

BIOENERGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE: UNA RELACIÓN DIFÍCIL

OCTUBRE 2021



Este documento es un ejercicio académico y no representa una posición de FARN o de Climate Transparency sobre los biocombustibles.



CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	03
1. INTRODUCCIÓN	05
2. CONTEXTO GLOBAL	08
2.1. Participación mundial, recursos, tecnologías y comercio de biomasa	08
2.2. Proyecciones a futuro, controversias y limitaciones	11
3. CONTEXTO NACIONAL	14
3.1. Participación nacional de la bioenergía y contexto normativo	14
3.2. Demanda, oferta y fuentes de generación de bioenergía	17
3.3. Principales cadenas de valor: biocombustibles líquidos, sólidos y gaseosos	18
3.3.1. Biocombustibles líquidos	19
3.3.2. Biocombustibles sólidos	22
3.3.3. Biocombustibles gaseosos	24
4. PERSPECTIVAS FUTURAS Y CONTROVERSIAS	25
4.1. Escenarios energéticos para la Argentina: potencial e implicancias de la bioenergía	25
4.2. Limitaciones a la bioenergía en el contexto nacional	33
5. BIOENERGÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE	35
5.1. Territorio, comunidades y sustentabilidad: el rol de la bioenergía en el desarrollo	35
5.2. Desafíos hacia la inserción sostenible de la biomasa y la bioenergía en el país	36
6. COMENTARIOS FINALES	37
7. REFERENCIAS	38

AUTORES:

Gabriel Blanco
Daniela Keesler
Silvina Manrique

Centro de Tecnologías Ambientales y Energía
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina

ELABORADO PARA:

Fundación Ambiente y Recursos Naturales

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta un análisis desde múltiples dimensiones sobre la situación de los diferentes tipos de biomasa como insumos para la producción de bioenergía en sus distintas formas. El análisis permite reconocer el potencial, el contexto actual en el cual se inserta su participación, y las tecnologías y procesos de conversión energética más utilizados, al igual que advierte sobre los múltiples desafíos que se deben enfrentar para que su producción y uso contribuyan verdaderamente a un desarrollo sostenible.

La matriz energética mundial está conformada en un 80% por combustibles fósiles (en su mayoría, petróleo, gas natural y carbón). Esta dependencia ha sido la base del modelo civilizatorio actual y ha llevado al borde de la catástrofe climática, ya que el uso de estos combustibles aporta cerca del 70% a las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) responsables del calentamiento global.

La necesidad de lograr la neutralidad de carbono para el año 2050 y alcanzar los objetivos definidos en el Acuerdo de París, con el fin de mitigar las peores consecuencias del cambio climático, exige que el aumento de la temperatura media mundial no supere los 1,5 °C hasta fin de siglo, para lo cual las emisiones deberían mantenerse por debajo de las 25 GtCO₂eq/año en 2030. Esto significa “descarbonizar” rápidamente el sistema energético mundial, abandonando los combustibles fósiles en el transcurso de los próximos quince años.

En este contexto, la bioenergía producida a partir de diferentes biomasa podría contribuir, fundamentalmente, desde tres aspectos principales, que tienen que ver con las características más valoradas a nivel mundial: la potencialidad para renovarse, la posibilidad de su almacenamiento y la potencial neutralidad de carbono. La heterogeneidad de recursos que se incluyen dentro del concepto de biomasa le confiere versatilidad para la conversión energética mediante procesos variados y con múltiples aplicaciones: generación de calor, electricidad, uso mecánico o aun como materia prima para la industria química.

El aprovechamiento energético de la biomasa podría contribuir a la diversificación energética y a la seguridad de suministro, reduciendo emisiones de GEI, creando oportunidades de empleo y favoreciendo el desarrollo de cadenas de valor locales y regionales, en particular beneficio de ciudades intermedias y áreas rurales. Sin embargo, el empleo de algunas biomasa no implica que la producción y utilización de bioenergía sea intrínsecamente sostenible. Existen experiencias mundiales como la expansión de la soja o de la palma aceitera con fines energéticos, cuyos cultivos han avanzado destruyendo en muchos casos ecosistemas nativos, lo que genera graves impactos socioambientales sin lograr reducir las emisiones netas de CO₂.

La Argentina también tiene una extrema dependencia de los combustibles fósiles (en su mayoría, gas natural y petróleo), los cuales aportaron el 86% de la oferta de energía

primaria del país en 2019. En los últimos años, la Argentina comenzó a mostrar algún crecimiento en materia de energías renovables propiciado por causas externas y políticas internas del país. La bioenergía sigue estando muy por detrás de las demás fuentes renovables, situación que probablemente esté asociada al alto riesgo de inversión dada la dificultad de estos proyectos de asegurar el suministro de biomasa a largo plazo. En términos de bioenergía aportada a la oferta interna de energía primaria del país, los biocombustibles líquidos —derivados, principalmente, de soja, maíz y caña de azúcar— predominan sobre los sólidos y los gaseosos.

Si bien se ha señalado que el potencial de recursos de biomasa en el país es amplio, desde un análisis más minucioso se observa que el mayor aporte a esa oferta de biomasa proviene del sector de bosques nativos, con una participación estimada del 64%. Este potencial debe considerarse con extremo cuidado; la biomasa leñosa de los ecosistemas nativos ha sido tradicionalmente utilizada por pobladores en distintas localidades sin ningún tipo de plan de manejo u ordenamiento forestal. La participación de la bioenergía a futuro dependerá de qué rumbo tome el sector energético no solo en términos de costos e inversiones, sino, fundamentalmente, en relación con el grado de descentralización y diversificación en materia de recursos energéticos que se quiera alcanzar. Las actuales discusiones referidas a una nueva ley de biocombustibles, así como otras decisiones en materia de explotación de hidrocarburos, no parecen tener en cuenta estos aspectos, y menos aún los compromisos asumidos de carbono neutralidad.

En años recientes, la llamada “bioeconomía” apareció en los escenarios mundiales en la búsqueda de un marco conceptual y operativo que liderara la transformación de la economía global altamente dependiente de recursos naturales y materias primas no renovables hacia una economía de base biológica. El alcance e impacto que estos nuevos marcos de trabajo puedan aportar deben evaluarse todavía en cuanto a sus resultados en el tiempo. Si la bioeconomía no se inserta en un nuevo esquema de pensamiento que reconcilie a la naturaleza con el hombre, entonces, probablemente pasará de moda sin haber causado el impacto esperado.

Las soluciones exitosas logradas en un sitio no siempre son extrapolables ni repercutirán en beneficios e impactos positivos en otro lugar. El país se caracteriza por presentar importantes diferencias regionales en cuanto a desarrollo productivo, condiciones socioeconómicas y características biofísicas. Las capacidades y potencialidades humanas y naturales de cada región son distintas. En consecuencia, las propuestas que pretendan contribuir a un desarrollo sostenible deberán, de manera ineludible, partir de la consideración de estas particularidades, fortaleciendo la identidad y gobernanza local, y dando lugar al diálogo, la participación y el consenso, en pos de consensuar una visión integral de ordenamiento y sostenibilidad territorial, así como de poder ajustar soluciones a escala humana. Nuevas estrategias

de actuación a nivel nacional y regional deben debatirse en mesas abiertas a la participación de la sociedad civil, integrando los aportes de la ciencia y la tecnología como plataforma de actuación estratégica para posibilitar que los decisores políticos definan propuestas que consideren las especificidades de cada lugar, basadas en las potencialidades y las limitaciones de cada territorio.

La bioenergía podría contribuir a mitigar el cambio climático a nivel mundial, así como proveer soluciones creativas a muchos otros aspectos que guíen a una mayor sostenibilidad local. Pero la bioenergía puede convertirse en parte del problema, o aun generar nuevos problemas socioambientales a escala nacional, si no se aborda de manera multidimensional, atendiendo cada uno de los aspectos referidos a la sostenibilidad de la producción y al uso de la energía, y a la sostenibilidad del desarrollo en general.

1. INTRODUCCIÓN

La matriz energética mundial es un 80% fósil-dependiente (en su mayoría, petróleo, gas y carbón) (IEA, 2020a). Esta dependencia ha sido la base del modelo civilizatorio actual y ha llevado al borde de la catástrofe climática, ya que el sector energético es el que aporta cerca del 70% a las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) responsables del calentamiento global (IPCC, 2018). Por tanto, ambos aspectos —energía/clima— están inextricablemente unidos y, a la vez, repercuten en todas las dimensiones referidas al sostenimiento de la humanidad (UNEP, 2015; WEC, 2019). A esto se suma que los combustibles fósiles son recursos no renovables y que las reservas existentes declinan, con mayor o menor velocidad, en función de la demanda de energía (BP, 2020). Como se trata de recursos estratégicos, el corto horizonte de reservas genera inquietudes y conflictos por su apropiación, lo que provoca incertidumbre en los precios y en la seguridad de suministro energético a medida que estos recursos se agotan, la población mundial continúa creciendo y la demanda de energía primaria aumenta¹ (IEA, 2017a y b; WEC, 2020).

En la actualidad, las emisiones totales de GEI son un 62% superiores a las de 1990, cuando comenzaron las negociaciones internacionales sobre el clima (WMO, 2020). La necesidad de lograr la **neutralidad de carbono**² para el año 2050 a fin de alcanzar los objetivos definidos en el Acuerdo de París de 2015, con el propósito de mitigar las peores consecuencias del cambio climático, exige que el aumento de la temperatura media mundial no supere los 1,5 °C hasta fin de siglo, respecto del nivel preindustrial, para lo cual las emisiones deberían mantenerse por debajo de las 25 GtCO₂eq/año en 2030 (IPCC, 2018). Sin embargo, esto implicaría quintuplicar los compromisos de reducción de emisiones asumidos en el Acuerdo de París (UNEP, 2019), lo cual hace evidente la necesidad de una transición masiva en todo el sector energético en un corto plazo de tiempo. Esto significa descarbonizar rápidamente el sistema energético mundial, con un aumento de la eficiencia energética y la reducción del consumo total de energía, al mismo tiempo que se garantiza el acceso a una energía asequible, fiable y sostenible para todos, y la protección del capital natural que sustenta la vida en la Tierra (UNEP, 2015; WEC, 2020; IRENA, 2020a). Asimismo, el compromiso adquirido por la Argentina en este acuerdo climático resulta insuficiente a la luz de una distribución equitativa de los esfuerzos de reducción de emisiones entre los países.³

En este contexto, la bioenergía (energía obtenida a partir de *biomasa* cuando esta es sometida a algún proceso de conversión energética) podría contribuir, fundamentalmente, desde tres aspectos principales, que tienen que ver con las características más valoradas a nivel

mundial: la potencialidad para renovarse,⁴ la posibilidad de su almacenamiento y la potencial neutralidad de carbono (ver "Neutralidad de carbono y biomasa forestal") (IPCC, 2006).

La biomasa⁵ es una categoría que abarca una gran diversidad de materias primas renovables de naturaleza orgánica originadas en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizables como fuente de energía (RAE, 2019). El aprovechamiento energético de la biomasa podría contribuir a la diversificación energética y a la seguridad de suministro, disminuyendo la dependencia de energía desde fuentes fósiles, reduciendo emisiones de GEI, creando oportunidades de empleo y fomentando el desarrollo de cadenas de valor locales y regionales, en particular beneficio de ciudades intermedias y áreas rurales. Existen recursos de biomasa en casi todo el planeta, en su mayoría accesibles a bajo o ningún costo, los cuales pueden recolectarse y almacenarse, y gran parte de los equipos necesarios para su utilización energética pueden fabricarse localmente (REN21, 2020).

La heterogeneidad de recursos que se incluyen dentro del concepto de biomasa le confiere versatilidad para la conversión energética mediante procesos variados y con múltiples aplicaciones: generación de calor, electricidad, uso mecánico o aun como materia prima para la industria química. Además, en determinadas circunstancias, los cultivos de ciertas especies vegetales nativas a modo de cobertura —o con objetivos múltiples, como producir sombra, forraje, energía, etc.—, realizados sobre tierras marginales o abandonadas, pueden contribuir a la lucha contra la desertificación o erosión del suelo, dentro de esquemas de restauración planificados. Asimismo, estos cultivos pueden integrarse con procesos de saneamiento ambiental al utilizar subproductos de procesos productivos o residuos de actividades humanas (como lodos residuales efluentes o residuos sólidos orgánicos) (IRENA, 2020a). Es importante mencionar que esta situación se dará siempre y cuando no se avance con la frontera de siembra sobre ecosistemas naturales.

La biomasa creciendo en sus formas naturales como parte estructural de los ecosistemas constituye reservorios o sumideros de carbono⁶ mitigadores del calentamiento global, pero, a la vez, es soporte y fuente de generación de funciones ecosistémicas y biodiversidad (FAO, 2020a). Por tanto, dado que la biomasa está íntimamente asociada con los territorios y sus comunidades, jugará

4. Se discute que esta renovabilidad es "condicional" y dependerá del tipo de recurso que se utilice y del manejo que se haga del recurso. Ver definición de biomasa "renovable" (https://cdm.unfccc.int/EB/023/eb23_repan18.pdf) y el recuadro "Neutralidad de carbono y biomasa forestal".

5. Se incluyen aquí recursos vegetales diversos, residuos agrícolas, forestales, pecuarios, sólidos urbanos, residuos agro o foresto-industriales, efluentes cloacales o industriales, etc. No entran en este concepto los recursos orgánicos que han sido incluidos en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización, como los combustibles fósiles. Cabe destacar que la **biomasa** se asume como materia prima, con bajo o nulo nivel de procesamiento o transformación, mientras que **biocombustible** se asocia a la transformación de la biomasa en un nuevo producto de valor combustible, que se obtiene mediante algún proceso de adecuación de tipo físico, o un proceso de conversión energético (químico o biológico). En este sentido, la **bioenergía** puede obtenerse a partir de la biomasa o los biocombustibles; este último grupo es biomasa procesada.

6. La cubierta forestal nativa ocupa el 31% de la superficie global y contiene una biomasa total de 665.000 Mt, lo que implica alrededor de 1,15 MtCO₂eq fijados solo en tejidos vegetales (FAO, 2020a). La Argentina contribuye con el 1,4% a ese total (MAYDS, 2020).

1. El uso de energía primaria en todo el mundo alcanzó los 14.400 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) en 2019, un 45% más que en 2000 y se estima que 16 veces más que en 1900 (IEA, 2020).

2. La neutralidad de carbono implica alcanzar un resultado neto de cero emisiones de GEI, es decir, emitir a la atmósfera la misma cantidad de gases que se absorbe por otras vías. Esto, sin embargo, es diferente de lograr una economía sin emisiones de GEI, lo cual sería una meta real de cero emisiones.

3. Las metas establecidas en la Contribución Nacional Determinada del país al año 2030 representarían un porcentaje muy superior al que las emisiones del país representan actualmente (MAYDS, 2016).

un papel crítico en el cumplimiento de los esfuerzos interconectados en relación con el clima, la energía y el desarrollo sostenible (GBEP, 2018; IEA, 2020a; IRENA, 2020a).

El estímulo económico para la reactivación pospandemia es una oportunidad para integrar aspectos de sostenibilidad a largo plazo incluyendo criterios de descarbonización y resiliencia, generando puestos de trabajo y beneficios económicos y sociales, y garantizando la construcción de un futuro más inclusivo (REN21, 2020; IEA, 2020a; IRENA, 2020b). En este sentido, los mayores aportes integrales de la bioenergía tienen que ver con proyectos de pequeña escala, que brinden soluciones inmediatas a las necesidades primarias de comunidades sin acceso a otros recursos energéticos. Se requiere asimismo un marco claro de políticas públicas e inversión, definido sobre la base de los aportes del sector científico y tecnológico, y consensuado con los diferentes actores y sectores sociales. El sector educativo y académico tiene un rol

clave en la formación de capacidades que fortalezcan la gobernanza local. Es un momento oportuno para la reflexión, planificación y actuación consiguiente.

El presente informe se propone analizar las posibilidades y limitaciones del empleo de biomasa para producción de bioenergía en la Argentina, a fin de orientar una promoción acorde con la realidad y como una herramienta estratégica para el desarrollo territorial y el cumplimiento de la Agenda 2030 definida por las Naciones Unidas (UNEP, 2015), así como de los compromisos climáticos asumidos. Por último, no se puede dejar de mencionar que este informe se desarrolla en medio de la pandemia mundial de COVID-19, con impactos de dimensiones todavía desconocidas, que se entrelazarán con conflictos socioeconómicos⁷ y amenazas ambientales mundiales, como el cambio climático (IEA, 2020a; WEC, 2020; BP, 2020).

Neutralidad de carbono y biomasa forestal

A nivel mundial, se asume que el empleo de cualquier biomasa como fuente energética genera emisiones de carbono a la atmósfera que ya fueron previamente capturadas por los tejidos vegetales durante el crecimiento de las plantas, por lo que el balance es **neutro en emisiones de carbono**. Sin embargo, si se realiza un análisis de ciclo de vida incluyendo todos los eslabones de las cadenas de bioenergía (que va desde la producción de la biomasa hasta su aplicación energética final), este balance puede no ser completamente nulo, razón por la cual existe mucha controversia al respecto (Agostini *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2018; Sterman *et al.*, 2018; Woo y Turner, 2019; Camia *et al.*, 2021). El debate no solo tiene que ver con la consideración de toda la cadena de bioenergía versus los estudios sobre un eslabón específico de esta, sino también con el tipo de recurso de biomasa que se considere en el análisis y el destino final de la energía generada. En particular, actualmente, el foco de las discusiones se pone en la biomasa forestal debido a las presiones sobre los bosques nativos al asumir su neutralidad de carbono como recurso energético. Las principales controversias surgen en relación con lo siguiente:

- *Cantidad de emisiones por unidad de material quemado.* Los científicos y otros expertos en energía sostienen que la quema de madera para energía libera tanto o más CO₂ por unidad de energía térmica que el carbón o el gas natural (Smith *et al.*, 2014) como una consecuencia de la composición química de la biomasa y el carbón.^{8,9}

- *Tiempo de reposición del material.* La madera se quema en minutos y el CO₂ regresa a la atmósfera, pero volver a capturarlo implica alrededor de un siglo cuando se sustituyen los árboles forestales típicos (Sterman *et al.*, 2018). Sin embargo, la industria forestal no podría sostenerse si esperara un ciclo de 100 años para hacer un aprovechamiento de madera, por lo que los árboles se cortan mucho antes y difícilmente se alcance la neutralidad mencionada, lo que genera una "deuda de carbono".¹⁰ Además, los árboles que no se corten no pueden brindar garantía de lograr un ciclo completo de captura de carbono, ya que se encuentran sujetos a amenazas y riesgos (plagas, enfermedades, incendios, etc.). La propia ONU ha advertido que nos quedan tan solo diez años para lograr una reducción significativa de las emisiones, por lo que tampoco sería posible esperar este horizonte de tiempo en relación con el cambio climático (IPCC, 2018).

- *Tipo de biomasa forestal.* Aquí se incluye tanto la que proviene de residuos de la industria de la madera como la obtenida directamente de los aprovechamientos forestales. Aunque se utilicen solo los residuos forestales de la tala y los raleos de la gestión forestal silvícola (biomasa residual forestal), tampoco se asegura la neutralidad de carbono (Law *et al.*, 2018). Únicamente la expansión de los bosques y el alargamiento de los tiempos entre cosechas parecen reducir las emisiones (Roberge *et al.*, 2016).

7. Se estimó una reducción del comercio mundial de entre el 13% y el 32% en 2020 como consecuencia de la perturbación de la actividad económica normal y de la vida causada por la pandemia de COVID-19 en todo el mundo (OMC, 2020).

8. Ver: IEA Bioenergy. Fossil vs. biogenic CO₂ emissions. Disponible en: <https://www.ieabioenergy.com/iea-publications/faq/woodybiomass/biogenic-co2/>

9. Ver: Moomay, W. Myth of Carbon Neutrality of Biomass. Disponible en: <http://www.perspectivesecologiquies.com/telechargements/SOSFSUD%20Myth%20of%20Carbon%20Neutrality%20of%20Biomass%20Pr%20William%20Moomaw%20Tufts%20University.pdf>

10. Ver: Polémica demanda contra la UE por respaldar la biomasa forestal como "energía renovable". *Bioeconomía*. Disponible en: <https://www.bioeconomia.info/2019/03/09/polemica-demanda-contra-la-ue-por-respaldar-la-biomasa-forestal-como-energia-renovable/>

- *Creciente expansión en el comercio internacional de pellets de biomasa.* Las cualidades de alto poder calorífico de la biomasa forestal y la facilidad de densificación para su transporte podrían incrementar aún más el comercio. Se estima que la demanda de *pellets* de madera aumentará 2,5 veces en el período 2017-2027, y alcanzará los 36 millones de toneladas (EPN, 2018), con un mayor incremento de quema de biomasa en Europa, Japón y Corea del Sur, y habilitación de nuevos bosques de origen para satisfacer esa alta demanda en países como Brasil, Mozambique y Australia. Los promotores de la biomasa forestal argumentan que el comercio ha aumentado solo por el uso de biomasa residual,¹¹ pero los opositores sostienen que, una vez montada la central eléctrica, el suministro debe mantenerse recurriendo en muchos casos a bosques en pie.¹²

- *Horizonte analizado de beneficios de mitigación de esa biomasa.* Los beneficios de corto plazo de sustitución de un combustible fósil versus el balance a largo plazo por el tiempo de reposición del bosque y las demás emisiones que la cadena de bioenergía implica presentan múltiples facetas a la hora del debate.

- *Tratamiento de la bioenergía en el marco del cambio climático y los inventarios de GEI* (Mather-Gratton *et al.*, 2021).¹³ El carbono emitido por quema de biomasa se denomina “carbono biogénico” y se asume sin efecto (neutro) en los inventarios nacionales que los países reportan a la Convención Marco de Cambio Climático.

Distintos expertos forestales cuestionan las bases de las discusiones climáticas volcadas en el Protocolo de Kioto de 1997, donde se califica a la biomasa forestal como una fuente de energía renovable sin emisiones de carbono, similar a la energía eólica o solar (Searchinger *et al.*, 2018). Ambos supuestos, *renovabilidad* y *neutralidad* de carbono, constituyen la base de su promoción, y, a pesar de las controversias,¹⁴ muchos gobiernos siguen promoviéndola como principal fuente de bioenergía en sus políticas de energía renovable. En la Unión Europea, donde la bioenergía representa la mayor proporción de fuentes renovables —casi el 60% del consumo total—,¹⁵ el 70% de este aporte lo realiza la

biomasa forestal¹⁶ (aunque no todos los países están de acuerdo con esta promoción).¹⁷ Asimismo, entidades como la Agencia Internacional de Energía (IEA, por su sigla en inglés) promueven la neutralidad de la bioenergía a partir de biomasa forestal, cuestionando la transparencia y coherencia de los estudios sobre bioenergía forestal y las metodologías de contabilidad de GEI aplicadas (Cowie *et al.*, 2021). En la misma línea de apoyo se posicionan las principales organizaciones empresariales del sector en Europa y Norteamérica: Bioenergy Europe¹⁸ y otras, con un fuerte predominio industrial y, en muchos casos, altamente subsidiadas.¹⁹ En Europa, la bioenergía a partir de biomasa forestal es la única fuente de energía afectada legalmente por criterios obligatorios de sostenibilidad, sin equivalente en ninguna otra energía, lo cual da cuenta de que las discusiones en la temática ponen el foco en fundamentos válidos.^{20,21} Sin embargo, resolver los vacíos legales en materia de neutralidad de carbono puede ser crítico a futuro, ya que no es posible asumir la neutralidad de la bioenergía forestal ni su “renovabilidad” por defecto (Cowie *et al.*, 2021), y, además, ambos conceptos deberían revisarse para cada tipo de biomasa y cadena energética en particular.

11. Ver: Europa defiende el uso de la biomasa como fuente de energía renovable ante los lobbies. *AVEBIOM* (19/1/2021). Disponible en: <https://www.avebiom.org/index.php/biomasanews/avebiom/europa-defiende-biomasa-como-fuente-de-energia-renovable-ante-lobbies>.

12. Ver: Castanoso, Justin (5/11/20). ¿Son los bosques el nuevo carbón? Suenan la alarma mundial con el aumento de la quema de biomasa. *Mongabay*. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2020/11/son-los-bosques-el-nuevo-carbon-suenan-la-alarma-mundial-con-el-aumento-de-la-quema-de-biomasa/>

13. El supuesto de neutralidad de carbono es la base de los inventarios nacionales de GEI, ya que las emisiones de CO₂ de biocombustibles (bioetanol o biodiésel) y de biomasa sólida se consideran emisiones de origen biogénico. Estas emisiones se consideran en equilibrio en el ciclo natural del carbono y se asume que no tienen efecto sobre el cambio climático. Por ello, las emisiones de CO₂ de origen biogénico (representadas como CO₂b) se reportan de forma informativa y no se toman en cuenta en el cálculo de totales en esos inventarios.

