refinación del petróleo
Química básica	Fabricación de otros productos químicos n.c.p.
Fertilizantes y plaguicidas	Fabricación de otros productos químicos n.c.p.
Materias primas plásticas y caucho sintético	Fabricación de productos de hornos de coque
Pinturas y barnices	Fabricación de pinturas, barnices y productos de revestimiento similares, tintas de imprenta y masillas
Productos medicinales	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos
Jabones, detergentes y cosméticos	Fabricación de jabones y detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador y preparados de tocador
Otros productos químicos	Fabricación de otros productos químicos n.c.p.
Fibras sintéticas manufacturadas	Fabricación de otros productos químicos n.c.p.
Cubiertas, cámaras y recauchutado de cubiertas	Fabricación de productos de caucho
Productos de caucho	Fabricación de productos de caucho
Productos de plástico	Fabricación de productos de plástico
Vidrio y productos de vidrio	Fabricación de vidrio y productos de vidrio
Productos de cerámica refractaria y no refractaria para uso no estructural	Fabricación de productos minerales no metálicos n.c.p.
Arcilla y cerámica no refractaria para uso estructural	Fabricación de productos minerales no metálicos n.c.p.
Cemento, cal y yeso	Fabricación de productos minerales no metálicos n.c.p.
Artículos de hormigón, cemento y yeso	Fabricación de productos minerales no metálicos n.c.p.
Industrias básicas de hierro y acero	Fabricación de productos elaborados de metal y servicios de trabajos de metales, excepto máquinas y equipos

MIPAr97	EPH
Metalurgia de no ferrosos	Fabricación de productos elaborados de metal y servicios de trabajos de metales, excepto máquinas y equipos
Fundición de metales	Fabricación de productos elaborados de metal y servicios de trabajos de metales, excepto máquinas y equipos
Estructuras metálicas, tanques, depósitos y generadores de vapor	Fabricación de productos elaborados de metal y servicios de trabajos de metales, excepto máquinas y equipos
Forja, laminado y tratamiento de metales	Fabricación de productos elaborados de metal y servicios de trabajos de metales, excepto máquinas y equipos
Artículos de cuchillería y ferretería y herramientas de mano	Fabricación de productos elaborados de metal y servicios de trabajos de metales, excepto máquinas y equipos
Otros productos metálicos	Fabricación de productos elaborados de metal y servicios de trabajos de metales, excepto máquinas y equipos
Motores, turbinas, bombas y compresores	Fabricación de maquinarias y equipos n.c.p.
Engranajes, hornos, elevadores y otras maquinarias de uso general	Fabricación de maquinarias y equipos n.c.p.
Tractores y maquinaria agrícola	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques
Otra maquinaria de uso especial	Fabricación de maquinarias y equipos n.c.p.
Aparatos de uso doméstico	Fabricación de aparatos de uso doméstico, excepto equipos de audio y video
Máquinas de oficina e informática	Fabricación de equipos informáticos y periféricos
Motores, generadores y transformadores eléctricos	Fabricación de otras maquinarias y equipos eléctricos n.c.p.
Aparatos de control y distribución de energía eléctrica	Fabricación de otras maquinarias y equipos eléctricos n.c.p.
Hilos y cables aislados	Fabricación de componentes electrónicos
Acumuladores y pilas	Fabricación de componentes electrónicos
Lámparas eléctricas y equipos de iluminación	Mantenimiento, reparación e instalación de máquinas y equipos
Tubos y transmisores de radio, TV y telefonía	Fabricación de equipos y aparatos de radio, televisión y comunicaciones
Receptores de radio y TV	Fabricación de equipos y aparatos de radio, televisión y comunicaciones
Instrumentos médicos, ópticos y de precisión y relojes	Fabricación de equipos electromédicos, ópticos y de precisión; fabricación de relojes; soportes magnéticos y ópticos
Vehículos automotores	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques

MIPAr97	EPH
Vehículos automotores	Mantenimiento y reparación de vehículos automotores, excepto motocicletas
Carrocerías y remolques	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques
Autopartes	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques
Buques, locomotoras y aeronaves	Fabricación de aeronaves
Buques, locomotoras y aeronaves	Fabricación de locomotoras y de material rodante para ferrocarriles y tranvías
Buques, locomotoras y aeronaves	Construcción de buques y otras embarcaciones
Motocicletas, bicicletas y otros tipos de transportes	Fabricación de otros equipos de transporte n.c.p.
Muebles y colchones	Fabricación de muebles y colchones
Otras industrias manufactureras	Industrias manufactureras n.c.p.
Electricidad	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica
Gas	Fabricación de gas; distribución de combustibles gaseosos por tuberías; suministro de vapor y aire acondicionado
Agua	Captación, tratamiento y suministro de agua
Construcción	Construcción
Comercio mayorista	Comercio de intermediación
Comercio mayorista	Comercio de materias primas agropecuarias
Comercio minorista	Comercio de alimentos, bebidas y tabaco
Comercio minorista	Comercio de textiles y avíos, mercería, prendas de vestir, calzado, marroquinería y artículos similares
Comercio minorista	Comercio de materiales de construcción, artículos de ferretería, plomería, pinturería, espejos y artículos para revestimiento
Comercio minorista	Comercio de combustibles para vehículos
Comercio minorista	Comercio de mercaderías n.c.p. incluso mercaderías usadas
Comercio minorista	Tiendas no especializadas con predominancia de alimentos y bebidas
Comercio minorista	Tiendas no especializadas sin predominancia de alimentos y bebidas
Comercio minorista	Venta al por menor en puestos móviles y no realizadas en tiendas n.c.p.
Comercio minorista	Venta al por menor por correo, televisión, internet y otros medios de comunicación

