

# Impacto Regional del Desarrollo de Bioenergía (Biomasa) en Argentina. Un análisis Insumo–Producto para la provincia de Misiones

Regional Impact of Bioenergy Development (Biomass) in Argentina.  
An Input-Output Analysis for the Province of Misiones  
*Impacto regional do Desenvolvimento da Bioenergia (Biomassa) na  
Argentina. Uma análise de insumo-produto para a província de Misiones*

**Lorenzo Perrotta**

Universidad de Buenos Aires, Argentina  
E-mail: [loren.perrotta@gmail.com](mailto:loren.perrotta@gmail.com)

## Resumen

Fecha de recepción: 10/12/2020  
Fecha de aceptación: 28/02/2021

Dado que los patrones actuales de consumo y producción de energía están estresando severamente los sistemas naturales y sociales, se requiere no solo una mejora de eficiencia energética sino también una producción de energía ambientalmente sostenible. En este contexto, el uso de biomasa como fuente renovable de generación de energía podría permitir una producción de energía limpia, particularmente en regiones donde existe una ventaja comparativa natural y donde el acceso a otras fuentes de energía es costoso. Este es el caso de Misiones, una provincia de la Argentina, que muestra un alto potencial para la producción de energía a través de la biomasa de su actividad forestal. El objetivo principal de este trabajo es evaluar el beneficio social neto del desarrollo y la inversión (tecnología, infraestructura, etc.) en bioenergía a partir de biomasa en esta provincia. Para eso, se ha desarrollado un modelo insumo-producto regional para Misiones que permite analizar el impacto de distintos escenarios sobre el nivel de empleo y producción provincial. Se simulan tres escenarios: uno en el que se aumenta la producción de bioenergía, otro en el que la capacidad de producción existente se expande a través de inversiones y, finalmente, se valoran los costos de producción e inversión necesi-

### Palabras clave

- Desarrollo de Bioenergía
  - Biomasa
- Modelo insumo–producto
- Modelo Regional – Misiones (Argentina)
  - Beneficio Social Neto

rios para expandir la producción a niveles potenciales. Los resultados muestran grandes efectos tanto en la producción como en la generación de empleo provincial en todos los escenarios, alcanzando los mayores impactos en aquellos escenarios en los cuales se realizan inversiones con componentes locales, logrando capturar los efectos positivos dentro de la provincia. Las conclusiones proporcionan algunas recomendaciones de política para impulsar el desarrollo de la biomasa como fuente de generación de energía en Argentina dado que las regulaciones y programas actuales en el sector no están orientados regionalmente.

### Abstract

Since current patterns of energy consumption and production are severely stressing natural and social systems, it is necessary not only to improve energy efficiency but also to produce energy in an environmentally sustainable way. In this context, the use of biomass as a renewable source of energy generation could allow clean energy production, particularly in regions where there is a natural comparative advantage and where the access to other sources of energy is expensive. This is the case of Misiones, a province in Argentina, which displays a high potential for energy production through biomass from its forestry activity. The main objective of this paper is to evaluate the net social benefit of the development and the investment (technology, infrastructure, etc.) in bioenergy from biomass in this province. For this evaluation, a regional input-output model for Misiones has been developed. It allows the analysis of the impact of different scenarios on the level of employment and provincial production to be carried out. Three scenarios have been simulated: one in which energy production is increased, another one in which the existing production capacity is expanded through investments and, finally, the production and investment costs needed to expand production to potential levels are valued. Results have shown a great impact on both production and job creation in all the scenarios, reaching the greatest level of impact in those scenarios in which investments are made with local components, managing to capture the positive effects within the province. The conclusions provide some policy recommendations for boosting the development of biomass as a source for energy generation in Argentina since current regulations and programs in the sector are not regionally oriented.

### Keywords

- Bioenergy development
  - Biomass
- Input-Output model
- Regional model – Misiones (Argentina)
  - Net Social Benefit

### Resumo

Dado que os atuais padrões de consumo e produção de energia estão estressando gravemente os sistemas naturais e sociais, é necessária não apenas a melhoria da eficiência energética mas também a produção de energia ambientalmente sustentável. Neste contexto, a utilização da biomassa como fonte renovável de geração de energia poderia permitir uma

produção de energia limpa, principalmente em regiões onde existe uma vantagem comparativa natural e onde o acesso a outras fontes de energia é custoso. É o caso de Misiones, uma província da Argentina, que apresenta um alto potencial para a produção de energia através da biomassa da sua atividade florestal. O objetivo principal deste trabalho é avaliar o benefício social líquido do desenvolvimento e o investimento (tecnologia, infraestrutura, etc.) em bioenergia nesta província a partir de biomassa. Para tanto, foi desenvolvido um modelo de insumo-produto regional para Misiones, que permite analisar o impacto de diferentes cenários sobre o nível de emprego e produção provincial. Simulam-se três cenários: um no que é aumentada a produção de energia, outro no que é expandida a capacidade de produção existente através de investimentos e, por fim, são avaliados os custos de produção e de investimento necessários para expandir a produção aos níveis potenciais. Os resultados mostram grandes efeitos tanto na produção quanto na geração de emprego em todos os cenários, atingindo os maiores impactos naqueles nos que os investimentos são feitos com componentes locais, conseguindo captar os efeitos positivos dentro da província. As conclusões fornecem algumas recomendações de política para impulsar o desenvolvimento da biomassa como fonte de geração de energia na Argentina, visto que os atuais regulamentos e programas para o setor não são orientados regionalmente.

#### Palabras-chave

- Desenvolvimento da Bioenergia
  - Biomassa
  - Modelo Insumo-produto
- Modelo Regional - Misiones (Argentina)
  - Benefício Social Líquido

## 1. Introducción

Debido al agotamiento de fuentes de energía no renovables, por un lado, y el impacto del uso de energías fósiles sobre el cambio climático, por otro, el sector energético a nivel mundial ha iniciado un proceso de transición con cambios estructurales en la oferta y la demanda de energía de largo plazo, lo que lleva a una diversificación de la matriz energética y al uso racional de la energía.

El sector energético en Argentina es uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero con una participación del 53 % en el total nacional.<sup>1</sup> Por tales hechos, se requiere no solo una mejora en el uso eficiente de la energía, sino también en una producción de energía ambientalmente sostenible.<sup>2</sup> Como parte de este propó-

sito, desde el año 2015 en adelante se promulgaron diferentes leyes con el objetivo de fomentar la participación de energías renovables hasta alcanzar el 20 % del consumo de energía eléctrica nacional hacia diciembre de 2025 y, a su vez, legislar la promoción y marco regulatorio de la generación distribuida de energías renovables integradas a la red pública.

En este marco, la utilización de energía a partir de biomasa juega un rol clave en la configuración de una nueva matriz energética. Si bien tanto la oferta de bioenergía como la demanda de biomasa para fines energéticos han venido creciendo en Argentina, su participación del 1,44 % en la matriz energética hacia 2017 es aún baja (International Energy Agency).

(1) <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inventario-nacional-gei-argentina.pdf>

(2) <http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/planeamiento/escenarios/as15160516401.pdf>

Al mismo tiempo, el uso de biomasa como fuente renovable de generación de energía podría permitir una producción de energía limpia, particularmente en regiones donde existe una ventaja comparativa natural y donde el acceso a otras fuentes de energía es costoso. Este es el caso de Misiones, una provincia de Argentina, que muestra un alto potencial para la producción de energía a través de la biomasa de su actividad forestal.

El objetivo principal del presente trabajo consiste en estimar el beneficio social neto de la introducción de bioenergía en la Provincia de Misiones y analizar el impacto que políticas o regulaciones seleccionadas tendrían sobre el nivel de empleo y producción provincial, valiéndose de un modelo insumo-producto regional y de estimaciones de las características económicas del sector.

Se busca evidenciar la subexplotación del potencial bioenergético existente, ya sea por falta de tecnología, infraestructura o información. Por lo tanto, se buscará demostrar la hipótesis de que los programas gubernamentales preexistentes no están correctamente enfocados hacia aquellas regiones con potencialidades.

En el proceso, se estudiará la cadena de valor de la bioenergía para analizar la oferta y demanda en cada una de sus etapas y sus consumos intermedios y se procederá a construir una matriz de insumo-producto que incluya al sector de bioenergía en Misiones, debido a la falta de información del sector en las mismas.

Como corolario, se pretende extraer lecciones de políticas públicas sectoriales y posibles modificaciones de la normativa vigente que permitan dar impulso al sector de bioenergía, prometedor en Misiones por su alto potencial energético. El resultado debería conducir a un aumento de la participación de esta fuente de energía en el total del consumo de energía en Argentina.

El presente trabajo se estructura de la siguiente manera. En la Sección 2 se comenta la situación actual, políticas sectoriales y desafíos en materia bioenergética en Argentina y en la provincia de

Misiones. En la Sección 3 se realiza una revisión de estudios previos y aplicaciones de modelos insumo-producto en el sector bioenergético en distintos países y regiones. En la Sección 4 se describe la metodología insumo-producto regional utilizada, las herramientas de estimación empleadas y se presentan los escenarios a simular. Por último, en la Sección 5 se presentan los resultados de las simulaciones y se comparan sus impactos, mientras que en las Secciones 6 y 7 se esbozan las conclusiones y futuras líneas de investigación.

## 2. Bioenergía: conceptos y contexto argentino

### 2.1 ¿Qué es la bioenergía?

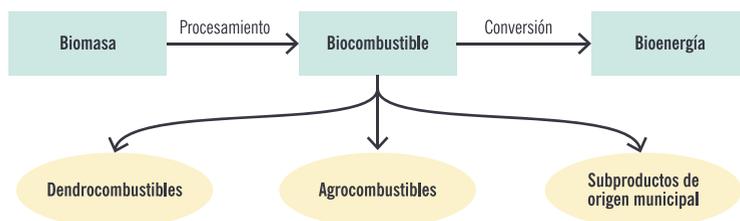
«Un residuo es materia prima mal aprovechada»  
*Proverbio chino*

El término bioenergía hace referencia a la energía generada a partir de combustibles biomásicos. «Se considera biomasa toda la materia orgánica de origen biológico (vegetal o animal), no fósil, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial» (Martarena et al., 2019, p.5), tales como los cultivos energéticos, residuos agrícolas y forestales, estiércol o biomasa microbiana (FAO, 2004).

Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica. Por lo tanto, las características distintivas de la biomasa son su carácter orgánico y renovable (Garrido, 2014).

El circuito de generación de este tipo de energía comienza desde las fuentes de aprovisionamiento, es decir, los distintos tipos de biomasa, los cuales son procesados en diferentes biocombustibles que mediante diversas operaciones de conversión generan bioenergía, ya sea en forma de calor y/o electricidad (FAO, 2004).

Figura 1. Circuito de generación de bioenergía y tipos de biocombustibles



Fuente: Elaboración propia a partir de FAO (2004)

Según FAO (2004), los biocombustibles pueden clasificarse en tres grandes categorías:

1. Dendrocombustibles, los cuales son derivados de la biomasa forestal o leñosa de forma directa o indirecta.
2. Agrocombustibles, son aquellos combustibles derivados de cultivos energéticos o de subproductos agrícolas, animales o agroindustriales.
3. Subproductos de origen municipal los cuales provienen de desechos y residuos orgánicos de origen urbano.

A su vez los biocombustibles se dividen en primarios (no tratados) o *tradicionales* como la leña, utilizados mediante combustión, y secundarios (tratados) o *modernos* como el carbón o el biogás que utilizan tecnologías de conversión más complejas.

Por un lado, la energía derivada de biomasa respeta y protege el ambiente, genera nuevos puestos de trabajo, integra comunidades energéticamente vulnerables, reduce la emisión de gases de efecto invernadero, convierte residuos en recursos, ahorra dinero en combustibles fósiles, moviliza inversiones y promueve el agregado de valor y nuevos negocios, especialmente en cadenas productivas regionales (Martirena et al., 2019).

A su vez, la gran diversidad de materiales que comprende este tipo de energía la convierte en una fuente de energía versátil, a partir de la cual pueden

obtenerse variedad de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos mediante diferentes tecnologías de conversión para múltiples aplicaciones. Además, es una de las fuentes de energía renovable más confiables, pues es constante y puede ser almacenada, lo que facilita la generación de energía térmica y/o eléctrica y por lo tanto, puede compensar el carácter intermitente de otras fuentes de energía renovable, como la solar o eólica cuyos picos de generación dependen de factores climáticos que son variables.

También, los sistemas de generación eléctrica a partir de biomasa energéticamente eficientes son una alternativa factible para reducir riesgos de mercado asociados a la volatilidad de precios de combustibles fósiles, y a su vez, son crecientemente competitivos en costos (Baer, Brown, y Kim, 2015).

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que la biomasa es una fuente de baja densidad energética, que se encuentra ampliamente dispersa y que tiene una alta dependencia geográfica, siendo un recurso voluminoso y costoso de recolectar, procesar, transportar y maniobrar. Esto hace que el costo de transporte constituya una parte significativa del costo de producción, que puede alcanzar entre 33 y 50 % del total (Sultana y Kumar, 2012). Al mismo tiempo, las plantas de generación a partir de biomasa, son relativamente pequeñas debido a la atomización de los combustibles que utiliza, lo que limita la cantidad de material procesable en una única planta, impidiendo alcanzar economías

de escala similares a plantas de generación con combustibles tradicionales.

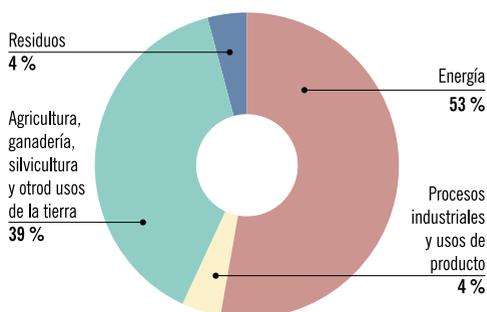
Asimismo, la misma diversidad genera un panorama complejo, que depende del contexto socio- cultural, económico, político-institucional y ambiental, de un sitio dado, en un momento histórico determinado (Manrique, Franco, Núñez, y Seghezzi, 2011). Hay que considerar también que existen múltiples barreras de orden institucional, legal, económico, técnico, sociocultural y de información (Baer et al., 2015) que limitan el aumento de la participación y difusión de este tipo de energía, acorde a su potencial. Sin embargo, en virtud de sus extraordinarias condiciones agroecológicas, y las ventajas comparativas y competitivas de su sector agroindustrial, la Argentina es un gran productor de biomasa con potencial energético.

## 2.2. Argentina: conciliar energía y cambio climático

Conciliar los compromisos internacionales contraídos frente al cambio climático (Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible de 2015; Acuerdo de París para el Cambio Climático de 2016; Acuerdo de Sendai de 2015) y el abastecimiento energético es una de las desafiantes tareas que enfrenta la Argentina a la luz de su actual matriz energética. Cambios estructurales de mediano-largo plazo deben ser diseñados en este sentido con el fin de diversificar las fuentes de energía, otorgando un mayor peso a aquellas no contaminantes, e incentivando cambios tecnológicos y de comportamiento que impulsen un uso más racional de la energía.

El sector energético en Argentina es uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero (GEI) con una participación del 53 % en el total nacional (Figura 2) explicado en gran parte por los usos residenciales, en transporte y en generación de energía.

Figura 2. Emisiones de GEI por sector en Argentina (2014)



Fuente: *Elaboración propia con base en datos de Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Argentina.*

Por lo tanto, el cumplimiento de las metas del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) del sector energético (ODS 7) será decisivo para cumplir las metas del ODS 13 de mitigación del cambio climático de Argentina. Como parte de este propósito, en 2015 se promulgó la Ley 27.191<sup>3</sup> (que modifica la Ley 26.910<sup>4</sup>), con el objetivo de fomentar la participación de energías renovables hasta alcanzar el 20 % del consumo de energía eléctrica nacional, en diciembre de 2025. Como complemento, en 2017 se promulgó la Ley 27.424<sup>5</sup> que fomenta la generación distribuida de energías renovables asociada a la red eléctrica pública.

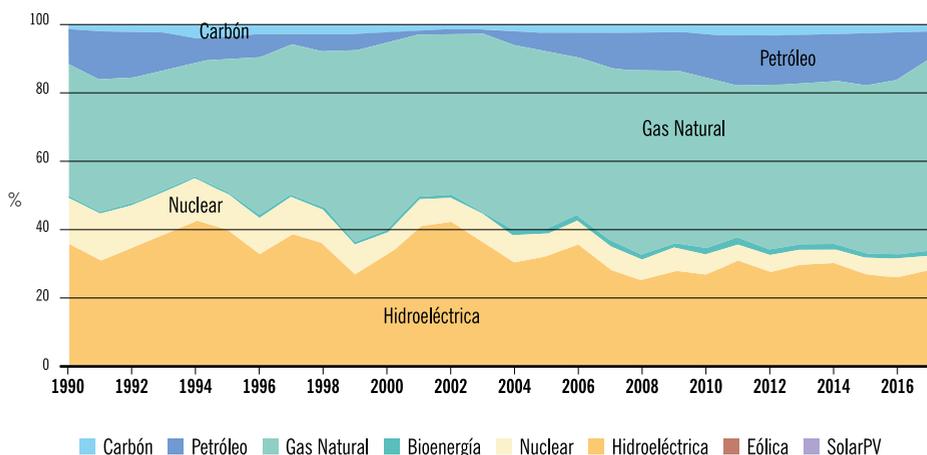
Siguiendo con esta línea, el Proyecto para la Promoción de la Energía derivada de Biomasa (PROBIOMASA) impulsado conjuntamente por FAO-Argentina y las Secretarías de Energía y de Agroindustria, tiene como objetivo incrementar la generación de este tipo de energía a nivel local, provincial y nacional, mediante el fortalecimiento institucional, la evaluación de los recursos disponibles, la promoción de proyectos bioenergéticos y la difusión de las oportunidades y ventajas de este tipo de energía.