14. Ver: Letter from scientist to the EU Parliament regarding forest biomass. Disponible en: http://www.pfpi.net/wp-content/uploads/2018/04/UPDATE-800-signatures_Scientist-Letter-on-EU-Forest-Biomass.pdf

15. Ver: La Unión Europea reconoce la bioenergía como parte de la solución al cambio climático. *Retama*. Disponible en: <https://www.retama.es/noticia/la-union-europea-reconoce-la-bioenergía-como-parte-de-la-solución-al-cambio-climático-BnClO>

16. Ver: Understanding Europe's leading renewable energy source. *Bioenergy Europe*. Disponible en: <https://bioenergyeurope.org/about-bioenergy.html>

17. Ver: Jansen, Devine (21/7/20). The Dutch have decided: Burning biomass is not sustainable. *EURACTIV*. Disponible en: <https://www.euractiv.com/section/energy/news/the-dutch-have-decided-burning-biomass-is-not-sustainable/>

18. Ver: Bioenergy Europe response to the “Money to Burn”. *Bioenergy Europe*. Disponible en: https://bioenergyeurope.org/index.php?option=com_content&view=article&id=280

19. Ver: NRDC (2019). Burnout: EU clean energy subsidies lead to forest destruction. Disponible en: <https://www.nrdc.org/sites/default/files/burnout-eu-clean-energy-policies-forest-destruction-ip.pdf>

20. Ver: Europa defiende el uso de la biomasa como fuente de energía renovable ante los lobbies. *Madera sostenible*. Disponible en: <https://madera-sostenible.com/energia/europa-defiende-el-uso-de-la-biomasa-como-fuente-de-energia-renovable-ante-los-lobbies>

21. Ver: Europa defiende el uso de la biomasa como fuente de energía renovable ante los lobbies. *AVEBIOM* (19/1/2021). Disponible en: <https://www.avebiom.org/index.php/biomasanews/avebiom/europa-defiende-biomasa-como-fuente-de-energia-renovable-ante-lobbies>.

2. CONTEXTO GLOBAL

2.1. Participación mundial, recursos, tecnologías y comercio de biomasa

A nivel mundial, la bioenergía es la principal fuente de energía renovable, con un aporte cercano al 12% del suministro de energía primaria mundial, lo que representa el 70% de la contribución desde fuentes renovables, aunque más de la mitad de esta contribución proviene del uso tradicional de la biomasa para cocción de alimentos y calefacción de hogares, con todas las problemáticas que este uso genera²² (IEA, 2020a; IRENA, 2020a).

Si bien el uso de la biomasa con fines energéticos parecería ser una tendencia moderna, su empleo es tan antiguo como la existencia humana (Karekezi *et al.*, 2004) y sigue implicando una de las principales fuentes energéticas a nivel mundial, con participación de hasta el 80% en la energía primaria en algunos países africanos (REN21, 2020). Los recursos más utilizados son leña (67%), carbón vegetal (7%) y residuos agrícolas y pecuarios (7%) (WBA, 2019), los cuales se aprovechan con bajo o nulo nivel de procesamiento mediante dispositivos sencillos para cubrir demandas térmicas

de cocción y calefacción en poblaciones de bajos recursos. Es lo que se conoce como “biomasa tradicional” —o bioenergía tradicional— y es el tipo de recursos para energía que utilizan cerca de 3000 millones de personas en el mundo (BM, 2018;²³ IEA, 2020b). Más del 60% del consumo final de bioenergía es de este tipo y se usa en un modo no comercial o se compra en mercados locales informales, por lo que las estadísticas son incompletas (Larsen *et al.*, 2003; IEA, 2020a). El resto del aporte de la bioenergía está dado por usos que implican diferente grado de procesamiento de la materia prima, mediante procesos o tecnologías más sofisticadas y escalas de aprovechamiento superiores, y se denomina “biomasa moderna” o “bioenergía moderna”. Este aporte constituye un sector en crecimiento e incluye biocombustibles sólidos, líquidos o gaseosos —esto es, combustibles intermedios obtenidos del procesamiento de la biomasa—, como biogás, bioetanol, biodiésel, biometano, *pellets* y briquetas, entre otros.

El consumo final de energía en 2018 fue de 416 exajoule (EJ) (IEA, 2019) y se muestra en la Figura 1. Para 2018, la bioenergía alcanzó una inversión global de 6640 millones de dólares, lo que significa el 3% de las inversiones totales en fuentes renovables (IRENA, 2020c). El 90% del total de bioenergía utilizada a nivel mundial proviene de biomasa sólida (IEA, 2020b).

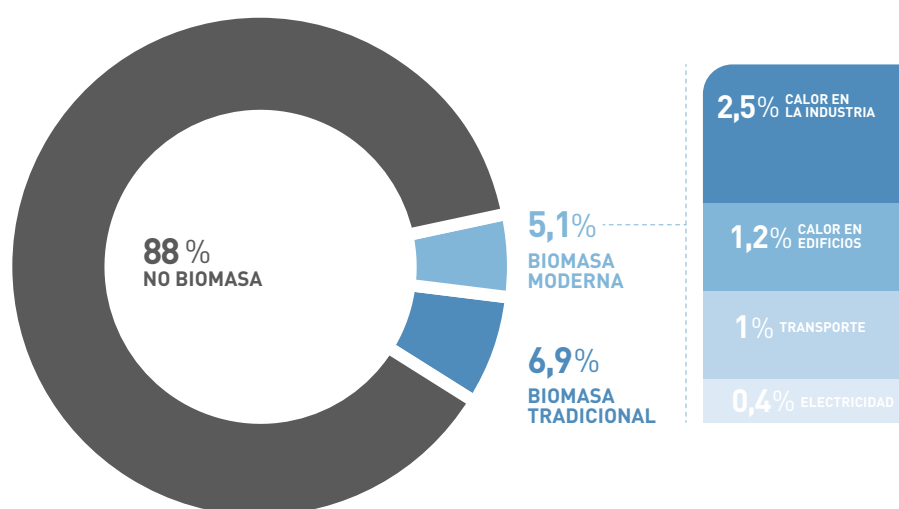


Figura 1. Participación de la bioenergía en el consumo final de energía global por fuente y uso final, año 2018 (REN21). El consumo final de energía a nivel mundial fue de 416 EJ en 2018 (IEA, 2019). (Fuentes: REN21 e IEA, 2019)

22. Las fuentes renovables incluyen hidroenergía, geotermia, energía solar, eólica, mareomotriz, undimotriz, de biocombustibles y la fracción renovable de residuos municipales. La IEA incluye hidroenergía pequeña, mediana y grande (https://iea.blob.core.windows.net/assets/a1bd577e-14d0-4d4c-8b01-4e20ae1ded07/REN_Documentation1.pdf). En algunos países, como la India y China, la hidroenergía a pequeña escala se define como la generación de energía hidroeléctrica hasta 25 MW. Otros países, como Estados Unidos, consideran como de pequeña escala hasta 30 MW (https://usaidgems.org/Documents/Spanish/SEG_EnergyGuideline_Final_May11-SP_FINAL_July2018.pdf), mientras que en la Argentina se incluye hasta 50 MW.

23. Ver: Energía. *Banco Mundial*. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview> (Acceso: 23/02/2021).

Las tecnologías empleadas en las cadenas de valor de la bioenergía se encuentran, en general, comercialmente maduras, o, al menos, en una fase de adopción temprana del mercado (IEA, 2017b; IEA, 2020c). Entre ellas, están las utilizadas en acondicionamiento y pretratamiento de biomasa (secado, densificación, reducción de tamaño), o aquellas empleadas en cualquiera de las dos rutas más comunes de conversión energética: la bioquímica o la termoquímica. En el primer caso, las tecnologías de digestión anaeróbica, fermentación alcohólica o transesterificación se encuentran en estado de madurez comercial y se aplican para obtener biogás, bioetanol y biodiésel, entre los biocombustibles más conocidos en la llamada “primera generación”. Las nuevas rutas para obtener biocombustibles de segunda generación —por ejemplo, bioetanol celulósico— y de tercera generación —por ejemplo, bio-oil de algas y otros biocombustibles avanzados— muestran un menor nivel de madurez (fase de demostración) (IEA, 2020c). Las tecnologías asociadas a la ruta termoquímica representan opciones competitivas de generación de energía y se encuentran disponibles a nivel comercial, en su mayoría aquellas asociadas a la combustión, que es el proceso de conversión energética empleado por excelencia.

La generación de calor (doméstico e industrial) es la principal forma de aprovechamiento energético de la biomasa a nivel mundial; la combustión es el proceso utilizado más habitualmente (REN21, 2020). Los dispositivos usados para combustión directa de biomasa sólida varían desde pequeñas estufas domésticas (1-10 kW) hasta grandes calderas usadas en plantas de generación eléctrica y de ciclos combinados (>5 MW). La cocombustión (combustión conjunta de carbón y biomasa) en estaciones de generación eléctrica mejora la ventaja de las grandes plantas (>100 MWe) que no son aptas para combustión solo de biomasa debido a la limitada disponibilidad de esta.

Entre las tecnologías de generación eléctrica de mayor madurez, al igual que para los combustibles fósiles, se encuentra la turbina de vapor (TV),²⁴ con mayor eficiencia si funciona en ciclos combinados (TG-TV).²⁵ Le siguen los sistemas de gasificación/motores de combustión interna (G-MCI) (IRENA, 2019, 2020b). El futuro de la generación de electricidad a partir de biomasa se asocia con la tecnología de gasificación integrada de biomasa en ciclo combinado (GIBCC), que ofrece las más altas eficiencias de conversión, de cerca de 40-45% (Larsen *et al.*, 2003; IEA, 2017b, 2020c), aunque esta todavía se encuentra en etapa de demostración (IEA, 2020c). Con respecto a pequeños sistemas de generación eléctrica, la gasificación térmica es una tecnología comercial en crecimiento. A fines de 2019, estaban en funcionamiento unos 132.000 digestores de biogás en todo el mundo (el 75% en China) para la cogeneración de calor y electricidad. Para procesos de combustión a pequeña escala, los motores Stirling se están revalorizando, incluso en instalaciones

aisladas de la red, tanto en países industrializados como en países en vías de desarrollo (IPCC, 2011; REN21, 2020). Un análisis del nivel de madurez comparativo de las tecnologías a la fecha puede verse en IEA (2020c) o Bruno Dovici y otros (2021).

En cuanto al uso final de la bioenergía, los principales actores mundiales son diversos. En relación con las aplicaciones térmicas, Brasil fue el mayor usuario de biomasa para calor industrial (1,6 EJ), utilizando residuo de la caña de azúcar (bagazo) en cogeneración, seguido por la India, Estados Unidos y la Unión Europea (UE). El uso moderno de bioenergía en edificios se concentró en el sector residencial de Francia, Italia, Alemania y Suecia (47% de este uso), aunque la demanda varía mucho de un año a otro en función de las condiciones climáticas. La bioenergía para calefacción distrital²⁶ predominó en Europa (Suecia, Dinamarca y Finlandia), suministrando el 10% de la demanda de calor de la UE (IEA, 2020a). En cuanto a la bioelectricidad, la capacidad global de bioenergía alcanzó 115 gigavatios (GW), lo que implica el 6% del total de las renovables (2351 GW), con el liderazgo de Brasil, China, Estados Unidos, la India y Alemania. El 70% de la capacidad instalada utiliza combustibles sólidos, el 16% biogás, el 12% gas de relleno sanitario y el 2% biocombustibles líquidos. La generación total de bioelectricidad llegó a 591 TWh en ese año (IRENA, 2019). En 2019, el costo total instalado para bioenergía fue de 2140 USD/kW (17% menor que en 2010), por lo que resultó la cuarta posición más cara entre todas las fuentes renovables (después de la energía solar FV;²⁷ la eólica y la hidroenergía), mientras que el factor de capacidad promedio ponderado global fue de 69,97%.²⁸ En 2019, el LCOE²⁹ promedio ponderado global de las nuevas plantas de bioenergía puestas en servicio fue de 0,065 USD/kWh (13% menos que en 2010), por lo que ocupó el tercer puesto de menor costo (IRENA, 2020c).

En relación con los biocombustibles líquidos, asociados en su mayoría a aplicaciones mecánicas, la producción global en 2019 fue de 161.000 millones de litros (Figura 2), compuesta principalmente de biodiésel y bioetanol, biocombustibles líquidos. Además, se ha incrementado la capacidad de producción de otros combustibles sustitutos del diésel, elaborados mediante el tratamiento de aceites y grasas animales y vegetales con hidrógeno (aceite vegetal hidrotratado o HVO), y ésteres y ácidos grasos hidrotratados (HEFA). La producción de HVO/HEFA alcanzó los 6500 millones de litros en 2019, y se concentró en Finlandia, los Países Bajos y Singapur (IEA, 2020a).³⁰ Asimismo, otro biocombustible para el transporte cuya demanda se encuentra en aumento es el biometano (subcomponente del biogás), el cual se utiliza principalmente en Europa (Suecia, Alemania, Noruega y Reino Unido) y Estados

24. Las TV pueden operar en un ciclo Rankine (TV-CR) o en un ciclo Rankine orgánico (TV-CRO).

25. Los ciclos combinados (CC) son centrales de generación de energía eléctrica en las que se transforma la energía térmica del gas natural en electricidad mediante dos ciclos consecutivos: el que corresponde a una turbina de gas (TG) convencional y el de una turbina de vapor.

26. El *district heating* o calefacción urbana es un sistema de producción centralizada de calor y frío a través de una red de tuberías.

27. FV: fotovoltaica.

28. Con alta variabilidad en el período 2010-2019 al estar definido en gran medida por la disponibilidad de materias primas de bajo costo.

29. LCOE (*levelized cost of energy*) o costo nivelado de la energía es la relación entre los costos de por vida y la generación de electricidad de por vida, los cuales se descuentan a un año común utilizando una tasa de descuento que refleja el costo promedio de capital. Para más detalles, ver IRENA (2020c).

30. Basado en datos de biocombustibles en IEA, Oil 2020 (París, 2020). Disponible en: <https://www.iea.org/reports/oil-2020>.

Unidos, que es el mayor productor y usuario (REN21, 2020). En términos más generales, la producción de biogás y biometano en 2018 fue de alrededor de 35 Mtep,³¹ menos del 3% de la demanda global de bioenergía y el 0,3% de participación en la energía primaria mundial. Se calcula que su participación actual como

biocombustibles gaseosos implica solo una fracción del potencial global estimado, que podría cubrir alrededor del 20% de la demanda mundial de gas, considerando solo materias primas que no compiten con los alimentos por tierra agrícola (IEA, 2020b).

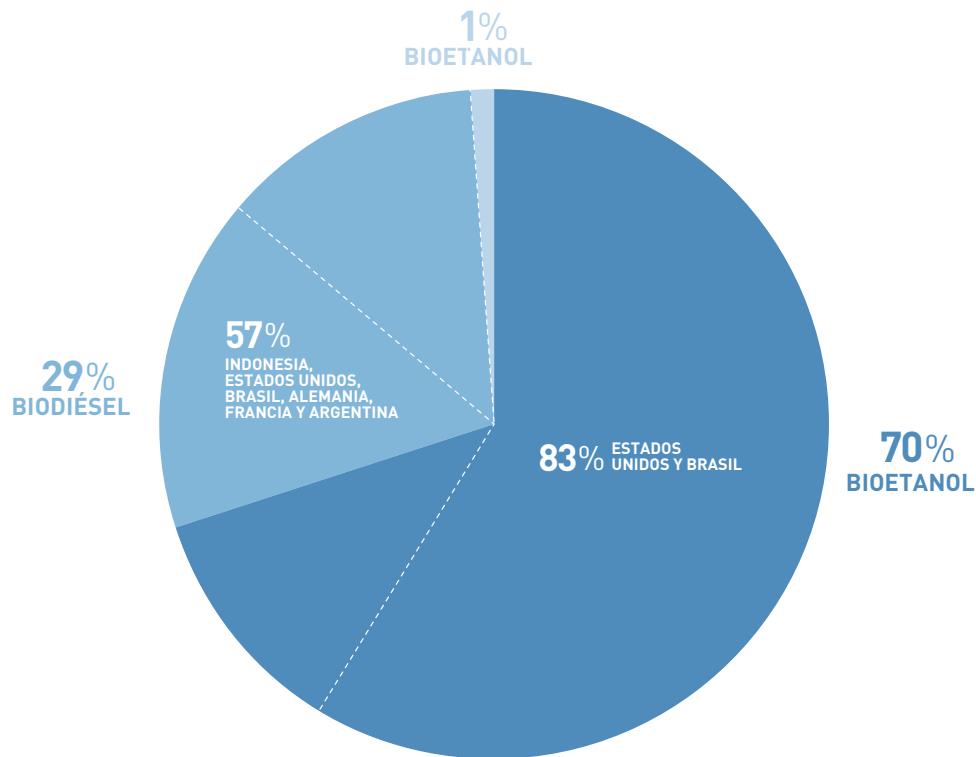


Figura 2. Biocombustibles líquidos producidos en 2019 por tipo y origen. Fueron 161 millones de litros en 2019 (4 EJ).
(Fuente: Oil 2020, IEA)

31. tep: tonelada equivalente de petróleo, que equivale a 41870 MJ o 11630 kWh.

2.2. Proyecciones a futuro, controversias y limitaciones

En las últimas décadas, numerosas empresas, organizaciones internacionales y agencias de gobierno han trabajado en proyectar escenarios energéticos a futuro. Si bien no se trata de una herramienta nueva, las facilidades de acceso a la información y la interconexión mundial han permitido precisiones interesantes para anticipar la toma de decisiones. En la actualidad, existen tres tipos de aproximaciones para estimar estos escenarios (WEC, 2019):

- i) *Escenarios plausibles*: alternativas de contextos futuros que podrían suceder, ya sean deseados o no, basados en supuestos y datos cualitativos acerca de los cambios políticos y sociales, así como elementos tecnológicos. Por ejemplo, los de Shell (2013) o WEC (2016).
- ii) *Proyecciones*: basadas en datos actuales cuantitativos y proyectados al futuro si las tendencias actuales se mantienen como de costumbre.³² Ponen el foco en elementos tecnoeconómicos y realizan análisis de sensibilidad y de costo-beneficio para la toma de decisiones políticas. Entre ellas, se cuentan las proyecciones de la EAI (2017) o BP (2018).
- iii) *Escenarios normativos (EsNo)*: aquellos que resultan técnicamente posibles y preferibles en función de un objetivo. Se enfocan en alcanzar un objetivo específico futuro alineado a una agenda global, a partir del cual se traza el camino inverso hasta el presente, definiendo hojas de ruta posibles. Aquí se pueden mencionar los escenarios de importantes organizaciones, como la IEA (2017a), la IRENA (2017) o el IPCC (2018).

En vista del contexto actual, la transición buscada debería ser parte de una transformación mucho más amplia, y no solo energética, vinculada a todas las dimensiones que hacen a la sustentabilidad planetaria (Jackson, 2009; Blanco, 2016). Por tanto, resultan interesantes los *EsNo*, ya que incluyen el cumplimiento de los compromisos acordados internacionalmente, como el Acuerdo Climático de París o la Agenda 2030 para el Desarrollo Sustentable. En todos los *EsNo* mencionados, la eficiencia energética, la electrificación y un mayor despliegue de tecnologías renovables son elementos esenciales —aunque no suficientes— en la transición hacia un futuro energético global con emisiones de carbono bajas o nulas. En estos escenarios, las energías renovables crecen rápidamente hasta un 30-40% de participación mundial hasta la mitad del siglo, lo que implica en todos los casos un rol clave de la bioenergía (WEC, 2019; IEA, 2020a y b).

Si bien hay una complejidad inherente en la estimación del potencial de recursos de biomasa, y teniendo en cuenta numerosas restricciones, los expertos señalan que este potencial técnicamente factible podría situarse entre 100 y 300 EJ en 2050 (IPCC, 2011; WBA, 2019; IEA, 2020b). A fin de contextualizar este potencial, el suministro de biomasa para energía en el año 2017 fue de aproximadamente 55,6 EJ/año, y la demanda total de energía primaria a nivel mundial, incluidos los combustibles fósiles, de unos 585 EJ (WBA, 2019). Sobre esta base, la IEA (2017b) considera que la bioenergía moderna podría cuadruplicar su aporte

al año 2060 en la matriz energética mundial (la cual actualmente aporta un tercio del total de bioenergía mundial), mientras que el suministro total de bioenergía (moderna-tradicional) aumentaría cerca de 2,5 veces. Por su parte, la IRENA (2020a) señala que la participación de la bioenergía moderna (promoviendo básicamente una alta participación de biocombustibles líquidos para automoción) podría quintuplicarse para el año 2050, pero agrega que la bioenergía tradicional debería eliminarse por completo. Por otro lado, en el reciente Pacto Verde de la UE,³³ la bioenergía está presente en todos los escenarios considerados en la Estrategia de Descarbonización, que persigue convertir a Europa en el primer continente neutro en emisiones de carbono en 2050. Se proyecta que la bioenergía cumplirá funciones clave en los sectores de uso final (industria, transporte y edificios) y podría contribuir a equilibrar la red eléctrica, que tiene una alta proporción de energías renovables variables, como la solar FV y la eólica (se considera que la fracción de renovables intermitentes no debe exceder el 40% a 50% de la capacidad instalada, Zsiborács *et al.*, 2019).³⁴

Cabe destacar que, en todos los casos, los *EsNo* proyectan un aumento de la bioenergía moderna y una reducción de la bioenergía tradicional. Esta última es asumida netamente como “insustentable”, al asociarse con tecnologías ineficientes, con menos de 20% de eficiencia en términos energéticos (Karekezi *et al.*, 2004; IPCC, 2011; IEA, 2017b) y que causan 2,8 millones de muertes prematuras por año debido a la contaminación del aire doméstico (IEA, 2017a). A esto se suma la degradación del medio natural (por la falta de planificación de uso de los ecosistemas), así como impactos sociales vinculados a la recolección diferenciada a cargo mayormente de mujeres y niños, que cuentan con tiempo útil o de esparcimiento muy limitado (IEA, 2017a). Sin embargo, la bioenergía moderna, que en muchos casos puede asociarse a dispositivos de conversión energética más eficientes —de hasta un 80%— (IPCC, 2011), también se puede utilizar a baja eficiencia en países desarrollados o no desarrollados. Además, puede generar otros impactos asociados con la escala de implementación, la competencia por recursos naturales o humanos, el tipo de tecnologías empleadas o la biomasa que se utilice, entre muchos otros aspectos que incluyen los sistemas de bioenergía (Agostini *et al.*, 2014; IEA, 2020b; Camia *et al.*, 2021) (ver “El caso de la palma aceitera”).

33. Ver: Annez to the Communication on the European Green Deal. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication-annex-roadmap_en.pdf.

34. Esta limitación está relacionada con la falta de tecnología comercial para almacenar electricidad generada por tecnologías de energía renovable intermitente (Kondziella y Bruckner, 2016).

32. *Business-as-usual*, en inglés.

El caso de la palma aceitera

La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) se origina en África ecuatorial, donde se ha cultivado durante milenios, aunque ahora se cultiva ampliamente en el sudeste asiático. Entre 2008 y 2017, este cultivo se expandió a nivel mundial a una tasa estimada de 700.000 ha por año (FAOSTAT, 2021). De esta planta se obtiene el principal y más barato aceite comestible en gran parte de Asia y África (Meijaard *et al.*, 2020), y puede producir 4-5 t/ha de aceite. Por ello, se encuentra entre los rendimientos más altos de los cultivos oleaginosos (Mukherjee y Sovacool, 2014; Heidari *et al.*, 2020).

En términos comparativos, la soja (*Glycine max*) rinde entre 0,4 y 0,8 t/ha y el girasol (*Helianthus annuus*) entre 0,5-0,9 t/ha (Meijaard *et al.*, 2020). Por tanto, la palma aceitera es la especie aceitera de más rápida expansión en zonas bajas tropicales húmedas, especialmente en el sudeste asiático (FAOSTAT, 2021). Allí se lleva a cabo el 87,3% de la producción mundial, repartida entre Indonesia y Malasia.

Países³⁵ como los mencionados han establecido políticas de incentivo para aumentar la proporción de diésel mezclado con aceite de palma crudo, que pasó del 20% (B20) en 2018 al 30% (B30) para fines de 2019 en el caso de Indonesia (el mandato más alto del mundo), y alcanzó un porcentaje del 20% en 2020 para Malasia (REN21, 2020). Sin embargo, la demanda externa es uno de los principales movilizados de la producción. En 2019, la producción de biodiésel aumentó un 13%, e Indonesia se convirtió en el mayor productor mundial, superando a Estados Unidos (REN21, 2020). La India y la Unión Europea fueron los principales importadores. Ese año, el 53% de la importación de aceite de palma en la UE se utilizó para producir biodiésel para automoción, cifra que alcanza el 67% de usos energéticos si se suma la fracción de aceite de palma utilizado para la generación de calor y electricidad.

La superficie de tierra para el cultivo de palma aceitera aumentó de 10 a 17 millones de hectáreas entre 2000 y 2012 (Pirker *et al.*, 2016). Un análisis reciente señala que el 68% de la deforestación ocurrida en Malasia fue consecuencia de la expansión de la palma aceitera; en Indonesia esta cifra llegó al 38% y en la Amazonía peruana al 44% (Meijaard *et al.*, 2020). Esto ha generado una gran preocupación por los impactos ambientales de la conversión de bosques nativos, las consiguientes emisiones de GEI y la pérdida de biodiversidad (Pirker *et al.*, 2016; Vijay *et al.*, 2016).

La Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) señala que la palma aceitera representa una amenaza para 321³⁶ especies —aunque se reconoce que la lista es incompleta—, lo cual implica el mayor valor entre cualquiera de los cultivos oleaginosos a nivel mundial (soja, cola, girasol, coco, etc.) (IUCN, 2019). La expansión industrial de la palma aceitera, en general mediante empresas multinacionales y nacionales, también se asocia a menudo con problemas sociales, como el acaparamiento de tierras, la explotación laboral, la desigualdad social (Li, 2018) y la disminución del bienestar dentro de las comunidades (Santika *et al.*, 2019; Castellanos Navarrete *et al.*, 2021). Además, el biodiésel obtenido de la palma aceitera no puede compensar, en una escala de mediano plazo (<100 años), el carbono liberado cuando los bosques se talan y las turberas se drenan para establecer nuevas plantaciones (Searchinger *et al.*, 2018). Por tanto, la expansión de las plantaciones de palma aceitera está bajo un intenso escrutinio público. Teng y otros (2020) señalan que el público manifiesta opiniones negativas sobre el aceite de palma y que entre los principales causantes de la destrucción del ambiente se reconocen la codicia, la corrupción, las ganancias, y un modelo de producción y consumo intrínsecamente insostenible. Todavía debe evaluarse de qué manera las iniciativas mundiales, regionales y nacionales podrían combinarse para revertir consecuencias aún peores que las ya observadas.^{37, 38}

35. Ver: OILWORLD. Disponible en: <https://www.oilworld.biz/t/publications/data-base>.

36. Número de especies amenazadas de acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN (2019) para las cuales el cultivo específico se menciona como una amenaza.

37. Dados los altos riesgos de cambios en usos del suelo para aumentar la producción de etanol y biodiésel en respuesta a la creciente demanda global de biocarburantes, desde 2018 se ha pretendido restringir el biodiésel desde cultivos alimenticios, ya que es el principal biocombustible utilizado por el parque automotor europeo frente al bioetanol. Ver Directiva (UE) 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/LSU/?uri=CELEX%3A32018L2001>).

38. Iniciativas como Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) solo han logrado certificar el 20% de la producción mundial de aceite de palma (<https://rspo.org/>).

En los escenarios *EsNo* del IPCC (2018), la bioenergía podría aportar hasta el 26% de la energía primaria (154 EJ/año) en 2050 (en un rango del 10% al 54%), frente al 10% en 2020.³⁹ En todos los casos (con excepción de escenarios poco probables donde la demanda total de energía mundial disminuya un 32% al 2050), los escenarios incorporan dos principales estrategias vinculadas a la bioenergía y una acción directa de remoción de GEI:⁴⁰ a) uso de bioenergía asociada con captura de carbono y almacenamiento geológico (BCCA)⁴¹ y b) secuestro de carbono mediante aumento de cubierta boscosa. Ambas estrategias son controversiales.

Por un lado, el aumento de cubierta arbórea sin pautas técnicas precisas fundadas en la ecología de cada ecosistema podría atentar contra su resiliencia y diversidad biológica.⁴² Por otro lado, la implementación a gran escala de la producción de cultivos energéticos dedicados a la obtención de biocombustibles líquidos (principalmente, pero también otras formas de bioenergía) podría aumentar la competencia por la tierra con consecuencias potencialmente graves para la seguridad alimentaria y la degradación de los ecosistemas (Von Braun, 2007; PNUMA, 2009; IPCC, 2019). Asimismo, las estrategias que implican BCCA no están probadas y existe un muy alto riesgo en su implementación a gran escala (IPCC, 2018). El rol significativo que se otorga a la BCCA en los *EsNo* implica que, además de que grandes áreas de tierra deberían estar disponibles⁴³ para la producción de bioenergía, esta debe obtenerse con bajas emisiones. Sin embargo, la implementación real de proyectos de bioenergía no en todos los casos cumple con estos supuestos.

Existen experiencias mundiales como la expansión de la soja o de la palma aceitera (ver recuadro), cuyos cultivos han avanzado destruyendo en muchos casos ecosistemas nativos, lo que genera graves impactos ambientales y origina emisiones de carbono. Esto es lo que muchos autores han denominado “deuda de carbono”, es decir, la cantidad de años que serían necesarios para compensar la gran cantidad de emisiones de GEI generadas por

todas las etapas de producción de biocombustibles líquidos (actualmente obtenidos en su mayoría desde cultivos alimenticios), incluyendo la etapa previa de cambio de uso de suelo y habilitación de tierras para estos cultivos energéticos (Fargione *et al.*, 2008; Searchinger *et al.*, 2008; Reid *et al.*, 2019).

El despliegue masivo de energías renovables, y en particular de BCCA, implicado en esos escenarios puede plantear, por tanto, serios desafíos a futuro y generar conflictos con distintos objetivos de sostenibilidad, como los vinculados a la biodiversidad, la huella hídrica, la desertización y otros que podrían afectar la resiliencia del planeta (WEC, 2019; IPCC, 2019). De esta manera, el hecho de que el empleo de biomasa (de cierto tipo y con ciertas características de manejo) pueda asociarse con los beneficios y potencialidades mencionadas al inicio de este informe no implica que la utilización de bioenergía sea intrínsecamente sostenible. Esto deberá analizarse a la luz de las características de los contextos nacionales y regionales particulares, y para cada tipo de biomasa y cadena de aprovechamiento propuesta, de manera específica (IEA, 2020b; IRENA, 2020a).

39. Según el Informe Especial del IPCC sobre la limitación del calentamiento a 1,5°C (SR1,5), la contribución de la bioenergía a las vías de mitigación es sustancial, aumentando a un valor medio del 27,3% del suministro mundial de energía en 2050 en toda la gama de vías de 1,5 °C analizadas (Rogelj *et al.*, 2018).

40. El objetivo de los métodos de remoción es remover CO₂ de la atmósfera mediante la modificación deliberada de los procesos del ciclo del carbono o por métodos industriales (por ejemplo, químicos). El carbono extraído de la atmósfera se almacenaría luego en reservorios terrestres, oceánicos o geológicos. Algunos métodos de remoción de dióxido de carbono se basan en procesos biológicos y otros en procesos geológicos. La biomasa interviene en el primer grupo de métodos (IPCC, 2020).

41. En inglés BECCS: *bioenergy with carbon capture and storage*.

42. En China, por ejemplo, que cuenta con el 54% de la superficie de bosque nativo mundial (FAO, 2020a), se implementó un programa de aumento de cobertura boscosa (Viña *et al.*, 2016), pero este esfuerzo se cumplió mediante forestación con plantaciones, lo cual puede traer efectos desconocidos en la oferta de servicios ecosistémicos (Xu 2011; Van Holt y Putz 2017; Chazdon *et al.*, 2016; Yan *et al.*, 2020; Manrique y Franco, 2020).

43. Por ejemplo, en P2 y P4 —dos de los cuatro escenarios ilustrativos de calentamiento global de 1,5 °C presentados en Informe IPCC (2018)—, la BCCA se amplía a 1,4 Gt/año en 2050 para P2 y a 16 Gt/año en 2050 para P4. Esto da lugar a escalas muy diferentes en términos de la superficie de tierra destinada para la producción de cultivos bioenergéticos en 2050: 0,9 millones de km² en P2 (lo que equivale al 7% de la tierra agrícola mundial), frente a 7,2 millones de km² en P4 (es decir, el 33% de la tierra agrícola mundial, aproximadamente el tamaño de Australia).

3. CONTEXTO NACIONAL

3.1. Participación nacional de la bioenergía y contexto normativo

Como la gran mayoría de los países del mundo, la Argentina tiene una fuerte dependencia de combustibles fósiles (sobre todo, gas y petróleo), los cuales aportaron el 86% de la oferta de energía primaria del país en 2018 (SEN, 2019). Asimismo, la generación eléctrica nacional es principalmente de origen térmico a partir de gas natural (Figura 3).

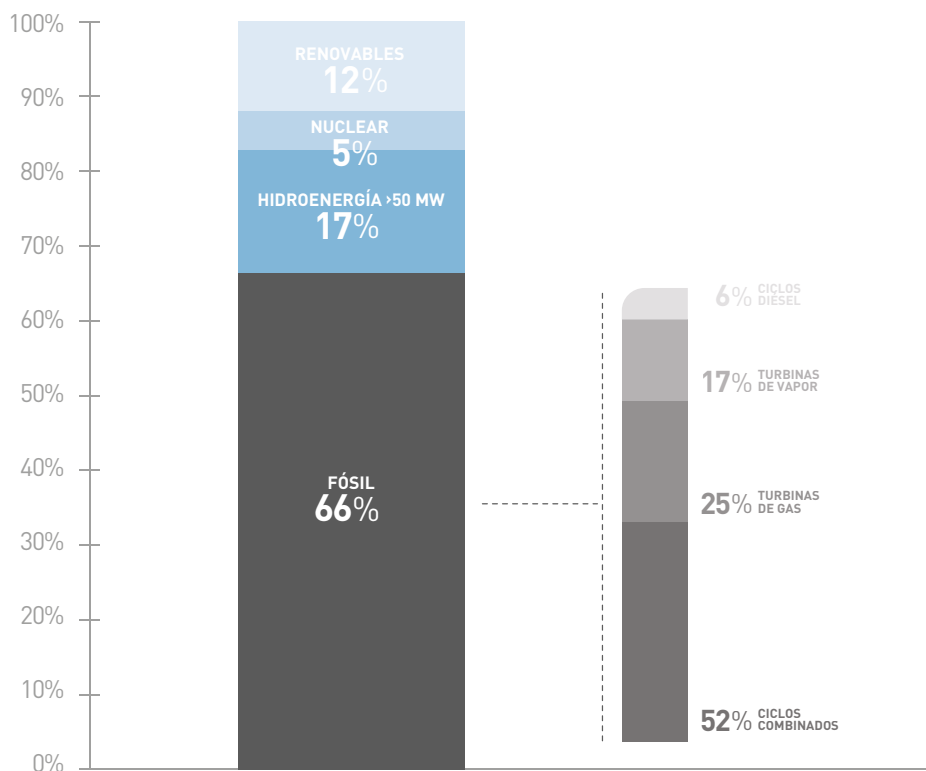


Figura 3. Generación eléctrica en la Argentina por fuente, año 2019. (Fuente: SEN, 2019)

En los últimos años, la Argentina comenzó a mostrar algún crecimiento en materia de energías renovables. La participación en la generación eléctrica nacional ha logrado quintuplicarse, por lo que alcanzó a cubrir el 10% de la demanda del mercado eléctrico mayorista (MEM) en 2020⁴⁴ (Figura 4), año en que la capacidad nacional total instalada del parque eléctrico fue de 41,9 GW, de los cuales 4,11 GW correspondieron a fuentes renovables (CAMMESA, 2021). La bioenergía sigue estando muy por detrás de las demás fuentes renovables (Figura 4).

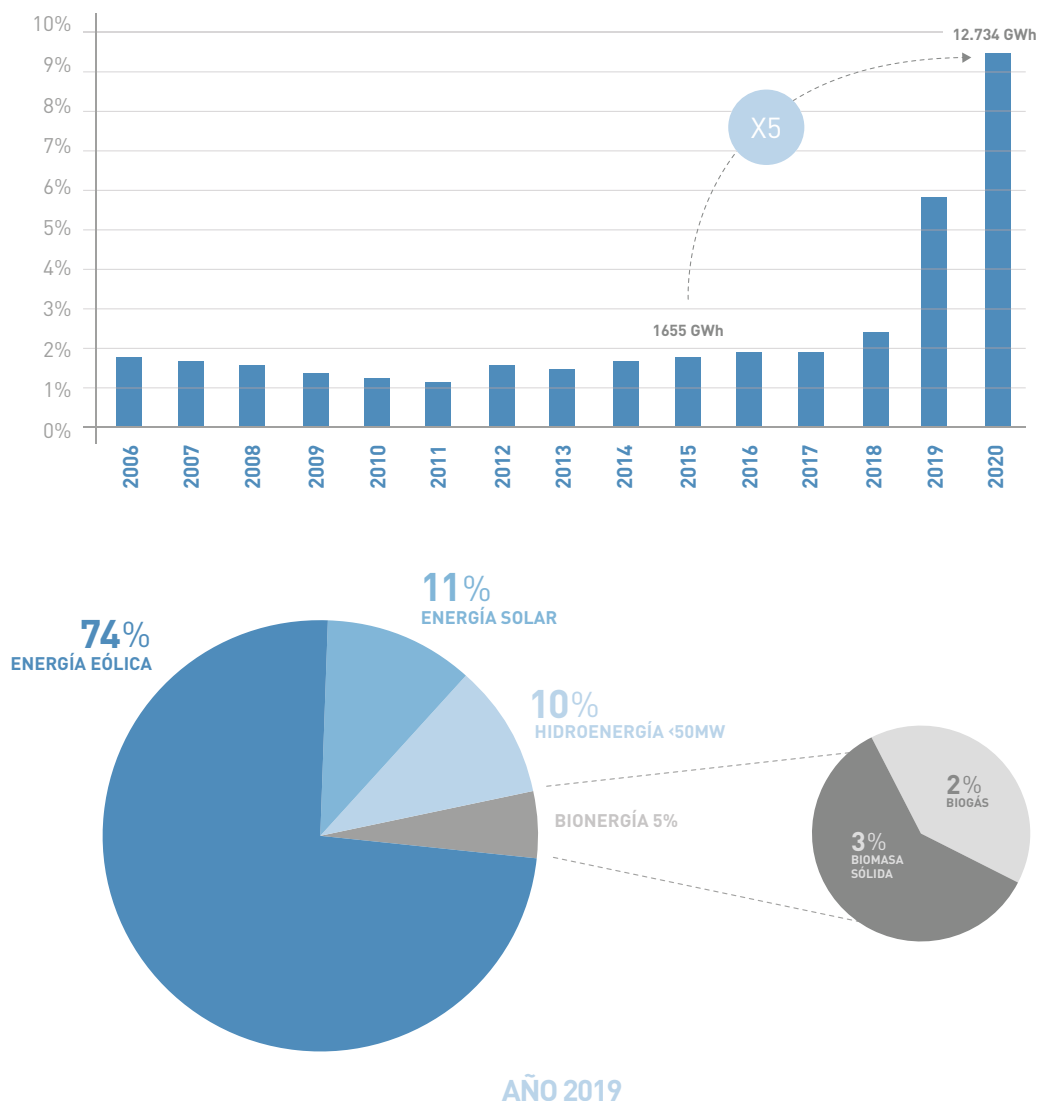


Figura 4. Generación eléctrica renovable en la Argentina, evolución período 2006-2020 y desglose por fuente para el año 2019. (Fuente: CAMMESA 2020)

44. Debe considerarse que esta participación relativa de renovables está influida por una disminución general de la demanda energética mundial como consecuencia de la fase restrictiva del confinamiento impuesto a raíz de la pandemia COVID-19.

Este crecimiento en la participación de las energías renovables fue propiciado por múltiples causas externas y políticas internas del país. En 2016, la Ley 27191 Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica —modificatoria de la Ley 26190/2006— propuso como objetivo cubrir el 20% del consumo de la energía eléctrica nacional en 2025 a partir de estas fuentes renovables.⁴⁵ Desde 2016, cuando se dictó la ley, se han adjudicado 244 proyectos, lo que suma más de 6300 MW de potencia instalada de energías renovables a través de las rondas 1, 1.5, 2 y 3 de RenovAr⁴⁶ (instrumento de aplicación de la ley), la Resolución 202/2016 y el Régimen del Mercado a Término de Energías Renovables (MaTER).⁴⁷ Con un precio promedio ponderado de 54,72 USD/MWh en los contratos adjudicados en energías renovables, estas llegaron a ser competitivas con la energía fósil convencional, lo que impactó en el costo total de la energía en la Argentina (MINEM, 2018).

Sin embargo, la bioenergía aún se encuentra entre las fuentes de mayor costo y requiere incentivos y subsidios para poder competir. Los proyectos de bioenergía generan potencias nominales en el rango de 2-38 MW, con una potencia media de 12,5 MW (FAO, 2020c). Entre todas las energías renovables, los proyectos de biogás son los de mayor precio adjudicado (promedio ponderado de 158,6 USD/MWh), seguidos de biogás de relleno sanitario (129,5 USD/MWh) y biomasa sólida (106,1 USD/MWh). Esta situación está asociada, probablemente, al alto riesgo y a la dificultad de estos proyectos de asegurar el suministro de biomasa a largo plazo (ya que los recursos dependen del clima, plagas y otras amenazas naturales y de tipo político-institucional).

Asimismo, la producción de ciertos recursos de biomasa implica una demanda de recursos escasos, como agua, tierra y mano de obra. A esto se suma la complejidad de variables intervinientes en cada proyecto que son sitio-específicos (el tipo de recurso que se utilice, la especificidad de tratamiento, acondicionamiento, transporte, conversión y manejo en cada caso), para los cuales no existe capacidad técnica adecuada; los altos costos de logística para mercados internos no desarrollados (traslados, almacenamiento); la carencia de desarrollo tecnológico para abastecimiento de equipamiento clave necesario para el desarrollo de los proyectos bioenergéticos; la falta de concientización e incumplimiento de normativas ambientales —que llevarían a la obligación de disponer adecuadamente los recursos de biomasa residuales—, y la falta de incentivos y financiamiento para proyectos de energía térmica, entre otros factores (FAO, 2020b).

Los proyectos de bioenergía no son tan atractivos económicamente como los de energía solar o eólica, y mucho menos cuando la biomasa que se va a utilizar es de carácter residual y se encuentra dispersa (como los residuos agrícolas generados a

campo) o en condiciones de difícil aprovechamiento (como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos [RSU]), lo cual implica altos costos de recolección, acondicionamiento y transporte para su aprovechamiento.

Como complementaria a la Ley 27191 que sentó las bases para la proliferación de proyectos de gran potencia conectados a la red de transmisión —pero que no fueron accesibles para actores más pequeños—, en 2018 se sancionó la Ley Nacional 27424 Régimen de Fomento a la Generación Distribuida (GD) —o microgeneración <2 MW—, que puso el foco en la generación renovable por parte de usuarios de la red de distribución, para su autoconsumo, con eventual inyección de excedentes a la red.⁴⁸ Hasta enero de 2021, la generación distribuida llegó a los 3,4 MW de potencia instalada por parte de 365 usuarios-generadores de todo el país (el 60% en Córdoba y el 33% en Buenos Aires). A esto se suman 3857 kW de potencia reservada por el distribuidor (SEN, 2021). Para la bioenergía, los proyectos de menor escala resultan más factibles y cuentan con la ventaja de que parten de recursos gestionables.

Con respecto al sector de transporte que emplea biocombustibles líquidos (principalmente, biodiésel y bioetanol), a partir de 2006, con la Ley Nacional 26093 y su complementaria Ley 26334/2007, se estableció el Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de los Biocombustibles. El régimen establece que tanto el gasoil como la nafta que se comercializan en el mercado interno deben cumplir con un corte obligatorio de biocombustibles. En la actualidad, este valor asciende al 10% de biodiésel y al 12% de bioetanol. En este contexto, la producción de biocombustibles⁴⁹ aumentó significativamente: en 2019 alcanzó cerca de 2,15 millones de toneladas de biodiésel (con la soja como la principal materia prima utilizada) y más de 1.000.000 m³ de bioetanol, con producción desde maíz (53%) y caña de azúcar (47%) (MINEM, 2021). Existen a la fecha un poco más de 50 plantas de biocombustibles líquidos; las de bioetanol se ubican en Córdoba, Jujuy, Salta, San Luis, Santa Fe y Tucumán, mientras que las de biodiésel se encuentran en Buenos Aires, Entre Ríos, La Pampa, Neuquén, San Luis, Santa Fe, Santiago del Estero (MINEM, 2021). Vale destacar, además, la importancia que tiene el biodiésel obtenido a partir de la soja para la balanza exportadora.

Por último, a fines de 2012, se lanzó el Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa – PROBIOMASA,⁵⁰ una iniciativa llevada adelante por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y el Ministerio de Desarrollo Productivo con la asistencia técnica y administrativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Su objetivo fue lograr el incremento de la producción de energía derivada de biomasa en el país para diversificar la matriz energética, abrir nuevas oportunidades de crecimiento dentro del sector agroforestal,

45. Para el año 2025, se tendrían que incorporar a la red eléctrica 10.000 MW de energías alternativas a las de origen fósil.

46. El Decreto reglamentario 531/2016 de la Ley 27191 prevé dos vías para cumplir con las metas impuestas: i) mecanismo de compras conjuntas desarrollado por CAMMESA e instrumentado a través del RenovAr y ii) habilitación a los grandes usuarios de energía eléctrica para contratar energía renovable y/o autogenerarse. A la fecha, se realizaron tres rondas de RenovAr.

47. Proyectos de construcción y venta de energía directamente pactados entre privados.

48. Sin embargo, las aplicaciones térmicas desde estos recursos y cogeneración en todos los sectores, residenciales, comerciales, industriales y transporte, requieren aún un marco normativo que complemente las aplicaciones eléctricas (CADER, 2019).

49. Incluyendo bioetanol, biodiésel y biogás, aunque el biogás solo es mencionado tangencialmente.

50. Ver: <http://www.probiomasa.gob.ar/>.

contribuir a mitigar el cambio climático y estimular el desarrollo regional. Este proyecto se planificó inicialmente con una duración de 36 meses, pero concluyó recién a fines de 2019.⁵¹ En este marco, se realizaron estimaciones de potencial nacional del recurso, numerosas publicaciones técnicas y diversas acciones de asesoría y capacitación.

Además de los regímenes nacionales de incentivos para el uso de fuentes renovables ya mencionados (y sus correspondientes reglamentaciones), deben considerarse como parte del marco normativo actual el Marco Regulatorio Eléctrico (Ley 24065/91 y sus reglamentos), las leyes de Presupuestos Mínimos Ambientales (Ley 25675/02 General del Ambiente) y las normas de promoción de manejo de biomasa forestal: Ley 25080/98 y su prórroga, Ley 26432/2008 (para plantaciones forestales), y Ley 26331/07 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (bosques nativos). En el último caso, el Decreto Reglamentario PEN 91/2009 de la Ley 26331 encomienda a la autoridad nacional de aplicación la implementación de un Plan de Desarrollo de la Energía de Biomasa, el cual formaría parte del Programa Nacional de Protección de los Bosques Nativos. En este marco, cabe el dictado de regulaciones y guías a nivel nacional para el uso eficiente y rentable de los residuos o productos provenientes de desmontes o de aprovechamientos sostenibles, cumpliendo con el objetivo de conservación de los bosques nativos.

Vinculado a la aplicación térmica de la bioenergía, el Plan de Desarrollo de la Energía de Biomasa recomienda un programa nacional de desarrollo de la industria de *pellets*, calderas y estufas de *pellets*, con capacidad de reemplazar las instalaciones domiciliarias de gas licuado de petróleo (GLP) (FAO, 2017). En particular, desde hace solo un par de años se vienen manteniendo debates en una mesa de biomasa (para la producción de bioenergía) térmica,⁵² a fin de empezar a establecer líneas de trabajo con el principal objetivo de utilizar a la biomasa, en sus estados seco (para calderas y estufas) o húmedo (para la generación de biogás), como vector de energía térmica en reemplazo de combustibles fósiles, tales como el gas natural, el GLP, el fueloil o el gasoil. Hasta el momento, hay muy pocas experiencias en este sentido en la Argentina, y los esfuerzos que se están realizando son más bien para atender la demanda de energía eléctrica.

Con respecto a la normativa ambiental específica para la incorporación de biomasa y sus combustibles derivados como fuente de generación de bioenergía térmica y eléctrica, no existe a la fecha una norma de presupuestos mínimos de evaluación de impacto ambiental para proyectos de bioenergía, por lo cual este procedimiento debe reglarse mediante las normativas locales, lo que quizá provoque eventuales conflictos que podrían llegar a la instancia judicial (FAO, 2020c). Sin bien, recientemente, la FAO (2020c) publicó una guía orientativa para realizar estudios de impacto ambiental en proyectos bioenergéticos, esta no forma parte de normativas oficiales.

51. Ver: FAO (2020). Evaluación final del proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA). Disponible en: <http://www.fao.org/3/cb1572es/CB1572ES.pdf>.

52. <http://www.energiaestrategica.com/biomasa-generacion-termica-los-puntos-privados-analizanplantearle-al-gobierno/>

La biomasa es el recurso energético más distribuido en el territorio, ya que se genera a partir de todo tipo de actividad económica humana e incluso crece de forma espontánea en formaciones vegetales naturales. En este sentido, los proyectos de GD podrían ser la clave para una utilización más sostenible, lo que contribuiría a descentralizar el sistema energético, ya que no implican una economía de escala, están instalados cerca de la unidad de consumo (hogares, pequeñas empresas) y pueden autoabastecer parte de la electricidad consumida (BID, 2019; Kazimierski, 2020). Esto posibilitaría también el desarrollo de nuevas tecnologías de menor escala, lo que fomentaría las economías locales mediante la creación de cadenas de valor, incluyendo nuevos emprendimientos y pequeñas industrias.

En la actualidad, la bioenergía aún no cuenta con la tecnología nacional necesaria para manejar toda la cadena logística. Cuando la bioenergía de pequeña escala se basa en aprovechar residuos agrícolas, de procesamiento forestal o de origen pecuario, se requiere el acopio y manejo conjunto de varios puntos de generación para poder lograr volúmenes y suministro constante de materia prima. Por tanto, en muchos casos, los proyectos pueden gestarse de manera comunitaria, con alta participación de cooperativas, asociaciones y municipios, aprovechando los residuos que genera la actividad agropecuaria en zonas predominantemente rurales (Kazimierski, 2020).