MIPAr97	EPH
Comercio minorista	Servicios de expendio de comidas y bebidas por vendedores ambulantes
Comercio minorista	Alquiler de efectos personales y domésticos
Comercio minorista	Lavado y limpieza de artículos de tela, cuero y o de piel incluso limpieza en seco
Comercio minorista	Venta de partes, piezas y accesorios de vehículos automotores, excepto motocicletas
Comercio minorista	Venta de vehículos automotores, excepto motocicletas
Comercio minorista	Venta, mantenimiento y reparación de motocicletas y de sus piezas y accesorios
Hoteles	Servicios de alojamiento en hoteles, campamentos y otros tipos de hospedaje temporal
Restaurantes	Servicios de expendio de comidas y bebidas, excepto por vendedores ambulantes
Transporte terrestre de pasajeros	Transporte automotor de pasajeros
Transporte terrestre de pasajeros	Transporte por metro
Transporte terrestre de carga	Transporte automotor de cargas
Transporte terrestre de carga	Transporte ferroviario
Transporte por tuberías	Transporte por tuberías
Transporte marítimo	Transporte por vía acuática
Transporte aéreo	Transporte aéreo
Actividades de transporte complementarias	Transporte terrestre n.c.p.
Actividades de transporte complementarias	Servicios auxiliares al transporte
Actividades de transporte complementarias	Depósito y almacenamiento
Correos	Correo y servicio de mensajería
Telecomunicaciones	Telecomunicaciones
Instituciones Financieras	Intermediación financiera y otros servicios financieros, excepto los de seguros y administración de fondos de jubilaciones y pensiones
Instituciones Financieras	Actividades auxiliares a los servicios financieros y a los seguros
Seguros	Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto los planes de seguridad social de afiliación obligatoria
Seguros	Actividades auxiliares a los servicios financieros y a los seguros
Servicios a las empresas y profesionales	Actividades jurídicas y de contabilidad
Servicios a las empresas y profesionales	Actividades de servicios de consultoría en gestión empresarial

MIPAr97	EPH
Servicios a las empresas y profesionales	Servicios de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos
Servicios a las empresas y profesionales	Actividades de programación y consultoría informáticas y otras actividades conexas
Servicios a las empresas y profesionales	Actividades de servicios de información
Servicios a las empresas y profesionales	Investigación y desarrollo
Servicios a las empresas y profesionales	Actividades publicitarias
Servicios a las empresas y profesionales	Investigación de mercados y encuestas de opinión pública
Servicios a las empresas y profesionales	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas
Servicios a las empresas y profesionales	Actividades administrativas de oficinas y otras actividades auxiliares de las empresas
Servicios a las empresas y profesionales	Agencias de viajes, operadores turísticos y actividades conexas
Actividades inmobiliarias	Actividades inmobiliarias
Administración pública y defensa y planes de la seguridad social de afiliación obligatoria	Servicios de la administración pública y prestación pública de servicios a la comunidad
Administración pública y defensa y planes de la seguridad social de afiliación obligatoria	Servicios de seguridad pública (Fuerzas Armadas, policías, etc.)
Administración pública y defensa y planes de la seguridad social de afiliación obligatoria	Servicios de la seguridad social obligatoria
Administración pública y defensa y planes de la seguridad social de afiliación obligatoria	Actividades de investigación y seguridad
Administración pública y defensa y planes de la seguridad social de afiliación obligatoria	Planes sociales
Enseñanza pública	Enseñanza inicial y primaria, secundaria y superior
Enseñanza pública	Actividades de bibliotecas, archivos, museos y otras actividades culturales
Enseñanza privada	Enseñanza inicial y primaria, secundaria y superior
Enseñanza privada	Otros tipos de enseñanza n.c.p., y servicios de apoyo
Salud humana pública	Actividades de atención a la salud humana
Salud humana pública	Asistencia social relacionada con la atención a la salud
Salud humana privada	Actividades de atención a la salud humana
Servicios veterinarios	Actividades veterinarias
Servicios sociales	Servicios sociales sin alojamiento
Servicios sociales	Actividades relacionadas con el suministro de empleo
Servicios de saneamiento	Alcantarillado