(3) <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-254999/253626/texact.htm>

(4) <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/120000-124999/123565/texact.htm>

(5) <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/305000-309999/305179/texact.htm>

Figura 3. Participación por fuente en generación de energía eléctrica en Argentina

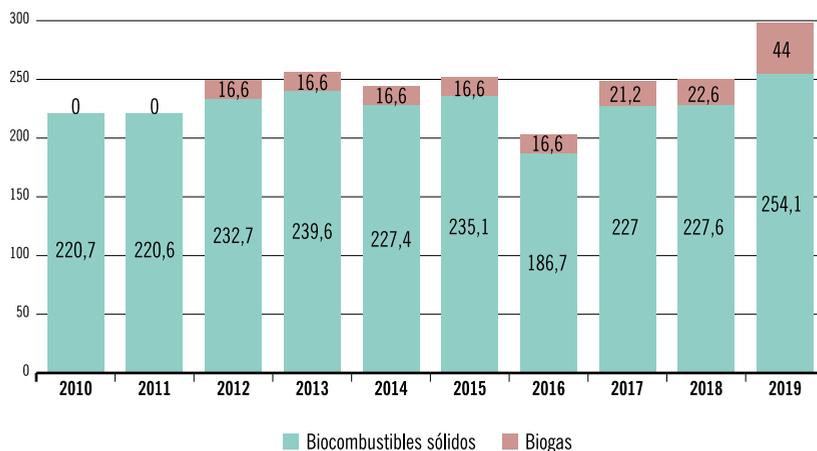


Fuente: Elaboración propia a partir de información de International Energy Agency.

La Argentina cuenta con una oportunidad única definida por su amplitud territorial, diversidad geográfica y gran potencial de recursos y desperdicios biomásicos disponibles para su aprovechamiento energético. Es por ello que la energía a partir de biomasa desempeña un rol potencial para

diversificar la matriz energética. Si bien la potencia instalada de este tipo de energía ha mostrado un crecimiento en los años recientes, alcanzando una potencia de 298 MW hacia 2019 (Figura 4), su participación del 1,44 % en la matriz energética hacia 2017 es aún baja (Figura 3).

Figura 4. Capacidad Instalada de bioenergías en Argentina.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de International Renewable Energy Agency.

Por último, a pesar del crecimiento del sector, del impulso regulatorio y de varios programas nacionales y provinciales que incentivan el desarrollo de la bioenergía, no existe al día de hoy una evaluación global sobre el impacto neto del desarrollo de este sector que hayan sido llevados a cabo. La disponibilidad de diversas fuentes de energías renovables tradicionales y no tradicionales, de recursos no renovables convencionales y no convencionales, las distorsiones sectoriales que afectan decisiones de largo plazo y el deseo de cumplir con metas de reducción de emisiones de GEI, hacen que la estimación del beneficio social neto bajo configuraciones alternativas de la matriz energética sea necesaria. Los resultados proveerán sugerencias de políticas públicas sectoriales y su impacto macroeconómico.

### 2.3. La bioenergía en Misiones

A partir de información obtenida del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina y de los informes WISDOM provinciales 2015-2018, se elaboró un mapa de balance de biomasa nacional por radio censal (Figura 5) y el Cuadro 1 de balance de biomasa por provincia. Luego, a partir del informe técnico de Fidalgo y Ramos (2018) que estima la Demanda de Biomasa para Argentina

en 2016, se elaboró el Cuadro 2 de demanda de biomasa forestal por provincia.

De los balances del Cuadro 1 se aprecia que Misiones es una de las provincias con mayor excedente de recursos biomásicos de la muestra y del Cuadro 2 se desprende que Misiones es el mayor demandante de biomasa de origen forestal, representando un 42 % del total nacional. Por lo tanto, es la provincia en la cual se centrará el análisis del presente trabajo.

A su vez, a partir de la información de Demanda de recursos biomásicos de Fidalgo y Ramos (2018), se observa en el Cuadro 3 la importancia que representa la biomasa de origen forestal en el total demandado de Misiones. Al mismo tiempo, la mayor parte de las plantaciones forestales del país (aproximadamente el 70 % de los bosques cultivados) se ubican en las provincias del nordeste argentino, de lo cual se desprende que el mayor potencial se encuentra en la generación de energía por biomasa de origen forestal. La misma ofrece una salida para el follaje excesivo que se acumula en el bosque y los grandes volúmenes de aserrín en los aserraderos, disminuyendo así la emisión de GEI a la atmósfera, el riesgo de incendios, la acidificación del suelo debido a la remoción de nitrógeno y la contaminación de napas de agua subterráneas (Casar, 2014; Groscurth et al., 1999).

**Cuadro 1.** Balance de Biomasa por Provincia

PROVINCIA	BALANCE DE BIOMASA*	OFERTA*	DEMANDA*
Salta	4.529.788	5.330.492	800.704
Misiones	3.940.068	9.635.555	5.694.778
Santa Fe	3.728.085	3.971.423	243.338
Chaco	3.411.45	3.988.547	577.095
Buenos Aires	2.428.815	2.447.869	19.055
Corrientes	2.214.137	2.531.057	316.920
Tucumán	1.515.92	5.362.487	3.846.559
Entre Ríos	1.413.89	1.604.554	190.659
Mendoza	1.378.464	1.395.815	17.351
La Pampa	1.145.629	1.150.742	5.113
Córdoba	848.364	1.017.183	168.818

\*(tn/año). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Agricultura

**Cuadro 2.** Demanda de Biomasa Forestal por Provincia (2016)

PROVINCIA	DEMANDA*
Misiones	2.335.130
Chaco	645.957
Santiago del Estero	545.926
Salta	269.488
Jujuy	244.809
Córdoba	240.367
Corrientes	208.653
Buenos Aires	199.552
Santa Fe	158.374
Entre Ríos	105.519
Catamarca	102.314
Formosa	92.294
Tucumán	73.239
Mendoza	45.261
Río Negro	42.581
Chubut	34.799
Neuquén	25.515
CABA	23.936
San Juan	21.642
La Rioja	15.024
San Luis	13.886
Santa Cruz	12.442
La Pampa	7.599
Tierra de Fuego	3.437

\* (tn/año). Fuente: Elaboración propia a partir de Fidalgo y Ramos (2018)

En el caso de la provincia de Misiones, se estima que el 90% del consumo de energía proviene de fuentes hidroeléctricas, y que en 25 años demandaría la totalidad de la energía producida por la represa hidroeléctrica Yaciretá. Es por ello que la provincia busca duplicar su matriz energética en los próximos 10 años a partir de distintas fuentes de

**Cuadro 3.** Demanda por tipo de biomasa en Misiones

TIPO DE BIOMASA	DEMANDA (TN/AÑO)
Agrícola	19.500
Forestal	2.335.130
<b>Total</b>	<b>2.354.630</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de Fidalgo y Ramos (2018)

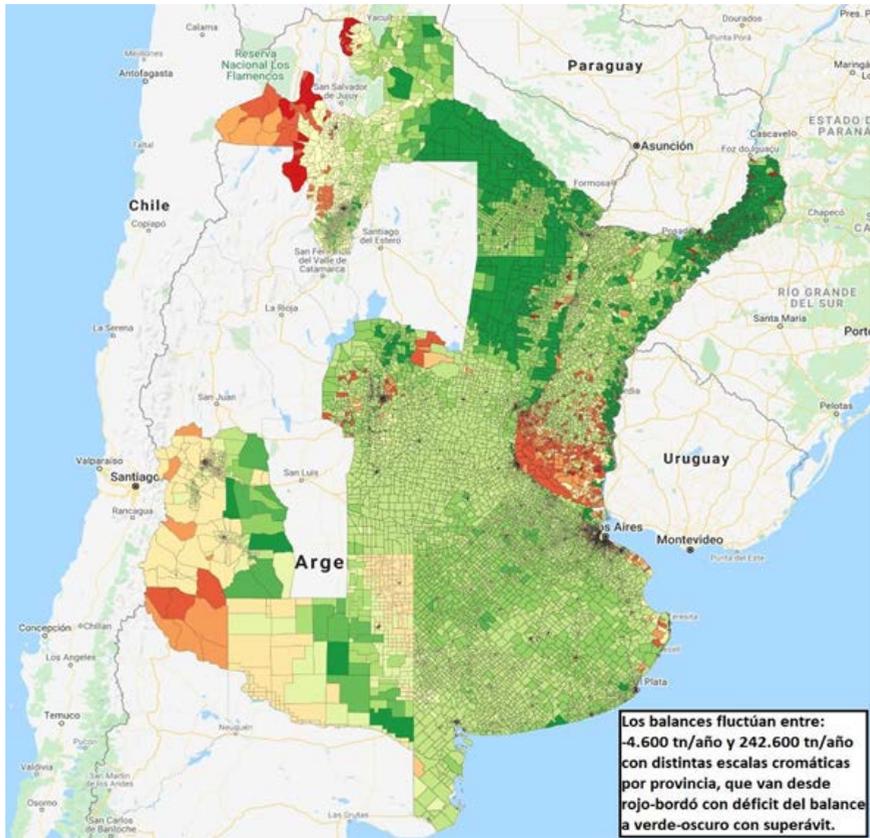
generación, basados esencialmente en el aprovechamiento de la biomasa forestal y orgánica.<sup>6</sup>

Es auspicioso al evaluar el caso de Misiones, tener en cuenta las conclusiones que se desprenden de análisis de algunos casos similares correspondientes al sector de bioenergía. Por un lado, los resultados del trabajo de Tourkolias y Mirasgedis (2011) arrojan que si bien todas las energías renovables analizadas tienen implicancias significativas en términos de empleo, el caso de biomasa es el que presenta los mayores efectos laborales en la fase de operación y mantenimiento comparados con su construcción, principalmente a causa de gastos considerables para su recolección y transporte. Como mencionan Henriques, Coelho, y Cassidy (2016), los trabajos creados en las fases de construcción e instalación son temporales en contraste a los trabajos en operación y mantenimiento que suelen ser más permanentes.

Por otro lado, el trabajo de Groscurth et al. (1999) concluye que de los casos analizados de uso energético de biomasa, los dos casos que presentan menores costos de producción que su contraparte de combustibles fósiles se tratan de aquellos que utilizan residuos forestales y residuos de aserraderos como materia prima para cogeneración. Sugiriendo entonces un potencial energético en los residuos forestales de Misiones.

(6) <https://misionesonline.net/2016/06/07/misiones-busca-duplicar-la-matriz-energetica-en-los-proximos-diez-anos/>

Figura 5. Balance de Biomasa Nacional por radio censal



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca e informes WISDOM provinciales confeccionados entre 2015 y 2018.

Si bien, la generación de energía permitiría un aprovechamiento integral de la materia prima forestal, usando para energía las cortezas, astillas y aserrines, al no existir en todos los casos la infraestructura necesaria para dicho procesamiento, gran parte de las materias primas del proceso se consideran desechos.

En este sentido, la provincia de Misiones promulgó la Ley XVI-106<sup>7</sup> de “Marco Regulatorio de

los Recursos Dendroenergéticos Renovables en el ámbito de la Provincia de Misiones”, con el objetivo del mejoramiento en las agroindustrias de la eficiencia energética en los procesos del uso y manejo de leña renovable y otros productos de biomasa forestal. Adicionalmente, la Ley XVI-104<sup>8</sup> establece normativas para el funcionamiento e instalación de todo generador de vapor en la provincia, su posterior sometimiento a pruebas e inspecciones, además de

(7) <https://agro.misiones.gov.ar/wp-content/uploads/2018/06/Ley-XVI-N%C2%BA-106-Marco-Regulatorio-de-los-Recursos-Dendroenergeticos-Renovables.pdf>

(8) <http://www.digestomisiones.gov.ar/uploads/documentos/leyes/LEY%20XVI%20-%20N%20104.pdf>

la creación del Registro de Generadores de Vapor, donde deben inscribirse las calderas, generadores y motores a vapor y sus propietarios o poseedores. No menos importantes son la Ley XVI-97<sup>9</sup> de “Marco Regulatorio y promoción para la Investigación, Desarrollo y uso sustentable de fuentes de energías renovables no convencionales, biocombustibles e hidrógeno” y la Ley XVI-118 de Balance Neto<sup>10</sup> sancionada en el 2016.

La demanda de biomasa para la generación de energía en la provincia de Misiones está constituida principalmente por empresas de celulosa, aserraderos, secaderos de yerba mate y té, hornos de carbón y la producción de leña. Son 207 empresas, según el Ministerio de Industria de Misiones, las que cuentan con proyectos de generación de energía a partir de biomasa. Estas pueden dividirse en cuatro grandes grupos. En primer lugar, empresas que producen energía eléctrica con biomasa forestal, las cuales tienen como objetivo la cogeneración para autoconsumo. En segundo lugar, se encuentran las industrias forestales que utilizan los residuos de la madera para generar energía térmica a utilizar en procesos de secado de madera. A su vez, las industrias de yerba mate y té también producen energía térmica para sus procesos de secado. En cuarto lugar se encuentran las almidoneras que generan energía a partir de biodigestores (Romero y Shwarz, 2019). El aprovechamiento de la biomasa para la generación de energía aumenta la rentabilidad de dichas empresas, ya que agregan otro producto adicional al de la producción principal.

Como indica el Cuadro 3, gran parte de la demanda de biomasa se relaciona con el sector foresto industrial como principal demandante, lo cual hace que la mayor demanda se genere en los departamentos de Iguazú, Montecarlo, San Martín y Eldorado. Además, este sector (incluye papeleras, generadoras de energía, secaderos de madera y

carboneras), consume más del 80 % de la biomasa total demandada. La zona de la provincia que comprende los departamentos de Caingua, Oberá, L. N. Alem, Apóstoles y otros de la misma zona, tienen una alta demanda en relación a la cantidad de biomasa real existente actualmente en la zona. Es decir, las principales industrias de la región, yerbatera, tealera y otras, carecen de disponibilidad de biomasa. Parte de la carencia es cubierta con biomasa proveniente de la provincia de Corrientes (Martarena et al., 2019).

En base a lo analizado por Martarena et al. (2019), entre los cultivos que más aportan para la obtención de biomasa se destacó el cultivo forestal, tanto por la superficie cultivada, como por la cantidad de biomasa que es capaz aportar, en forma directa e indirecta. Por otro lado, un segundo cultivo identificado, dado la superficie que abarca en el ámbito provincial fue la yerba mate, mientras que en tercer lugar, con menor importancia en cuanto a superficie, se encuentran las plantaciones de té. Asimismo, los cultivos de mandioca, caña de azúcar, cítricos, tabaco y el arbolado urbano han sido identificados como posibles aportantes de biomasa con posibilidades de ser incorporada a la generación de energía.

Martarena et al. (2019) concluyen que entre los cultivos, el mayor *oferente potencial* de biomasa como oferta directa es el cultivo forestal, el cual ocupa el 14 % de la superficie total de la provincia; los departamentos Iguazú, El Dorado y Montecarlo aportan la mayor cantidad de biomasa potencial; el total de aporte potencial de las plantaciones se corresponde con el 65 % de la biomasa proveniente de oferta total de la provincia de Misiones mientras que los restantes cultivos tienen una participación dispar en la oferta directa de biomasa destacándose el cultivo de té. Con respecto a la oferta indirecta deriva del aporte de biomasa generado en el

(9) <https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/produccionessostenibles/legislacion/provincial/archivos//000005-Legislaci%C3%B3n%20Ambiental%20General/000014-Misiones/004439-ley%204439%20fuentes%20energia%20renovable.pdf>

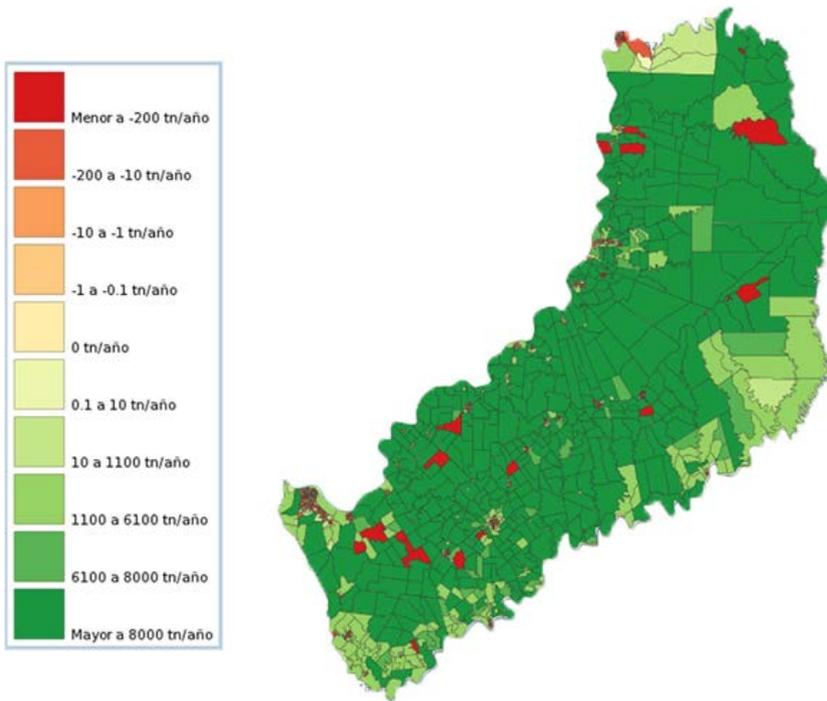
(10) <http://www.digestomisiones.gob.ar/uploads/documentos/leyes/Ley%20XVI%20-%20N%20118.pdf>

sector foresto industrial, tanto de madera de bosque nativo como de plantaciones; constituyendo el aporte del presente sector el 95 % del aporte potencial de biomasa en forma indirecta de la provincia de Misiones.