3.2. Demanda, oferta y fuentes de generación de bioenergía

Hasta 2019, la demanda de biomasa a nivel nacional (incluyendo usos térmicos, eléctricos y autogeneración) —sin incluir las Rondas del Programar RenovAr— se estimó en 10,9 millones de toneladas al año, incluyendo los sectores residencial, industrial y comercial (FAO, 2020d). Cerca del 70% de esa demanda provino de dos sectores: los autogeneradores de bioenergía (18,9%), que emplearon en su mayoría cáscara de girasol, cáscara de maní, corteza, aserrín, leña, chips y residuos del manejo silvícola; y los ingenios azucareros, con un uso clave del bagazo, pero también otra biomasa agrícola residual (50,3%). Este consumo se registra en polos azucareros y forestales, ubicados en tres provincias: Tucumán, Jujuy y Misiones. Más allá de las empresas generadoras de residuos que los autoconsumen convenientemente (agro o foresto-industria), el consumo de bioenergía está determinado, sobre todo, por limitaciones en el tendido de las redes de gas y de electricidad, así como por la accesibilidad y costos de acceso a fuentes de energía fósil como GLP u otros. En 2018 se identificaron en el país 250.881 explotaciones agropecuarias (EAP), de las cuales el 64% contaba con algún tipo de fuente de energía eléctrica (conexión a red de electrificación rural, grupo electrógeno, paneles solares, tractousina, aerogenerador, generador hidráulico y otros) (CNA, 2019), y el resto carecía de abastecimiento eléctrico. Si bien la utilización de biomasa en aplicaciones térmicas es más difícil de cuantificar que en la generación eléctrica, se ha estimado que los principales sectores de consumo son residencial y escuelas rurales (6,4% del consumo total de biomasa seca nacional), carboñeras (10,6%) y otros sectores comerciales, como panaderías,

sector de té y yerba mate, parrillas, ladrilleras, tabaco, cementeras (13,7%) (FAO, 2020d). El mayor consumo residencial se registra en Misiones, Salta y Santiago del Estero (39% de la demanda residencial). Estas provincias están dentro de las cinco que tienen mayor cantidad de hogares y población con necesidades básicas insatisfechas (NBI) (INDEC, 2010), por lo que puede asociarse que este aprovechamiento energético se realiza, mayormente, en actividades económicas de pequeña escala y con dispositivos sencillos.

El panorama descripto da una idea de que el país cuenta con una gran diversidad de recursos de biomasa, lo cual se debe a la existencia de distintos ecosistemas naturales que posibilitan actividades productivas variadas (MAYDS, 2020), con el foco puesto en actividades agrícola-ganaderas (SAyDS, 2005; Bisang *et al.*, 2018). En el marco institucional conformado por diversos organismos nacionales, la FAO (2009) realizó una evaluación nacional de la biomasa en su informe WISDOM (incluyendo leña, otra biomasa leñosa, bagazo, residuos agrícolas y agroindustriales), y señaló que su contribución en el período 2005-2007 era cercana al doble de lo que evidenciaban las estadísticas energéticas, agropecuarias y forestales argentinas en uso. La biomasa comercial accesible y potencialmente disponible se estimó en 124 millones de toneladas secas anuales. Una actualización de este estudio realizado una década después (FAO, 2020d) señala que el potencial de la biomasa en el país, considerando la oferta nacional accesible física y legalmente, es de 51,4 millones de toneladas/año. En esta estimación, se incluyen dos categorías de oferta: directa (80% del total) e indirecta (20% del total). La primera abarca la biomasa dispersa en el terreno proveniente de dos subcategorías: i) forestaciones y cultivos⁵³ (que aportan un 16% a la oferta directa mencionada), por un lado, y ii) bosques nativos (que aportan el 64% restante de la oferta directa), por otro.⁵⁴ La oferta indirecta abarca la biomasa resultante de los residuos agroindustriales (incluyendo, principalmente, ingenios, industrias forestales, procesadoras de maní y otros).

En el informe de la FAO mencionado para 2019 (2020d), se agrega una oferta nacional extra de bioenergía que podría obtenerse en forma de biogás a partir de residuos generados por actividades ganaderas intensivas y la vinaza.⁵⁵ Esta oferta extra sería equivalente a 1,3 millones de toneladas secas más por año,⁵⁶ que se sumarían a la oferta nacional. En este año, la demanda de biomasa nacional hace uso solo de la quinta parte del recurso total disponible anualmente, si bien las rondas RenovAr no se contemplan en esa demanda (FAO, 2020d).

53. Incluyendo caña de azúcar, té, vid, banana, arroz, frutas de carozo, cítricos, yerba mate, y, de manera menos significativa, arándano, olivo, kiwi y nuez pecán.

54. Oferta estimada a partir del incremento medio anual de las formaciones nativas, aplicando criterios de restricción y el Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) señalada en la Ley de Bosques 26331/07.

55. Un subproducto de la industria azucarera.

56. Considerando un potencial de 400.000 tep/año desde biogás (FAO, 2020d) y un poder calorífico de la leña = 3000 kcal/kg (FAO, 2009).

3.3. Principales cadenas de valor: biocombustibles líquidos, sólidos y gaseosos

El concepto de cadena de valor se centra en las articulaciones tanto horizontales como verticales que, en torno a una actividad, se establecen entre diferentes actores económicos. Involucra al conjunto de las actividades que son necesarias para producir un bien o servicio desde su concepción y diseño, pasando por las diferentes etapas de producción, hasta el consumo final (Adriani *et al.*, 2018). En términos generales, la cadena de valor de las energías alternativas para generación eléctrica se compone de diversos eslabones: insumos y materiales (materia prima), infraestructura y tecnologías, generación de energía primaria, transformación en energía eléctrica (secundaria), conexión a la red (nacional o local) y consumo (MINHAC, 2016). Algunos de estos eslabones se repiten cuando se trata de la producción de energía térmica. Los principales agentes que intervienen en estas cadenas son la Secretaría de Energía, la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA) y una serie de empresas estatales y privadas en los primeros eslabones, así como productores particulares. Estas cadenas podrían y deberían vincularse más estrechamente con los servicios de investigación y desarrollo del sistema científico y tecnológico nacional, una materia pendiente en la Argentina.

Los sistemas bioenergéticos o cadenas de bioenergía tienen algunas características particulares que los complejizan y deben analizarse (Manrique y Franco, 2013, 2015; FAO, 2009, 2020d; Manrique *et al.*, 2020):

- i) Heterogeneidad en las fuentes de biomasa, que implicarán opciones de aprovechamiento diferentes.
- ii) Heterogeneidad en los sectores de demanda de biomasa, escalas y aplicaciones finales.
- iii) Multisectorialidad, ya que los sistemas bioenergéticos están vinculados a sectores como el forestal, energético, agrícola, económico, educativo, científico-técnico, industrial y de desarrollo rural —entre otros—, por lo que es necesario lograr una buena coordinación y sinergia entre todos ellos.
- iv) Interdisciplinariedad para una correcta implementación de estos sistemas; es fundamental el abordaje sistémico con aportes de las ciencias forestales, agronomía, física, química, ciencias sociales, ingeniería, ciencias ambientales, geografía, economía, edafología, microbiología, ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, etc.
- v) Especificidad geográfica, ya que estos sistemas dependen de los contextos territoriales y, por tanto, deben proponerse proyectos sitio-específicos. En este sentido, existen muy diversas cadenas de valor de la bioenergía, en función del recurso de biomasa considerado, de la aplicación para la cual serán destinados, de la tecnología de conversión energética empleada, de los canales de distribución de energía utilizados y del sitio en donde se pondrá en marcha la alternativa, así como de sus características ambientales, culturales, económicas, institucionales, en un momento histórico dado.

En términos de bioenergía aportada a la oferta interna de energía primaria del país (SEN, 2019), los biocombustibles líquidos —derivados, principalmente, de soja, maíz y caña de azúcar— predominan sobre los sólidos, con 2552 ktep (78% de aceites y el resto de alcoholes) frente a 2055 ktep (básicamente, 50% de bagazo y 50% de leña), respectivamente. Otra participación desde biomasa sólida lo hace el sector de “otros primarios”, con 295 ktep/año (potencial conjunto desde cáscara de girasol, licor negro, marlo de maíz, cáscara de arroz y residuos pecuarios). En cuanto a los biocombustibles gaseosos, la FAO (2020d) estima un potencial de 357 ktep/año en todo el país desde el biogás que podría generarse si se trataran los residuos ganaderos y de 58,2 ktep/año más por tratamiento de vinaza en digestores anaeróbicos. Cada una de las cadenas de valor asociadas a la obtención de estos tres grupos de biocombustibles se analizan en mayor detalle a continuación. Estas cadenas, a su vez, se vinculan entre sí y se interrelacionan con las demás en uno o varios de los eslabones que involucran.

3.3.1. Biocombustibles líquidos

Se incluyen aquí el biodiésel y el bioetanol. El biodiésel fue uno de los primeros biocombustibles líquidos con fines carburantes y ha crecido en la última década, movido por importantes inversiones nacionales y extranjeras, una demanda internacional en aumento y beneficios impositivos que complementaron los incentivos derivados de las leyes 26093/2006 y 26334/2007. En el país, el biodiésel es producido exclusivamente a partir del cultivo de soja⁵⁷ (*Glycine max*), con el aceite de soja como el principal insumo. A través del proceso químico de *transesterificación*, mediante el cual el aceite se combina con alcohol, se obtienen ésteres metílicos (biodiésel), los cuales atraviesan varias fases que incluyen la separación, purificación y estabilización. Como subproducto de este proceso se obtiene glicerina, la cual representa un alto valor agregado para la industria farmacéutica. La Figura 5 muestra la capacidad instalada de producción de biodiésel en la Argentina.⁵⁸ También es importante mencionar que sin un debido tratamiento el impacto ambiental de la glicerina puede ser nocivo para microorganismos y bioquímica del suelo, vegetación y cursos de agua.

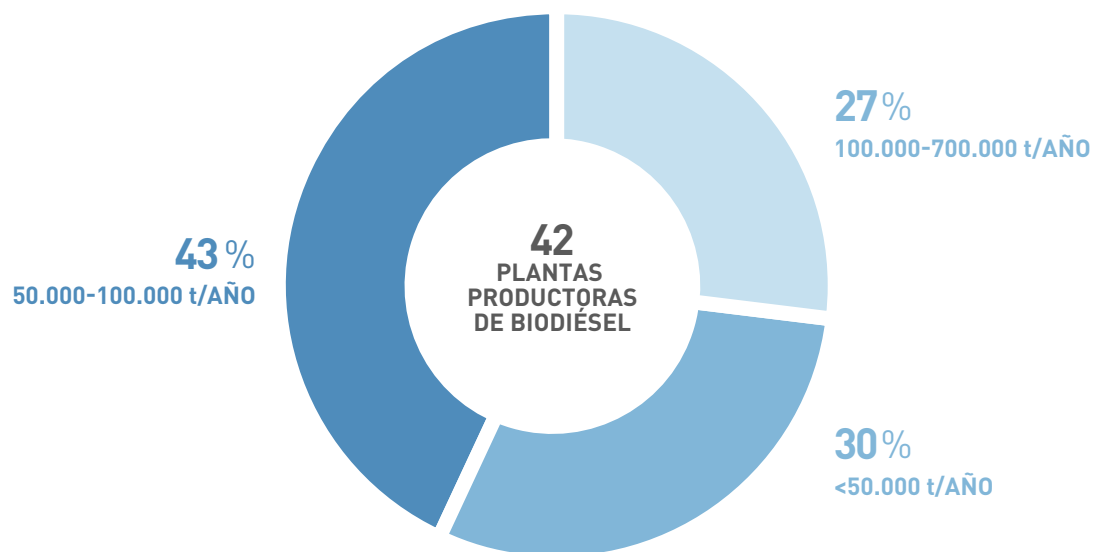


Figura 5. Plantas productoras de biodiésel en la Argentina por capacidad. (Fuente: MINEM, 2021)

57. Del procesamiento del grano de soja se obtienen aceites, concentrados y harinas proteínicas.

58. http://carbio.com.ar/wp-content/uploads/2017/10/Art%C3%ADculos-Se-manal-BCR-17_09_01.pdf

El 85% de la capacidad instalada de producción de biodiésel se concentra en diversas localidades situadas en el litoral santafecino, las cuales están asociadas a la presencia de plantas aceiteras, ya que el biodiésel es un eslabón más en la cadena oleaginosa. El complejo sojero, que se organiza con un marcado perfil exportador, constituye la principal cadena exportadora del país, superando a la cadena cerealera y a la automotriz (MINHAC, 2019a) con el 30% del total de las exportaciones, que en 2020 fueron de 22.500 millones de dólares FOB.⁵⁹ En particular, el biodiésel exportado aporta el 3% de ese valor y corresponde a un 50% de la producción total del país en ese año. Esto coloca a la Argentina en la sexta posición a nivel mundial, aportando el 5,3% de la producción global de biodiésel (aproximadamente, 2500 millones de litros)⁶⁰ (REN21, 2020). Al depender del mercado exterior, la producción de biodiésel tiene un comportamiento variable y sensible a demandas externas. Del total de la producción de aceite crudo de soja, más del 60% se destina a la exportación, y el resto, a la producción de biodiésel y a la refinación (tanto para consumo doméstico como para otras industrias) (MINHAC, 2019a).

A esto se suma la producción de bioetanol, que ha crecido en los últimos cinco años, y que se realiza por fermentación alcohólica con base en la melaza, un subproducto de fabricación de azúcar a partir de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y de los cereales, principalmente el maíz (*Zea mays*), el cual se incorporó con posterioridad a la caña. A la fecha, el 53% de la producción de bioetanol

tiene como base el maíz y el 47% restante proviene de la caña de azúcar. Esta producción está orientada al mercado interno.

Luego de la finalización del llamado “Programa Alconafta” (el cual estuvo vigente en la Argentina entre 1981 y 1988), se retomó la producción de bioetanol en el país a partir de la implementación de las leyes mencionadas previamente. Así, si bien ya se contaba con cierta capacidad de producción con base en la caña de azúcar desde fines de la década de 1970, esta se modernizó y amplió notablemente en los últimos cinco años, y sumó como novedad el surgimiento de proyectos orientados a obtener etanol de maíz con tecnologías modernas (UNSAM, 2014). La mayor concentración de plantas productoras de bioetanol se da, principalmente, en el noroeste argentino (NOA), donde se registra un total de 17 plantas, a lo que se suma una planta con doble producción biodiésel-bioetanol (MINEM, 2021). La mayor productora de este combustible en el país es la provincia de Córdoba: según datos oficiales, entre enero y agosto de 2020, las tres fábricas que procesan maíz para su elaboración (ACA Bio de Villa María, Promaíz de Alejandro Roca y Bio 4 de Río Cuarto) y las minidestilerías que funcionan en algunos campos producen 217,3 millones de litros. Esto representa el 75% del bioetanol producido a base de maíz, y el 59% del total, si se contempla también el que se elabora con la caña de azúcar como materia prima.⁶¹ La producción de bioetanol tuvo un crecimiento sostenido pero irregular, al ritmo de las ventas de ese mercado, y llegó a más de 1.000.000 m³ en 2019 (MINEM, 2021).

59. El precio FOB (*free on board*) es el valor de la mercancía puesta en el puerto de embarque incluyendo el costo de empaquetado, etiquetado, gastos de aduana (documentos, permisos, requisitos, etc.) y el flete desde el lugar de producción hasta el puerto, gastos de puerto incluyendo la carga y estiba al buque. Ver: https://datosproductivos.mecon.gob.ar/Reports/powerbi/ESSPLANE/Coyunturales/Tablero%20Exportaciones%20Coyuntural%20-%202018-2019_v2?rs:embed=true.

60. Equivalencias: 1000 litros = 1 m³ = 0,885 toneladas de biodiésel (MAGYP, 2016).

61. Ver: Etanol en Argentina: el sector acusa pérdidas millonarias y hay plantas que pararán a partir de noviembre. *Biodiésel Argentina*. Disponible en: <https://biodiesel.com.ar/14809/etanol-en-argentina-el-sector-acusa-perdidas-millonarias-y-hay-plantas-que-pararian-a-partir-de-noviembre>.

El caso de la soja en Salta

Salta es la segunda provincia más afectada por la expansión de la soja (MAGYP, 2019). En el período de 1998 a 2018, la tasa de deforestación anual fue 1000% más alta que el promedio mundial (GFW, 2020). Los desmontes realizados se concentraron en un

88% en cuatro localidades de la provincia, que fueron asimismo los sitios con mayor número de focos de fuego, probablemente asociado a que el fuego se utiliza para eliminar los residuos producidos en el desmonte (Figura 6).

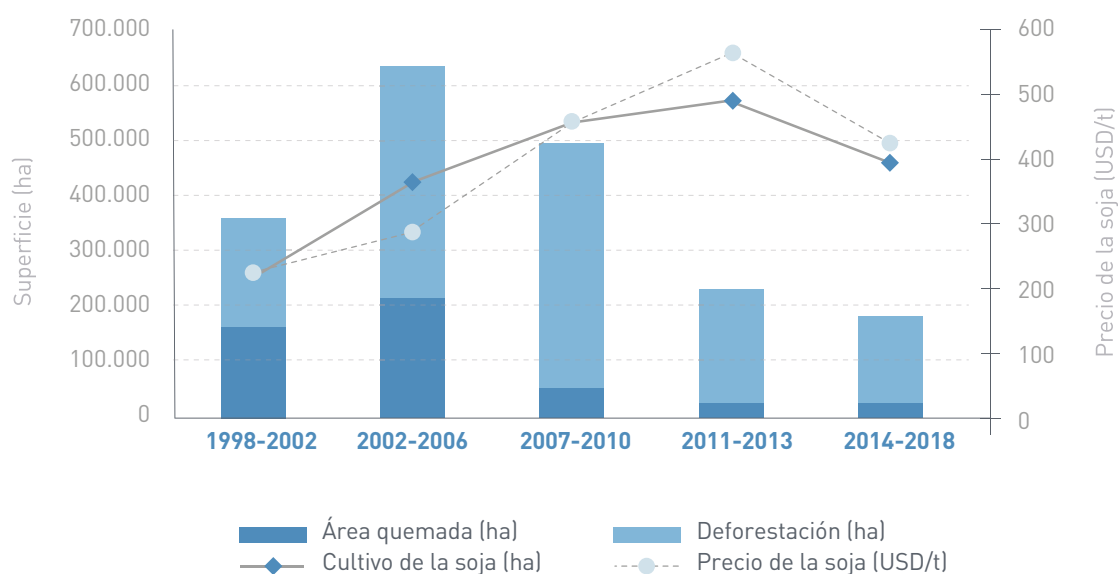


Figura 6. Evolución histórica simultánea de referencias provinciales y mundiales. Se observa la superficie deforestada (ha) (UMSEF, 2019) y quemada (DNDFI, 2019) en la provincia de Salta, y la comparación con la evolución histórica del área cultivada (ha) con soja en la misma provincia (MAGyP, 2019). En el eje secundario, puede observarse la evolución del precio de la soja (USD/t) en el mercado internacional para el mismo período (CSE, 2020). (Fuente: Manrique, 2021)

La jurisdicción de Anta es una de las unidades administrativas con mayor superficie dedicada a la producción de soja en todo el país y alberga la mitad de la soja cultivada de la provincia de Salta. En esta jurisdicción, se encuentra la Reserva Nacional Pizarro (RNP), que resguarda una de las últimas muestras de la continuidad forestal longitudinal, donde el bosque chaqueño occidental se va modificando hasta terminar convirtiéndose al occidente en los bosques húmedos de yungas, que refugian al menos un total de 45 especies amenazadas (APN, 2019). La RNP se creó a finales de 1995 como reserva provincial.

En 2003, la Legislatura de Salta aprobó la Ley 7274 mediante la cual más del 60% de esta área protegida fue desafectada y comercializada para el cultivo de soja, lo que provocó un conflicto entre múltiples sectores sociales (población local, la comunidad originaria, la

Universidad, numerosas organizaciones ambientales y las autoridades provinciales) (López *et al.*, 2010). Cuando los compradores de la reserva se propusieron deforestar la zona, la Administración de Parques Nacionales (APN) expresó su interés en incorporar a Pizarro a su jurisdicción. A fines de 2005, la APN y el Gobierno de Salta acordaron la creación de una nueva Área Nacional Protegida en Pizarro, constituida con terrenos comprados por la APN y otros cedidos por la provincia (algunos aún en disputa limítrofe con la provincia de Jujuy) (Greenpeace, 2013). A fines de 2018, se concretó la aceptación por parte de la Nación del traspaso de competencia realizado por la Legislatura salteña. En 2019, la RNP se incluyó como una de las áreas prioritarias de trabajo en el Plan Nacional de Restauración de Bosques Nativos, con el fin de planificar la recuperación de la estructura del bosque original (PNRBN, 2019).

Según lo mencionado, los dos sectores que proveen la materia prima para bioetanol son el maicero y el azucarero. El complejo maicero se organiza a partir de la producción primaria del grano. Luego se presentan sucesivas etapas de transformación hasta el producto final. A diferencia de otros granos, la gran heterogeneidad de productos y tecnologías es característica de esta cadena (diferentes tipos de molienda y destinos de la producción). El eslabón primario muestra una composición de actores heterogénea, con una gran cantidad de productores de diversos tamaños, y variadas características de las explotaciones y de formas de tenencia de la tierra (productores pequeños y medianos, arrendatarios, grandes *pools*, propietarios de gran dimensión). Si se considera el promedio de los últimos cinco años de la producción de granos argentinos,⁶² el maíz ocupa el segundo lugar (cerca de 40 millones de toneladas en una superficie plantada de 6,6 millones de hectáreas), después de la soja (53 millones de toneladas en unos 17 millones de hectáreas). Córdoba concentra el 32,7% de la producción del país, seguida por Buenos Aires (26,2%), Santa Fe (11,7%) y Santiago del Estero (9,7%). Sin embargo, el diferencial de alícuotas que surge de la aplicación del Decreto 793/2018 refleja una pérdida relativa de margen del maíz respecto de la soja y podría tener impacto en las futuras decisiones de siembra de ambos cultivos⁶³ (MINHAC, 2019b). Solo el 3% de la cosecha de maíz se destina a la industria del etanol.⁶⁴

Por su parte, la cadena de valor azucarera exhibe una leve tendencia a la baja en la producción de azúcar en simultáneo, ya que se observa una reconfiguración hacia la elaboración de bioetanol. En 2017, las exportaciones explican el 0,2% de las ventas externas del país. El valor bruto de producción (VBP) en ese año significó el 0,2% del total nacional (78% correspondió a la producción de azúcar y 22% al bioetanol). Los ingenios azucareros explicaron el 0,2% de los puestos de trabajo registrados del país y el 1,2% de la industria manufacturera (MINHAC, 2018). Vale destacar que por cada litro de etanol se producen, en promedio, 13 litros de vinazas, por lo que es muy importante darle el tratamiento adecuado a este residuo que, de otra manera, resulta altamente contaminante (Valeiro *et al.*, 2017).

Las cadenas de valor de los biocombustibles líquidos analizados han generado nuevos segmentos de mercado en el país, por el tipo de procesos de producción y sistemas logísticos que requieren, en los cuales participan diversos actores públicos y privados a escala municipal, provincial, nacional e internacional. La obtención de

la materia prima biomásica es la fase más trabajo-intensiva de la cadena y de mayor incidencia en el costo total de producción, porque implica entre un 50% y 75% en la producción de bioetanol y biodiésel, respectivamente (Goldstein y Gutman, 2010). El sector de transporte también juega un rol fundamental, ya que el procesamiento de los insumos agrícolas no está siempre integrado verticalmente a sus cultivos, sino que en muchos casos la materia prima proviene de sitios distantes y debe transportarse hasta las plantas de procesamiento. Por tanto, la logística de almacenamiento, procesamiento y transporte resulta clave para el desarrollo de la cadena de valor entera. Esta etapa es también la de mayor presencia de empleos temporales y no calificados.

La etapa industrial incluye actividades de almacenamiento y de procesamiento de los insumos agrícolas para su conversión en biodiésel y bioetanol.⁶⁵ Una vez obtenido el biocombustible, las empresas productoras lo venden a la industria petrolera, o, en el caso del biodiésel, se exporta en estado puro. Estas industrias concentran empleos calificados (operarios de maquinarias, sistemas y tecnologías complejas involucradas). Por último, la etapa de distribución implica la compra desde la industria petrolera y la mezcla de los biocombustibles al corte indicado por legislación (FAO, 2020e). Si bien estas industrias pueden parecer promisorias, **la producción de biocombustibles presenta aspectos que ponen en duda su sostenibilidad socioambiental** (ver “El caso de la soja en Salta”).

3.3.2. Biocombustibles sólidos

Los biocombustibles sólidos incluyen residuos provenientes de las actividades forestales y agrícolas y sus industrias derivadas. La cadena forestal constituye la de mayor aporte en la generación de este grupo y los residuos asociados a las plantaciones forestales (sin incluir bosque nativo) se han estimado en más de 3,2 millones t/año generadas a campo, y 3,14 millones de t/año a nivel industrial (FAO, 2020d).