MIPAr97	EPH
Servicios de saneamiento	Actividades de saneamiento y otros servicios de gestión de desechos
Servicios de saneamiento	Recolección, tratamiento y eliminación de desechos; recuperación de materiales
Actividad de asociaciones	Actividades de organizaciones empresariales, profesionales y de empleadores
Actividad de asociaciones	Actividades de sindicatos
Actividad de asociaciones	Actividades de asociaciones n.c.p.
Actividad de asociaciones	Actividades de organizaciones y organismos extraterritoriales
Servicios de cine, radio y televisión	Actividades de programación y difusión de radio y televisión
Servicios de cine, radio y televisión	Actividades cinematográficas; producción de vídeos y programas de televisión; grabación sonora y edición de música
Servicios personales, de reparación, actividades deportivas y de esparcimiento	Servicios personales n.c.p.
Servicios personales, de reparación, actividades deportivas y de esparcimiento	Reparación de equipos informáticos
Servicios personales, de reparación, actividades deportivas y de esparcimiento	Reparación de equipos de comunicación
Servicios personales, de reparación, actividades deportivas y de esparcimiento	Reparación de efectos de uso personal y doméstico
Servicios personales, de reparación, actividades deportivas y de esparcimiento	Servicios de apoyo a edificios y actividades de limpieza en general
Servicios personales, de reparación, actividades deportivas y de esparcimiento	Actividades para la práctica deportiva
Servicios personales, de reparación, actividades deportivas y de esparcimiento	Actividades de entretenimiento n.c.p.
Servicios personales, de reparación, actividades deportivas y de esparcimiento	Actividades de juegos de azar y apuestas
Servicios personales, de reparación, actividades deportivas y de esparcimiento	Servicios de paisajismo y jardinería
Servicios personales, de reparación, actividades deportivas y de esparcimiento	Pompas fúnebres y servicios conexos
Servicio doméstico	Actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico
Servicio doméstico	Actividades de los hogares como productores de bienes o servicios para uso propio

C2.2 Transformaciones aplicadas a los valores relevados en los cuestionarios

Por diversos motivos, varios datos económicos relevados en las encuestas no pudieron ser directamente utilizados en las estimaciones de impacto laboral. En primer lugar, la extensión de los cuestionarios y la limitada disponibilidad horaria de los entrevistados (todos con responsabilidades esenciales en sus respectivas empresas) no permitió reiterar y reformular las preguntas todo lo que fuera necesario a los fines de obtener respuestas completas y satisfactorias, y esto se vio potenciado por la excesiva complejidad de los conceptos y de la formulación de las preguntas. Segundo, los cuestionarios resultaron inadecuados en ciertos casos ya que hubo respuestas no previstas en el marco conceptual del cuestionario. Por ejemplo, los rubros de gasto informados en ciertas ocasiones no correspondían con la clasificación sectorial disponible, o las empresas se encontraban en medio de procesos de cambio que afectaban directamente los valores consultados. Tercero, el formato de entrevista dialogada dio lugar a que los entrevistados proveyeran información adicional que, si bien no era consistente con el modelo conceptual planteado previamente, era valiosa y ameritaba ser utilizada en el modelo con preferencia por sobre la estimación ideada en este trabajo. Por último, el relevamiento de datos cuantitativos fue realizado de manera oral y remota, y no mediante acceso a registros, de manera que en muchos casos la dificultad en la comunicación y la manifestación de la persona entrevistada sobre no poder brindar una respuesta adecuada dificultó la obtención de información de calidad.

Como resultado, se realizaron una serie de transformaciones e imputaciones a la información provista. Si bien esta forma de proceder no está exenta de críticas ni de posibles mejoras metodológicas, no encontramos motivos para considerar que introduzca sesgos en los resultados y conclusiones del trabajo. Dado que se trata de una manera práctica de llevar adelante las estimaciones de impacto, consideramos que lo más apropiado es llevar adelante estas transformaciones e imputaciones y explicitarlas y fundamentarlas en el detalle a continuación:

C2.2.1 Criterios generales de imputación

Los gastos de inversión se imputan como una fracción de sí mismos. Dado que ocurren en una sola oportunidad en un lapso de varios años, y que los gastos utilizados en esta metodología son anuales, procedemos a dividir el valor de los gastos de inversión por una duración esperada del bien o servicio adquirido. Las construcciones se consideran con una duración de 50 años, mientras que los equipos, maquinarias y estructuras metálicas se consideran con una duración de 15. Los insumos de materiales son asignados una duración de 5 años.