Teniendo en cuenta las observaciones en cuanto a la demanda y oferta de biomasa y con información de los informes WISDOM, se elaboró el mapa de

balance de biomasa por radio censal para Misiones de la Figura 6. En el mismo, si bien se observa a simple vista un claro superávit provincial (principalmente en áreas rurales), se presentan balances negativos en las cercanías a los grandes consumidores (papeleras y generadoras de energía), como así también en zonas con gran cantidad de secaderos de yerba y té.

Figura 6. Balance de biomasa Misiones por radio censal



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

Adicionalmente, el sector forestal es un gran consumidor debido a las grandes industrias como las pape-leras, los aserraderos y los secaderos de madera. Sin embargo, el propio sector abastece gran parte de la energía eléctrica consumida, gracias a que cuenta con cinco generadores de energía eléctrica, cuya materia prima para su funcionamiento es la misma materia prima que provee el sector forestal.

En suma, teniendo en cuenta el potencial de Misiones, es que la generación de energía renovable a partir de biomasa se plantea como una alternativa sustentable a las fuentes tradicionales de energía, además de contribuir con beneficios ambientales y la estimulación del empleo y crecimiento en la región.

### 3. Bioenergía y abordajes desde modelos Insumo-Producto: un estado del arte

El estímulo de la energía verde basada en biocombustible y biomasa ha recibido considerable atención últimamente. Sin embargo, la medición del impacto sobre la economía en términos de producción y generación de empleo sigue siendo un desafío, debido a la falta de información de oferta y demanda de los bioenergéticos.

De acuerdo con Harsdorff y Philips (2013) se pueden dividir las aproximaciones metodológicas en cuatro categorías: 1) Inventarios y encuestas, que dan una medición directa del desempeño del sector bioenergético; 2) Factores de empleo, que permiten estimar el empleo total a partir del número de empleos por unidad de producción para cada tipo de tecnología; 3) Análisis de insumo-producto (I-O por sus siglas en inglés) basado en matrices de contabilidad social, que a partir de la medición directa por alguno de los métodos anteriores hace posible estimar el efecto indirecto/inducido que se genera en otras ramas de la economía y 4) Modelos de equilibrio general computado, que permiten medir los impactos de un sector sobre una economía pero con mayor flexibilidad para modelar las funciones de demanda y producción y las condiciones de equilibrio de los mercados.

Dado el propósito de este trabajo y la necesidad de construir la información matricial relevante, se procederá a utilizar modelos I-O aplicados a la bioenergía.

A continuación, se discuten algunos trabajos comenzando por aquellos que se valen de modelos I-O para estimar impactos del sector de bioenergías sobre el nivel de empleo y producción y luego comentando otras variantes para estudios regionales.

El principal interés en la literatura revisada es cuantificar los efectos de empleo de la introducción de bioenergías en distintos países. En esta línea, Sooriyaarachchi, Tsai, El Khatib, Farid, y Mezher (2015) realizan una revisión de la potencialidad de creación de empleos asociada a distintas fuentes

de energías renovables. Comentan las diferentes aproximaciones metodológicas para la estimación de los efectos de creación de empleo, siendo las dos principales el uso de modelos I-O y el método de factores de empleo, descritos anteriormente. Destacan que el último método, a diferencia del análisis I-O, sólo captura los impactos de empleo directos (empleo bruto) y no da cuenta de efectos netos, es decir, cubre tanto efectos negativos como positivos considerando los nuevos empleos creados y los empleos perdidos. Por último, analizan casos de oportunidades de creación de empleo en Alemania, España, Estados Unidos y regiones de Oriente Medio. Asimismo, Meyer, Sommer, et al. (2014) realizan una revisión de veintitrés estudios de despliegue de energías renovables que aplican diferentes metodologías, mostrando que los impactos de empleo por tipo de tecnología difieren aunque los efectos netos son positivos.

Por su parte, Lehr et al. (2008) continúan el trabajo de Staiß, Kratzat, Nitsch, Edler, y Lutz (2006) que integra diez tecnologías de energía renovable como vectores de producción en la matriz insumo-producto (MIP) de Alemania. Este trabajo está basado en una encuesta sistemática a las empresas sobre su estructura de insumos y el destino de las ventas, a fines de medir el impacto de la expansión de bioenergías en el mercado de trabajo alemán.

Entre otros estudios que utilizan técnicas I-O para medir los efectos en términos de empleo y producción se encuentra Lester, Little, y Jolley (2015) que mide el impacto de tres usos alternativos de la biomasa: generación de electricidad, producción de pellets de madera y la producción de biocombustibles, utilizando escenarios de producción y construcción de plantas seleccionadas. Por otra parte, Breitschopf, Nathani, y Resch (2011) encuentra que la sustitución de energía convencional por renovable puede hacer que el impacto neto sobre el empleo y la producción se vuelva negativo.

Ante la ausencia del sector de bioenergías en las MIP nacionales, se observan en la literatura distintos abordajes metodológicos para su estima-

ción e inclusión en modelos I-O. Tanto Henriques et al. (2016) como Tourkolias y Mirasgedis (2011), ambos realizan una estimación de las estructuras de costos de los sectores de energías renovables para incluirlos en las MIP, mediante la desagregación de los costos asociados al desarrollo y operación de las tecnologías de energías renovables. Luego, Henriques et al. (2016) analizan programas de gobierno en energías renovables (incluyendo biomasa) y sus impactos en términos de empleo en Portugal, mientras que Tourkolias y Mirasgedis (2011) estiman los efectos laborales de la utilización de distintas energías renovables (eólica, solar, hidroeléctrica, geotérmica y biomasa) en Grecia, utilizando la metodología de *costo de oportunidad del trabajo* y el enfoque del *gasto público* para valorar económicamente de los beneficios laborales.

Por otro lado, Baer et al. (2015) contactan mediante encuestas a expertos de plantas de cogeneración a base de gas y a base de biomasa y junto con estimaciones de la literatura llegan a identificar los sectores industriales relevantes y su participación en los costos de construcción e instalación. Seguidamente, analizan el impacto en la generación de empleos (directa, indirecta e inducida) de la cogeneración industrial en Estados Unidos mediante créditos fiscales de inversión, utilizando modelos I-O y simulando diferentes escenarios de políticas, precios y tecnologías.

Para sortear la falta de información de energías renovables en las cuentas nacionales de Estados Unidos, Garrett-Peltier (2017) utiliza el método al que se refiere como *“industria sintética”*, tratando al sector como un shock de demanda. Del mismo modo, Lechón, de la Ruá, Rodríguez, y Caldés (2019) al evaluar impactos socio-económicos asociados al impulso al sector de biocombustibles en Uruguay, para incluir en el análisis el sector de bioenergías no contemplado en la MIP, consideran la actividad como una demanda exógena, ignorando la distribución de los biocombustibles entre actividades y los efectos en la estructura productiva de otros sectores. Al igual que Tourkolias y Mirasgedis

(2011), realizan un análisis costo-beneficio social valuando en términos económicos la generación de empleos, considerando el *enfoque del gasto público*, y estiman también impactos sobre la producción y el valor agregado.

En cuanto a estudios que miden el impacto medioambiental, Groscurth et al. (1999) realizan un análisis del desempeño económico y ambiental del uso de biomasa para la producción de energía para distintas plantas existentes en la Unión Europea mediante un análisis I-O. Se desprende que el uso de biocombustibles tiene significativas ventajas medioambientales con respecto a los combustibles de origen fósil, siendo la mitigación del impacto climático el principal incentivo a la utilización de biocombustibles. Sin embargo, destacan que pocas tecnologías son económicamente competitivas bajo las condiciones existentes al momento del estudio. Los impactos en términos de empleo si bien son positivos, estos son pequeños. Sostienen también que sería deseable una medición de las externalidades negativas asociadas a esta fuente de energía. Finalmente, aconsejan deseable aplicar el concepto de *“fuerte sostenibilidad”* sugerido por Daly (1996), en el cual el daño al medioambiente no debe verse compensado por beneficios económicos, sino que este debe limitarse independientemente.

Asimismo, se encuentran aplicaciones a diversos países. Por ejemplo, Alarcon, Ernst, et al. (2017) estudian la generación de *empleos verdes* en Indonesia; Malik, Lenzen, Ely, y Dietzenbacher (2014) miden el impacto económico y de empleo de la introducción de la industria de biocombustibles en Australia, concluyendo un efecto positivo sobre el empleo; Markaki et al. (2013) analizan el impacto en términos de producción y empleo de inversiones en energías renovables en Grecia para el período 2010-2020 y Simas y Pacca (2014) aplican un modelo I-O para estimar la generación de empleo directo e indirecto de energías eólicas en Brasil.

Con respecto a las variantes de los modelos I-O a nivel nacional, hay otros estudios que utilizan modelos I-O regionales y multi-regionales. Los

autores de la Ruá y Lechón (2016), realizan un análisis MRIO (Insumo-Producto Multi-Regional) para evaluar mejoras en tecnologías de la cadena de suministro de biomasa en Aiserey, Francia. Evaluán los impactos socio-económicos en términos de actividad económica, valor agregado y creación de empleo de cambios en la demanda de biomasa proveniente de miscanthus para el caso de dos plantas existentes. Este enfoque permite identificar qué efectos ocurren dentro de Francia, otros países europeos y el resto del mundo. La ventaja del análisis MRIO es que permite identificar las regiones donde se perciben efectos y también los sectores de actividad a los que corresponden.

De igual manera, Lehtonen y Okkonen (2016) utilizan un modelo I-O regional en Pielinen Karelia, Finlandia, para analizar impactos socio-económicos de estrategias de desarrollo local de bioenergías (biochar), resultando una solución adecuada para el desarrollo regional. Los autores concluyen que en regiones periféricas el uso intensivo de recursos locales, junto con nuevas tecnologías pueden dar lugar a crecimiento y diversificar la estructura económica.

Entre otras aplicaciones regionales se puede mencionar a Ardent, Beccali, y Cellura (2009) que usan modelos I-O para estudiar el impacto de la energía y el medio ambiente en la región de Sicilia. Utilizan una matriz híbrida y realizan análisis de sensibilidad debido a la incertidumbre de la información utilizada para obtener los coeficientes I-O. Pollin, Garrett-Peltier, et al. (2009) evalúan programas de inversión de energías renovables en Ontario con modelos I-O. Para ello, diseñan escenarios con aumento de inversiones en nuevas plantas y estiman el efecto neto de empleo tomando en cuenta la sustitución de energías contaminantes.

En suma, si bien hay un número creciente de estudios a nivel mundial que buscan investigar las implicancias económicas de invertir en bioenergías a nivel nacional y regional, para el caso argentino, a excepción del trabajo de Romero (2018), no se encuentran análisis cuantitativos mediante

modelos I-O que midan el impacto del despliegue de este tipo de tecnologías de energías limpias. Es por ello que se pretende mediante este trabajo, lograr una aproximación para estudiar el caso de la provincia de Misiones mediante un modelo I-O regional, sorteando la falta de información tanto en las cuentas nacionales como de la provincia respecto a energías a partir de biomasa. Luego, se simularán distintos escenarios a fin de cuantificar los efectos en términos de empleo y producción provincial, poniendo especial atención en medir los impactos diferenciales producto de la importación o manufactura local de la maquinaria y equipos necesarios. Tanto la metodología aplicada en el presente trabajo, como también parte de las conclusiones que del mismo se desprendan, podrán extrapolarse para analizar el impacto del desarrollo de bioenergías en otras provincias o a nivel nacional.

## 4. Metodología

### 4.1. Modelo Insumo-Producto Regional

En este trabajo, el análisis insumo-producto (I-O) es utilizado como metodología para estimar los efectos que el sector de bioenergía tendrá en términos de producción, valor agregado y creación de empleo en los sectores de la economía. El propósito del marco analítico de los modelos insumo-producto es analizar la interdependencia de industrias en una economía, permitiendo evaluar los efectos de un proyecto o una política sobre variables socioeconómicas puntuales.

Una matriz insumo-producto (MIP), registra las transacciones entre sectores productivos tanto de bienes para la demanda final como bienes de consumo intermedio, pudiéndose plasmar la diversidad y estructura productiva del país o región. La misma nos permite interrelacionar los diversos sectores productivos y cuantificar los impactos directos e indirectos sobre el empleo y la producción tanto de un incremento de la demanda final como de la demanda intermedia (Figura 7).

La información básica utilizada en este tipo de modelos consiste en los flujos de productos (medidos en términos monetarios) de cada sector industrial, en su carácter de productor, hacia el resto de los sectores y él mismo, en su carácter de consumidores. Esta información es contenida en una *tabla de transacciones interindustriales*, donde las filas describen la distribución del producto en toda la economía, mientras que las columnas describen

la composición de los insumos utilizados en la producción de un sector particular. De esta tabla se desprende la *matriz de coeficientes técnicos*, obteniéndose los componentes de la misma como el ratio del insumo *i* en el producto *j* (participación del insumo *i* en el producto *j*):

$$\alpha_{ij} = \frac{Z_{ij}}{x_j} = \frac{\text{valor del insumo } i}{\text{valor del producto } j} \tag{1}$$

Figura 7. Matriz Insumo-Producto

		PRODUCTORES COMO CONSUMIDORES								DEMANDA FINAL			
		Agric.	Minería	Const.	Manuf.	Com.	Transp.	Serv.	Otras	Gastos de Consumo Personal	Inversión Privada Interna Bruta	Gastos del Gobierno	Exportaciones Netas de Bienes y Servicios
PRODUCTORES	Agricultura												
	Minería												
	Construction												
	Manufacturas												
	Comercio												
	Transporte												
	Servicios												
	Otras industrias												
VALOR AGREGADO	Empleados	Compensación de los empleados								PRODUCTO INTERNO BRUTO			
	Capital y dueños de empresas	Ganancias y asignaciones de consumo de capital											
	Gobierno	Impuestos comerciales indirectos											

Fuente: Elaboración propia a partir de Miller y Blair (2009)

A esta tabla se le adicionan las columnas de *Demanda Final* que registran las ventas de cada sector a mercados finales, para usarlos como tales y no como insumos en procesos industriales, como son compras del gobierno o para consumo final. Por último, las filas adicionales de *Valor Agregado* registran otros insumos a la producción no industriales, tales como trabajo o depreciación de capital (Miller y Blair, 2009).

Este tipo de modelos permite realizar un *análisis del impacto* de cambios exógenos en el nivel de producción sectorial cuando los cambios ocurren en el corto plazo e involucran un número pequeño de agentes. Mientras que cuando los cambios exógenos son más amplios y ocurren en el largo

plazo, se trata de un ejercicio de *predicción* en el cual se proyectan los niveles de demandas finales y su impacto en la producción. Cabe destacar que la precisión de la predicción disminuye a medida que el período de predicción es mayor, por variabilidad en las demandas finales estimadas y también porque la matriz de coeficientes inicial puede quedar desactualizada.

Por último, hay que tener en cuenta los supuestos y limitaciones que conlleva esta metodología. El supuesto de la proporcionalidad implica que un cambio en el producto de una industria conllevará un cambio proporcional en las cantidades de insumos necesarios. Esto es porque los coeficientes técnicos

capturan proporciones fijas entre el producto y los insumos de un sector, dando lugar a retornos constantes a escala. Otro supuesto importante es el de homogeneidad, mediante el cual cada sector produce un único producto, con una única estructura de insumos y sin sustitución entre productos de distintos sectores (Tourkolias y Mirasgedis, 2011).

En este trabajo se toma un modelo cerrado en el cual el ingreso y el gasto de los hogares se torna endógeno, incluyendo a los hogares como un sector más. Por lo tanto, un aumento del ingreso de los hogares, producto de un aumento en la producción, genera una demanda adicional de mayor consumo. Este tipo de modelos presentan efectos directos, indirectos e inducidos como resultado de cambios exógenos.