La biomasa forestal residual a campo incluye partes o residuos de árboles que quedan en el suelo después de que se han realizado los tratamientos silvícolas necesarios para el objetivo de manejo. Estos restos pueden ser pies o fustes no maderables, ramas, hojas, fustes podridos o dañados, etc. La biomasa forestal residual industrial abarca la generada en las industrias de primera y segunda transformación. La industria de primera transformación incluye la fabricación de madera aserrada, tableros y laminados, en cuyo caso los residuos de biomasa que pueden generarse son costeros, virutas, aserrín, recortes, corteza y otros. Puede decirse que del 100% del peso que ingresa para obtener un producto acabado se obtiene un 65% de residuos y un 35% en peso de producto acabado (GF, 2012). En el caso de la industria de segunda transformación, los productos que se van a obtener incluyen carpintería y muebles, envases y embalajes, en cuyo caso los residuos de biomasa generados son virutas, aserrín, tacos y otros.

65. Y la extracción de algunos subproductos, como el expeller y la glicerina, en el caso del biodiésel.

62. Puede verse la evolución histórica desde 1899 a 2020 en <https://surdelsur.com/es/agricultura-argentina/#:~:text=Evoluci%C3%B3n%20del%20cultivo%20de%20ma%C3%ADz&text=En%202015%2F2016%20la%20producci%C3%B3n,millones%20de%20toneladas%20de%20ma%C3%ADz>.

63. Según el Decreto 793/2018, se fijan al 12% las alícuotas de derechos de exportación sobre todas las posiciones arancelarias de la cadena, con un límite de \$4 por dólar exportado para los productos primarios y de \$3 por dólar exportado para las manufacturas de origen agropecuario. Modifica el Decreto 133/2015, donde las alícuotas se habían fijado en 0% para todos los productos de la cadena.

64. Ver: Bioetanol: con producción estable y capacidad ociosa, la industria apuesta a que se incremente el corte obligatorio en naftas. Bolsa de Comercio de Rosario. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/bioetanol-con#:~:text=El%20caso%20en%20el%20mercado,del%20producto%20a%20esta%20industria>.

Es difícil estimar la generación promedio de residuos de la industria forestal de primera y segunda transformación porque todo dependerá de la escala de producción del aserradero, el tipo de manejo y sistema de disposición de los residuos. De manera aproximada, es posible asumir que hay una pérdida del 50% de materia prima original (GF, 2012).

Por último, puede existir un tercer grupo de residuos forestales, el de combustibles de madera desechada, es decir, objetos en diferentes formas y con distintos grados de transformación que se descartan y que pueden utilizarse como energía.

Debe considerarse que mucha de la biomasa producida a campo en los sistemas forestales no se utiliza debido a que existen diversas dificultades técnicas en su extracción, manipulación y transporte, así como insuficiente información sobre la cantidad y calidad de estos residuos (Andersen *et al.*, 2005). Estos residuos forestales no suelen estar concentrados, presentan características heterogéneas si se comparan unos con otros y dependen de condiciones externas, como el clima, el suelo, los sistemas de aprovechamiento, etc.; por tanto, su utilización genera altos costos de obtención, abastecimiento y homogeneización del material (Askew y Holmes, 2002; Uasuf y Hilbert, 2012). En consecuencia, la biomasa residual producida en las explotaciones del sector primario, aprovechamientos y operaciones forestales no se está utilizando.

Las industrias generadoras de energía orientan su demanda, exclusivamente, hacia los residuos originados en la industria de primera y segunda transformación, que suelen ser materiales de alta calidad para la combustión, están concentrados en las diferentes empresas y cuya obtención y logística resulta fácil mediante un sistema de recogida bien organizado (McKendry, 2002). El aprovechamiento de estos residuos requiere optimizar los procesos de extracción, transporte, selección y transformación, dentro de un esquema de manejo territorial planificado (Uasuf y Hilbert, 2012). En cuanto al proceso energético, estos residuos se emplean por combustión, y existen a escala piloto solo un par de instalaciones de gasificación a nivel nacional. La pirólisis ha tomado relevancia en el país a raíz de la instalación de los Altos Hornos Zapla, donde se fabricaba carbón vegetal para la industria siderúrgica hasta fines de la década de 1990, cuando la planta se privatizó y las plantaciones se vendieron.

La cadena forestal ha comenzado a posicionarse en el mercado internacional a partir de la comercialización de chips y *pellets* (principalmente, de madera de *Pinus* y *Eucalyptus*), que conforma un mercado incipiente.⁶⁶ En particular, dado que los *pellets* tienen un contenido energético por unidad de peso que es superior a otros formatos de biomasa sólida, como *chips*, aserrín o leña, y debido a que su diseño compacto y de bajo contenido de humedad facilita su almacenamiento y transporte, en los últimos años han ingresado en el mercado exportador. Avebiom (2020)⁶⁷ identifica, a septiembre de 2020, ocho empresas exportadoras de *pellets* en la Argentina, que se encuentran en Córdoba, Buenos Aires, Entre Ríos, Misiones y Corrientes, y aporta datos de producción de solo tres

de ellas (Lare, Lipsia y Maderas Mesopotamia, ubicadas entre Misiones y Entre Ríos), con un total de 31.000 t/año.^{68, 69} Esto implica un equivalente energético⁷⁰ exportado de 12.513 tep/año. En cuanto al mercado interno, la bolsa de 13 kg de *pellets* se conseguía, a febrero de 2021, por \$285⁷¹ (sin incluir el gasto de transporte, que, según la distancia, puede implicar un costo de envío de \$2000).⁷² De manera comparativa, considerando su equivalencia energética,⁷³ el combustible más económico a nivel nacional a febrero de 2021 es el GLP, seguido por *pellets*, electricidad y gasoil⁷⁴ (para obtener el mismo contenido energético que brindaría un kilogramo de *pellets*).⁷⁵ En una categoría más amplia, la página de Comercio Internacional (COMEX)⁷⁶ permite observar importaciones y exportaciones en valores FOB en dólares para la categoría de “madera combustible”, incluyendo leña, madera en plaquitas o partículas, aserrín, desperdicios y desechos de madera, e incluso aglomerados en leños, briquetas, *pellets* o formas similares. Las exportaciones fueron por un total de 340.000 dólares FOB en 2020.

Esta cadena comprende al sector forestal primario, a las actividades industriales constituidas por la transformación física y química de la madera, y a los servicios de comercialización y transporte de sus productos. La madera proveniente de los bosques implantados cubre la mayor parte de la demanda de materia prima de las industrias de base forestal. El resto se cubre desde bosques nativos (MINHAC, 2019c). Las oportunidades en la cadena foresto-industrial radican en avanzar en la industrialización mediante el aprovechamiento integral de todos los productos y subproductos forestales; para esto, resulta fundamental la concreción de las inversiones necesarias a fin de agregar valor a la producción forestal, lo cual es analizado en la Mesa de Competitividad de la Cadena Foresto-Industrial con participación de actores de toda la cadena. Estas discusiones, sin embargo, deben ir más allá del uso de productos forestales madereros, e incluir los productos forestales no madereros y servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques, lo cual resulta imperioso en la búsqueda de

68. La producción mundial de *pellets* de biomasa alcanzó 55 millones de toneladas en 2019 (36% de aporte desde China, 30% de Europa y 20% de América del Norte) (REN21, 2020).

69. Sin embargo, a nivel oficial, se señala una exportación de 8000 t/año. Ver: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/observatorio_bioeconomia/indicadores/05/index.php.

70. AVEBIOM (2008). PCI 10% *pellets* = 16,9 MJ/kg. Equivalencia = 1 MJ = 0,0002388458966275 tep.

71. Cambio dólar oficial USD 1 = \$88,35 para la compra y USD 1 = \$93,56 para la venta. www.dolarhoy (consulta 18/02/2021).

72. Ver: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-859824948-bolsa-pellet-madera-x13-kg-lipsia-_JM

73. Ver: <https://lipsia.com.ar/bioenergia/pellet/> = 1 kg *pellets* = 0,81 litros de GLP = 0,5 litros de gasoil = 5,4 kWh eléctricos.

74. Una garrafa de 10 kg de GLP \$203,6 en todo el país (1 kg = 1,96 litros), mientras que 1 litro de gasoil cuesta \$73,57 y 1 kWh promedio cuesta US\$ 0,11 por kilovatio hora (kWh). Por tanto, 1 kg *pellets* = \$21,92; 0,81 litros de GLP = \$ 8,41; 0,5 litros de gasoil = \$36,78 y 5,4 kWh eléctricos = \$27,27.

75. Sin embargo, los precios considerados no incluyen IVA ni otros impuestos provinciales, ni tampoco incluyen los gastos de transporte, que en el caso de los *pellets* son altísimos por la concentración de la producción actual en la región mesopotámica.

76. Categoría 4401. Ver: <https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion-Exportacion/Argentina/madera-combustible-lena-madera-en-plaquitas-o-particulas-aserrin-desperdicios-y-desechos-de-madera-/AR/440>

66. Si bien también participa en la exportación de carbón vegetal, con 16,3 millones de dólares en 2018 (MINHAC, 2019c).

67. Con datos de la empresa Lare. Ver: <https://www.avebiom.org/proyectos/informes/mapa-biocombustibles-2020>.

mantener el capital natural y cumplir con los múltiples objetivos energéticos, ambientales y sociales propuestos a nivel internacional, nacional y local.

Por otra parte, también la cadena agrícola es generadora de gran cantidad de residuos sólidos de biomasa y aporta cerca del 24% de la oferta nacional (10,2% al campo y 13,6% a nivel industrial) (FAO, 2020d). Esto equivale a 12,2 millones de toneladas anuales. Sin embargo, desde el punto de vista técnico y económico, la categoría más factible de ser utilizada de manera intensiva es la biomasa residual industrial, al igual que lo mencionado en el caso forestal. La biomasa agroindustrial generada en centros de transformación, como ingenios y otras agroindustrias (algodón, tabaco, maní, cítricos, entre otros), se encuentra concentrada espacialmente, mientras que la biomasa generada a campo tiene una alta dispersión territorial. En el país, la biomasa residual industrial se consume casi en su totalidad desde los ingenios azucareros, la autogeneración y los otros sectores demandantes ya mencionados.

3.3.3. Biocombustibles gaseosos

El biogás es el biocombustible gaseoso más utilizado a nivel nacional y, en la actualidad, participa de la generación eléctrica del país con el 2%, que se suma al 3% aportado por la biomasa sólida (SEN, 2019). El biogás se genera a partir de procesos anaeróbicos de degradación de la materia orgánica que llevan a cabo diferentes especies bacterianas.⁷⁷ La digestión anaeróbica da como resultado este gas combustible, constituido principalmente por metano (CH_4),⁷⁸ dióxido de carbono (CO_2) y, en menor proporción, sulfuro de hidrógeno (H_2S), así como por un residuo semisólido o lodo constituido por la biomasa no degradada, que puede utilizarse como fertilizante de suelos.

En 2015, se estimaba que existían más de 80 plantas de biodigestión anaeróbica en el país, de las cuales se relevaron 61 distribuidas en 16 provincias, con Santa Fe como la de mayor desarrollo (FAO, 2019a). Más del 50% de los biodigestores relevados se encuentra en zonas rurales, cerca de 40% en áreas urbanas y el resto en parques industriales; y básicamente están siendo utilizados por empresas privadas (53,1%) y municipios (37,5%) para el tratamiento de efluentes. Los sustratos que más se usan son los desechos industriales y los desechos orgánicos urbanos. Solo un 4% del total de plantas de biogás perteneciente al sector público tiene fines energéticos (este porcentaje llega hasta un 6% en el sector privado), lo cual es indicativo del bajo nivel de utilización del biogás como fuente de energía renovable (FAO, 2019a).

Entre las principales plantas, cabe destacar el proyecto de ENARSA (hoy Integración Energética Argentina S. A. [IEASA]) para la generación de 50 MW por combustión de residuos urbanos de la Cuenca Matanza-Riachuelo y la generación con biogás a partir del relleno sanitario que posee el CEAMSE en Campo de Mayo, con dos centrales a biogás: San Martín Norte III-A (potencia de

5,1 MW) y San Miguel Norte III-C (potencia de 11,5 MW) que se encuentran en operación comercial desde 2012 (FAO, 2020f).

El aprovechamiento de este biocombustible aún debe vencer importantes desafíos técnicos, económicos, financieros, legales y socioculturales, entre otros. Cabe destacar que los proyectos de obtención de bioenergía a partir de este grupo de residuos húmedos como los residuos sólidos urbanos o los residuos ganaderos (y aún los efluentes cloacales) brindan beneficios de saneamiento ambiental evidentes, por lo que deberían promoverse con incentivos municipales u otro tipo de medidas. Si bien el contenido de humedad disminuye el poder calorífico disponible en estos residuos —por lo cual los residuos más secos son priorizados y despiertan mayor interés—, la valoración de los beneficios ambientales y sociales complementarios asociados a una correcta disposición y aprovechamiento energético de estos residuos tornaría más rentables este tipo de emprendimientos.

Otra alternativa en el empleo del biogás que podría resultar más atractiva a nivel económico es la utilización de biometano como combustible, tanto para consumo domiciliario como para transporte, ya que —como se ha mencionado— es un combustible de expansión creciente a nivel mundial. Esto también tiene que ver con el poder calorífico inferior del biometano (36 MJ/m^3), que puede duplicar el del biogás (entre 16 y 28 MJ/m^3), dependiendo del contenido de CH_4 que este último tenga (IEA, 2020b). La escasa competitividad económica de los proyectos de biogás para generación eléctrica en relación con otras energías renovables (como se observa en los programas RenovAr), además de las posibilidades de abastecimiento local con biometano a redes de distribución existentes o nuevas, sugiere que la utilización del biometano como combustible, en la cual la competencia económica es con el GLP o las naftas y no con otras fuentes renovables (que son menos costosas), resulta una opción particularmente atractiva (FAO 2020f). A fin de que se considere adecuado para su introducción a las redes y artefactos de gas natural nacionales, debería cumplir con las especificaciones de calidad establecidas en la Licencia de Transporte del Decreto 2255/92, reglamentario de la Ley 24076.⁷⁹

77. Bacterias hidrolíticas, acetogénicas y metanogénicas, que se encuentran divididas según el sustrato orgánico que transforman y el residuo que generan, y donde el producto generado por algunas es utilizado por otras.

78. Que tiene un potencial de calentamiento global 28 veces superior al del CO_2 (IPCC, 2014).

79. Poder calorífico mayor de 8850 kcal/m^3 y contenido de CO_2 inferior al 2%, entre otras.

4. PERSPECTIVAS FUTURAS Y CONTROVERSIAS

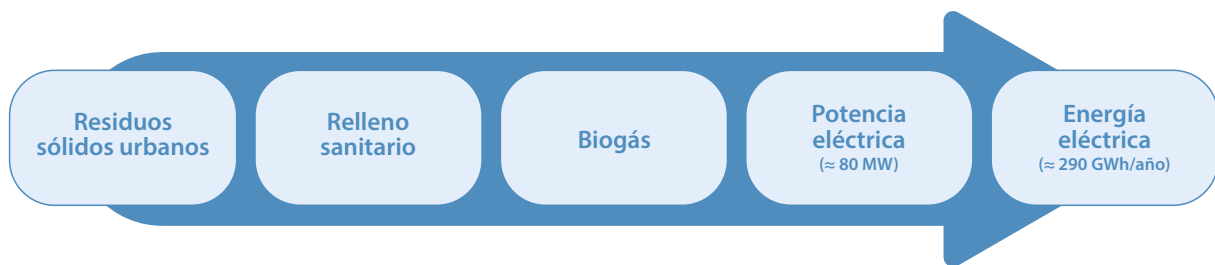
4.1. Escenarios energéticos para la Argentina: potencial e implicancias de la bioenergía

A partir de la aprobación del Acuerdo de París mediante la Ley 27270 y el depósito del instrumento de ratificación ante el Secretario General de las Naciones Unidas el 21 de septiembre de 2016, y con la presentación de la nueva contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) en diciembre de 2020, corregida en abril de 2021, la Argentina ha renovado su compromiso frente al cambio climático (SGAyDS, 2019). Se propone alcanzar esta meta a través

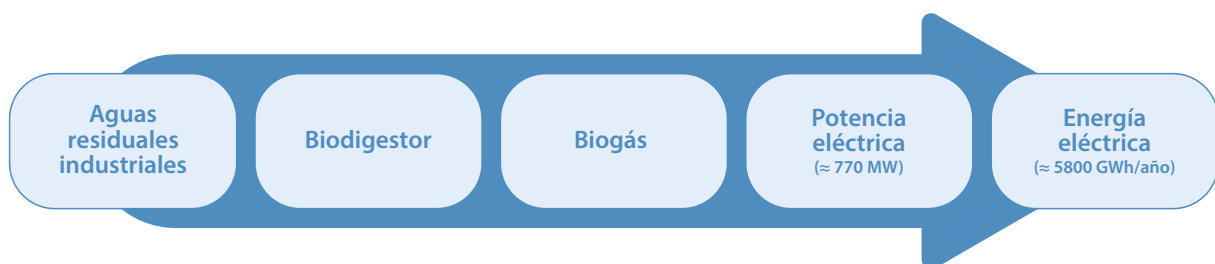
de la implementación de una serie de medidas en distintos sectores de la economía: energía, agricultura, bosques, transporte, industria y residuos. En particular, el sector de la energía, que significa —según datos oficiales del año 2016— un 53% de las emisiones nacionales de GEI (SGAyDS, 2019), requiere profundos cambios para poder lograr las metas de emisiones asumidas.

En el informe “Elementos para una estrategia baja en carbono”, publicado por Fundación Ambiente y Recursos Naturales en el marco del proyecto de colaboración con Climate Works Foundation” (FARN, 2020), se presentan una serie de escenarios energéticos a largo plazo bajos en carbono en los que se señala que el potencial de la bioenergía dependerá del tipo de recurso biomásico considerado y la cadena bioenergética analizada. A continuación, algunas de las conclusiones principales del informe para cuatro grupos de recursos de biomasa:

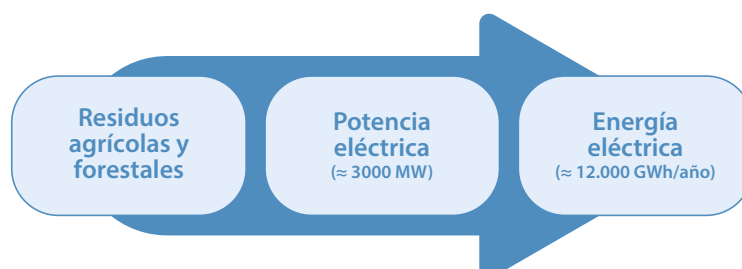
- Producción de biogás a partir de residuos sólidos urbanos (RSU) en rellenos sanitarios, que se utilizará como combustible en ciclos térmicos para la generación de energía eléctrica. Considerando solo los grandes centros urbanos que podrían generar suficientes RSU que justifiquen la instalación de este tipo de tecnologías, el potencial estimado es de 80 MW de potencia eléctrica instalada al año 2050.



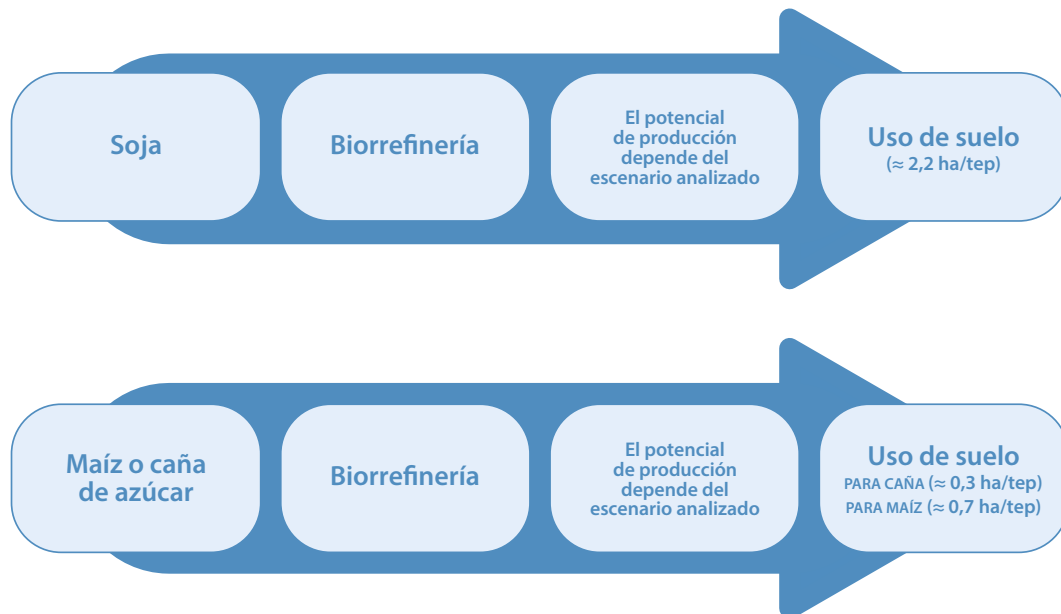
- Producción de **biogás** a partir de **aguas residuales industriales** (ARI) en biodigestores, que se utilizará como combustible en ciclos térmicos para la generación de energía eléctrica. Tomando las principales industrias generadoras de ARI y proyectando su producción futura, se estimó un potencial de 770 MW de potencia eléctrica instalada para 2050.



- Utilización de residuos agrícolas y forestales en plantas térmicas de generación eléctrica. Considerando la disponibilidad de biomasa anual, el potencial estimado es de entre 2000 y 3000 MW de potencia eléctrica al año 2050.



- Biocombustibles líquidos, considerando la producción de biodiésel a partir de soja y de bioetanol a partir de caña de azúcar o maíz.



Los escenarios de referencia planteados en el ejercicio realizado en el informe se basan en una demanda final más eficiente, pero en distintas alternativas por parte de la oferta, haciendo foco en una opción en particular en cada uno de ellos. Así, se presenta un escenario basado en una alta electrificación y oferta eléctrica renovable, uno con el énfasis puesto en el uso de hidrógeno, y un último escenario con un mayor acento en el uso de bioenergías.

El objetivo de este análisis es mostrar la magnitud y algunos de los potenciales impactos de los cambios asociados a cada transformación, para lo cual se modelaron situaciones extremas a fin de visibilizar las problemáticas, los desafíos y los riesgos de orientar la transformación energética en una sola dirección. Seguramente, ninguno de estos escenarios por sí solo será el camino a seguir para lograr una descarbonización sustentable de la matriz energética, sino que la transformación del sector surgirá como una combinación de algunas de las medidas modeladas y otras que puedan surgir en el futuro.

Al analizar el rol de las bioenergías en estos escenarios de referencia, la cantidad total y participación porcentual en la matriz energética de cada fuente de biomasa depende del escenario analizado. Así, por ejemplo, en un escenario basado principalmente en el uso de bioenergías, con un mayor uso de biocombustibles, la participación de las bioenergías podría alcanzar el 28% del total de la demanda de energía primaria en 2050, mientras que en un escenario con un mayor grado de electrificación de la demanda, o en un escenario basado en un mayor uso de hidrógeno, la participación de las bioenergías podría alcanzar el 7% de participación en 2050, contra el escenario tendencial donde solo se llega a un 4% de bioenergías al 2050.

En un escenario de largo plazo bajo en carbono, basado en un alto grado de electrificación de los consumos finales, que incluya la electrificación del parque automotor, las primeras tres formas de aprovechamiento de biomasa destinadas a la generación eléctrica serán las más relevantes. Los biocombustibles líquidos en este escenario altamente electrificado serán fundamentales para poder descarbonizar sectores como la aviación y el transporte marítimo, donde una posible electrificación tiene un horizonte más lejano. Para el transporte urbano y carretero, es más factible plantear una electrificación, aunque podrían ser factibles escenarios con una combinación de medidas.

El escenario bajo en carbono, basado principalmente en el uso de bioenergías, implicaría la transformación de todo el transporte a biocombustibles, lo que representaría el equivalente a destinar el total de la producción actual de cultivos como soja y maíz a la producción de biocombustibles o expandir la frontera agrícola. La combinación óptima en términos de sustentabilidad de los diferentes escenarios y sus medidas, así como su viabilidad política, deberán ser objeto de análisis (FARN, 2020). Entre algunos de los aspectos que se analizan, se cuentan los siguientes:

- Potencial uso del suelo para la bioenergía

Tanto para el biogás generado a partir de RSU o ARI como para la biomasa sólida proveniente de desechos de actividades agrícolas y forestales utilizados para la generación de energía eléctrica, no hay un uso de la tierra asociado a esta actividad, sino que el uso de la tierra se da en la actividad principal que genera esos residuos o desechos, por lo que no se analiza este impacto. Por el contrario, esta forma de utilización de energía podría reducir el impacto ambiental de la actividad principal que genera esos residuos.

En cambio, la producción de biocombustibles tiene asociado un uso intensivo del suelo destinado a los cultivos utilizados como materia prima, ya sea soja para el biodiésel o maíz y caña de azúcar para el bioetanol. En un escenario extremo, donde todo el transporte se transformaría completamente al consumo exclusivo de biocombustibles al 2050, **la superficie destinada al cultivo para la producción de estos debería incrementarse ocho veces respecto de la actual. Esto significa que la cantidad total de suelo destinado al cultivo de soja, maíz o caña de azúcar para la producción de biocombustibles alcanzaría**

aproximadamente los 50 millones de hectáreas en 2050.