C2.2.2 Empresa Láctea 1 (LAC1)

- El ingreso fue estimado como equivalente al 91,9% del reportado por Empresa Láctea 3 (LAC3). Ante la dificultad para obtener el dato, se lo estimó por regla de tres simple utilizando el dato de ingreso de LAC3 y los datos de volumen de suero generado por ambas empresas. El volumen de suero es directamente proporcional al volumen de leche procesada, lo cual a su vez se puede considerar razonablemente proporcional al ingreso de la empresa, dado que ambas se dedican a la misma actividad, y LAC1 genera suero equivalente al 91,9% de lo que genera LAC3.
- Se imputó valor cero al suero enviado a Empresa Polvera 1 (POLV) ya que pertenece al mismo grupo. De todas maneras, este supuesto no afecta el resultado del análisis.
- Como costo de la alternativa a la venta de residuos se imputó el valor de la planta de tratamiento de efluentes sugerida por Empresa Láctea 2 (LAC2).

- No se logró obtener el dato de realización de inversiones como consecuencia de la entrega de suero. Sin embargo, por las características del proceso productivo verticalmente integrado, consideramos razonable imputar un gasto de inversión en instalaciones para transporte el suero sin enfriar hacia la planta productora de suero en polvo por el mismo monto informado por LAC2 como inversión realizada para transportar hacia la planta concentradora de Empresa Concentradora de Suero 1 (CNSU).
- Por ser la única empresa que provee directamente a la planta de fabricación de suero en polvo, su factor de expansión es de 1.

C2.2.3 Empresa Láctea 2 (LAC2)

- El gasto en instalaciones de transporte de suero a la planta se imputa 50% al rubro "Construcción" y 50% a "Estructuras metálicas, tanques, depósitos y generadores de vapor".
- En cuanto al valor del suero enviado a CNSU, se aplica el mismo criterio que en el punto anterior.
- El factor de expansión se calcula en base a un razonamiento sobre economías de escala. Las consultas han demostrado que el procesamiento del suero tiene una escala mínima eficiente mayor que la fabricación de productos lácteos: CNSU, por cada litro de suero adquirido a su respectiva usina láctea (LAC2), compra aproximadamente otros 3,44 litros de otras usinas, mientras que el volumen de procesamiento total POLV equivale 5,33 veces su propia producción de suero, de manera que más del 80% es abastecido por otras empresas. En consecuencia, asumimos que los otros dos proveedores de suero concentrado de POLV funcionan bajo un esquema similar, procesando 23% de suero propio y el resto siendo abastecido por empresas como LAC3, que no integran ninguna etapa de industrialización. Dado que entre ambas proveen el equivalente al 53% de lo que provee LAC2, el factor de expansión es de 1,53.

C2.2.4 Empresa Láctea 3 (LAC3)

- Al igual que en los dos casos previos, se consideró la amortización del gasto en una planta de efluentes como el costo de la alternativa de no revalorizar el suero.
- La empresa declara entregar 1.100.000 litros de suero mensualmente y que una parte es procesada por CNSU mientras que el resto es directamente industrializado por POLV. POLV declaró recibir directamente de LAC3 488.291 litros de suero con 6% de concentración durante un mes seleccionado de 2020. En consecuencia, para obtener la participación total de LAC3 en total de suero procesado por el esquema de simbiosis, se debe multiplicar la participación directa en POLV por un factor de ajuste de 2,25 (surgido del cociente entre el total informado por LAC3 y lo declarado como recibido por POLV).
- A diferencia de las otras dos usinas lácteas, Don Felipe no se ha integrado verticalmente en el procesamiento del suero, por lo cual su multiplicador corresponde a la inversa de su participación en el total de abastecimiento de materia sólida de POLV neto del 23% provisto por usinas lácteas de las tres empresas concentradoras y del volumen total provisto directamente por LAC1. Como resultado, se obtiene un factor de expansión de 2,8.
- La asignación de un trabajador a medio tiempo en tareas logísticas del suero es representada con un valor de 0,5 en la cantidad de trabajadores demandados a tal fin.
- La inversión en la placa intercambiadora de temperatura fue clasificada como gasto en el rubro "Engranajes, hornos, elevadores y otras maquinarias de uso general".

C2.2.5 Empresa Concentradora de Suero (CNSU)

- La planta de la empresa opera con sólo tres personas. Esta actividad consiste casi exclusivamente en la operación y mantenimiento de los equipos, por lo cual es razonable asumir que 3 personas es una escala mínima de operación. El relevamiento indica que existen otras dos plantas abasteciendo a POLV y que procesan un volumen de suero menor al de CNSU, por lo que concluimos en que debemos utilizar un factor de expansión de 3.
- El gasto de inversión en equipamiento nacional se imputa 50% al rubro “Engranajes, hornos, elevadores y otras maquinarias de uso general” y 50% a “Engranajes, hornos, elevadores y otras maquinarias de uso general”.