#### 4.2. Multiplicadores de empleo y producción

Un modelo I-0 en notación matricial tiene la siguiente estructura:  $x = Ax + y$  (2), donde A es la matriz de coeficientes técnicos, y es un vector de demanda final y x es un vector de producción correspondiente a cada sector.

La ecuación anterior puede reorganizarse en la siguiente expresión:  $x = (I - A)^{-1} \cdot y$  (3), donde  $(I - A)^{-1}$  es la matriz inversa de Leontief y cada elemento de ella indica los requerimientos directos e indirectos de producción necesarios para satisfacer la demanda final. A su vez, a esta matriz se la conoce como matriz de multiplicadores, pues mide la respuesta en la producción total frente a cambios en la demanda final.

La noción del multiplicador es capturar la diferencia entre el efecto inicial de un cambio exógeno y los efectos totales de dicho cambio. Los efectos totales incluyen los efectos directos e indirectos en los modelos abiertos respecto a los hogares (*multiplicadores simples o tipo I*) y agregan los efectos inducidos en los modelos cerrados (*multiplicadores totales o tipo II*).

Los *efectos directos* miden la respuesta para una industria en particular a cambios en la demanda final de la misma industria. Los *efectos indirectos* representan la respuesta de todas las industrias que

suministran insumos a cambios en la demanda final de una industria específica. Por último, los *efectos inducidos* representan la respuesta de todas las industrias causadas por aumentos en los gastos de los hogares y transferencias interindustriales. Los efectos totales agrupan la suma de efectos directos, indirectos e inducidos (Henriques et al., 2016).

El multiplicador de producto del sector  $j$  es el cambio total de la producción bruta de la economía ocasionado por un cambio inicial en la demanda final del sector  $j$  de \$1. El mismo se calcula sumando los coeficientes de cada columna de la matriz inversa de Leontief.

$$m(o)_j = \sum_{i=1}^n l_{ij} \quad (\text{multiplicador simple}) \quad (4)$$

$$\bar{m}(o)_j = \sum_{i=1}^{n+1} \bar{l}_{ij} \quad (\text{multiplicador total}) \quad (5)$$

Por otro lado, la matriz inversa de Leontief puede utilizarse para obtener los multiplicadores de empleo, que miden el cambio total de empleos como resultado de un cambio inicial en el empleo, producto de cambios en la producción de uno o más sectores (Tourkolias y Mirasgedis, 2011).

La matriz de coeficientes de empleo puede obtenerse cambiando la unidad de medida de las matrices de Leontief, tomando por ejemplo la cantidad de empleados por unidad de producto. Utilizando el vector fila  $h' = [z_{n+1,1}, \dots, z_{n+1,n}]$  como medida de empleados por sector de actividad, se obtiene  $h'_c = h' \cdot \hat{x}^{-1}$  como la fila de coeficientes de insumos de hogares asociado (es decir los coeficientes  $a_{n+1,j} = z_{n+1,j}/x_j$ ). (Miller y Blair, 2009). Luego, se utilizan estos coeficientes para ponderar cada fila de la matriz de Leontief:

$$m(h)_j = \sum_{i=1}^n h_{c,i} l_{ij} \quad (6)$$

(multiplicador de ingreso de hogares simple)

$$\bar{m}(h)_j = \sum_{i=1}^{n+1} h_{c,i} \bar{l}_{ij} \quad (7)$$

(multiplicador de ingreso de hogares total)

Este último es equivalente a:  $\bar{m}(h)_j = \bar{l}_{n+1,j}$  (8)

A partir de los multiplicadores anteriores, pueden construirse los multiplicadores de empleo tipo I y tipo II, con el modelo abierto respecto a los hogares y el modelo cerrado respectivamente. Multiplicadores de empleo de Tipo I: es el ratio de cambios en el empleo directo más indirecto y el cambio de empleo directo:

$$m(h)_j^I = \sum_{i=1}^n \frac{h_{ci} \cdot l_{ij}}{h_{cj}} = \frac{m(h)_j}{h_{cj}} \quad (9)$$

Multiplicadores de empleo de Tipo II: es el ratio de cambios en el empleo directo, indirecto e inducido, y el cambio de empleo directo:

$$\bar{m}(h)_j^2 = \sum_{i=1}^{n+1} \frac{h_{ci} \cdot \bar{l}_{ij}}{h_{cj}} = \frac{\bar{m}(h)_j}{h_{cj}} \quad (10)$$

(Tourkolias y Mirasgedis, 2011)

Figura 8. Tipos de multiplicadores

	EFFECTOS DE PRODUCCIÓN	EFFECTOS DE INGRESO	
Cambio Exógeno	$\Delta f_j = I$	$\Delta f_j = I$	
Efecto Inicial (N) (sectorj)	$\Delta x_j = I$	$\Delta x_j = I$	$\Delta$ remuneración al trabajo en sector $j = a_n + I_j$
Efecto Total (T) en modelo abierto (Directo + Indirecto)	$\sum_{i=1}^n l_{ij}$	$\sum_{i=1}^n a_{n+1,i} l_{ij}$	
Multiplicador Simple (T/N) (modelo abierto)	Multiplicador de producción simple $m(o)_j = \sum_{i=1}^n l_{ij} / \Delta f_j$ $= \sum_{i=1}^n l_{ij}$	Multiplicador de ingreso simple $m(h)_j = \sum_{i=1}^n a_{n+1,i} l_{ij} / \Delta f_j$ $= \sum_{i=1}^n a_{n+1,i} l_{ij}$	Multiplicador de ingreso Tipo I $m(h)_j^I = \sum_{i=1}^n a_{n+1,i} l_{ij} / a_{n+1,j}$ $= m(h)_j / a_{n+1,j}$
Efecto Total (T*) en modelo cerrado (Directo + Indirecto + Inducido)	$\sum_{i=1}^{n+1} \bar{l}_{ij}$	$\sum_{i=1}^{n+1} a_{n+1,i} \bar{l}_{ij}$	
Multiplicador Total (T*/N) (modelo cerrado)	Multiplicador de producción total $\bar{m}(o)_j = \sum_{i=1}^{n+1} \bar{l}_{ij} / \Delta f_j$ $= \sum_{i=1}^{n+1} \bar{l}_{ij}$	Multiplicador de ingreso total $\bar{m}(h)_j = \sum_{i=1}^{n+1} a_{n+1,i} \bar{l}_{ij} / \Delta f_j$ $= \sum_{i=1}^{n+1} a_{n+1,i} \bar{l}_{ij}$ $= \bar{l}_{n+1,j}$	Multiplicador de ingreso Tipo II $\bar{m}(h)_j^{II} = \sum_{i=1}^{n+1} a_{n+1,i} \bar{l}_{ij} / a_{n+1,j}$ $= \bar{m}(h)_j / a_{n+1,j}$ $= l_{n+1,j} / a_{n+1,j}$

Fuente: Elaboración propia a partir de Miller y Blair (2009)

### 4.3 Matriz Insumo–Producto de Misiones

Las fuentes de información para la elaboración de las tablas de insumo–producto de Misiones y las matrices de coeficientes directos, indirectos e inducidos, tomadas del trabajo de Romero (2018), fueron la matriz insumo–producto de Argentina de 1997, el censo económico de 2004, los cuadros de oferta y utilización de 2004, el producto bruto geográfico, el nivel de ocupación por sector de actividad de Misiones del censo 2010, datos de cultivos por provincia del Ministerio de Agroindustria. A estas tablas se le realizaron modificaciones puntuales en el sector de biomasa, mediante encuestas a empresas del sector, a fines de actualizar dichas tablas para que reflejen de forma fiel la realidad productiva y tecnológica del sector.

#### 4.3.1. Estimación de la matriz insumo–producto regional

La transformación inicial de la matriz nacional en una matriz regional para la provincia de Misiones, es decir, el ajuste de los coeficientes técnicos nacionales para representar la estructura productiva regional, fue realizada mediante el uso de coeficientes de localización (*Location Quotients*), una técnica indirecta (Flegg, Mastronardi, y Romero, 2016). La desventaja con respecto a las técnicas directas, basadas principalmente en encuestas e información sectorial, es la falta de precisión, pero por otro lado, no traen aparejados los costos elevados de su construcción, ni un proceso de elaboración extenso.

Los métodos de Location Quotients parten del supuesto que la tecnología en la región es similar a la media del país, lo que permite distinguir en la región entre sectores autosuficientes que carecen de importaciones y otros que no lo son.

Los coeficientes intrarregionales ( $\alpha_{ij}^r$ ) difieren de los coeficientes técnicos nacionales ( $\alpha_{ij}^n$ ), sólo por un factor de participación en el comercio regional ( $lq_{ij}$ ):

$$\begin{cases} \alpha_{ij}^r = lq_{ij} \cdot \alpha_{ij}^n & \text{si } lq_{ij} < 1 \\ \alpha_{ij}^r = \alpha_{ij}^n & \text{si } lq_{ij} \geq 1 \end{cases} \quad (11)$$

Cuando el coeficiente de localización es menor a uno, la participación regional del sector es menor al total país, por lo que el sector es importador de otras regiones y el coeficiente regional es una proporción del coeficiente nacional. Cuando el coeficiente de localización es mayor a uno, la participación del sector en la región es mayor que en el país, por lo que el sector puede ser autosuficiente o exportador en la región y el coeficiente regional coincide con el coeficiente nacional (Mastronardi y Romero, 2012).

El coeficiente de localización simple (SLQ) compara la participación de un sector en la región respecto a la participación nacional, mientras que el coeficiente de localización interindustrial (CILQ) mide la importancia relativa de una industria vendedora respecto a la compradora  $j$  en una región.

$$SLQ_i = \frac{\frac{PBG_{i,r}}{PBG_r}}{\frac{PBI_i}{PBI}} ; \quad CILQ_{ij} = \frac{\frac{PBG_{i,r}}{PBI_i}}{\frac{PBG_{j,r}}{PBI_j}} = \frac{SLQ_i}{SLQ_j} \quad (12)$$

La matriz de coeficientes técnicos de Misiones fue calculada mediante el uso de coeficientes de localización FLQ (*Flegg Location Quotient*) que es una aproximación metodológica superior a los métodos SLQ y CILQ, pues estos últimos sobreestiman la producción regional de algunos sectores y sobreestiman su autosuficiencia. La fórmula FLQ introduce una relación inversa entre el tamaño de la región y la propensión a importar de otras regiones. Está determinada por el coeficiente CILQ y un factor  $\lambda^*$  que pondera el tamaño de la región relativo al país, donde  $\delta$  es un parámetro que relaciona las importaciones interregionales. Cuando  $\delta \rightarrow 1$  mayores serán las importaciones interregionales y cuando  $\delta = 0$ , resulta que  $FLQ_{ij} = CILQ_{ij}$ .

$$FLQ_{ij} = \frac{\frac{PBG_{i,r}}{PBI_i} \cdot \lambda^*}{\frac{PBG_{j,r}}{PBI_j}} \cdot \lambda = CILQ_{ij} \cdot \lambda \quad , \quad \lambda^* = \left[ \log_2 \left( 1 + \frac{PBG_r}{PBI} \right) \right]^\delta, \quad 0 \leq \delta \leq 1 \quad (13)$$

#### 4.3.2. Calibración de la matriz insumo–producto regional

Luego, a la matriz de transacciones regional estimada mediante métodos indirectos, se le añade información de encuestas focalizadas y de expertos sobre las tecnologías, consumos y ventas intermedias del sector productor de biomasa, sin realizar supuestos sobre las tecnologías utilizadas en la provincia, mediante lo que se conoce como *métodos híbridos* o de encuestas parciales.

En este trabajo, con información de parámetros técnicos, puestos de trabajo y estructura de

costos de operación y construcción provistas por Fimaco, la desarrolladora de la planta de la localidad Cerro Azul, y la operadora MM Bioenergía, se desagregó el sector biomasa forestal de la MIP de Romero (2018).

Se realizó un relevamiento de la totalidad de las centrales de generación eléctrica en la provincia de Misiones a fines de estimar la potencia instalada en megavatios (MW) tanto de plantas de biomasa como de otras fuentes (Cuadro 4). La misma se

**Cuadro 4.** Potencia instalada en megavatios (MW) de Misiones

NOMBRE DE CENTRAL	EMPRESA	TIPO DE CENTRAL	POTENCIA (MW)
Bernardo de Irigoyen	EMSA Generación	Térmica	2,1
Comandante Andresito	EMSA Generación	Térmica	2,965
La Tablada	EMSA Generación	Térmica	22,15
Oberá	EMSA Generación	Térmica	12
San Antonio	EMSA Generación	Térmica	2
San Pedro	EMSA Generación	Térmica	2,22
Urugua-í	EMSA Generación	Hidráulica	120
L. N. Alem ENARSA	C.T. Alem - Aggreko	Térmica	15
A.D.Valle ENARSA	C.T. Aristóbulo del Valle - SoEnergy	Térmica	15
Saltito I	Cooperativa 2 de Mayo	Hidráulica	0,64
Saltito II	Cooperativa 2 de Mayo	Hidráulica	0,64
Piñalitos	EMSA Generación	Térmica	0,6
Papelera Alto Paraná	Arauco SA	Térmica - Biomasa	40
Celulosa Alto Paraná	Arauco SA	Térmica - Biomasa	38
Pindó	C.T. Pindó Eco-Energía	Térmica - Biomasa	2
Cerro Azul	MM Bioenergía	Térmica - Biomasa	3
Autoproductores	-	Térmica	45,915
		<b>Potencia Total</b>	<b>324,22 MW</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Secretaría de Energía y CAMMESA

utilizó para calcular el Valor Bruto de Producción (VBP) del sector de biomasa forestal y valiéndose de la estructura de costos proveniente de encuestas a especialistas del sector, poder calcular las compras intermedias y participación de los factores de producción.

Para garantizar que ambos conjuntos de información sean consistentes se utilizan métodos de balanceo de matrices para que la suma de las filas sea igual a la de las columnas. Entre estos, se destacan la técnica RAS y la de entropía cruzada, siendo que en este trabajo se optó por utilizar el primer método para rebalancear la matriz.

La primera, conocida también como técnica de balanceo biproporcional, es un procedimiento iterativo que a partir de dos vectores fila ( $s_j$ ) y columna ( $r_i$ ) (totales de ventas y compras intermedias respectivamente) permite realizar ajustes a los coeficientes técnicos de la matriz inicial ( $a_{ij}$ ) y obtener los coeficientes de la matriz balanceada ( $a_{ij}^*$ ) del siguiente modo:  $a_{ij}^* = r_i \cdot a_{ij} \cdot s_j$  (14) (Mastronardi y Romero, 2012).

El segundo método, busca encontrar una nueva MIP cercana a la matriz inicial minimizando la distancia de entropía cruzada entre ellas, es decir, resolviendo un problema de optimización que minimiza la distancia entre la matriz inicial y otras matrices calculadas que incluyen restricciones tecnológicas y/o transaccionales, no necesariamente orlas (vectores). Este método es más flexible que RAS pues permite actualizar datos partiendo de matrices con datos inconsistentes (Mastronardi y Romero, 2012).

En el Anexo, se presentan las matrices de transacciones y de coeficientes técnicos estimadas para Misiones en los Cuadros 16 y 17. A su vez, resolviendo el modelo se obtienen las matrices de coeficientes directos e indirectos (modelo abierto) y de coeficientes directos, indirectos e inducido (modelo cerrado) en los Cuadros 18 y 19.

#### 4.4. Descripción de escenarios de simulación

**Cuadro 5.** Escenarios

ESCENARIO A	ESCENARIO B	ESCENARIO C
Aumento del 15 % de la producción	Aumento de inversiones para duplicación de la capacidad productiva 1) equipamiento producido en Misiones 2) Equipamiento importado	Impacto potencial niveles de producción WISDOM

Fuente: *Elaboración propia*

Mediante el modelo I-O descrito anteriormente se simularán aumentos en la demanda final resultantes de aumentos del consumo final de bioenergía y de inversión en la expansión de la capacidad productiva, evaluando los impactos en los niveles de producción y empleo considerando los efectos directos, indirectos e indirectos mencionados anteriormente. Los escenarios en consideración son los siguientes:

**A) Escenario de aumento del 15 % de la producción. Escenario de sensibilidad.**

La motivación para evaluar este escenario se debe a una posible subestimación de la capacidad instalada de energía a partir de biomasa (Cuadro 4), producto de la escasez y heterogeneidad de las fuentes de información. El propósito es incluir al análisis los posibles casos de autoprodutores que no se encuentran conectados a la red eléctrica provincial y por ello fuera de las estadísticas oficiales de potencia instalada de biomasa de 83 MW. Esto es equivalente a ampliar la capacidad instalada en 12,5 MW incorporando al estudio la producción de plantas que ya se encuentran activas.