La superficie actual destinada a la producción agrícola en la Argentina (sumando todos los cultivos que se producen) ronda los 40 millones de hectáreas. La producción de biodiésel a partir de soja es la actividad que mayor impacto tiene en el uso del suelo. Como se muestra en la Tabla 1, se necesitan más de 2 ha por cada unidad de energía de biodiésel producida, mientras que para el bioetanol —considerando la misma unidad de energía— se necesitan solo 0,7 ha si se utiliza maíz y 0,3 ha si se utiliza caña de azúcar (INTA, 2008).

Tabla 1. Superficie necesaria por cada unidad de energía producida de biocombustibles, ha/tep

Biodiésel a partir de soja	Bioetanol a partir de maíz	Bioetanol a partir de caña de azúcar
2,2	0,7	0,3

Fuente: INTA, 2008

Esta transformación del consumo requerirá de una adaptación del parque automotor que también debe analizarse.

- Emisiones provenientes de la bioenergía

El uso de bioenergía permite reducir las emisiones de GEI, ya que las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de biocombustibles y otras fuentes de bioenergía no se contabilizan en los inventarios nacionales. Pero sí se deben tener en cuenta las emisiones del ciclo de vida de los biocombustibles, es decir, las emisiones generadas en las etapas de producción, transporte y distribución

de estos hasta llegar a su consumo final. **El ahorro de emisiones generado por el uso de biocombustibles depende de una gran cantidad de variables, como los métodos de siembra y cosecha, las distancias entre los campos productivos y las biorrefinerías y las tecnologías empleadas, entre otros.**

Esto hace que varíe considerablemente entre diferentes países o regiones. Para la Argentina, el ahorro de emisiones de CO₂ generado por el uso de biodiésel en relación con el diésel de origen fósil es del 67% para el consumo doméstico, y el ahorro por el uso de bioetanol en lugar de nafta es del 64% (UNSAM, 2014).

Tabla 2. Ahorro de emisiones por unidad de energía (MJ) y por litro del biodiésel y bioetanol argentinos

	gCO ₂ eq/MJ	% de ahorro
Biodiésel	27,92	66%
Diésel	81,6	
Bioetanol	27,38	64%
Nafta	76,4	

Fuente: UNSAM, 2014

- Potencial de generación de empleos de la bioenergía

En lo que respecta a generación eléctrica, la bioenergía es una de las energías renovables que mayor cantidad de empleo podría crear, tanto en la construcción y/o fabricación de las centrales de generación como durante su operación, pero también en el suministro del combustible primario (es decir, provisión de la biomasa que se va a utilizar como combustible por la central) (Czako, 2020). Sin embargo, se deberá analizar no solo la cantidad, sino también la calidad, del empleo generado en cada proyecto, atendiendo fundamentalmente a las condiciones locales para la producción de la biomasa utilizada. Siguiendo a Czako (2020), algunos indicadores internacionales de la cantidad de empleos creados por cada tecnología de generación eléctrica renovable se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Empleos generados por cada tecnología de generación eléctrica renovable y para las distintas etapas de la instalación: construcción, montaje, fabricación, operación y mantenimiento, y suministro de combustible

Tecnología de generación	Plazo de construcción (Años)	Construcción/instalación (Empleos por año/MW)	Fabricación (Empleos por año/MW)	Operación y mantenimiento (Empleos/MW)	Suministro de combustible primario (Empleos/PJ)
Biomasa	2	14	2,9	1,5	29,9
Hidroenergía de gran escala	2	7,4	3,5	0,2	
Hidroenergías renovables	2	15,8	10,9	4,9	
Eólica onshore	2	3,2	4,7	0,3	
Eólica offshore	4	8	15,6	0,2	
Energía solar FV	1	13	6,7	0,7	
Energía geotérmica	2	6,8	3,9	0,4	
Energía oceánica	2	10,2	10,2	0,6	

Fuente: Czako, 2020

Los indicadores para la Argentina (Tabla 4), elaborados sobre la base de datos relevados de los proyectos de la Ronda 2 del programa RenovAr, muestran esta misma superioridad de empleos

generados por las plantas que utilizan distintas biomásas como combustible primario frente a otras fuentes de energía renovables como la solar o la eólica (Rijter, 2018).

Tabla 4. Indicador de empleo directo para energías renovables en la Argentina, por MW

Tecnología	Construcción			Operación y mantenimiento
	Año 1	Año 2	Año 3	
Biogás	9,7	13,1	3,2	4,6
Biomasa	4,3	7,3	4,4	2,2
Biogás de relleno sanitario	6,7	0,8	0,1	4,2
Pequeños aprovechamientos hidráulicos	13,2	13,5	11,5	2,5
Eólica	1,6	1,9	0,7	0,2
Solar	2,3	2,8	0,2	0,2

Fuente: Rijter, 2018

En cuanto a la producción de biocombustibles, este sector presenta una mayor disparidad en la generación de empleo, según se trate de biodiésel o bioetanol. En la Tabla 5, se muestran los valores promedio para la Argentina en empleos por unidad de

energía producida de cada tipo de biocombustible, y se comparan con el valor para la producción de hidrocarburos (FAO, 2019b; Epifanio y Ernst, 2019).⁸⁰

Tabla 5. Empleos generados en la producción de combustibles por unidad de energía producida

	Biodiésel	Bioetanol	Hidrocarburos
Empleos/PJ	60-62	7-9	25

Fuente: Elaboración propia sobre la base de FAO, 2019b y Epifanio y Ernst, 2019

80. El dato para hidrocarburos fue elaborado para Argentina según datos nacionales del Ministerio de Trabajo y el Ministerio de Economía: <http://www.trabajo.gob.ar/estadisticas/oede/estadisticasnacionales.asp>. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/produccion-de-petroleo-y-gas>. El promedio mundial es de 15,1 empleos/PJ.

Un primer análisis, considerando los escenarios del informe “Elementos para una estrategia baja en carbono” (FARN, 2020) y basado en estas estadísticas, muestra que la cantidad de empleos en el sector de generación eléctrica provenientes de la bioenergía, tanto en valores absolutos como en términos porcentuales, es mayor para los escenarios alternativos con respecto al escenario tendencial. Los escenarios alternativos muestran una proporción de 6 a 7% de empleos provenientes de la bioenergía en el sector eléctrico, contra el 5% del escenario tendencial.⁸¹

Si se toma en cuenta la matriz energética total, el sector de bioenergía alcanzaría un máximo de más de 50.000 puestos de trabajo anuales en el escenario basado en bioenergías, como se observa

en la Figura 7. Esto representa, aproximadamente, el 25% del total de empleos actuales (año 2019) del sector de energía en la Argentina considerando los datos de empleos del “Boletín de empleo registrado” del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y un incremento de casi cuatro veces de la cantidad de empleos del sector de energías renovables respecto al registrado en 2014 (OIT, 2019). A nivel mundial, los empleos del sector de la bioenergía representaron más del 30% de los empleos generados por las energías renovables en el año 2019 (IRENA, 2020d).

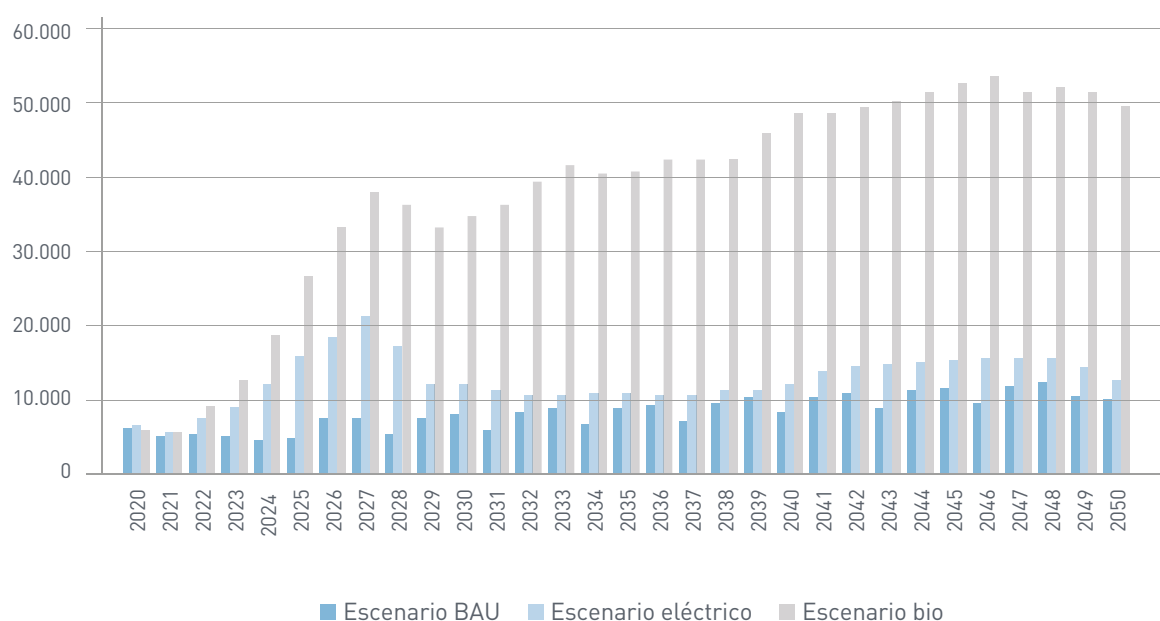


Figura 7. Proyección de empleos anuales a 2050 para todo el sector de bioenergías para cada escenario analizado.
(Fuente: Elaboración propia)

En cuanto al total de empleos que se generarían por el uso de bioenergías respecto del total de empleos del sector energético para cada escenario, el escenario basado en bioenergías es el que presenta el mayor porcentaje de empleos provenientes de la producción de bioenergías, superando el 20% en algunos años, mientras que tanto los demás escenarios alternativos como el escenario BAU alcanzan solo un 5%.

Si bien la generación de empleos aparece como uno de los aspectos positivos asociados a la bioenergía (IEA, 2017b y 2020b; IRENA, 2017 y 2020c), debe ser observado con precaución a la luz del contexto más integral en el cual los proyectos se insertan. La Argentina se caracteriza por presentar importantes diferencias regionales en cuanto a desarrollo productivo y composición del mercado laboral. Por ejemplo, el noroeste y el noreste argentinos exhiben una baja presencia relativa del sector privado en la generación de empleo (FAO, 2020e). Además, no solo se trata de considerar la cantidad de empleo que potencialmente pueda generarse, sino también

la calidad; este análisis se engloba bajo el concepto de “empleo verde” (Rijter, 2018; FAO, 2020e). Aspectos de seguridad laboral, representación y diálogo social, prácticas de bajo impacto ambiental, condiciones de contratación, salarios justos, fortalecimiento de capacidades locales, acceso a oportunidades de capacitación, entrenamiento en cuestiones jurídicas y sociales, arraigo de población y respeto de derechos preexistentes, entre otros, deberían manifestarse en los proyectos de bioenergía como parte de una propuesta de desarrollo territorial sostenible (Rijter, 2018). Las particularidades regionales, incluyendo aptitudes y capacidades del territorio, pero también de los grupos humanos, deben considerarse como punto de partida de cualquier planificación nacional. Al decir de Bocchetto y otros (2020), es imposible buscar un desarrollo con inclusión económica y social a nivel nacional sin transformar estructuralmente el mapa de organización territorial actual para que posibilite reequilibrar las oportunidades de inversión, producción, generación de empleo y niveles de calidad de vida en el ámbito regional.

81. <http://www.trabajo.gob.ar/estadisticas/bel/historico.asp>.

- Costos de la bioenergía

Los costos medios de generación eléctrica a partir de biomasa son de 0,13 USD/kWh, como se muestra en la Figura 8 (IEA, 2015; IRENA, 2020c; Schmidt *et al.*, 2019); se encuentran en el orden de los costos de algunas de las tecnologías que utilizan combustibles fósiles, como las turbinas de gas, y suelen ser levemente superiores a otras tecnologías renovables, como la

eólica. El promedio de los costos para las tecnologías de biogás de RSU es bastante similar, pero los costos de los diferentes proyectos tienen una mayor dispersión y alcanzan valores muy por encima del promedio. En general, los costos de producción de las distintas formas de bioenergía dependen, en gran medida, del contexto local y de las múltiples variables asociadas a él.

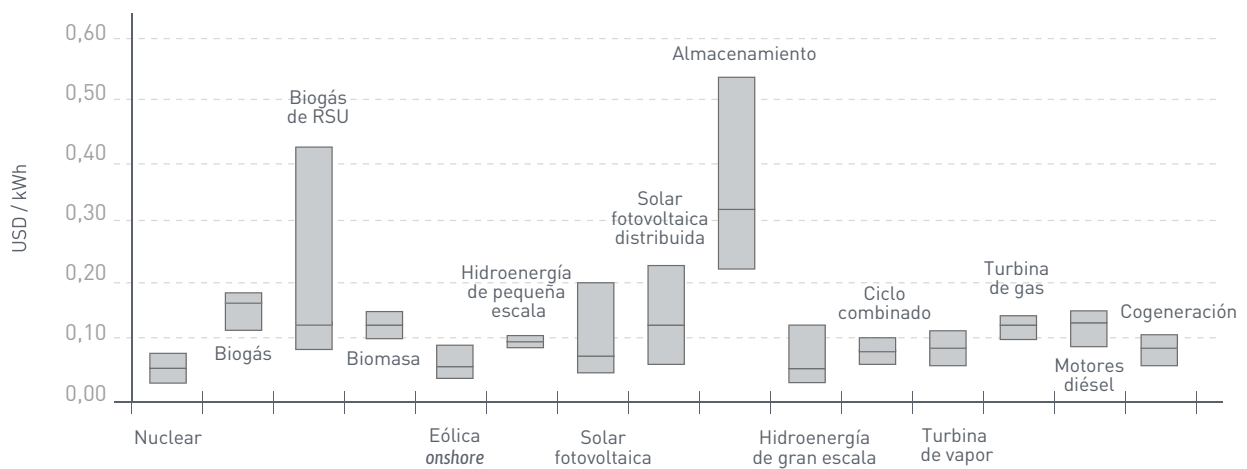


Figura 8. Costo promedio y franja de costos máximos y mínimos, en dólares por kWh, para cada tecnología de generación, año 2020. (Fuente: Elaboración propia sobre la base de IEA, 2015; IRENA, 2020c; Schmidt *et al.*, 2019)

Los costos de los biocombustibles se encuentran por debajo de los costos de los combustibles fósiles que reemplazan. Así, en la Figura 9, se observa que el biodiésel (610-700 USD/tep) tiene valores por debajo del gasoil (890-1270 USD/tep), y el costo del bioetanol (830-1050 USD/tep) se encuentra por debajo del costo de la nafta (1380-1800 USD/tep).

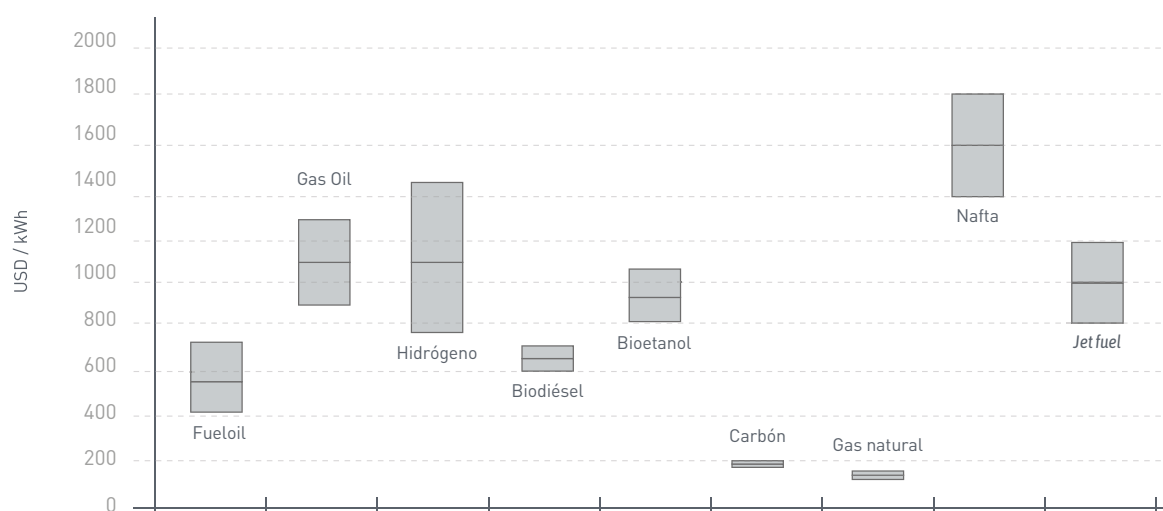


Figura 9. Costo promedio y franja de costos máximos y mínimos, en dólares por tep, para cada tipo de combustible, año 2020. (Fuente: Elaboración propia sobre la base de CAMMESA, Ministerio de Economía, Secretaría de Energía⁸²)

82. CAMMESA, Precios de Referencia de Combustible. https://portalweb.cammesa.com/memnet1/revistas/estacional/evolucion_Pref_Comb.html

*Ministerio de Economía, Presidencia de la Nación. 2020. Precios de Biocombustibles. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/biocombustibles/precios-de-biocombustibles>

*Ministerio de Economía, Presidencia de la Nación. 2018. Informes de cadena de valor. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_azucar.pdf

*Precio del maíz 2000-2019. <https://www.eeaoc.gob.ar/?articulo=precio-maiz-2000-2018>

*<https://webstore.iea.org/download/direct/224>

*Secretaría de Energía, Presidencia de la Nación. 2020. Regalías de Petróleo Crudo, Gas Natural, GLP, Gasolina y de Condensado. <http://datos.minem.gob.ar/data-set/regalias-de-petroleo-crudo-gas-natural-glp-gasolina-y-condensado>

*Secretaría de Energía, Presidencia de la Nación. 2020. Regalías de Petróleo Crudo, Gas Natural, GLP, Gasolina y de Condensado. <http://datos.minem.gob.ar/data-set/regalias-de-petroleo-crudo-gas-natural-glp-gasolina-y-condensado>

Considerando estos costos medios para las tecnologías de generación eléctrica y combustibles de uso final, y aplicándolos a los escenarios del informe “Elementos para una estrategia baja en carbono” (FARN, 2020), en un primer análisis la bioenergía tiene una participación menor en los costos totales para el escenario

BAU, de apenas entre el 2% y el 3%. Esa participación aumenta un poco más en el escenario basado en energía eléctrica, llegando a entre el 4% y 5%, mientras que sí es importante el impacto de los costos de la bioenergía en el escenario basado en biocombustibles, donde llega a entre el 17% y 23% (Figura 10).

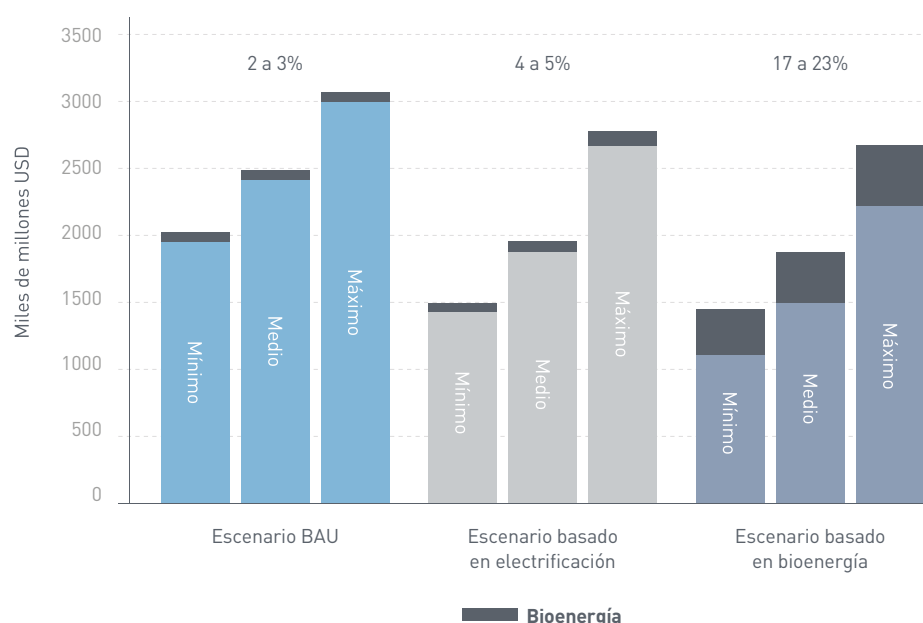


Figura 10. Rango de costos totales para cada escenario y proporción de la participación de la bioenergía en el costo total. (Fuente: Elaboración propia)

Una reflexión especial merece la participación de los biocombustibles líquidos considerados en estos escenarios a futuro en el contexto nacional actual. La pandemia de COVID-19 que se extendió en el país durante 2020 generó un contexto de gran tensión entre las petroleras y el sector de los biocombustibles, como consecuencia de la reducción en el consumo registrado —principalmente— al establecerse el confinamiento obligatorio a nivel nacional.

En este escenario, frente al vencimiento de la ya mencionada Ley 26093 (que caducaba el 12 de mayo de 2021 y se prorrogó por 60 días), las tensiones se agudizaron. Entre algunos de sus argumentos para oponerse a la continuidad de la ley, el sector petrolero sostenía que el corte con biocombustibles encarecía el precio en surtidor, y agregaba que los productores de biocombustibles obtenían su rentabilidad a costa del precio regulado por el Estado que las refinadoras están obligadas a pagar. El sector de biocombustibles (con fuerte participación de actores de la cadenas sojera, maicera y azucarera) señalaba que las naftas y el gasoil aumentaron mucho más que el biodiésel o el bioetanol desde el año 2010, cuando se reglamentó la ley en discusión, y cuestionaban, por otro lado, el rol de YPF,⁸³ que demanda beneficios que tradicionalmente se han otorgado en el país al complejo

petrolero.⁸⁴ En este sentido, afirmaban que el mercado de combustibles líquidos es un oligopolio que con un actor en posición casi dominante se convierte en un cuasimonopolio privado. Los defensores de los biocombustibles afirmaban, asimismo, que no es posible competir en el mercado sin el respaldo del Estado y que, de lo contrario, se seguiría consumiendo el 100% de combustibles minerales. Estas tensiones mantuvieron el tratamiento del tema en suspenso, aunque la prórroga de la ley ya contaba con la aprobación del Senado desde octubre de 2020. Recién el 22 de abril de 2021, el oficialismo presentó un nuevo proyecto de ley de biocombustibles,⁸⁵ que reemplazaría a la actual normativa. En medio de un contexto de apoyos y rechazos, la nueva Ley 27640 fue sancionada el 15 de julio de 2021 y promulgada el 2 de agosto, con vigencia hasta el 31 de diciembre de 2030. El nuevo marco regulatorio propuso, entre otros cambios, reducir el corte mínimo de los combustibles con biodiésel al 5% y mantener el bioetanol con el 12% actual. Sin embargo, el valor de corte de ambos biocombustibles podría reducirse hasta el 3% o 9%, res-

84. Ver: Precios: Polémica por el supuesto impacto de los biocombustibles en el surtidor. Surtidores. Disponible en: <https://surtidores.com.ar/precios-polemica-por-el-supuesto-impacto-de-los-biocombustibles-en-el-surtidor>

85. Ver: El oficialismo presentó un nuevo proyecto de Ley de Biocombustibles en el Congreso. *El Economista*. Disponible en: <https://eleconomista.com.ar/2021-04-oficialismo-proyecto-biocombustibles/>

pectivamente, frente a cambios contextuales determinados por la autoridad de aplicación. Si bien la ley ha sido sancionada, el debate planteado con claras motivaciones económicas continúa vigente. Sin embargo, no se vislumbran análisis más profundos sobre la implicancia de estas y otras políticas energéticas, en relación con aspectos vinculados a la integridad socioambiental de los territorios y sus comunidades en estos debates.

4.2. Limitaciones a la bioenergía en el contexto nacional

Las principales limitaciones a la bioenergía tienen que ver con tres aspectos fundamentales que pueden derivar en impactos socioambientales muy negativos e irreversibles: i) el tipo de recurso de biomasa que se utilice y el manejo de esos recursos; ii) la escala de los proyectos, y iii) la aplicación y destino de la energía generada (Manrique y Franco, 2013). **No es posible hablar en forma general de las limitaciones de la bioenergía si no se discrimina de qué tipo de recurso de biomasa se trata, en qué condiciones de producción se maneja, en qué zonas se desarrolla, a qué escala se produce y con qué objetivo. Todos los escenarios propuestos a nivel nacional dependerán de las decisiones actuales en relación con esos aspectos, las cuales deberán ejecutarse a partir de análisis más profundos y con base en el principio precautorio.**⁸⁶

En ese marco, si bien se ha señalado que el potencial de recursos de biomasa en el país está en superávit (FAO, 2020d), desde un análisis más minucioso el sector de mayor aporte a esa oferta de biomasa potencial estimada en el informe WISDOM 2019 es el sector de bosques nativos (biomasa incluida en la categoría de “oferta directa”, subcategoría “bosque nativo”), con una participación del 64% en el potencial nacional estimado. Este potencial, por tanto, debe considerarse con extremo cuidado.