C2.2.6 Empresa Polvera (POLV)

- Si bien la empresa informó el valor de los ingresos y una estructura porcentual de gastos, la reconstrucción de los valores de ingresos y gastos presenta ciertas dificultades.
 - La empresa informó ingresos anuales equivalentes a 12.034.546 USD. Produciendo 256 toneladas de sólidos al mes (según información presentada por la empresa), el precio final por tonelada es de 3.944 USD, cifra muy cercana al precio internacional del WPC35, que tuvo un promedio de 3.696 en 2020.
 - Según esta última fuente, el registro más cercano a 2014 es el año 2015, con un precio promedio de 2.823 USD por tonelada, de manera que los precios de 2020 representaron un aumento de 31% con respecto al registro de 2014.
 - Según el estudio de INTI (2017), el precio de referencia en 2014 era de 9 USD por tonelada líquida de suero dulce enfriado y 500 USD por tonelada de materia seca de suero concentrado al 18%-20%. Aplicando el aumento de 31% se obtiene una estimación de máxima del gasto en suero de 983.237 USD anuales. Así, de acuerdo con la estructura de gastos informada, el gasto total anual sería de 6.145.233 USD, de los cuales 873.989 USD corresponden a transporte, resultando en un margen operativo de 96%.
 - Por otro lado, según lo informado por empresas que proveen suero dulce y concentrado, podemos hacer una estimación de gasto de mínima. CNSU informó que le ingresan 600.000 ARS mensuales en total por la producción íntegra de suero concentrado (23,1% del volumen total procesado) y el servicio de concentrado de suero de terceros, por el que recibe el 30% del valor del producto final y que corresponde al (76,9% restante de volumen de suero). De aquí se puede inferir que se pagan 314 USD por tonelada de materia seca del suero concentrado. A su vez, LAC3 informó un precio de 0,11 ARS por litro de suero dulce enfriado, equivalente a 1,54 USD por tonelada líquida. Así, la estimación de mínima de gasto en suero es de 373.282 USD, un gasto de transporte de 373.282 USD y un gasto total de 2.333.011 USD, resultando en un margen operativo de 416%.
 - A juzgar por los márgenes operativos, consideramos más prudente tomar la estimación de gasto de máxima.
- El gasto de inversión en equipamiento nacional se imputa 50% a la actividad “Engranajes, hornos, elevadores y otras maquinarias de uso general” y 50% a “Estructuras metálicas, tanques, depósitos y generadores de vapor”.
- Los gastos de inversión en insumos nacionales y en otros bienes se imputan a la actividad “Otras industrias manufactureras”.
- El gasto agregado en gas y electricidad declarado se imputa 50% a cada rubro.

- La erogación asignada a “otros gastos” fue imputada en partes iguales a los sectores de manufacturas y servicios. Dentro del sector manufacturero, se imputó a “Otras industrias manufactureras”, mientras que dentro del sector de servicios se imputó en partes iguales a “Servicios de saneamiento”, “Servicios personales, de reparación, actividades deportivas y de esparcimiento” y “Servicios a las empresas y profesionales”, a los fines de reflejar necesidades de contratar servicios de saneamiento, limpieza, reparaciones y de laboratorio.
- Por la adquisición del terreno, se asume un gasto en servicios inmobiliarios de 5% del valor, prorrateado a lo largo de 50 años.
- El factor de expansión es de 1 ya que es la única empresa de su tipo en todo el esquema de simbiosis estudiado.

C2.2.7 Aserradero 1 (ASR1)

- Para hacer uso de toda la información provista por el entrevistado, consideramos como concluida la expansión en curso.
- El factor de expansión se calcula en base a la participación de los dos aserraderos encuestados en el total de empleo en el departamento Concepción de la Provincia de Corrientes (donde se ubica el esquema de simbiosis) según el Censo Nacional de Aserraderos. Tomando los 105 empleados de la empresa previos a la expansión en curso y los 62 declarados por el otro aserradero encuestado, sobre los 606 registrados en el último censo, se estima un factor de expansión de 3,63.
- La inversión en expansión de USD 10.000.000, al consistir en tinglados, galpones, maquinaria nacional y maquinaria importada, se distribuye en partes iguales entre estos conceptos. Los tres primeros conceptos, al corresponder a gasto local, se imputan en partes iguales a “Estructuras metálicas, tanques, depósitos y generadores de vapor”, “Construcción” y “Engranajes, hornos, elevadores y otras maquinarias de uso general”.
- Dado que se informó un incremento de ventas del 50% por la simbiosis, el efecto expansivo indirecto se imputa como un gasto adicional en la actividad “Aserraderos” equivalente al 50% del ingreso. A los fines de evitar duplicaciones en el cálculo del gasto indirecto, este aumento del ingreso solo se multiplica por los coeficientes de requerimientos directos de gasto, lo cuales tienen valor equivalente a cero en las actividades vinculadas a la inversión de instalaciones y equipamiento (ya considerados en el ítem anterior):
 - Cemento, cal y yeso.
 - Artículos de hormigón, cemento y yeso.
 - Industrias básicas de hierro y acero.
 - Metalurgia de no ferrosos.
 - Fundición de metales.
 - Estructuras metálicas, tanques, depósitos y generadores de vapor.
 - Forja, laminado y tratamiento de metales.
 - Artículos de cuchillería y ferretería y herramientas de mano.
 - Otros productos metálicos.
 - Motores, turbinas, bombas y compresores.
 - Engranajes, hornos, elevadores y otras maquinarias de uso general.
 - Tractores y maquinaria agrícola.
 - Otra maquinaria de uso especial.