**B) Escenario de aumento de las inversiones para la duplicar la capacidad productiva.**

En este segundo escenario se analiza un aumento de inversiones correspondientes a un incremento

de la potencia de generación de energía a partir de biomasa forestal del orden de los 83 MW, de modo de duplicar la capacidad instalada provincial. La estructura de costos para la instalación de plantas utilizada, proviene de encuestas a empresas y expertos del sector y del trabajo de Baer et al. (2015). Se considera un costo de USD 2.500.000 por MW y se valoriza a USD 160 el MWh producido (precio estimado pagado en contratos RenovAr).

Se estudian dos escenarios alternativos:

1. La maquinaria y equipos son producidos localmente en Misiones. Se valorizan los costos de construcción de nuevas plantas y se evalúa el impacto de demanda de bienes y servicios necesarios para su construcción.
2. La maquinaria y equipos son importados del resto del país o del resto del mundo.

**C) Escenario de impacto del potencial biomásico WISDOM.**

En este último escenario se evalúan los efectos relacionados a un aumento de la producción a los niveles estimados en el informe WISDOM para Misiones (Martiarena et al., 2019), considerando los mismos precios y costos de producción e inversión del escenario anterior. Para analizar el impacto se tiene en cuenta la oferta neta total estimada, del orden de 3.940.068 toneladas por año. La misma es suficiente para alimentar una potencia de generación de energía a partir de biomasa adicional de 215 MW.

## 5. Resultados de las simulaciones

### 5.1. Encadenamientos y multiplicadores

En los modelos I-0, un cambio en la producción de un sector tiene dos tipos de efectos sobre los otros sectores de la economía. Por un lado, un aumento de la producción de un sector implica un incremento en las demandas de ese sector como comprador

sobre los sectores cuyos bienes son utilizados como insumo. El término encadenamiento hacia atrás (*backward linkage, BL*) se utiliza para medir la interconexión de un sector en particular con aquellos sectores aguas arriba a los cuales compra insumos. Por otro lado, un aumento de la producción de un sector implica a su vez, que unidades adicionales de sus productos estarán disponibles para que otros sectores utilicen como insumo para su producción, es decir aumenta la oferta del sector hacia sectores que utilizan su producto como insumo. En este caso, se utiliza el término encadenamiento hacia adelante (*forward linkage, FL*) para medir la interconexión de un sector en particular con aquellos sectores aguas abajo a los cuales vende su producción (Miller y Blair, 2009).

Los encadenamientos hacia atrás de cada sector se calculan como la suma de las columnas de la matriz de Leontief, coincidiendo con los multiplicadores de producto mencionados en la Sección 4.2. Mientras que los encadenamientos hacia adelante de cada sector se calculan como la suma de las filas de la matriz de Leontief.

$$BL_j = \sum_{i=1}^n l_{ij} \quad ; \quad FL_i = \sum_{j=1}^n l_{ij} \quad (15)$$

El Cuadro 7 muestra los encadenamientos hacia adelante y hacia atrás estimados en los modelos abierto y cerrado. Del mismo puede observarse que los sectores con mayores encadenamientos hacia atrás o multiplicadores de producción simples (tipo 1), son Alimentos, bebida y Tabaco (1,602), Restaurantes y Hoteles (1,539) y Biomasa forestal (1,491). Considerando los multiplicadores de empleo totales (tipo 2), las ramas con multiplicadores más altos son Adm. pública y educación (3,462), Otras industrias manufactureras (3,068) y Salud y servicios sociales (2,703). Estos sectores cobran mayor importancia en el modelo cerrado pues el coeficiente de empleo, que se torna endógeno, es alto en relación a los coeficientes de insumos.

**Cuadro 6. Clasificación de encadenamientos BL y FL**

		FORWARD LINKAGE	
		Bajo (<1)	Alto (> 1)
<b>Backward Linkage</b>	Bajo (<1)	(I) Independiente	(II) Dependiente de demanda interindustrial
	Alto (>1)	(III) Dependiente de oferta interindustrial	(IV) Dependiente

Fuente: *Elaboración propia a partir de Miller y Blair (2009)***Cuadro 7. Encadenamientos BL y FL por sector de actividad**

SEC.	DESCRIPCIÓN	BL1	FL1	BL2	FL2
s1	Agricultura, silvicultura y pesca	1,188	1,803	1,910	3,158
s2	Yerba Mate	1,161	1,220	1,768	1,685
s3	Explotación de minas y canteras	1,273	1,078	1,646	1,083
s4	Alimentos, bebidas y tabaco	1,602	1,543	2,204	5,708
s5	Textiles y Cueros	1,268	1,041	2,264	1,133
s6	Papel. Madera y ediciones	1,215	1,589	1,693	1,770
s7	Prod. Químicos y Petroquímicos	1,300	1,130	1,773	1,227
s8	Biomasa	1,207	1,180	1,761	1,282
s9	Biomasa forestal	1,491	1,050	1,751	1,056
s10	Minerales no metálicos	1,265	1,053	1,839	1,079
s11	Metales básicos y Prod metálicos	1,257	1,113	2,139	1,132
s12	Maquinaria, equipo y mat. de precisión	1,401	1,051	2,043	1,100
s13	Automotores y eq. de transporte	1,363	1,007	2,166	1,013
s14	Otras industrias manufactureras	1,213	1,052	3,068	1,250
s15	Rep., Mant. e inst. de maq y eq.	1,216	1,020	1,637	1,028
s16	Gener. y distrib. Electricidad	1,084	1,135	1,864	1,203
s17	Prod. y distribución de agua	1,318	1,006	1,988	1,048
s18	Construcción	1,129	1,105	2,187	1,171
s19	Comercio mayorista y minorista	1,093	2,391	2,391	3,671
s20	Restaurantes y hoteles	1,539	1,300	2,133	1,786
s21	Transporte	1,245	1,581	2,375	2,692
s22	Comunicaciones	1,409	1,140	1,873	1,478
s23	Act. Financieras y empresariales	1,185	2,038	1,947	3,902
s24	Adm Pública y educación	1,097	1,009	3,462	1,273
s25	Salud y Servicios Sociales	1,324	1,208	2,703	2,839

Fuente: *Elaboración propia*

Con respecto a los encadenamientos hacia atrás los sectores más beneficiados por un aumento unitario de la demanda final de todos los sectores son Comercio mayorista y minorista (2,391), Act. Financieras y empresariales (2,038) y Agricultura, silvicultura y pesca (1,803) en el modelo abierto, y Alimentos, bebidas y tabaco (5,708), Act. Financieras y empresariales (3,902) y Comercio mayorista y minorista (3,671) en el modelo cerrado. La diferencia entre ambos modelos radica en la participación del consumo de los hogares en el modelo cerrado.

Utilizando la clasificación del Cuadro 6 propuesta en Miller y Blair (2009), se puede caracterizar al nuevo sector de Biomasa forestal como dependiente, pues sus encadenamientos tanto hacia adelante como hacia atrás son mayores a la unidad. Sin embargo, muestra menor dependencia que los otros sectores ya que sus BL y FL se encuentran debajo del promedio de los encadenamientos de la economía.

**Cuadro 8.** Multiplicadores de empleo directos y totales por sector de actividad

SEC.	DESCRIPCIÓN	REQ. DIRECTO	REQUERIMIENTO TOTAL		MULTIPLICADOR EMPLEO	
			TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
s1	Agricultura, silvicultura y pesca	7,548	8,222	9,309	1,089	1,233
s2	Yerba Mate	8,833	9,656	10,571	1,093	1,197
s3	Explotación de minas y canteras	1,331	1,848	2,410	1,388	1,810
s4	Alimentos, bebidas y tabaco	0,746	3,890	4,798	5,214	6,431
s5	Textiles y Cueros	2,846	3,800	5,301	1,336	1,863
s6	Papel. Madera y ediciones	1,850	2,335	3,056	1,262	1,651
s7	Prod. Químicos y Petroquímicos	3,416	4,124	4,838	1,207	1,416
s8	Biomasa	5,646	6,669	7,504	1,181	1,329
s9	Biomasa forestal	0,637	3,124	3,515	4,902	5,515
s10	Minerales no metálicos	1,082	1,599	2,464	1,478	2,278
s11	Metales básicos y Prod metálicos	3,343	3,918	5,247	1,172	1,570
s12	Maquinaria, equipo y mat. de precisión	0,972	1,904	2,870	1,958	2,952
s13	Automotores y eq. de transporte	0,569	1,472	2,682	2,588	4,716
s14	Otras industrias manufactureras	4,568	5,060	7,856	1,108	1,720
s15	Rep., Mant. e inst. de maq y eq.	3,100	3,586	4,220	1,157	1,361
s16	Gener. y distrib. Electricidad	0,806	1,140	2,315	1,415	2,873
s17	Prod. y distribución de agua	4,577	5,276	6,287	1,153	1,374
s18	Construcción	2,615	2,879	4,474	1,101	1,711
s19	Comercio mayorista y minorista	2,169	2,342	4,297	1,080	1,981
s20	Restaurantes y hoteles	3,210	4,560	5,456	1,421	1,699
s21	Transporte	2,885	3,391	5,095	1,175	1,766
s22	Comunicaciones	1,514	2,291	2,991	1,513	1,975
s23	Act. Financieras y empresariales	1,184	1,537	2,684	1,298	2,267
s24	Adm Pública y educación	4,804	5,012	8,577	1,043	1,785
s25	Salud y Servicios Sociales	2,589	3,300	5,379	1,275	2,078

Fuente: *Elaboración propia*

El Cuadro 8 presenta los requerimientos directos y totales por rama de actividad, y sus correspondientes multiplicadores. El requerimiento directo es el número de empleados por valor bruto de producción, mientras que los requerimientos totales indican el número de ocupados totales producto de aumentar la demanda final en una unidad de un determinado sector.

Los sectores con mayor multiplicador de empleo tanto de tipo 1 como de tipo 2 (Sección 4.2) son

Alimentos, bebidas y tabaco, Biomasa forestal y Automotores y eq. de transporte.

Con respecto al sector de Biomasa forestal, el mismo emplea de forma directa a 298 personas. El empleo indirecto asciende a 1161 puestos mientras que el empleo inducido representa 183 puestos. En total, el empleo vinculado al sector de generación de energía mediante biomasa forestal es de 1652 puestos de trabajo (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Estimación del empleo directo, indirecto e inducido de Biomasa forestal

EMPLEO DIRECTO	MULT 1	MULT 2	EMPLEO INDIRECTO	EMPLEO INDUCIDO	EMPLEO TOTAL
298	4,902	5,515	1161	1161	1642

Fuente: Elaboración propia

A su vez, el empleo directo del sector puede ser catalogado como *empleo verde*, por utilizar formas de producción eficientes, de bajo impacto ambiental y por producir energía a partir de recursos renovables. Sin embargo, el empleo indirecto no puede considerarse verde pues incluye actividades heterogéneas con impacto ambiental.

## 5.2. Escenario A: aumento de la producción

En este escenario de sensibilidad se simula un aumento en los niveles de producción de un 15 % debido a una posible subestimación de la capacidad instalada de energía a partir de biomasa de 83 MW. En el Cuadro 10 se muestran los resultados obtenidos.

**Cuadro 10.** Escenario A: aumento del 15% de la producción

ESCENARIO A	$\Delta X$					$\Delta L$				
	DIRECTO	TOTAL 1	TOTAL 2	MULT 1	MULT 2	DIRECTO	TOTAL 1	TOTAL 2	MULT 1	MULT 2
Aumento VBP 15 %	70	104	115	1,49	1,64	45	219	246	4,90	5,52
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>104</b>	<b>115</b>	<b>1,49</b>	<b>1,64</b>	<b>45</b>	<b>219</b>	<b>246</b>	<b>4,90</b>	<b>5,52</b>

$\Delta X$ : incremento en la producción (VBP) en millones de \$ de 2015;  $\Delta L$ : incremento en el empleo; Total 1: impactos directos e indirectos; Total 2: impactos directos, indirectos e inducidos; mult 1 y mult 2: multiplicadores tipo I y tipo II. Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que, en términos de producción, el efecto multiplicador para los modelos abierto y cerrado supera al efecto directo en un 49 % y 64 % respectivamente. Es decir que un aumento de la producción del 15 % del

sector Biomasa forestal genera un impacto directo de 70 millones en el VBP provincial y un impacto indirecto de 34 millones de pesos, mientras que a su vez genera impactos inducidos por 11 millones de pesos.

Con respecto al empleo en Misiones, un shock de producción de tal magnitud genera un total de 219 nuevos puestos directos (45) e indirectos, correspondientes al modelo abierto. En cuanto al modelo cerrado, entre empleos directos, indirectos e inducidos se suman un total de 246 puestos adicionales de empleo. Los mismos se descomponen en 45 puestos directos, 174 indirectos y 27 inducidos.

### 5.3. Escenario B: duplicación de la capacidad productiva

En este segundo escenario se analiza un aumento de inversiones correspondientes a un incremento de la potencia de generación de energía a partir de biomasa forestal del orden de los 83 MW, de forma

de duplicar la capacidad instalada provincial. Al igual que en Tourkolias y Mirasgedis (2011), en este apartado se consideran dos escenarios alternativos. En el escenario base se supone que el equipamiento necesario correspondiente a maquinarias y equipos para el desarrollo de energía basada en biomasa es manufacturado y producido localmente en la provincia de Misiones (Escenario B.1). El escenario alternativo de sensibilidad considera que el equipamiento necesario es importado, ya sea del resto del país o del resto del mundo (Escenario B.2). En este escenario se espera observar una reducción significativa de los efectos en creación de empleo, por lo menos en la etapa de construcción e instalación y no tanto en las fases de operación y mantenimiento.

**Cuadro 11.** Escenario B.1: duplicación de capacidad productiva componentes locales

ESCENARIO B.1	ΔX					ΔL				
	DIRECTO	TOTAL 1	TOTAL 2	MULT 1	MULT 2	DIRECTO	TOTAL 1	TOTAL 2	MULT 1	MULT 2
Aumento Potencia 83 MW	1.923	2.505	3.393	1,30	1,76	3.169	4.483	6.793	1,41	2,14
Producción	985	1.469	1.617	1,49	1,64	628	3.076	3.461	4,90	5,52
<b>Total</b>	<b>2.908</b>	<b>3.973</b>	<b>5.010</b>	<b>1,37</b>	<b>1,72</b>	<b>3.796</b>	<b>7.559</b>	<b>10.254</b>	<b>1,99</b>	<b>2,70</b>

ΔX: incremento en la producción (VBP) en millones de \$ de 2015; ΔL: incremento en el empleo; Total 1: impactos directos e indirectos; Total 2: impactos directos, indirectos e inducidos; mult 1 y mult 2: multiplicadores tipo I y tipo II. Fuente: *Elaboración propia*

Los resultados correspondientes al escenario de inversión con producción provincial en el Cuadro 11 muestran que el efecto multiplicador para los modelos abierto y cerrados supera al efecto directo en un orden del 30 % y 76 % respectivamente. Por lo tanto, una inversión de tal magnitud genera un impacto directo de 1.923 millones de pesos en el VBP de Misiones y un impacto indirecto de 582 millones de pesos, mientras que también genera impactos inducidos en el modelo cerrado de 888 millones de pesos.

En cuanto a la generación de empleo provincial, puede observarse en el modelo abierto una creación de 4.483 nuevos puestos directos (3.169) e indirectos. Por otro lado, en el modelo cerrado se suman 2.310 nuevos empleos inducidos, alcanzando un total de 6.793 puestos creados.

**Cuadro 12.** Escenario B.2: duplicación de capacidad productiva con importaciones

ESCENARIO B.2	$\Delta X$					$\Delta L$				
	DIRECTO	TOTAL 1	TOTAL 2	MULT 1	MULT 2	DIRECTO	TOTAL 1	TOTAL 2	MULT 1	MULT 2
Aumento Potencia 83 MW	846	995	1.484	1,18	1,75	2.121	2.432	3.702	1,15	1,75
Producción	985	1.469	1.617	1,49	1,64	628	3.076	3.461	4,90	5,52
<b>Total</b>	<b>1.831</b>	<b>2.464</b>	<b>3.100</b>	<b>1,35</b>	<b>1,69</b>	<b>2.749</b>	<b>5.508</b>	<b>7.163</b>	<b>2,00</b>	<b>2,61</b>

$\Delta X$ : incremento en la producción (VBP) en millones de \$ de 2015;  $\Delta L$ : incremento en el empleo; Total 1: impactos directos e indirectos; Total 2: impactos directos, indirectos e inducidos; mult 1 y mult 2: multiplicadores tipo I y tipo II. Fuente: *Elaboración propia*

Como era de esperarse, observando los resultados del escenario que considera como importaciones las maquinarias y equipos en el Cuadro 12, tanto los impactos en la producción como en la creación de empleo de la fase de inversión disminuyen considerablemente con respecto al escenario base.

Por un lado, el efecto multiplicador tipo 1 para el modelo abierto pasa de un 30 % a un 18 %, mientras que el multiplicador tipo 2 se mantiene inalterado. La disminución de la producción local de componentes incide en una reducción en el impacto directo del 56 %, pasando a 846 millones de pesos el efecto sobre el VBP provincial. Los impactos indirectos e inducidos se reducen a 149 y 489 millones de pesos respectivamente.