La biomasa leñosa de los ecosistemas nativos ha sido tradicionalmente utilizada por los pobladores sin ningún tipo de plan de manejo u ordenamiento forestal. En 2006, la Secretaría de Energía de la Nación informaba que el consumo de leña estimado a nivel nacional —basado en datos provistos por la Dirección de Bosques en ese año— implicaba un faltante del 70% de la información correspondiente a la leña como tal, derivado de la falta de registro en las provincias de Chaco, Jujuy, La Pampa, Salta, San Luis y Santiago del Estero (SEN, 2006). Por tanto, los números finales de consumo eran bastante superiores a los mencionados.⁸⁷

La carencia de planes de manejo del recurso, la intensa explotación maderera de este (realizada de manera selectiva en ecosistemas multiespecíficos), los factores de presión antrópica y natural operantes (extracción furtiva, ganadería extensiva y sobrepastoreo, expansión de la frontera agropecuaria, incendios, cambio climático) y la administración nacional llevada a cabo por un sector de intereses antagónicos (sector agroganadero) agudizaron el deterioro de los bosques y ecosistemas naturales con el correr del tiempo (SAyDS, 2005; OIT, 2019; MAYDS, 2020).

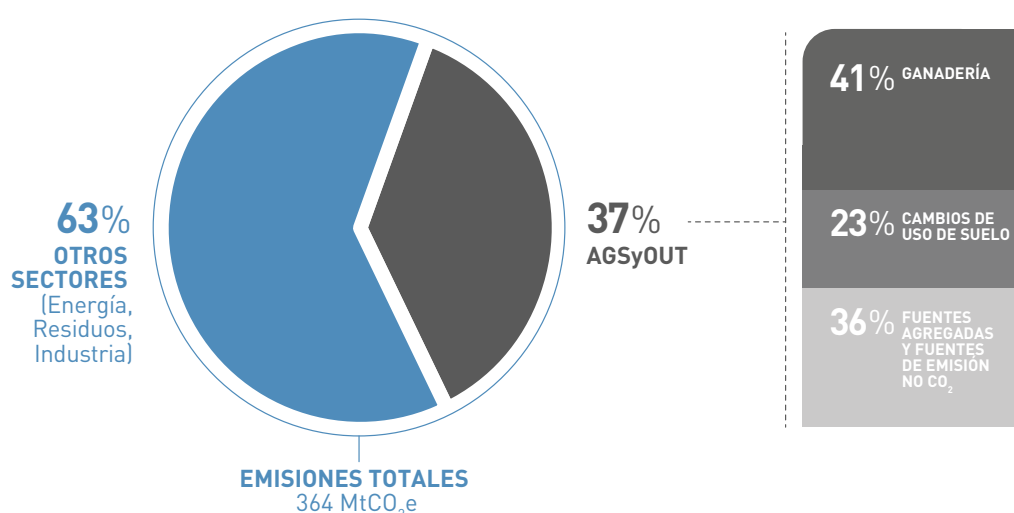


Figura 11. Emisiones de gases de efecto invernadero para la Argentina por fuente, año 2016.
(Fuente: Elaboración propia sobre la base de SGAYDS, 2019)

86. Señala que, frente a una eventual obra o actividad con posibles impactos negativos en el medio ambiente, permite que la decisión política que no da lugar a su realización se base exclusivamente en indicios del posible daño sin necesidad de requerir la certeza científica absoluta (Declaración de Río, 1992. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>)

87. FAO (2009) estimó que el consumo de leña en ese año era el doble de lo que reflejaban las estadísticas.

Según el Tercer Informe Bienal de Actualización (IBA) de la Argentina (SGAyDS, 2019), las emisiones nacionales de 2016 representaban el 0,70% de las emisiones mundiales de GEI de ese año (UNEP, 2017). Este informe menciona que la pérdida de bosques nativos en el período 2002-2013 fue de algo más de 4 millones de hectáreas, con una tasa de deforestación promedio de 368.000 ha/año (con un pico de 486.000 ha/año en 2007). En ese período de once años, se emitieron 1214 MtCO₂eq, provenientes en un 86% de la región del Parque Chaqueño, en un 10% de la Selva Misionera y el Espinal, y en un 4% de la Selva Tucumano-Boliviana (SAyDS, 2019). Por otro lado, en cuanto a la biomasa residual derivada de los cultivos, ya se ha mencionado que aporta un 24% de la oferta nacional de biomasa seca (FAO, 2020d), aunque cerca de la mitad presenta inconvenientes logísticos para su aprovechamiento. Debe señalarse que las estimaciones consideradas en el informe WISDOM nacional no incluyen los residuos de cosecha de cultivos agrícolas extensivos, como la soja o el maíz, ni tampoco su demanda con fines energéticos. Sin embargo, es precisamente la expansión de los monocultivos —fundamentalmente, aquellos utilizados como base para obtener biocombustibles líquidos como la soja— los que han causado grandes controversias a nivel nacional y mundial. Entre los impactos mencionados por la expansión de monocultivos promovidos con fines energéticos, se cuentan la competencia en el uso de la tierra (Righelato y Spracklen, 2007; Searchinger *et al.*, 2008; Bindrabán *et al.*, 2009); la competencia por el agua (Domínguez Faus *et al.*, 2009); la posible repercusión en los precios de productos alimenticios (Rahman *et al.*, 2008; Koh y Ghazoul, 2008); los efectos en la biodiversidad

(Fitzherbert *et al.*, 2007; Koh y Wilcove, 2007); el balance energético muchas veces negativo (Pimentel *et al.*, 2007; Rajagopal *et al.*, 2007; Campbell *et al.*, 2009), y el balance de emisiones de GEI no siempre favorable (Farrell *et al.*, 2006; Gibbs *et al.*, 2008).

En el caso de la Argentina, los inicios de esta controversia pueden rastrearse a partir de la década de 1970, cuando el país, que inicialmente había concentrado su sistema agropecuario en la región central de la Pampa, se expandió a las regiones extrapampeanas con la introducción de prácticas vinculadas a la revolución verde, y, más tarde, con el modelo de soja resistente al glifosato y labranza cero (Reboratti, 2006; Viglizzo y Jobbágy, 2010). Este modelo se difundió por una coyuntura favorable a nivel internacional, como las políticas de fomento de las exportaciones y el aumento de la demanda de piensos en Europa y China, y también por factores nacionales que confluieron, como el desplazamiento de las isoyetas hacia el oeste, lo que aumentó las lluvias en el noroeste del país y, por ende, la zona apta para cereales y oleaginosas (Carreño *et al.*, 2012; Mastrangelo *et al.*, 2015), entre otros factores.

La Figura 12 muestra el crecimiento de la superficie cultivada de soja entre 1970 y 2018, con una producción de granos que se incrementó en un 451% en ese período, hasta alcanzar los 58 millones de toneladas (MAGYP, 2019). La eliminación del bosque nativo fue la forma prioritaria de expansión de esa superficie cultivada (Paruelo *et al.*, 2011; Mastrangelo *et al.*, 2015; UMSEF, 2019), con el 80% de la deforestación concentrada en el norte del país. Por consiguiente, la pérdida de bosques nativos asociada al avance de la frontera agropecuaria (como uno de los principales factores de impacto) ha alcanzado niveles críticos en los últimos años.

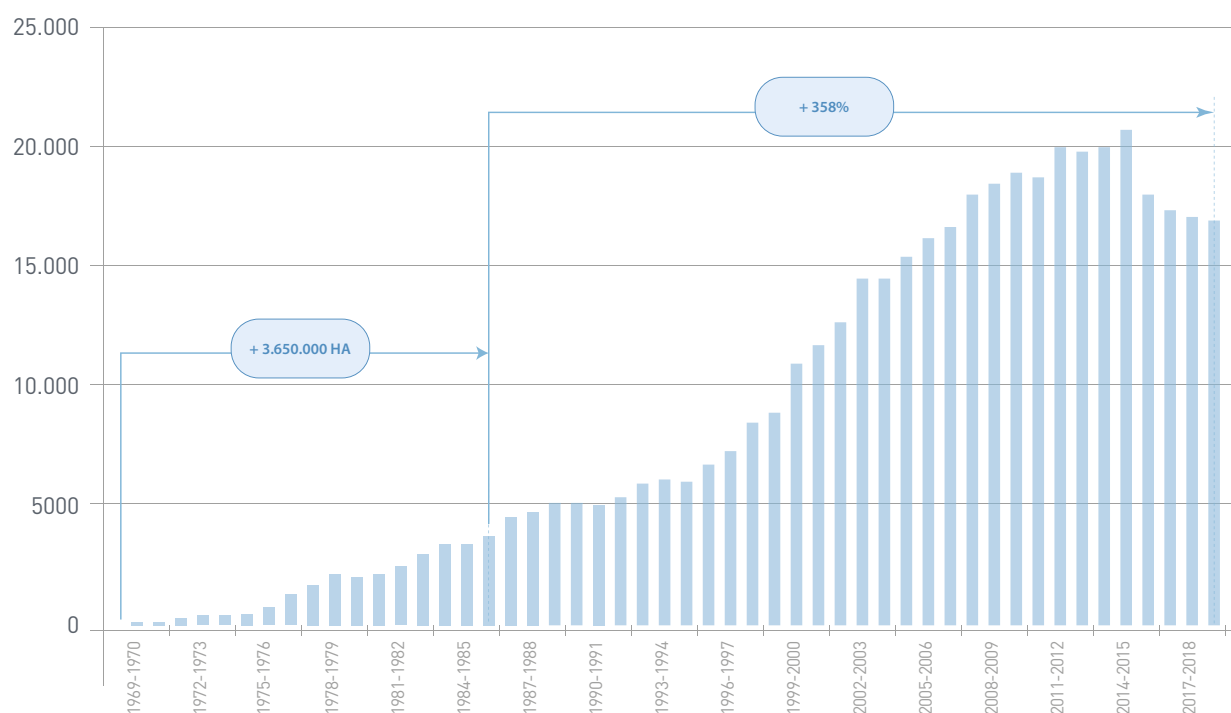


Figura 12. Evolución histórica de la superficie sembrada de soja en la Argentina, período 1969-2018.
(Fuente: Elaboración propia sobre la base de MAGYP, 2019)

En 2015, la Argentina se ubicó entre los diez países del mundo con mayor pérdida de bosques (FAO, 2015) y, actualmente, solo cuenta con el 30% de la superficie forestal existente a principios del siglo XX. En 2019, se deforestaron unas 136.000 ha,⁸⁸ según datos de la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF, 2019) de la Dirección Nacional de Bosques. Si bien hubo una desaceleración de la deforestación en años recientes, este sigue siendo, o debería ser, un tema nacional prioritario. La pérdida de bosques nativos no solo impacta a nivel climático, sino que afecta el bienestar de las comunidades locales, además de repercutir en la biodiversidad y las funciones ecosistémicas generadoras de bienes y servicios múltiples (MAYDS, 2019).

La expansión del cultivo de soja también ha generado cambios intensos en los arreglos productivos de estos territorios (López *et al.*, 2010; Viglizzo *et al.*, 2011; OIT, 2019), lo que en muchos casos implicó el desarraigo y la expulsión de comunidades rurales y pueblos originarios, así como la despoblación rural, con una disminución de la cantidad de trabajadores (Reboratti, 2006; Krapovickas, 2016). Asimismo, se ha mencionado un agravamiento de los problemas de soberanía alimentaria, tenencia de la tierra y pobreza como consecuencia de este modelo expansivo (OEA, 2009; Krapovickas, 2016; Krapovickas y Garay, 2017) y no sostenible (Bocchetto *et al.*, 2020).

Por otro lado, la fracción orgánica de los RSU, los efluentes cloacales, los lodos de depuradoras o los residuos pecuarios ofrecen un conjunto de recursos de biomasa sobre los cuales existe poco interés. Proyectos orientados a su aprovechamiento generarían un claro beneficio de saneamiento ambiental y brindarían soluciones energéticas puntuales de alumbrado eléctrico en predios de tratamiento o en centros de acopio, por mencionar algunos ejemplos. La utilización de estos recursos, ya sea como biogás, gas de relleno sanitario o aun mediante secado y conversión termoquímica de la fracción orgánica, no conlleva impactos por cambio de uso de suelo ni afectación a poblaciones rurales. Plan-teados de manera adecuada, pueden generar incluso puestos de trabajo locales.

5. BIOENERGÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

5.1 Territorio, comunidades y sustentabilidad: el rol de la bioenergía en el desarrollo

En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030, donde se definieron 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS). El concepto de “desarrollo sostenible” popularizado en el Reporte Brundtland (WCED, 1987) comenzó a vislumbrarse como un paradigma alternativo que podría resolver la clara disyunción imperante entre el bienestar económico, la protección ambiental y la justicia social (Lumley y Armstrong, 2004), considerados como tres pilares fundamentales para sostener la vida humana. Desde entonces, se generaron innumerables debates, interpretaciones y redefiniciones del concepto y sus fundamentos. Aún hoy, mientras avanzan por un lado las discusiones más críticas al modelo civilizatorio, se desarrollan a la par esfuerzos más pragmáticos que buscan medir de alguna manera los avances hacia la sostenibilidad ansiada. Este último sector sostiene que una medición confiable de la sostenibilidad es un prerequisite para la identificación de procesos, alternativas o sistemas no sostenibles, que deberían dejarse atrás. La Agenda 2030 se enmarca en esta última línea de esfuerzos.

Ahora bien, la pregunta que cabe es de qué manera se vincula el desarrollo sostenible a la bioenergía. Es claro que la energía es fundamental en casi todos los aspectos de la vida humana, y el proceso de desarrollo humano está estrechamente relacionado con la evolución de la exploración y dominio en el uso de las fuentes de energía presentes en la naturaleza y la estructuración de complejos sistemas de energía (Takada *et al.*, 2000; Kalitventzeff *et al.*, 2001; May y Brennan, 2006; Paz *et al.*, 2007; Haas *et al.*, 2008). Cualquiera de las alternativas de uso de estas fuentes energéticas tiene repercusiones a nivel ambiental, económico o social. Dincer y Rosen (1998) afirman que los recursos energéticos y su utilización están íntimamente relacionados con el desarrollo sostenible. El desafío más importante desde el punto de vista de la energía es fortalecer los entramados territoriales con aportes estratégicos que armonicen las relaciones entre las fronteras de los mundos físico, natural y social, pero basados en principios éticos de solidaridad intra e intergeneracional.

En particular, los ODS de la Agenda 2030 no hacen ninguna referencia a la biomasa, la bioenergía o los biocombustibles, ni tampoco a conceptos más “modernos”, como las biorrefinerías. Sin embargo, puede advertirse una doble vinculación: por un lado, se espera que la bioenergía —como uno de los usos de la biomasa— aumente a nivel mundial impulsada por varios ODS definidos en la Agenda, como el ODS 7 (vinculado a la energía) o el ODS 13 (vinculado al cambio climático). Por otro lado, la implementación de nuevos sistemas bioenergéticos en los territorios podría contribuir al cumplimiento de estos u otros objetivos de la Agenda 2030 vinculados a la salud y el bienestar (ODS 3), al saneamiento (ODS 6), a la producción y consumo responsable (ODS 12), a la preservación de los ecosistemas terrestres, al uso sostenible de los bosques, a la lucha contra la desertificación y la degradación de tierras, a la utilización sostenible de la biodi-

88. Incluyendo tierras forestales y otras tierras forestales de Yungas, Parque Chaqueño, Selva Paranaense y Espinal (UMSEF, 2019).

versidad (ODS 15), y al desarrollo de alianzas y asociaciones para el desarrollo (ODS 17), entre muchos otros (GBEP, 2018). Si en la práctica esta interrelación resulta positiva, dependerá de la consideración de los aspectos limitantes y de los impactos socioambientales anteriormente discutidos.

5.2 Desafíos hacia la inserción sostenible de la biomasa y la bioenergía en el país

A lo largo de este informe, una multiplicidad de aspectos se han puesto sobre la mesa de debate en pos de lograr una exitosa promoción e inserción de proyectos bioenergéticos en el país. Estos aspectos emergen no solo de las experiencias (positivas y negativas) a nivel nacional, sino de las discusiones más amplias que ocurren a escala global.

Como punto de partida, se remarca la necesidad de un abordaje integral y multiactoral en la planificación de los sistemas de bioenergía. Esto implica el entendimiento de que cada proyecto involucrará un tipo de recurso de biomasa y una gran cantidad de eslabones (recolección, almacenamiento, acondicionamiento, transporte, conversión energética, aplicación) que serán diferentes entre sistemas, generando configuraciones de características particulares, las cuales, a su vez, estarán incluidas en entramados socioeconómicos, políticos y ambientales propios de un espacio y un tiempo dados. Así, por ejemplo, en términos generales, los recursos de biomasa residuales generados a campo (como los residuos agrícolas, pecuarios o forestales) casi no se utilizan por su gran dispersión y constituyen un gran potencial energético. Si se promoviera su utilización masiva, su aprovechamiento debería considerar, en cada región, las posibles interrelaciones, interconexiones e interdependencias de esos recursos con otros componentes del medio natural (protección del suelo, conservación del agua, recuperación de nutrientes, entre otros), así como con los sistemas sociales en los cuales se generan (usos previos existentes, demandas prioritarias, posibilidades técnicas y tecnológicas, capital cultural, entre muchos otros). Los conceptos de la bioeconomía circular podrían facilitar un uso en cascada para los recursos disponibles en los territorios, priorizando lo siguiente:

- (i) minimizar la demanda de recursos de biomasa y la generación de residuos orgánicos mediante un diseño, una producción y un procesamiento más eficientes en cada una de las cadenas de valor de los territorios;
- (ii) favorecer la reutilización no destructiva de los subproductos siempre que sea posible;
- (iii) considerar la reincorporación de los residuos al suelo en los casos en que resulte técnicamente adecuado;
- (iv) en el caso de ciertos tipos de biomasa, analizar su posibilidad de aprovechamiento como materia prima para materiales, principios activos, sustancias o usos de beneficio local, y
- (v) tomar en cuenta que la quema/el procesamiento de residuos para la obtención de bioenergía puede desempeñar un papel importante cuando se produzca una reducción neta de las emisiones, como respuesta ambiental y estrategia de

saneamiento, o frente a una demanda energética básica de sectores sociales vulnerables no cubierta por otras fuentes disponibles a nivel local.

Promover iniciativas de asociativismo no solo permitiría asegurar un suministro continuo de biomasa en un emprendimiento, sino que además estaría consolidando los entramados sociales y fortaleciendo la gobernanza local. Como ya se ha mencionado, los proyectos de pequeña escala a partir de biomasa pueden afectar simultáneamente múltiples dimensiones de la sustentabilidad territorial. Por tanto, la especificidad es un elemento clave de estos sistemas de bioenergía, lo cual impulsa la necesidad de diseñar soluciones planificadas a medida para cada realidad territorial. A nivel nacional, hay un amplio campo tecnológico y de innovación que podría motorizar las economías regionales, en las muy diferentes facetas en que la biomasa puede utilizarse. Esto debe ir acompañado del fortalecimiento del sistema científico y tecnológico, así como del empoderamiento de los núcleos formativos para que actúen como verdaderos propagadores del conocimiento y de la reflexión.

Asimismo, para un adecuado diseño de políticas públicas e instrumentos de fomento y promoción, otras reflexiones resultan fundamentales en relación con el aprovechamiento de recursos de biomasa (Manrique y Franco, 2013). En primer lugar, el potencial de la "biomasa" considerada como una categoría universal no puede evaluarse si no se especifica su alcance y definición, ya que no es posible invocar los atributos positivos de un tipo de biocombustible o recurso de biomasa para una defensa genérica y menos para su evaluación (Honty y Gudynas, 2007). En segundo lugar, los potenciales beneficios que se obtendrán serán diferentes en función de la escala en la cual se empleará el recurso, así como del contexto humano, territorial y temporal en el cual se planifica su utilización. Por tanto, estos beneficios no deben asumirse como lógicos, sino que deben analizarse en cada caso.⁸⁹ Por último, es necesario repensar el modelo de país y la visión a largo plazo de lo que sería un desarrollo de mayor sostenibilidad, en un escenario complejo que deberá conjugar una demanda incremental de alimentos, fibras vegetales y energía de una población en crecimiento, con bienes naturales finitos y una capacidad de carga limitada de los ecosistemas. Esta encrucijada no es exclusiva del país, sino que refleja una situación de confrontación común entre producción y conservación a mayor escala, donde se debe poder mantener el capital natural en un estado de autosostenibilidad de sus funciones básicas, cubriendo racionalmente las demandas de la humanidad (Czúcz *et al.*, 2018).

La problemática del cambio climático, que ha puesto de relieve el vínculo energía-ambiente-sociedad, es fundamental como plataforma para repensar de qué manera reconciliar las dicotomías hombre-naturaleza del viejo paradigma mecanicista y unidimensional. Es evidente que el simple cambio de combustibles fósiles por bioenergía o cualquier otra fuente de naturaleza renovable podría solucionar solo una pequeña parte de las problemáticas socioambientales actuales. Por tanto, es un momento propicio para reflexionar y valorar, para interpretar y para intervenir en la naturaleza, en el hábitat y en la historia desde nuevas bases de pensamiento.

89. A modo de ejemplo, en regiones donde los derechos de propiedad de la tierra no han sido resueltos, muchos aspectos de las cadenas de bioenergía se verán seguramente entorpecidas o contribuirán a potenciar aún más los conflictos locales.

6. COMENTARIOS FINALES

Existe en el país un alto potencial de recursos de biomasa, los cuales pueden transformarse en biocombustibles sólidos, líquidos o gaseosos para cubrir demandas energéticas térmicas, eléctricas o mecánicas, o aun lograr una combinación adecuada de aplicaciones con múltiples fines. Sin embargo, cada cadena de bioenergía tendrá sus características propias en función de los eslabones que incluya, el tipo de biomasa que se utilice, su escala, los actores y sectores que involucre y el sitio donde se implemente. La correcta promoción de la bioenergía debe considerar las particularidades regionales, ya que cada proyecto requiere una cuidadosa evaluación integral de los aspectos socioeconómicos y socioambientales afectados, a fin de asegurar que los nuevos sistemas energéticos no repitan los errores de los viejos sistemas que buscan reemplazar.

La bioenergía podría ser parte de la solución para combatir el cambio climático a nivel mundial, así como para proveer soluciones creativas a muchos otros aspectos que guíen a una mayor sostenibilidad local. Pero la bioenergía puede convertirse en parte del problema que busca resolver, o aun generar nuevos problemas a escala nacional, si no se aborda de manera multidimensional, atendiendo cada uno de los aspectos que hacen a la sostenibilidad de la energía y del desarrollo en general.

Las fuentes de energía renovables como la biomasa derivan en soluciones actuales en localidades intermedias y sitios rurales o alejados de centros poblados, donde estas tecnologías se perfeccionan y adecuan localmente. Un marco político e institucional a largo plazo y un respaldo económico-financiero son fundamentales para que estas soluciones se sociabilicen más rápidamente. Por su parte, el sector de ciencia, técnica e innovación juega un rol clave como plataforma estratégica que posibilitará a los decisores definir propuestas sitio-específicas, basadas en las potencialidades y las limitaciones de cada territorio.

Es imperativo reconocer que no hay soluciones universales, sino que estas deberán encontrarse en cada caso, a partir de las necesidades básicas y estructurales de cada comunidad, buscando el fortalecimiento de las capacidades, la identidad y la gobernanza local, y dando lugar al diálogo, la participación y el consenso en pos de consensuar una visión integral de sostenibilidad territorial y poder ajustar soluciones a escala humana.

La visión holística e inclusiva de todas las fuerzas y componentes del medio natural y social que se involucren en cada cadena de bioenergía, el respaldo de un plan de acción a largo plazo que incorpore esquemas de desarrollo productivo enfocados en las ventajas comparativas regionales, y las reflexiones de corte ético constituirán una base propicia para que la bioenergía esté puesta al servicio del desarrollo sostenible del país.