- Aparatos de uso doméstico.
- Máquinas de oficina e informática.
- Motores, generadores y transformadores eléctricos.
- Aparatos de control y distribución de energía eléctrica.
- Hilos y cables aislados.
- Dado que el impacto en el número de puestos de trabajo del efecto expansivo fue informado directamente por la empresa (45 nuevos puestos), no procedemos a estimarlo asumiendo requerimientos constantes de trabajo por unidad de demanda, sino que directamente utilizamos ese dato.
- Respecto a la composición del efecto expansivo directo, en las respuestas se indicó que el empleo adicional correspondería a “un par de universitarios y varios terciarios”, de manera que los imputamos a género y nivel educativo respetando las proporciones observadas de hombres, mujeres, universitarios y terciarios observadas en el total de la fuerza laboral. Si bien la respuesta no es taxativa respecto a que el incremento de fuerza laboral no incluirá empleados de menor nivel educativo, la incorporación de personal de alto nivel es coherente con el cambio tecnológico que está implementando la compañía, con equipamiento más complejo y apuntando a un mercado de exportación, más exigente en términos de calidad, por lo que es esperable que se busque cambiar el perfil de la fuerza laboral hacia un mayor nivel de calificación.
- Si bien el entrevistado indica que no hay efecto sustitución directo, en otras respuestas indica que la incorporación de la chipeadora y la logística de los residuos le requieren de 6 personas adicionales. En nuestro marco conceptual esto se interpreta claramente como un efecto sustitución.

C2.2.8 Aserradero 2 (ASR2)

- El ingreso por venta de residuos reportado se calculó en base a las 200 toneladas semanales de chips y el precio de referencia de USD 4 por tonelada.
- El ingreso por venta del producto principal no fue informado, pero podemos estimarlo a partir de algunos datos disponibles y supuestos. La empresa ASR1 informó que vende 5.000 toneladas mensuales de residuos frente a 800 de MPL, es decir que esta última produce apenas el 16% de los residuos que la primera. Asumiendo que tanto la tasa de desperdicio como el ingreso por tonelada de producto son iguales en ambas empresas (ambas producen el mismo bien), entonces podemos estimar el ingreso de ASR2 como el 16% de los ingresos de ASR1, o sea un total de USD 679.598.
- Las respuestas a la encuesta presentan algunas inconsistencias e imprecisiones respecto al empleo directo generado por el efecto sustitución, de manera que reconstruimos los valores buscados de la siguiente manera:
 - La empresa interpretó que no hay efecto sustitución como resultado de la instalación de la planta de biomasa ya que ya operaban con anterioridad la chipeadora (“es un cliente más”). Esto condice con lo informado respecto que venden residuos a plantas agroindustriales desde el año 2009. Sin embargo, independientemente de la transacción con la planta de biomasa, lo importante es que la venta de residuos implicó alterar el proceso productivo.
 - Se indicó que la logística de residuos está a cargo de Empresa de Bioenergía 1, que dedica 5 personas para esta tarea, y que ASR2 solo emplea un operario para las tareas con residuos, que es quien controla y opera la máquina chipeadora.

- Se indicó que las tareas de logística y residuos emplean varones de educación secundaria y terciaria. Asumimos que la operación de operación de la máquina chipeadora corresponde a educación terciaria (1 trabajador) y que los trabajadores con educación secundaria son los 5 encargados de logística, que no pertenecen a la empresa. Asimismo, en la respuesta a la pregunta 26 se indicó que hay un trabajador dedicado al mantenimiento de la máquina chipeadora cada 24 o 36 horas, por lo que lo contabilizamos como un empleo a medio tiempo, también asimilable a una persona con educación terciaria. En consecuencia, podemos imputar 1,5 trabajadores con educación terciaria como efecto sustitución.
- La respuesta sobre la composición de género y nivel educativo tampoco tiene suficiente nivel de detalle. Sin embargo, sí se indica que la dirección se compone 80% de mujeres (sin especificar educación) y la operación 100% de varones con nivel educativo secundario y terciario. Si asumimos un ratio de 10 operarios por cada directivo, y que todos los directivos tienen título universitario, entonces se imputan 4 mujeres universitarias, 1 varón universitario.
- Algunas preguntas están respondidas conceptualmente, es decir, respecto a la existencia y sentido de algún efecto, pero sin cuantificar, de manera que se considera conveniente imputar valores de estas respuestas a los fines de minimizar la distorsión en el análisis.
- En las respuestas se indicó que la simbiosis tiene una externalidad positiva al facilitar la limpieza de los residuos, reducir el riesgo de incendio e impactar positivamente en las ventas. El riesgo de incendio está directamente asociado a la acumulación de residuos de madera en espacios limitados, sin margen para espacios cortafuegos adecuados. Además, como fue señalado en la entrevista al referente de BNG1, la madera necesita espacio durante varios días para el secado, de manera que el espacio actúa como un factor limitante de la capacidad de producción. También de otros estudios sobre las condiciones laborales, se observa que el espacio o layout de las operaciones en los aserraderos afecta el riesgo de accidentes. Mensualmente, en promedio, se procesan 3.100 toneladas de pino y se venden 800 toneladas de residuos, y se puede asumir razonablemente que el servicio de transporte retira diariamente la carga (un solo día de espera de residuos en almacén). Asumiendo que la alternativa a la venta (incineración) tarda el doble de tiempo para deshacerse de una misma cantidad de madera, y que el tiempo de procesamiento es del producto principal es de un día, podemos calcular el impacto de la simbiosis en la capacidad de recepción de madera de los aserraderos mediante la siguiente ecuación, donde K es la capacidad de almacenamiento, QN la cantidad neta de producto principal para vender, TP el tiempo de procesamiento, r la tasa de generación de residuos y TD el tiempo de disposición de los residuos.