Por otro lado, el multiplicador de empleo tipo 1 para el modelo abierto se redujo notablemente de un 41 % a un 15 %. Lo mismo sucede con el multiplicador tipo 2 pasando de un 114 % a un 75 %. En cuanto a los efectos totales (directos, indirectos e inducidos), se observa una reducción del 46 % respecto al escenario base, siendo ahora la creación total provincial de empleo de 3.702 puestos.

Por último, es importante destacar que la creación de empleo correspondiente a la fase de inversión es temporal, pues finaliza con la terminación de las obras de construcción, dando lugar a los efectos multiplicadores de producción por el período

de vida útil de las plantas. En este caso, tanto en el escenario B.1 y B.2 se plantea un incremento de la potencia en MW de la misma magnitud, por lo tanto, descontando los efectos multiplicadores en la fase de construcción, los correspondientes a la fase de operación serán idénticos para ambos escenarios. Tanto los multiplicadores de producción como los de empleo tipo 1 y tipo 2 coinciden con los del escenario A en el Cuadro 10. En este caso la creación total de empleos relativa a la fase de operación asciende a los 3.461 puestos nuevos, mientras que genera un impacto total en la economía provincial de 1.617 millones de pesos.

#### 5.4. Escenario C: impacto del potencial biomásico WISDOM

En este último escenario se evalúan los efectos relacionados a un aumento potencial de la producción a los niveles estimados en el informe WISDOM para Misiones. Al igual que en la Sección 5.3, se separan los impactos de la inversión en capacidad instalada para aprovechar el excedente de biomasa provincial, del de producción en las nuevas plantas construidas. Durante la fase de construcción predomina el primer efecto de inversión, para luego tomar protagonismo el impacto derivado de la actividad productiva.

**Cuadro 13.** Escenario C: impacto del potencial biomásico WISDOM

ESCENARIO C	ΔX					ΔL				
	DIRECTO	TOTAL 1	TOTAL 2	MULT 1	MULT 2	DIRECTO	TOTAL 1	TOTAL 2	MULT 1	MULT 2
Inversión 215 MW	4.980	6.486	8.786	1,30	1,76	8.204	11.608	17.590	1,41	2,14
Producción	2.550	3.803	4.186	1,49	1,64	1.625	7.965	8.962	4,90	5,52
<b>Total</b>	<b>7.530</b>	<b>10.288</b>	<b>12.972</b>	<b>1,37</b>	<b>1,72</b>	<b>10.274</b>	<b>19.573</b>	<b>26.552</b>	<b>1,91</b>	<b>2,58</b>

ΔX: incremento en la producción (VBP) en millones de \$ de 2015; ΔL: incremento en el empleo; Total 1: impactos directos e indirectos; Total 2: impactos directos, indirectos e inducidos; mult 1 y mult 2: multiplicadores tipo I y tipo II. Fuente: *Elaboración propia*

Como se observa en los resultados del Cuadro 13, del efecto total en la creación de empleo provincial de 26.552 puestos nuevos, el impacto más importante se deriva de la instalación de plantas representando un 66 % de la creación de empleo con 17.590 puestos. Sin embargo, una vez finalizada la fase de construcción e instalación, la creación de puestos que surgen durante la vida útil de las plantas asciende a 8.962 puestos en el modelo cerrado.

Por último, los efectos totales tanto de la fase de instalación como de producción implican un incremento del valor bruto de producción provincial del orden de los 12.872 millones de pesos.

### 5.5. Variante en el cómputo de los empleos directos

Con respecto a los escenarios que contemplan un aumento de la capacidad instalada provincial, al suponer un incremento a través de pequeñas y medianas plantas de hasta 5 MW de potencia, es posible que al estar incorporadas en el sector de biomasa forestal las plantas de Arauco de gran escala y requerimientos de empleo directo mayores, las simulaciones arrojen una creación de empleo directo mayor a la que tomaría lugar y por lo tanto, menores multiplicadores de empleo, en las fases de producción.

La lógica detrás de este supuesto procede de la observación de que es poco probable el establecimiento de nuevas grandes papeleras en la provincia por ser una industria que no esperaríamos un gran

crecimiento, debido a la creciente digitalización y sustitución del papel. Por lo tanto, es razonable dejar fuera del análisis grandes plantas a partir de biomasa del orden de los 40 MW de potencia como las de Arauco.

Por ello, en este apartado se replican las simulaciones de los escenarios B y C descontando los empleos directos de las plantas grandes de Arauco. Como se mencionó en la Sección 5.3, al plantearse el mismo incremento de potencia en los escenarios B.1 y B.2, los efectos multiplicadores de la fase de operación serán los mismos y por lo tanto en esta sección se los engloba dentro del escenario B.

El Cuadro 14 resume los resultados de los Escenarios B y C en la fase de operación, luego de introducir las mencionadas modificaciones. En el mismo se comprueba, como se anticipó, una disminución en la generación de empleo directo y un incremento considerable de los multiplicadores de empleo tanto del modelo abierto como del modelo cerrado en la provincia de Misiones. En ambos escenarios, llama la atención el notable incremento de los multiplicadores de empleo tipo 1 y tipo 2, pasando de 4,9 a 28,44 respecto al primero y de 5,52 a 33,22 respecto al segundo.

En el caso del escenario B, se observa que la generación de empleo directo decrece de 628 nuevos puestos a 88. Sin embargo, como los insumos utilizados tanto antes y después de la modificación son los mismos, la generación de empleo indirecta e inducida se mantiene casi inalterada, con 2.446 y 384 puestos nuevos respectivamente.

**Cuadro 14.** Efectos de empleo escenarios B y C con cambios en el cómputo

	FASE	$\Delta L$				
		DIRECTO	TOTAL 1	TOTAL 2	MULT 1	MULT 2
<b>Escenario B</b>	Producción	88	2.534	2.918	28,84	33,22
<b>Escenario C</b>	Producción	227	6.560	7.557	28,84	33,22

Total 1: impactos directos e indirectos; Total 2: impactos directos, indirectos e inducidos; mult 1 y mult 2: multiplicadores tipo I y tipo II.  
Fuente: *Elaboración propia*

Lo mismo ocurre en el escenario C, donde se aprecia una disminución en el impacto de empleo directo pasando de 1.625 a 227 nuevos puestos. A su vez, como en el escenario B, los empleos indirectos e inducidos no muestran grandes variaciones encontrándose en 6.333 y 997 nuevos empleos respectivamente.

### 5.6. Consideraciones de género

Para concluir esta sección, se analizan los impactos de la generación de empleo en términos de género de los escenarios analizados anteriormente en Misiones. Se desagregan los efectos multiplicadores de empleo por su contribución por género, tanto de los modelos abiertos y cerrados de las fases de inversión e instalación (con componentes locales e importados) y las de producción.

El Cuadro 15 muestra la desagregación del multiplicador de empleo entre hombres y mujeres. Del mismo se desprende que para la fase de producción, el multiplicador tipo 1 de 4,90 se descompone en 4,61 de hombres y 0,29 de mujeres, con una participación del 6 %. Esto significa que por cada empleo directo en la fase de producción de energía a partir de biomasa forestal, se genera un empleo total de 0,29 mujeres y 4,61 hombres. En cuanto al modelo cerrado, la participación del empleo femenino en el total generado asciende a un modesto 9 %, es decir que por cada empleo directo, se generan 0,48 puestos femeninos y 5,04 masculinos.

A su vez, en la variante analizada para la fase de producción, la participación femenina se mantiene constante con un 6 % y 9 % relativo a los modelos abierto y cerrado, sobre multiplicadores de empleo

**Cuadro 15.** Empleo por genero por fase

FASE	ABIERTO			CERRADO		
	MUJERES	VARONES	MULT	MUJERES	VARONES	MULT
Producción	0,29	4,61	4,90	0,48	5,04	5,52
Participación	6 %	94 %	100 %	9 %	91 %	100 %
Producción con modificaciones de empleo	1,74	27,10	28,84	3,07	30,16	33,22
Participación	6 %	94 %	100 %	9 %	91 %	100 %
Inversión con Componentes Locales	0,18	1,23	1,41	0,41	1,74	2,14
Participación	13 %	87 %	100 %	19 %	81 %	100 %
Inversión con Importaciones	0,12	1,02	1,15	0,30	1,44	1,75
Participación	11 %	89 %	100 %	17 %	83 %	100 %

Fuente: *Elaboración propia*

mayores. Por lo tanto, por cada empleo directo se genera un empleo total de 1,74 mujeres en el modelo abierto y se generan 3,07 nuevos puestos femeninos en el modelo cerrado.

En cuanto a los escenarios de inversión, si bien la participación femenina en los nuevos puestos creados sigue siendo baja, puede observarse que la misma crece considerablemente alcanzando un 19 % en el modelo cerrado con componentes fabricados localmente.

## 6. Discusiones

### 6.1. Evaluación de escenarios de simulación

En la sección anterior se evaluaron escenarios de aumento de la producción, debido a una posible subestimación de la capacidad instalada, y de inversiones en nuevas plantas del orden de 83 MW y de 215 MW, este último correspondiente al aprovechamiento de la oferta excedente de biomasa forestal de 3.940.068 toneladas anuales estimada mediante la metodología WISDOM en Martiarena et al. (2019).

En todos los escenarios se observa que los efectos sobre el empleo en la fase de producción, es decir los multiplicadores tipo 1 y tipo 2 de los modelos abierto y cerrado, son elevados debido al bajo nivel de requerimiento directo de empleo.

Con respecto a los escenarios que contemplan un aumento de la capacidad instalada provincial, se evaluó una variante en la cual a los efectos de empleo directo se le descuenta el efecto de grandes plantas (con mayores requerimientos de empleo directo), a modo de evaluar adecuadamente los multiplicadores de empleo y la creación de empleo directo. Como resultado, la creación de empleo directo decreció, por consiguiente, se incrementaron notablemente los multiplicadores de empleo, identificando así una elevada productividad en las pequeñas y medianas plantas.

Por otro lado, como se anticipaba antes de hacer las simulaciones de estos escenarios, tanto los impactos en la producción como en la creación de empleo disminuyen notablemente al considerar como importaciones a las maquinarias y equipos utilizados en las plantas. Por lo tanto, sería aconsejable acompañar cualquier programa gubernamental de fomento de este tipo de energías con un régimen de incentivos por participación de componentes elaborados localmente, de modo de capturar los efectos positivos de aumento de la producción y creación de nuevos puestos de trabajo en la provincia.

Adicionalmente, un programa de fomento de desarrollo de componentes locales es complementario en parte con una agenda de género que busque aumentar la participación femenina en los puestos laborales creados. Si bien el empleo en el sector de biomasa forestal es predominantemente masculino, en el escenario de inversión con componentes locales se alcanza la participación femenina más alta de los escenarios analizados con un 19 % del total de puestos creados (modelo cerrado, Cuadro 15). Aunque dicha participación es baja, la utilización de componentes locales permite aumentar la participación femenina en dicho sector.

Por último, las simulaciones del escenario C permiten evaluar el impacto del aprovechamiento potencial de la oferta de biomasa de la provincia. Los resultados sugieren grandes efectos en la creación de empleo, en particular en la fase de construcción de las plantas, la cual concentra el 66 % los puestos totales con 17.590 empleos nuevos.

Este escenario es un tanto ambicioso pues implica un incremento de la potencia instalada de 215 MW. El mismo representa un aumento del 259 % de la actual potencia instalada de generación a partir de biomasa de 83 MW, estimada en el Cuadro 4. Esto nos indica que la transición hacia energías renovables en la provincia de Misiones está lejos de agotarse y que el proceso se encuentra en etapas muy tempranas de desarrollo con un enorme potencial por delante.

Sin embargo, es necesario considerar el grado de factibilidad de dicho escenario. Si bien queda demostrado el increíble potencial en la generación de energía a partir del uso del excedente de biomasa forestal, su aprovechamiento implica un desembolso de una inversión que asciende a los 4.980 millones de pesos o aproximadamente 540 millones de dólares. Como se mencionó en la Sección 2.1, las plantas de generación a partir de biomasa son relativamente pequeñas dado el carácter atomizado de los desechos forestales que utilizan, limitando la cantidad de material procesable en un establecimiento, lo que impide alcanzar economías de escala similares a otros tipos de energía. Por lo tanto, una inversión centralizada por parte del Estado provincial o nacional no sorteará esta limitación. Es por eso que el fomento de pequeñas y medianas explotaciones dispersas en las cercanías de las fuentes de aprovisionamiento se torna de especial interés si se tiene como objetivo el aprovechamiento del excedente biomásico provincial.

## 6.2. Sugerencias de políticas gubernamentales

En el marco del contexto global y de los acuerdos internacionales mencionados en la Sección 2.2, numerosos países han desarrollado una amplia variedad de políticas y regímenes de incentivos para estimular el desarrollo de energías renovables y limpias, producto del alto costo relativo en comparación con las fuentes de generación de energía tradicionales y los límites al financiamiento.

Las políticas llevadas a cabo combinan metas de participación de las fuentes renovables en la generación eléctrica con objetivos de reducción de emisiones y de eficiencia energética. Estas varían desde subsidios a fuentes renovables de energía, incentivos o créditos para inversión, impuestos sobre los combustibles fósiles o sobre las emisiones de GEI, programas de Investigación y Desarrollo (I+D), entre otras.

En cuanto al caso argentino, como ya se mencionó, se ha promulgado en el año 2015 la Ley 27.191 de fomento a fuentes renovables de energía y se desplegaron tres rondas del Programa RenovAr<sup>11</sup>, un programa de abastecimiento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables que tiene como objetivo generar contratos de abastecimiento en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) de dichas fuentes. En cuanto a las políticas provinciales de Misiones, se puede apreciar un interés en la generación energética a partir de biomasa, basado en la gran disponibilidad de recursos biomásicos, plasmado en las distintas iniciativas para legislar su promoción y marco regulatorio.

Siguiendo esta línea de medidas, es que surgen algunas sugerencias de políticas puntuales para aplicar tanto a nivel nacional como provincial para estimular e incentivar la generación de energía a partir de biomasa.

En primer lugar, la creación de un régimen de financiamiento de este tipo de proyectos es de especial interés, teniendo en cuenta la gran participación de componentes importados de maquinarias y equipos en las plantas de biomasa. El costo aproximado de una planta con 1 MW de potencia ronda los 2,5 millones de dólares. Considerando que estas plantas funcionan a escala pequeña y que son de carácter local, sumado a los recientes desequilibrios macroeconómicos que dificultan el acceso a líneas de crédito en dólares, es que se torna necesario garantizar este tipo de créditos a nivel estatal a pequeñas y medianas empresas.

En segundo lugar, sería deseable complementar lo anterior con una política de subsidios e incentivos, con contratos de fijación de precios de largo plazo por MWh para aumentar el *bark spread*<sup>12</sup> (diferencia entre el precio cobrado por la electricidad producida y el costo de la biomasa necesaria para producir esa electricidad) y la rentabilidad, como fomento para la inversión en este tipo de proyectos.

(11) <http://www.argentina.gob.ar/energia/energia-electrica/renovables/renovar>

(12)  $Bark\ Spread (\$/MWh) = Precio\ de\ Electricidad - [(Precio\ de\ Biomasa) \cdot (Poder\ calorífico)]$

Con respecto a esto último es que las rondas del Programa RenovAr mostraron buenos resultados, tanto al fijar contratos con CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico) sobre el precio de compra del MWh, como por su régimen de incentivos por participación de componentes nacionales, lo que estimula el desarrollo local de las tecnologías de generación eléctrica a partir de biomasa. Al mismo tiempo, estos avances alcanzados podrían ser complementados con programas de I+D en institutos nacionales como el INTA e INTI y mediante una articulación con universidades locales, para alcanzar un porcentaje mayor de participación nacional o para incorporar tecnologías más eficientes.

A su vez, dado el carácter sitio específico de este tipo de energía, alejada de las principales redes de distribución eléctrica, es que el tendido de redes se torna necesario para inyectar y distribuir dicha energía eléctrica a la red, en el marco de la Ley 27.424 de generación distribuida de energía renovable.

Asimismo, una vez instaladas las plantas de biomasa, es necesario asegurar el abastecimiento de dendrocombustibles para su funcionamiento. La atomización de los recursos forestales en la provincia plantea un desafío para lograr este objetivo. Las empresas de generación de electricidad a partir de biomasa tienen la necesidad asegurar su abastecimiento de combustibles biomásicos: los desechos forestales de las industrias madereras y aserraderos. En este sentido la provincia de Misiones promulgó la Ley XVI-106 que prohíbe la producción, comercialización y consumo industrial de leña de bosques nativos y la disposición final a cielo abierto de aserrín, viruta y otros desechos de la industria forestal. Con esta regulación se genera un mercado para los residuos biomásicos que no pueden desecharse a cielo abierto y da lugar a la potencial aparición de empresas que los recolecten, procesen y transporten. Este tercer agente podría conectar a los productores con los usuarios de dicho insumo, asegurando la entrega de volúmenes estables en el mediano y largo plazo.

Finalmente, como ya se mencionó en la Sección 2.3, la provincia de Misiones muestra un gran compromiso con el fomento la energía a partir de biomasa, promulgando a tiempo distintas leyes (ley XVI-104, ley XVI-106, ley XVI-97 y ley de balance neto) para estimular el crecimiento de las inversiones en el sector, a la vez que manifiesta una preocupación por el cuidado y conservación de los recursos naturales y los bosques nativos, para garantizar una sostenibilidad en el tiempo. Es por eso que las políticas provinciales llevadas a cabo van por el buen camino y podrían beneficiarse de un acompañamiento en la misma línea por el gobierno nacional.

## 7. Conclusiones

En este trabajo se ha conseguido transformar la matriz nacional argentina en una matriz regional de la provincia de Misiones mediante el uso de técnicas indirectas de *Location Quotients* para luego estimar y desagregar el sector de Biomasa forestal, ausente en las estadísticas oficiales, valiéndose de parámetros técnicos de plantas en funcionamiento en la provincia. Se vieron demostrados en los resultados de las simulaciones grandes efectos tanto en la producción como en la generación de empleo provincial en todos los escenarios, alcanzando los mayores impactos en aquellos escenarios en los cuales se realizaban inversiones con componentes locales, logrando capturar los efectos positivos dentro de la provincia.

Por otro lado, el escenario más ambicioso de aumento de la capacidad instalada de acuerdo al potencial bionergético estimado en el informe WISDOM para Misiones, arroja resultados muy alentadores en términos de generación de empleo y aumento del VBP provincial. Resulta entonces necesario establecer objetivos de mediano y largo plazo con la finalidad de aprovechar el potencial provincial para la generación de este tipo de bioenergía, estableciendo un marco regulatorio y de

incentivos para el establecimiento de empresas del sector en la provincia permitiendo a su vez, una articulación con institutos y universidades locales a fines de convertir a Misiones en un polo nacional de I+D especializado en el desarrollo de tecnologías bioenergéticas.

Es común al revisar la literatura relativa a modelos I-O aplicados a bioenergías, que se plantee la necesidad de incluir o desagregar dichos sectores en las tablas I-O para analizar con mayor detalle los impactos de este sector en particular. Se han visto distintas metodologías en esta línea a fines de contemplar el sector de bioenergías en el análisis. En los trabajos de Tourkolias y Mirasgedis (2011) y Henriques et al. (2016), los autores incluyen los sectores de bioenergías en las matrices I-O, mediante la desagregación de los costos asociados al desarrollo y operación de dichas tecnologías. Por otro lado, en Lechón et al. (2019) y Garrett-Peltier (2017), para incluir en el análisis al sector de bioenergías, se lo estima como vector de demanda exógena tomando un modelo abierto con respecto al sector de bioenergías, perdiendo los impactos inducidos en otros sectores.

En muchos trabajos, se coincide en la necesidad de contar con tablas I-O actualizadas e incorporar el sector de bioenergías en las futuras construcciones de las matrices. Esto podría realizarse inicialmente mediante la idea de “*Best Practice Firms*” (Miller y Blair, 2009). Al construir las tablas I-O, en lugar de recolectar información de todas las firmas del sector o de una muestra aleatoria de firmas, se procede a tomar datos solo de aquellas empresas de mejores prácticas, las cuales están tecnológicamente más avanzadas. La lógica es que dichas empresas representan la tecnología que estará vigente en el futuro y de esta forma se construyen matrices de coeficientes técnicos que no se desactualizan rápidamente y de forma rápida y con bajos costos.

Otro punto en el cuál suele hacerse énfasis en estos trabajos es en la necesidad de implementar programas de investigación y desarrollo (I+D) a fines de reducir los costos asociados a las tecno-

logías de transformación de biomasa a energía y volverlos económicamente competitivos en comparación a los combustibles fósiles. A su vez, se sugieren incentivos de mercado para apoyar la introducción de estas tecnologías, financiados mediante impuestos a los combustibles fósiles o emisiones de GEI, de forma de internalizar las externalidades negativas.

Si bien el uso de energías basadas en biomasa puede contribuir a crear empleo adicional, el mismo es susceptible a verse afectado debido a mejoras en la eficiencia tecnológica. Es por ello, que la utilización de este tipo de energías no desempeña un rol importante en resolver el problema de desempleo en el largo plazo, pero si tiene el beneficio de retener el empleo en áreas rurales y puede dar lugar a la creación de empleo capacitado y de calidad en I+D (Groscurth et al., 1999). A su vez, los autores Lechón et al. (2019), al estudiar la creación de empleo rural y urbano, consideran al primero de mayor valor social pues permite contrarrestar los flujos migratorios internos.

Entre aquellos trabajos que sugieren ser prudentes frente al avance de este tipo de energías, se encuentra Casar (2014) que expone que aún faltan estudios para evaluar el impacto negativo sobre los recursos naturales, la calidad del suelo, la erosión, la biodiversidad y la contaminación asociadas al desarrollo de este tipo de energías. En esta misma línea, Groscurth et al. (1999) plantean una posible futura competencia por los recursos y el uso de la tierra entre actividades de agricultura y las de obtención de combustibles biomásicos.

Por otra parte, los autores Henriques et al. (2016) cuestionan la necesidad de generar *empleos verdes* sin previamente analizar si su calidad y salarios son superiores a la de los empleos que reemplazan, poniendo el foco en la necesidad de determinar un *impacto cualitativo* sobre el empleo junto con el *impacto cuantitativo* de la utilización de energías renovables. Adicionalmente, una forma de ampliar el foco de los trabajos llevados a cabo en términos de beneficios laborales es evaluar las externali-

dades medioambientales para mejorar el análisis costo-beneficio del bienestar social.

Por último, es lógico pensar que el costo de equipamiento y la intensidad de mano de obra decrece gradualmente en el tiempo debido a economías de escala, desarrollo de mercados globales, learning by doing y mejoras en la eficiencia. Como ya se mencionó, esto último no es debidamente capturado en los modelos I-O, pues suponen coeficientes

técnicos constantes, lo cual plantea una limitación, en especial teniendo en cuenta que estas tecnologías se encuentran en una fase de desarrollo temprano y su eficiencia puede verse notablemente mejorada debido a avances en I+D. Una alternativa para paliar esta limitación es la utilización de modelos dinámicos que incorporen avances tecnológicos, cambios de precios relativos y de patrones de consumo.

## 8. Anexo

Cuadro 16. Matriz de transacciones (millones de ARS corrientes)

MIS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	C PROV	X PROV	DF RESTO	TOTAL	
s1	177,5	70,8	-	2310,5	17,9	123,3	0,3	27,1	121,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	-	-	-	0,2	1,4	116,9	-	-	2,0	5,4	1,4	1663,0	1663,0	335,3	517,5	
s2	-	-	-	1484,0	-	-	-	24,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	4,4	-	-	785,5	228,8
s3	-	-	2,7	2,6	0,3	0,3	0,3	-	18,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	44,0	-	0,9	-	-	7,5	1,3	0,0	3,3	3,3	111,5	194	
s4	111,6	0,1	0,7	940,1	8,9	11,6	5,6	24,6	-	3,2	0,7	2,7	0,3	3,4	0,4	0,0	0,1	2,0	13,6	918,4	3,5	6,4	22,6	60,8	104,8	1191,4	1191,4	-	13,437	
s5	1,6	0,4	0,0	7,3	6,2	1,3	2,8	-	0,3	0,3	0,3	1,0	0,2	1,4	0,0	0,0	0,0	0,3	4,8	3,0	0,9	0,9	3,6	4,3	11,9	250,7	250,7	-	303	
s6	19,9	1,2	2,0	134,5	0,9	1340,5	5,9	16,0	70,1	4,7	3,0	4,6	0,2	44,0	1,1	0,2	0,5	158,4	326,5	13,6	6,8	21,2	152,0	39,6	52,4	159,7	159,7	10373,8	12962	
s7	5,2	3,7	0,3	57,5	2,2	9,8	10,4	0,3	0,2	1,2	1,3	11,8	2,7	7,2	0,2	0,0	0,2	10,8	15,9	5,9	25,7	0,3	11,3	3,8	16,5	180,2	180,2	170,8	553,3	
s8	58,8	161,9	-	164,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	118,4	577
s9	-	-	-	-	-	407,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59,3	467
s10	1,1	-	0,1	21,6	0,0	0,8	1,2	-	5,6	1,0	2,4	0,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	118,6	4,4	0,1	0,1	0,2	25,3	0,8	3,4	41,4	41,4	137,2	367	
s11	0,7	-	0,1	6,8	0,1	2,1	1,5	-	0,6	2,5	20,1	3,9	2,2	0,6	0,0	0,2	0,2	36,3	1,1	0,2	0,8	2,6	4,2	0,6	2,3	32,7	32,7	196,7	319	
s12	0,4	-	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	-	0,1	0,9	9,4	1,5	0,3	0,2	0,3	0,1	0,0	8,8	2,2	0,1	1,0	7,5	4,1	0,8	4,0	135,4	135,4	301,1	480	
s13	0,1	-	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,1	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,7	0,0	2,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	15,7	81,4	103	
s14	0,6	-	0,1	2,7	0,5	2,0	1,0	-	0,3	1,0	1,1	2,0	10,2	0,1	0,1	0,1	0,0	23,7	7,3	2,2	0,3	0,5	11,2	4,4	39,8	559,2	559,2	289,6	960	
s15	1,7	-	0,5	2,4	0,1	1,2	0,5	-	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	1,4	2,0	0,8	9,3	2,4	6,5	4,0	7,2	4,5	4,5	64,7	111	
s16	1,5	-	2,3	34,0	0,5	25,6	3,0	0,0	3,3	1,1	0,9	0,2	1,9	0,1	29,2	6,4	26,6	143,9	24,3	19,8	10,8	16,2	18,7	21,8	21,8	96,0	96,0	1170,3	1658	
s17	0,2	-	0,1	3,8	0,0	0,3	0,3	-	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-	2,5	-	4,7	0,2	1,7	8,3	5,8	114,4	114,4	104,2	247	
s18	2,2	-	0,2	-	-	-	-	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	-	-	0,0	2,6	4,9	-	55,2	2,6	26,6	7,8	400,8	91,7	57,9	-	-	-	116120	12265
s19	171,2	37,6	8,2	880,6	17,0	174,6	46,2	0,0	0,0	15,1	22,6	51,7	10,4	55,7	5,5	9,1	11,1	819,3	832,3	354,0	208,2	75,8	459,2	205,5	584,4	1908,6	1908,6	24280,5	31239	
s20	20,8	0,3	0,3	116,5	1,9	27,2	12,5	-	6,2	9,1	13,9	2,3	13,0	4,1	1,1	0,2	1,1	40,1	98,8	26,1	26,4	85,8	105,7	109,9	1153,6	1153,6	2991,9	4889		
s21	138,4	30,0	7,8	143,4	3,1	21,2	16,3	-	8,0	7,6	11,4	2,6	9,8	1,6	0,2	29,4	44,5	84,7	53,8	230,7	63,3	76,4	43,0	47,4	2758,1	2758,1	814,5	4647		
s22	0,9	-	0,9	26,9	0,8	4,2	3,3	-	1,4	1,7	3,7	0,4	1,3	0,3	0,2	1,0	2,4	59,5	6,3	28,7	74,4	120,1	37,1	48,0	845,9	845,9	340,4	1610		
s23	43,8	1,1	16,4	175,1	4,7	42,4	20,3	-	8,9	12,5	18,8	2,1	16,9	4,4	5,1	11,3	54,9	827,0	277,6	320,5	189,6	1079,6	345,4	632,1	4160,3	4160,3	8777,9	17049		
s24	3,4	2,7	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,6	0,0	-	-	9,4	7,4	0,5	782,9	782,9	14657,9	15488	
s25	16,4	0,3	1,1	10,4	0,1	4,0	0,8	-	0,3	0,4	0,7	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	18,8	44,3	4,7	29,2	38,1	135,5	208,5	208,5	986,3	4317,9	4317,9	4775,2	10594	
CI ARG	685,3	370,1	25,2	1117,9	24,3	282,6	138,8	139,7	81,7	48,0	59,3	43,9	7,8	-	12,1	489,3	43,3	2302,4	4659,1	932,5	1195,5	206,0	1262,1	1291,8	1542,7	-	-	-	-	
CI M	128,8	55,9	3,9	203,9	12,9	77,9	53,0	-	14,0	21,5	48,7	14,8	-	-	8,5	177,7	6,6	954,6	645,8	84,2	231,4	71,8	337,5	-	-	-	-	-	-	
T	374,6	165,2	2,8	225,7	47,8	876,1	45,2	54,3	30,4	18,4	12,8	46,2	16,7	115,5	4,8	807,4	21,9	191,9	256,0	579,4	283,7	162,3	136,3	18,9	774,1	-	-	-	-	
L	924,0	354,1	9,8	970,6	74,3	1529,4	41,7	80,2	45,0	46,2	66,4	49,7	15,9	495,2	9,1	369,2	29,8	3514,0	11643,0	431,9	1322,5	88,2	325,8	10,817,4	3394,5	-	-	-	-	
K	1922,6	896,2	97,6	1411,6	47,1	2876,9	91,7	164,2	92,1	103,9	49,7	80,4	5,9	89,0	40,2	787,8	51,6	2138,7	6142,0	810,8	253,5	434,1	6094,8	647,1	1332,3	-	-	-	-	
TL	1569	56,2	3,8	400,9	23,2	669,5	24,9	19,2	10,8	22,2	23,6	20,0	9,2	44,5	7,7	290,0	23,4	646,2	2400,5	113,4	378,3	43,1	1040,3	1498,7	561,9	-	-	-	-	
TK	1947	90,3	6,3	511,2	8,3	1128,3	24,8	27,6	15,5	36,4	19,0	35,1	2,3	46,5	9,8	232,2	4,3	544,2	2959,9	32,2	37,3	75,6	946,8	17,2	105,6	-	-	-	-	
Total	5175	2298	194	13437	303	12962	555,5	577	467	367	319	480	103	960	111	1658	247	12265	31239	4889	4647	1610	17049	15488	10594	30370	30370	82750	137975	

Cuadro 17. Matriz de coeficientes técnicos

MIS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S23	S24	S25
s1	0,034	0,031	0,000	0,172	0,059	0,010	0,001	0,047	0,260	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000
s2	0,000	0,000	0,000	0,110	0,000	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
s3	0,000	0,000	0,014	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,049	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
s4	0,022	0,000	0,004	0,070	0,029	0,001	0,010	0,043	0,000	0,009	0,002	0,006	0,003	0,004	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,189	0,001	0,004	0,010
s5	0,000	0,000	0,000	0,001	0,020	0,000	0,005	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001
s6	0,004	0,001	0,010	0,010	0,003	0,104	0,011	0,028	0,150	0,013	0,009	0,010	0,002	0,046	0,010	0,000	0,002	0,013	0,010	0,003	0,009	0,003	0,005
s7	0,001	0,002	0,001	0,004	0,007	0,001	0,019	0,001	0,000	0,003	0,004	0,025	0,026	0,007	0,002	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002
s8	0,011	0,070	0,000	0,012	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
s9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
s10	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,015	0,003	0,005	0,006	0,001	0,000	0,000	0,001	0,010	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
s11	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,002	0,008	0,042	0,038	0,002	0,006	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
s12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,020	0,015	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
s13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
s14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,003	0,002	0,019	0,011	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004
s15	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
s16	0,000	0,000	0,012	0,003	0,002	0,002	0,005	0,000	0,000	0,009	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,018	0,026	0,002	0,005	0,005	0,001	0,001	0,002
s17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
s18	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,020	0,000	0,002	0,001	0,024	0,006	0,005
s19	0,033	0,016	0,042	0,066	0,056	0,013	0,083	0,000	0,000	0,041	0,071	0,108	0,101	0,058	0,049	0,005	0,045	0,067	0,027	0,073	0,027	0,013	0,055
s20	0,004	0,000	0,001	0,009	0,006	0,002	0,023	0,000	0,000	0,017	0,028	0,029	0,023	0,014	0,037	0,001	0,001	0,000	0,001	0,020	0,005	0,007	0,010
s21	0,027	0,013	0,040	0,011	0,010	0,002	0,029	0,000	0,000	0,022	0,024	0,024	0,025	0,010	0,014	0,000	0,119	0,004	0,003	0,001	0,004	0,003	0,004
s22	0,000	0,000	0,005	0,002	0,003	0,000	0,006	0,000	0,000	0,004	0,005	0,008	0,004	0,001	0,003	0,000	0,004	0,000	0,002	0,001	0,007	0,002	0,005
s23	0,008	0,000	0,084	0,013	0,016	0,003	0,037	0,000	0,000	0,024	0,039	0,039	0,021	0,018	0,039	0,003	0,046	0,004	0,026	0,057	0,063	0,022	0,060
s24	0,001	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000
s25	0,003	0,000	0,005	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,008	0,013	0,093
Total	0,150	0,135	0,228	0,466	0,215	1,000	0,244	0,160	0,410	0,212	0,209	0,324	0,295	0,176	0,171	0,072	0,267	0,112	0,080	0,387	0,155	0,077	0,259