$$K = QN * TP + \frac{QN}{1-r} * r * TD$$

$$K = QN * \left(TP + \frac{r * TD}{1-r} \right)$$

$$QN = \frac{K}{\left(TP + \frac{r * TD}{1-r} \right)}$$

$$K = 3100; TP = 1; r = \frac{800}{3100}; TD = \begin{cases} 1 & \text{si hay simbiosis} \\ 2 & \text{si no hay simbiosis} \end{cases}$$

Al despejar el valor de QN en ambos escenarios de tiempo de disposición de residuos (TD), vemos que el volumen de producto neto procesado (nuestra incógnita, QN) se incrementa 26% al reducir el tiempo de disposición de 2 días a 1 día.

- Asimismo, se indicó un mayor gasto en consumo de electricidad a causa de la chipeadora, sin precisar el monto. A partir de los datos de ASR1, se calcula que gastó en ese concepto 0,28 USD por tonelada de residuo procesado. Aplicándolo a los residuos procesados por MPL, estimamos un gasto de USD 2.718 anuales en ese concepto.
- El efecto actividad directo lo calculamos en base a la elasticidad del empleo respecto al ingreso de ASR1. Al contar con un dato aproximado a partir de la entrevista con esta última empresa, procedemos a utilizarlo con preferencia por sobre el supuesto de insumo laboral constante. ASR1 informó que empleando 43% más de personal incrementó 50% las ventas, por lo cual tenemos una elasticidad de 0,86. Así, el efecto expansión directo se estima en un total de 11 trabajadores.
- Para calcular el efecto actividad indirecto aplicamos el mismo procedimiento que en ASR1, con un incremento de actividad del 26% que impacta sobre los rubros de gasto de la matriz insumo producto que no incluyen la inversión.

C2.2.9 Empresa de Bioenergía (BENG)

- El gasto en logística se calcula en base al costo por tonelada estimado por FAO y las toneladas transportadas. El mencionado estudio provee estimaciones por tonelada de biomasa para viajes de 10, 30 y 60 kilómetros. Ajustando una recta mediante regresión lineal se estima el costo por tonelada para una distancia de 20 km, equivalente a 4,75 USD, ya que en la entrevista se indicó que la mayoría de los aserraderos que son proveedores de la planta se encuentran en ese radio de distancia. Por último, se indicó que 30% del transporte se realizaba con camiones y personal propio, por lo que se ajustó el gasto en logística de otras empresas por un factor de 0,7.
- Dado que la existencia de la planta en su totalidad se debe a la simbiosis industrial, resulta necesario conocer su estructura de costos para tener una estimación razonable del efecto indirecto. Dado que no se obtuvo tal información de la entrevista, se procede a realizar una estimación a partir de información obtenida en trabajos publicados.
 - Para una planta de 6 MW de capacidad, el estudio la Bolsa de Comercio de Rosario (2016) estima un gasto de operación y mantenimiento de USD 990.000 anuales, de los cuales el 76% corresponde a sueldos y el 24% a contratación de bienes y servicios, que se desglosa en servicios de mantenimiento (10%), seguros (8%) y otros insumos como químicos (6%).
 - Asimismo, encontramos estimaciones de gastos de operación y mantenimiento, no discriminados por rubro, para otras evaluaciones de proyectos en distintos años en Uruguay (García de Soria, Villasante, & Cabrera, 2008), Chile (CNE, 2020) y, casualmente, la provincia de Corrientes (Lalanne, 2010). Según datos de IRENA (2020), se estima una caída promedio en los costos de la generación por biomasa de 1,6% por año entre 2010 y 2019. Luego, aplicando esa caída y ajustando por las variaciones de precios y tipo de cambio según los países y años de las evaluaciones de proyectos obtenemos 5 observaciones de costos de operación y mantenimiento y capacidad de planta. Al ajustar un modelo de regresión para estos datos con forma logarítmica, pese al ínfimo número de observaciones, se obtiene un modelo con poder explicativo del 93,9%, donde $opxu$ es el opex fijo unitario y MW es la capacidad de la planta:

$$opxu = e^{14,2-1,33*MW}$$

- Con este modelo, la estructura de costos y la potencia declarada de 18 MW, estimamos entonces que la planta genera gastos anuales en servicios de mantenimiento, seguros y químicos por 57.575 USD, 34.545 USD y 46.060 USD, respectivamente.