**Cuadro 18.** Matriz de Leontief de requerimientos directos e indirectos (modelo abierto)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	FL	
<b>MIS</b>	<b>S1</b>	1,041	0,036	0,001	0,199	0,069	0,021	0,005	0,059	0,273	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,000	0,000	0,001	0,064	0,001	0,003	0,001	0,002	0,003	1,803	
	<b>S2</b>	0,003	1,003	0,001	0,121	0,004	0,000	0,002	0,047	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,023	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	1,220	
	<b>S3</b>	0,000	0,000	1,014	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,051	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	1,078	
	<b>S4</b>	0,026	0,004	0,005	1,083	0,036	0,002	0,017	0,048	0,007	0,014	0,009	0,014	0,010	0,007	0,012	0,002	0,001	0,001	0,210	0,003	0,009	0,003	0,006	0,015	1,543	
	<b>S5</b>	0,000	0,000	0,000	0,001	1,021	0,000	0,005	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	1,041	
	<b>S6</b>	0,006	0,003	0,014	0,015	0,006	1,123	0,015	0,032	0,170	0,017	0,013	0,015	0,007	0,053	0,013	0,002	0,004	0,016	0,013	0,008	0,018	0,012	0,004	0,008	1,589	
	<b>S7</b>	0,001	0,002	0,002	0,005	0,008	0,001	1,020	0,001	0,001	0,004	0,005	0,026	0,028	0,008	0,002	0,000	0,002	0,001	0,001	0,003	0,006	0,001	0,001	0,000	0,002	1,130
	<b>S8</b>	0,012	0,071	0,001	0,024	0,002	0,000	0,006	1,005	0,003	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,044	0,001	0,000	0,000	0,005	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	1,180	
	<b>S9</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,000	0,001	1,005	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	1,050	
	<b>S10</b>	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	1,016	0,003	0,005	0,007	0,001	0,000	0,000	0,001	0,010	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,001	1,053	
	<b>S11</b>	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,002	1,008	0,043	0,039	0,002	0,006	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	1,113	
	<b>S12</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	1,020	0,015	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	1,051	
	<b>S13</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	1,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	1,007	
	<b>S14</b>	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001	0,003	0,003	0,020	1,011	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	1,052	
	<b>S15</b>	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	1,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	1,020	
	<b>S16</b>	0,001	0,000	0,013	0,004	0,002	0,002	0,007	0,000	0,001	0,011	0,004	0,003	0,003	0,003	0,002	1,018	0,027	0,003	0,005	0,006	0,005	0,008	0,001	0,002	1,135	
	<b>S17</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	1,006	
	<b>S18</b>	0,001	0,000	0,004	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,022	1,000	0,003	0,003	0,008	0,009	0,025	0,007	0,008	1,105	
	<b>S19</b>	0,040	0,019	0,051	0,085	0,067	0,017	0,095	0,007	0,013	0,051	0,081	0,127	0,119	0,065	0,058	0,006	0,056	0,071	1,029	0,097	0,054	0,063	0,034	0,017	0,069	2,391
	<b>S20</b>	0,005	0,001	0,003	0,011	0,008	0,003	0,025	0,001	0,002	0,019	0,030	0,033	0,027	0,015	0,039	0,001	0,002	0,001	1,024	0,007	0,019	0,006	0,007	0,013	1,300	
	<b>S21</b>	0,030	0,015	0,044	0,020	0,014	0,003	0,033	0,003	0,008	0,027	0,027	0,029	0,030	0,012	0,016	0,000	0,126	0,005	0,003	0,017	1,054	0,045	0,004	0,007	1,581	
	<b>S22</b>	0,001	0,000	0,006	0,003	0,003	0,000	0,007	0,000	0,000	0,005	0,006	0,010	0,005	0,002	0,004	0,000	0,006	0,001	0,002	0,003	0,008	1,050	0,008	0,003	1,140	
	<b>S23</b>	0,014	0,003	0,098	0,022	0,022	0,005	0,048	0,002	0,004	0,037	0,050	0,055	0,035	0,024	0,049	0,004	0,061	0,008	0,030	0,071	0,082	1,141	1,071	0,027	0,075	2,038
	<b>S24</b>	0,001	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	1,001	1,009	
	<b>S25</b>	0,004	0,000	0,008	0,002	0,001	0,001	0,003	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001	0,002	0,000	0,002	0,002	0,002	0,002	0,008	0,029	0,010	0,015	1,104	1,208
<b>BL</b>	<b>1,188</b>	<b>1,161</b>	<b>1,273</b>	<b>1,602</b>	<b>1,268</b>	<b>1,215</b>	<b>1,300</b>	<b>1,207</b>	<b>1,491</b>	<b>1,265</b>	<b>1,257</b>	<b>1,401</b>	<b>1,363</b>	<b>1,213</b>	<b>1,216</b>	<b>1,084</b>	<b>1,318</b>	<b>1,129</b>	<b>1,093</b>	<b>1,539</b>	<b>1,245</b>	<b>1,409</b>	<b>1,185</b>	<b>1,097</b>	<b>1,324</b>		

Cuadro 19. Matriz de Leontief de requerimientos directos, indirectos e inducidos (modelo cerrado)

MIS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	CPROV	FL2
S1	1,082	0,071	0,022	0,233	0,126	0,048	0,032	0,091	0,288	0,036	0,053	0,040	0,048	0,108	0,027	0,047	0,038	0,060	0,074	0,098	0,065	0,029	0,044	0,135	0,081	0,185	3,158
S2	0,017	1,015	0,008	0,132	0,023	0,010	0,011	0,058	0,006	0,013	0,018	0,014	0,017	0,037	0,009	0,017	0,013	0,021	0,025	0,035	0,022	0,010	0,015	0,046	0,029	0,063	1,685
S3	0,000	0,000	1,014	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,051	0,001	0,001	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	1,083
S4	0,151	0,110	0,070	1,188	0,208	0,085	0,099	0,144	0,052	0,113	0,162	0,125	0,149	0,329	0,085	0,137	0,117	0,184	0,226	0,313	0,199	0,090	0,135	0,416	0,254	0,569	5,708
S5	0,003	0,003	0,002	0,003	1,025	0,002	0,007	0,002	0,001	0,003	0,004	0,005	0,005	0,009	0,002	0,003	0,003	0,004	0,005	0,003	0,005	0,003	0,003	0,009	0,007	0,013	1,133
S6	0,011	0,008	0,016	0,020	0,013	1,126	0,018	0,036	0,172	0,021	0,019	0,020	0,013	0,067	0,016	0,008	0,009	0,024	0,022	0,013	0,012	0,022	0,018	0,022	0,019	0,025	1,770
S7	0,004	0,004	0,003	0,008	0,012	0,003	1,021	0,003	0,002	0,006	0,008	0,029	0,031	0,015	0,004	0,003	0,004	0,005	0,006	0,005	0,011	0,003	0,004	0,010	0,008	0,013	1,227
S8	0,015	0,074	0,002	0,027	0,006	0,002	0,008	1,007	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004	0,008	0,002	0,047	0,004	0,005	0,006	0,008	0,005	0,003	0,003	0,010	0,006	0,014	1,282
S9	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,035	0,001	0,001	1,005	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1,056
S10	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,003	0,001	0,000	1,016	0,004	0,006	0,008	0,003	0,001	0,001	0,001	0,002	0,011	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003	0,002	0,004	1,079
S11	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,000	0,000	0,002	1,009	0,044	0,040	0,004	0,006	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,003	1,132
S12	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,005	1,022	0,017	0,004	0,003	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001	0,003	0,006	0,002	0,005	0,003	0,007	1,100
S13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	1,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	1,013
S14	0,006	0,005	0,004	0,005	0,010	0,004	0,006	0,005	0,002	0,006	0,011	0,008	0,026	1,026	0,004	0,007	0,006	0,011	0,011	0,005	0,010	0,004	0,007	0,020	0,016	0,027	1,250
S15	0,001	0,000	0,003	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	1,002	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	1,028
S19	0,003	0,002	0,014	0,005	0,005	0,004	0,008	0,002	0,001	0,012	0,007	0,005	0,006	0,008	0,003	1,020	0,029	0,006	0,009	0,008	0,008	0,009	0,004	0,008	0,007	0,009	1,203
S17	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,005	0,003	0,006	1,048
S18	0,003	0,002	0,005	0,003	0,004	0,002	0,003	0,002	0,001	0,003	0,005	0,004	0,004	0,006	0,003	0,004	0,024	1,003	0,006	0,004	0,011	0,010	0,027	0,013	0,012	0,009	1,171
S19	0,078	0,052	0,071	0,117	0,120	0,043	0,120	0,036	0,027	0,082	0,128	0,161	0,161	0,164	0,081	0,048	0,092	0,127	1,098	0,129	0,114	0,087	0,074	0,143	0,142	0,175	3,671
S20	0,020	0,013	0,010	0,023	0,028	0,012	0,034	0,012	0,007	0,030	0,048	0,046	0,043	0,052	0,047	0,016	0,016	0,022	0,028	1,036	0,030	0,029	0,021	0,055	0,041	0,066	1,786
S21	0,063	0,043	0,062	0,048	0,060	0,025	0,055	0,029	0,020	0,053	0,068	0,059	0,067	0,098	0,036	0,036	0,157	0,054	0,063	0,045	1,106	0,067	0,041	0,113	0,071	0,152	2,692
S22	0,011	0,009	0,012	0,011	0,017	0,007	0,014	0,008	0,004	0,013	0,019	0,019	0,016	0,028	0,010	0,011	0,015	0,015	0,021	0,011	0,024	1,057	0,019	0,036	0,026	0,046	1,478
S23	0,070	0,050	0,127	0,069	0,100	0,042	0,085	0,045	0,025	0,081	0,119	0,105	0,097	0,168	0,081	0,064	0,113	0,090	0,131	0,117	0,169	0,177	1,131	0,210	0,182	0,254	3,902
S24	0,009	0,008	0,007	0,007	0,011	0,005	0,005	0,006	0,003	0,007	0,010	0,007	0,009	0,020	0,005	0,009	0,007	0,012	0,015	0,007	0,013	0,005	0,009	0,026	0,015	0,036	1,273
S25	0,053	0,042	0,033	0,043	0,069	0,033	0,035	0,038	0,019	0,041	0,062	0,046	0,057	0,127	0,031	0,053	0,047	0,074	0,090	0,043	0,085	0,061	0,061	0,176	1,197	0,223	2,639
L	0,303	0,255	0,157	0,253	0,419	0,201	0,199	0,233	0,109	0,241	0,371	0,269	0,338	0,780	0,177	0,328	0,282	0,445	0,545	0,250	0,475	0,195	0,320	0,994	0,580	1,378	10,086
BL2	1,910	1,768	1,646	2,204	2,264	1,693	1,773	1,761	1,751	1,839	2,139	2,043	2,166	3,068	1,637	1,864	1,998	2,187	2,391	2,133	2,375	1,873	1,947	3,462	2,703	3,279	

## Referencias bibliográficas

- Alarcon, J. V., Ernst, C., y cols. (2017). *Application of a green jobs sam with employment and CO<sub>2</sub> satellites for informed green policy support the case of Indonesia* (Inf. Téc.). International Labour Organization.
- Ardent, F., Beccali, M., y Cellura, M. (2009). Application of the I-O methodology to the energy and environmental analysis of a regional context. En *Handbook of input-output economics in industrial ecology* (pp. 435–457). Springer.
- Baer, P., Brown, M. A., y Kim, G. (2015). The job generation impacts of expanding industrial cogeneration. *Ecological Economics*, 110, 141–153.
- Breitschopf, B., Nathani, C., y Resch, G. (2011). Review of approaches for employment impact assessment of renewable energy deployment. *EID (Economic and Industrial Development)—EMPLOY, Final report—Task*, <http://iea-retd.org/wp-content/uploads/2011/11/EMPLOY-task-1.pdf>, 99.
- Casar, L. P. (2014). Argentina con energías renovadas. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 40 (2), 125–128.
- Daly, H. E. (1996). *Beyond growth: the economics of sustainable development*. Beacon Press.
- de la Rúa, C., y Lechón, Y. (2016). An integrated Multi-Regional Input-Output (MRIO) Analysis of miscanthus biomass production in France: Socio-economic and climate change consequences. *Biomass and Bioenergy*, 94, 21–30.
- Fidalgo, A., y Ramos, M. P. (2018). *Estimación de la demanda de biomasa en Argentina 2016. fuentes de información y metodología*. (Inf. Téc.).
- Flegg, A. T., Mastronardi, L. J., y Romero, C. A. (2016). Evaluating the FLQ and AFLQ formulae for estimating regional input coefficients: empirical evidence for the province of Córdoba, Argentina. *Economic Systems Research*, 28 (1), 21–37.
- Garrett-Peltier, H. (2017). Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model. *Economic Modelling*, 61, 439–447.
- Garrido, S. G. (2014). *Centrales termoeléctricas de biomasa*. Renovetec.
- Groscurth, H.-M., de Almeida, A., Bauen, A., Costa, F., Ericson, S.-O., Giegrich, J. Widmann, B. (1999). Total costs and benefits in selected regions of the european union.
- Harsdorff, M., y Philips, D. (2013). *Methodologies for assessing green jobs. ILO, policy brief, feb. 2013*.
- Henriques, C. O., Coelho, D. H., y Cassidy, N. L. (2016). Employment impact assessment of renewable energy targets for electricity generation by 2020— an IO LCA approach. *Sustainable Cities and Society*, 26, 519–530.
- Lechón, Y., de la Rúa, C., Rodríguez, I., y Caldés, N. (2019). Socioeconomic implications of biofuels deployment through an Input-Output approach. a case study in Uruguay. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 178–191.
- Lehr, U., Nitsch, J., Kratzat, M., Lutz, C., y Edler, D. (2008). Renewable energy and employment in Germany. *Energy policy*, 36 (1), 108–117.
- Lehtonen, O., y Okkonen, L. (2016). Socio-economic impacts of a local bioenergy-based development strategy—the case of Pielinen Karelia, Finland. *Renewable energy*, 85, 610–619.
- Leontief, W. (1986). *Input-Output Economics*. Oxford University Press.
- Lester, T. W., Little, M., y Jolley, G. J. (2015). Assessing the economic impact of alternative biomass uses: biofuels, wood pellets, and energy production. *Journal of Regional Analysis & Policy*, 45 (1), 36–46.
- Malik, A., Lenzen, M., Ely, R. N., y Dietzenbacher, E. (2014). Simulating the impact of new industries on the economy: the case of biorefining in Australia. *Ecological Economics*, 107, 84–93.
- Manrique, S., Franco, J., Núñez, V., y Seghezze, L. (2011). Propuesta metodológica para la toma de decisiones sobre bioenergía en un contexto complejo y diverso. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente AVERMA*, 15 (6), 39–47.
- Markaki, M., Belegri-Roboli, A., Michaelides, P., Mirasgedis, S., y Lallas, D. P. (2013). The impact of clean energy investments on the Greek economy: An input–output analysis (2010–2020). *Energy Policy*, 57, 263–275.
- Martiarena, R., Silva, F., Alvarenga, F., Keller, A., Marastoni, A., y Correa, M. (2019). *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. metodología WISDOM. provincia de Misiones* (Inf. Téc.). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO.
- Mastronardi, L. J., y Romero, C. A. (2012). A non-survey estimation for regional input-output tables. an application for Buenos Aires City.
- Meyer, I., Sommer, M. W., y cols. (2014). Employment effects of renewable energy supply—a meta analysis. *Policy Paper*, 12.

- Miller, R. E., y Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis: foundations and extensions*. Cambridge university press.
- Pollin, R., Garrett-Peltier, H., y cols. (2009). *Building a green economy: Employment effects of green energy investments for Ontario* (Inf. Téc.). Political Economy Research Institute, University of Massachusetts at Amherst.
- Romero, C. A. (2018). *Estimación del impacto sobre el empleo de la bioenergía en la provincia de Misiones* (Inf. Téc.).
- Simas, M., y Pacca, S. (2014). Assessing employment in renewable energy technologies: A case study for wind power in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 83–90.
- Sooriyaarachchi, T. M., Tsai, I.-T., El Khatib, S., Farid, A. M., y Mezher, T. (2015). Job creation potentials and skill requirements in, PV, CSP, wind, water-to-energy and energy efficiency value chains. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 653–668.
- Staiß, F., Kratzat, M., Nitsch, J., Edler, D., y Lutz, C. (2006). *Renewable energy employment effects: Impact of the expansion of renewable energy on the german labour market*. Federal Ministry for the Environment, Nature, Conservation and Nuclear
- Sultana, A., y Kumar, A. (2012). Optimal siting and size of bioenergy facilities using geographic information system. *Applied Energy*, 94, 192–201.
- Tourkolias, C., y Mirasgedis, S. (2011). Quantification and monetization of employment benefits associated with renewable energy technologies in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (6), 2876–2886.

#### Registro bibliográfico

Perrota, L. (2020). Impacto Regional del Desarrollo de Bioenergía (Biomasa) en Argentina. Un análisis Insumo–Producto para la provincia de Misiones. *Revista Ciencias Económicas*, 17 (02), 111–150.