- El empleo directo e indirecto generado por la construcción y operación de la planta se considera efecto sustitución. Esto se debe a que, considerando el ecosistema como un todo, la actividad principal de la red son los aserraderos, de manera que el efecto actividad ya se encuentra, en principio, contabilizado en estas empresas.
- Sin embargo, existe un componente de efecto actividad indirecto que es imputable a la planta de biomasa. Se origina en la reducción de la probabilidad de incendio en los aserraderos, y lo calculamos en base a las pérdidas estimadas por los recientes episodios previos a la instalación de BNG1. Según fuentes periodísticas, los daños de los incendios en los aserraderos de la zona en 2020 fueron estimados en USD 4.500.000. Dado que, según dichas fuentes, los incendios no son frecuentes, asumimos una probabilidad de ocurrencia de una vez cada 10 años, y que la mayor rapidez para disponer los residuos de madera puede reducir ese riesgo a la mitad. Dado que los incendios afectan directamente la producción y los empleos de los aserraderos, imputamos esta externalidad como un aumento de las ventas en la actividad “Aserraderos” de la matriz insumo-producto, para que se refleje luego en el derrame hacia la creación de empleo directo y hacia la demanda de sus proveedores. Este impacto se calcula como el valor de un flujo anual a perpetuidad que genere un valor presente igual al valor calculado de la pérdida anual esperada evitada PE

$$PE = 4.500.000 \text{ USD} * 50\% * 10\% = 225.000 \text{ USD}$$

El efecto actividad indirecto extra (FIAX) se calcula aplicando los coeficientes de empleo y de requerimientos directos e indirectos:

$$FIAX_i = PE_i * k_s * m_s$$

- Sin bien los entrevistados estiman que, de no haber surgido este proyecto de simbiosis industrial, no habría habido alternativa de mediano plazo para mejorar la provisión de energía, la operación de la planta vuelca al sistema eléctrico energía a un por un valor monetario anual equivalente a 4,9 millones de dólares que sustituye demanda de otros orígenes, de manera que computamos esa caída de demanda como una reducción de empleo indirecto.

C2.3 Inflación y tipo de cambio

Los cálculos de efecto indirecto requieren hacer ajustes por variaciones de precios. Los coeficientes de requerimientos de empleo de la matriz insumo producto expresan el número de puestos de trabajo cada 1.000 pesos argentinos a precios del año 1997. Sin embargo, los valores de gastos de las empresas están expresados en pesos y dólares a precios del año 2020. En consecuencia, aplicamos transformaciones para expresar todos los valores en dólares contantes a precios de 1997.

Este ejercicio presenta algunas dificultades fuera de lo previsto. Por un lado, las series estadísticas de índices de precios presentan discontinuidades y cuestionamientos en la medición durante ciertos períodos. Por el otro, las restricciones en el mercado cambiario han hecho coexistir múltiples tipos de cambio.

Los ajustes por inflación se ejecutaron mediante los siguientes pasos. Primero, los gastos informados en dólares en 2020 fueron transformados a moneda local utilizando el promedio anual del tipo de cambio oficial mensual informado por el Banco Central de la República Argentina (BCRA, 2021) para ese año, equivalente a 64,75 ARS por USD. Luego se calculó inflación acumulada desde 1997, tomando el IPC-GBA (ANAV, 2021) hasta diciembre de 2005 (ya que en el año 2006 comenzarían los cuestionamientos a la medición) y la inflación acumulada de la provincia de San Luis desde ese mes hasta el valor promedio de junio y julio 2020 (no se tomó el promedio de todo el año ya que la serie termina en octubre), resultando en una variación acumulada de 6.963%, por lo que se deflactan los valores por un valor de 70,63. Dado que el tipo de cambio del año 1997 era de 1 ARS por USD, mediante esa transformación los valores quedan expresados en dólares constantes.

► Impulsar la justicia social, promover el trabajo decente

La Organización Internacional del Trabajo es la agencia de las Naciones Unidas para el mundo del trabajo. Reunimos a gobiernos, empleadores y trabajadores a fin de mejorar las condiciones de trabajo de todas las personas, promoviendo un enfoque del futuro del trabajo centrado en el ser humano a través de la creación de empleo, los derechos en el trabajo, la protección social y el diálogo social.

Contact details

Research Department (RESEARCH)

International Labour Organization
Route des Morillons 4
1211 Geneva
22 Switzerland

T +41 22 799 6530
research@ilo.org
www.ilo.org/research