7. REFERENCIAS

- Adriani, H. L.; Mamonde, N. y Giammarino, D. (2018).** Cadenas de valor y territorio en la Argentina. Territorio, actores, redes y cadenas de valor en la actividad industrial. Centro de Investigaciones Geográficas del Instituto de Investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de La Plata.
- Agostini, A.; Giuntoli, J. y Boulamanti, A. (2014).** Carbon accounting of forest bioenergy: Conclusions and recommendations from a critical literature review. European Commission Joint Research Centre. Disponible en: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC70663/eur25354en_online.pdf.
- Andersen, R.; Towers, W. y Smith, P. (2005).** Assessing the potential for biomass energy to contribute to Scotland's renewable energy needs. *Biomass and Bioenergy* 29(2):73-82.
- APN (Administración de Parques Nacionales) (2019).** Informe sobre Pizarro. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/parquesnacionales/pizarro/biodiversidad>.
- Askew, M. y Holmes, C. (2002).** The potential for biomass and energy crops in agriculture in Europe, in land use, policy and rural economy terms, *International Sugar Journal* 104 (1247):482.
- Bilgili, F.; Koçak, E.; Bulut, U. y Kuşkaya S. (2017).** Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development? *Renewable Sustain Energy Rev* 71:830-845.
- Bindrabán, P. S.; Bulte, E. H. y Conijn, S. G. (2009).** Can large-scale biofuels production be sustainable by 2020? Short Communication. *Agricultural Systems* 101, 197-199.
- Bisang, R.; Brigo, R.; Lodola, A. y Morra, F. (2018).** Cadenas de valor agroalimentarias: evolución y cambios estructurales en el siglo XXI. 1a edición adaptada. Ciudad Autónoma de Buenos Aires / Secretaría de Gobierno de Agroindustria - Dirección General de Programas y Proyectos Sectoriales y Especiales (DIPROSE). Disponible en: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_alimentos_y_bebidas/_pdf/CadenasAgroalimentarias-v29-01-19.pdf.
- Blanco, G. (2016).** Oportunidades para la Argentina en el Marco del Acuerdo de París sobre Cambio Climático. Fundación Ambiente y Recursos naturales. Disponible en: <https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2020/04/Oportunidades-para-la-Argentina-en-el-marco-del-Acuerdo-de-Paris-sobre-cambio-climatico.pdf>.
- Bocchetto, R.; Gauna, D.; Bravo, G.; González, C.; Rearte, M.; Molina Tirado, L.; Hilbert, J.; Eisenberg, P.; Lecuona, R.; Taraborrelli, D.; Papagno, S. y Vaudagna, S. (2020).** Bioeconomía del Norte Argentino: situación actual, potencialidades y futuros posibles. Proyecto "Bioeconomía Argentina: Construyendo un Futuro Inteligente y Sustentable para el Norte Argentino 2030". MINCYT - INTA-INTIUNNE-UNSa-UNSE. Documento de Trabajo. Buenos Aires.
- BP (British Petroleum) (2018).** Energy Outlook to 2040. Evolving Transition. Disponible en: <https://observatoriorenovables.org/informe/bp-energy-outlook/>.
- BP (British Petroleum) (2020).** Energy Outlook 2020. Disponible en: <https://www.economiahoy.mx/energia-mexico/noticias/10769389/09/20/Termino-la-era-del-crecimiento-en-la-demanda-de-petroleo-BP.html>.
- Bruno Dovichi Filho, F.; York Castillo, S.; Silva Lora, E.; Escobar Palacio, J. C. y Almazan del Olmo, O. A. (2021).** Evaluation of the maturity level of biomass electricity generation technologies using the technology readiness level criteria. *Journal of Cleaner Production*, 126426.
- CADER (Cámara Argentina de Energías Renovables) (2019).** Diálogo para la construcción del futuro energético argentino y la incorporación sustentable de las Energías Renovables. Ciudad de Buenos Aires, Argentina. Septiembre de 2019. Disponible en: <https://www.cader.org.ar/dialogo-para-la-construccion-del-futuro-energetico-argentino/>.
- Camia, A.; Giuntoli, J.; Jonsson, R.; Robert, N.; Cazzaniga, N. E.; Jasinevičius, G.; Avitabile, V.; Grassi, G.; Barredo, J. I. y Mubareka, S. (2021).** The use of woody biomass for energy purposes in the EU, EUR 30548 EN, Publications Office of the European Union, Luxemburgo, 2021, ISBN 978-92-76-27867-2, doi:10.2760/831621, JRC122719.
- CAMMESA (2021).** Energías renovables. Disponible en: <https://cammesaweb.cammesa.com/erenovables>.
- Campbell, A.; Dickson, B.; Kapos, V.; Miles, L. y Scharlemann, J. (2009).** Biofuels and biodiversity: an assessment of the impacts of biofuels on biodiversity and the appropriate policy responses. Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions. *Earth and Environmental Science* 6.
- Carreño, L.; Frank, F. C. y Viglizzo, E. F. (2012).** Tradeoff between economic and ecosystem services in Argentina during 50 years of land-use change. *Agric Ecosyst Environ* 154, 68-77.
- Carus M. y Dammer L. (2018).** The "Circular Bioeconomy" – concepts, opportunities and limitations. Nova paper #9 on bio-based economy. Nova-Institut, Hürth. Disponible en: www.bio-based.eu/nova-papers.
- Castellanos-Navarrete, A.; de Castro, F. y Pacheco, P. (2021).** The impact of oil palm on rural livelihoods and tropical forest landscapes in Latin America. *Journal of Rural Studies*. vol. 81, 294-304.
- Chazdon R. L.; Brancalion P. H. S.; Laestadius L.; Bennett-Curry A.; Buckingham K.; Kumar, C.; Moll-Rocek, J.; Vieira, I.C.G. y Wilson, S. J. (2016).** When is a forest a forest? Forest concepts and definitions in the era of forest and landscape restoration. *Ambio* 45, 538-550.
- CNA (Censo nacional agropecuario) (2019).** Disponible en: <https://cna2018.indec.gob.ar/informe-de-resultados.html>.
- Cowie, A. L.; Berndes, G.; Scott Bentsen, N.; Brandão, M.; Cherubini, F.; Egnell, G.; George, B.; Gustavsson, L.; Hanewinkel, M.; Harris, Z. M.; Johnsson, F.; Junginger, M.; Kline, K. L.; Koponen, K.; Koppejan, J. y Kraxner, F. (2021).** Applying a science-based systems perspective to dispel misconceptions about climate effects of forest bioenergy. *GCB Bioenergy* 00:1-22. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/gcbb.12844>.
- CSE (Chicago Stock Exchange) (2020).** Precio mensual de la soja por tonelada métrica. Disponible en: <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=soja&meses=300>.

- Czako, V. (2020). Employment in the Energy Sector Status Report 2020.** EU Science Hub, European Commission. Disponible en: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC120302/employment_energy_status_report_2020.pdf.
- De Schoenmakere, M.; Hoogeveen Y.; Gillabel, J. y Manshoven, S. (2018).** The circular economy and the bioeconomy: partners in sustainability. EEA report 8/2018, European Environment Agency. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-and-bioeconomy>.
- Del Borghi, A.; Moreschi, L. y Gallo, M. (2020).** Circular economy approach to reduce water energy food nexus. *Curr Opin Environ Sci Health* 13, 23-28.
- Di Paola, M. M. (2013).** La producción de biocombustibles en Argentina. Informe Ambiental Anual 2013 FARN. Disponible en: http://www.altamirandayasoc.com.ar/archivos/produccion_de_biocombustibles_en_argentina_por_maria_marta_di_paola.pdf (Consulta: 02/2021).
- Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial (DNDFI) (2019).** Estadísticas forestales, incendios. Disponible en: <https://datos.gob.ar/dataset/agroindustria-forestales---superficie-afectada-por-incendios>.
- Domínguez-Faus, R.; Powers, S.; Burken, J. y Álvarez, P. J. (2009).** The Water Footprint of Biofuels: A Drink or Drive Issue? *Environmental Science and Technology* 43, 3005-3010.
- EIA (Energy Information Administration) (2017).** International Energy Outlook to 2040. Disponible en: [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2017\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2017).pdf).
- EMF (Ellen Macarthur Foundation) (2015).** Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition. Disponible en: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf.
- Environmental Paper Network – EPN (2018).** Disponible en: <https://environmentalpaper.org/wp-content/uploads/2018/11/Threat-Map-Briefing-Are-Forests-the-New-Coal-01.pdf>.
- Epifanio, D. y Ernst, C. (2019).** La cadena de suministro de biodiésel en Argentina: ¿una oportunidad para el avance social? Oficina de País de la OIT para la Argentina. OIT. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-buenos_aires/documents/publication/wcms_734241.pdf.
- Eraja, S. (2016).** Cascading use of biomass: opportunities and obstacles in EU policies. Policy briefing. BirdLife Europe and the European Environmental Bureau. Disponible en: http://www.birdlife.org/sites/default/files/attachments/cascading_use_memo_final.pdf.
- FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations) (2009).** Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina - WISDOM Argentina - Informe Final. Departamento Forestal Dendroenergía. Financiado por el Proyecto TCP/ARG/3103. 118 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2020a).** Global forest resources assessment 2020. FAO Forestry Paper Nro. 1.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2020b).** Lecciones aprendidas en proyectos de biomasa y biogás en la Argentina. Colección Informes Técnicos Nro. 8. Buenos Aires. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca8064es>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2020c).** Guía para realizar estudios de impacto ambiental de proyectos bioenergéticos. Colección Documentos Técnicos Nro. 20. Buenos Aires. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca8760es>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2020d).** Actualización del balance de biomasa con fines energéticos en la Argentina. Colección Documentos Técnicos Nro. 19. Buenos Aires. WISDOM Argentina - Informe Final. Departamento Forestal Dendroenergía. Financiado por el Proyecto TCP/ARG/3103. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca8764es>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2020e).** Manual de metodología de estimación de empleo verde en la bioenergía. Herramientas para la investigación de los efectos de la producción bioenergética sobre el empleo en las provincias. Buenos Aires. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca8278es>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2020f).** Factibilidad de la incorporación de biometano en la red de gas natural troncal y en las redes de distribución en localidades aisladas. Colección Informes Técnicos Nro. 11. Buenos Aires, FAO. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca8756es>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2019a).** Relevamiento Nacional de Biodigestores. Relevamiento de plantas de biodigestión anaeróbica con aprovechamiento energético térmico y eléctrico. Colección Documentos Técnicos Nro. 6. Buenos Aires. 84 pp.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2019b).** Estudio del empleo verde, actual y potencial, en el sector de bioenergías. Disponible en: http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/DT15-EmpleoVerde-SantaFe-01-07-2019.pdf.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2017).** Servicios para el relevamiento y fortalecimiento del marco normativo de la producción y aprovechamiento de la biomasa destinada a generación de energía. Disponible en: https://www.ceare.org/investigaciones/inv2017_1.pdf.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2015).** Evaluación de los recursos forestales mundiales. Situación de los bosques del mundo. Departamento de Montes de la FAO. Roma, Italia.
- FAOSTAT. Food and agriculture data (2021).** Food and Agriculture Organization of the United Nations <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.
- Fargione, J.; Hill, J.; Tilman, D.; Polasky, S. y Hawthorne, P. (2008).** Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science*, 319(5867):1235-1238.

- Farrell, A. E.; Plevin, R. J.; Turner, B. T.; Jones, A. D.; O'Hare, M. y Kammen, D. M. (2006).** Ethanol can contribute to energy and environmental goals. *Science*, 311, 506-508.
- Fitzherbert, E. B.; Struebig, M. J.; Morel, A.; Danielsen, F.; Bruhl, C. A.; Donald, P. F. y Phalan, B. (2007).** How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution*, 23(10):538-545.
- Gardetti, M. A., et al. (2020).** Red argentina de pacto global. Disponible en: http://pactoglobal.org.ar/wp-content/uploads/2020/09/Hoja_de_ruta_EC_FINAL.pdf.
- GBEP (Global Bioenergy Partnership's) (2018).** Linkages between the Sustainable Development Goals (SDGs) and the GBEP Sustainability Indicators for Bioenergy (GSI). Technical Paper for the GBEP Task Force on Sustainability. Disponible en: http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/IINAS_IFEU__2018__Linkages_SDGs_and_GSIs_-_final.pdf.
- GF (Gobernanza Forestal) (2012).** Proyecto de posicionamiento de la gobernanza forestal en Colombia. Disponible en: http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/FLORA/AIRNR_CV_820_2012_2.pdf.
- GFW (Global Forest Watch) (2020).** Forest monitoring designed for action. Disponible en: <https://www.globalforestwatch.org/>.
- Gibbs, H. K.; Johnston, M.; Foley, J.; Holloway, T.; Monfreda, C.; Ramankutty, N. y Zaks, D. (2008).** Carbon payback times for crop-based biofuel expansion in the tropics: The effects of changing yield and technology. *Environmental Research Letters* 3 (034001), 10 pp.
- Goldstein, E. y Gutman, G. (2010).** Biocombustibles y biotecnología. Contexto internacional, situación en Argentina. Buenos Aires. CONICET. Disponible en: <http://www.ceur-conicet.gov.ar/archivos/publicaciones/biocombustibles2.pdf>.
- Greenpeace (2013).** Situación de la Reserva de Pizarro. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2013/bosques/Situacion-de-la-Reserva-Pizarro.pdf>.
- Heidari, A.; Mayer, A.; Watkins, D. y Castillo, M. M. (2020).** Hydrologic impacts and trade-offs associated with developing oil palm for bioenergy in Tabasco, Mexico. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 31:100722.
- Holden, E. y Linnerud, K. (2007).** The Sustainable Development Area: Satisfying Basic Needs and Safeguarding Ecological Sustainability. *Sustainable Development* 15, 174-187.
- IACHR (Inter-American Court of Human Rights). (2020).** Caso Comunidades Indígenas Miembros de La Asociación Lhaka Honhat (Nuestra Tierra) vs. Argentina. Sentencia del 6 de Febrero de 2020. Disponible en: http://www.corteidh.or.cr/docs/casos/articulos/seriec_400_esp.pdf.
- IEA (International Energy Agency). (2015).** Projected Costs of Generating Electricity. Disponible en: <https://webstore.iea.org/download/direct/744?fileName=ElecCost2015.pdf>.
- IEA (International Energy Agency) (2017a).** World Energy Outlook to 2040. *Global Energy Trends*. Disponible en: https://webstore.iea.org/download/direct/1055?fileName=World_Energy_Outlook_2017.pdf.
- IEA (International Energy Agency). (2017b).** Technology Roadmap Bioenergy. Disponible en: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2017/11/Technology_Roadmap_Delivering_Sustainable_Bioenergy.pdf.
- IEA (International Energy Agency). (2020a.)** World Energy Outlook. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>.
- IEA (International Energy Agency). (2020b).** World Energy Outlook Special Report: Prospects for Biogas and Biomethane (Paris: 2020). Disponible en: <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth>.
- IEA (International Energy Agency). (2020c).** Energy Technology Perspectives 2020. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (2010).** Disponible en: <http://www.indec.gov.ar/Webcenso/Index.Asp>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006).** Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Editado por H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara T. y K. Tanabe. Publicado por el Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES), Hayama, Japón.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2011).** Chum, H.; A. Faaij, J.; Moreira, G.; Berndes, P.; Dhamija, H.; Dong, B.; Gabrielle, A.; Goss Eng, W.; Lucht, M.; Mapako, O.; Masera Cerutti, T.; McIntyre, T.; Minowa, K. y Pingoud, 2011: Bioenergy. En: Edenhofer, O.; Pichs-Madruga, R.; Sokona, Y.; Seyboth, K.; Matschoss, P.; Kadner, S.; Zwickel, T.; Eickemeier, P.; Hansen, G.; Schlömer, S. y von Stechow, C. (eds.), IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_es-1.pdf.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014).** Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [R. K. Pachauri y L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 151 pp.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2018).** Special Report on Global Warming of 1.5 °C. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2019).** Cambio Climático y la Tierra: Un Informe Especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres en 2019. Disponible en: www.ipcc.ch/srccl. [P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia y otros (eds.)].
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2017).** Perspective for Energy Transition. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Mar/Perspectives_for_the_Energy_Transition_2017.

- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2019).** Renewable capacity statistics 2019. Disponible en: <https://www.irena.org/publications/2019/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2019>.
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2020a).** Recycle bioenergy. Circular Carbon Economy report 05. Disponible en: <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Recycle-Bioenergy>.
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2020b).** Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Apr/IRENA_Global_Renewables_Outlook_2020.pdf.
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2020c).** Renewable Power Generation Costs in 2019, Abu Dhabi. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf.
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2020d).** Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2020, Abu Dhabi. Disponible en: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/IRENA_RE_Jobs_2020.pdf.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature) (2019).** Red List of Threatened Species Version 2019-2 (IUCN, 2019). Disponible en: <https://www.iucnredlist.org>.
- Jackson, T. (2009).** Prosperity without Growth. Earthscan, Routledge.
- Kalmykova, Y.; Sadagopan, M. y Rosado, L. (2018).** Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resour Conserv Recycl* 135, 190-201.
- Karekezi, S.; Lata, K. y Coelho, S. T. (2004).** Traditional Biomass Energy. Improving its Use and Moving to Modern Energy Use. Thematic Background Paper. Editing: Secretariat of the International Conference for Renewable Energies, Bonn.
- Kazimierski, M. (2020).** La energía distribuida como modelo post-fósil en Argentina. *Economía, sociedad y territorio* versión ISSN 2448-6183, vol. 20, nro. 63. Disponible en: <https://doi.org/10.22136/est20201562>.
- Keegan, D.; Kretschmer, B.; Elbersen, B. y Panoutsou, C. (2013).** Cascading use: a systematic approach to biomass beyond the energy sector. *Biofuels Bioprod Biorefin* 7, 193-206.
- Keesler, D. y Blanco, G. (2020).** Elementos para una estrategia baja en carbono. Publicado por Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN) en el marco del proyecto de colaboración con ClimateWorks Foundation. Disponible en: https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2020/07/UNICEN-Elementos-para-alcanzar-la-carbono-neutralidad-a-2050_2.pdf (Consulta: 02/2021)
- Kirchherr, J.; Reike, D. y Hekkert, M. (2017).** Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resour Conserv Recycl* 127, 221-232.
- Koh, L. P. y Ghazoul, J. (2008).** Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the conflicts and finding opportunities. Review. *Biological Conservation* 141, 2450-2460.
- Koh, L. P. y Wilcove, D. S. (2008).** Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? *Conservation Letters* 1, 60-64.
- Kondziella, H. y Bruckner, T. (2016).** Flexibility requirements of renewable energy-based electricity systems – A review of research results and methodologies. *Renew Sustain Energy Rev.* 53, 10-22.
- KPMG (2019).** Evolución de las Energías Renovables en Argentina. Marzo de 2019. Disponible en: <https://home.kpmg/ar/es/home/Tendencias/2018/04/evolucion-de-las-energiasrenovables-en-argentina.html>.
- Krapovickas, J. (2016).** El extractivismo sojero y sus consecuencias humanas. Modelos de desarrollo en disputa en el Chaco argentino. Revista Alternativa Nro. 5. Primer semestre de 2016.
- Krapovickas, J. y Garay, A. (2017).** A descriptive approach to the social and territorial inequality in rural areas of Northwest Argentina in the first decade of the XXI century. *Estudios Geográficos* 78(283):605-632.
- Larsen, H.; Kossmann, J. y Petersen, L. S. (2003).** New and emerging bioenergy Technologies. Risø Energy Report 2. Risø National Laboratory. 48 p. *online*.
- Law, B. E.; Hudiburg, T. W.; Berner, L. T.; Kent, J. J.; Buott, P. C. y Harmon, M. E. (2018).** Land use strategies to mitigate climate change in carbon dense temperate forests. *PNAS* 115(14):3663-3668.
- Li, T. M. (2018).** Evidence-Based Options For Advancing Social Equity In Indonesian Palm Oil: Implications For Research, Policy And Advocacy (Center for International Forestry Research (CIFOR). <https://www.cifor.org/knowledge/publication/6842/>.
- Linser, S. y Lier, M. (2020).** The contribution of sustainable development goals and Forest-related indicators to National Bioeconomy Progress Monitoring. *Sustainability* 12:2898.
- Liu, W.; Yu, Z.; Xie, Z.; von Gadow, K. y Peng, C. (2018).** A critical analysis of the carbon neutrality assumption in life cycle assessment of forest bioenergy systems. *Environ Rev.* 26, 93-101. [dx.doi.org/10.1139/er-2017-0060](https://doi.org/10.1139/er-2017-0060).
- López, E.; Silva, A.; González, A.; Ávila, M.; Simesen de Bielke, A.; de Viana, M.; Rodríguez, H.; Corvalán, E.; Molinari, R. y Palmer, J., (2010).** Desmontar Pizarro. 1a ed. Salta: Parque Nacional Pizarro. 360 p.
- López Soto, D.; Mejdalani, A.; Nogales, A.; Tolmasquim, M. y Hallack, M. (2019).** Avances en el diseño de políticas y marcos regulatorios para las energías renovables en América Latina y el Caribe para la generación distribuida y a escala de la red de distribución eléctrica. (Monografía del BID; 785). Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Avances-en-el-diseno-de-politicas-y-marcos-regulatorios-para-las-energias-renovables-en-America-Latina-y-el-Caribe-para-la-generacion-distribuida-y-a-escala-de-la-red-de-distribucion-electrica.pdf>.
- Lumley, S. y Armstrong, P. (2004).** Some of the Nineteenth Century Origins of the Sustainability Concept. *Environment, Development and Sustainability* 6, 367-378.
- MAGYP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación) (2016).** Informe sobre biocombustibles. Diciembre. Disponible en: <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bioenergia/informes/biocombustibles>.

- MAGYP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación) (2019).** Estadísticas agrícolas, por cultivos, campañas, provincias y departamentos. Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria. Disponible en: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>.
- Malthus, T. R. (1798).** An Essay on the Principle of Population. Oxford University Press.
- Manrique, S.; Torreiro Villariño, Y.; Contreras Rodríguez, M. L.; Sánchez Hervás, J. M.; Garrido, S. y Curbelo Alonso, A. (eds.). (2020).** Recursos, tecnologías, transferencia y políticas: Una mirada desde múltiples perspectivas y dimensiones a los sistemas de bioenergía en Iberoamérica. 270 pp. CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo). Madrid, España.
- Manrique, S. y Franco, J. (2015).** Experiences and participatory tools for evaluation of sustainability of local development projects. *European Journal of Sustainable Development* 4(3):1-12. ISSN: 2239-5938. Doi: 10.14207/ejsd.2015.v4n3p1.
- Manrique, S. M. (2021).** Native forests in agricultural landscapes: An option for sustainability. Cap. 16. En: Manoj Kumar Jhariya (ed.), *International Standard book "Natural Resource Conservation and Advances for Sustainability"*. Editorial Elsevier. ISBN 978-0-12-822976-7.
- Manrique, S. M. y Franco J. (2020).** Tree cover increase mitigation strategy: implications of the "replacement approach" in carbon storage of a subtropical ecosystem. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 25(8):1481-1508. Springer.
- Manrique, S. M. y Franco, A. J. (2013).** Assessing the Sustainability of Bioenergy Systems. En: *Bioenergy Systems, Biological Sources and Environmental Impact*. Series: Energy Science, Engineering and Technology. Editores: Michel C. Allard. Nova Science Publishers, Inc. Hauppauge, NY. ISBN 978-1-62417-331-8. Pages 1-40.
- Mastrangelo, M. E.; Weyland, F.; Herrera, L. P.; Villarino, S. H.; Barral, M. P. y Auer, A. D. (2015).** Ecosystem services research in contrasting socio-ecological contexts of Argentina: critical assessment and future directions. *Ecosystem Services* 16, 63-73.
- Mather-Gratton, Z. J.; Larsen, S. y Bentsen, N. S. (2021).** Understanding the sustainability debate on forest biomass for energy in Europe: A discourse analysis. *PLoS One* 16(2), e0246873.
- May, J. R. y Brennan, D. J. (2006).** Sustainability Assessment of Australian Electricity Generation. *Process Safety and Environmental Protection*, 84(B2):131-142.
- MAYDS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) (2020).** Informe del estado del ambiente 2019. Coordinación general de Silvia Chiavassa. 1a ed. volumen combinado. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: MAYDS. Disponible en: <http://www.ubacytambiental.com.ar/archivos/doctrina%20documentos%20generales/Informe%20del%20Estado%20del%20Ambiente-%20Ministerio%20de%20ambiente-%20ptado.%202020-4-17.pdf>.
- MAYDS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable) (2016).** Primera revisión de su contribución determinada a nivel nacional. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ndc-revisada-2016.pdf>.
- McKendry, P. (2002).** Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. *Bioresource Technology* 83, 47-54.
- Meijaard, E.; Brooks, T. M.; Carlson, K. M., et al. (2020).** The environmental impacts of palm oil in context. *Nat Plants* 6, 1418-1426. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-00813-w>.
- MINEM (Ministerio de Energía y Minería de la Nación) (2018).** Proyectos adjudicados y precios del Programa RenovAr. Rondas 1, 1.5 y 2. Disponible en: <https://www.minem.gob.ar/www/833/25897/proyectos-adjudicados-del-programarenovar> y <https://www.minem.gob.ar/www/833/25871/precios-adjudicados-del-programa-renovar>.
- MINEM (Ministerio de Energía y Minería de la Nación) (2021).** Estadísticas de biodiésel y bioetanol. Disponible en: <http://datos.minem.gob.ar/dataset/estadisticas-de-biodiesel-ybioetanol>.
- MINHAC (Ministerio de Hacienda de la Nación) (2016).** Informes sectoriales. Energía renovable. Subsecretaría de planificación económica. Dirección Nacional de Planificación Sectorial. Análisis: Frugoni y Gaset. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/economia/politicaeconomica/regionalysectorial/informesproductivos#sectoriales>.
- MINHAC (Ministerio de Hacienda de la Nación) (2018).** Informes sectoriales. Azucarera. Subsecretaría de Planificación Económica. Dirección Nacional de Planificación Sectorial. Año 3, nro. 3. Junio de 2018. Analista responsable: Lic. Pablo Anino. ISSN 2525-0221. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/economia/politicaeconomica/regionalysectorial/informesproductivos#sectoriales>.
- MINHAC (Ministerio de Hacienda de la Nación) (2019a).** Informes sectoriales. Soja. Subsecretaría de Planificación Económica. Dirección Nacional de Planificación Sectorial. Lic. Luciana Storti. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/economia/politicaeconomica/regionalysectorial/informesproductivos#sectoriales>. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_soja.pdf.
- MINHAC (Ministerio de Hacienda de la Nación) (2019b).** Informes sectoriales. Cereales. Subsecretaría de Planificación Económica. Dirección Nacional de Planificación Sectorial. Febrero de 2019. Año 4. Nro. 41. Analista responsable: Luciana Storti. ISSN 2525-0221. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/economia/politicaeconomica/regionalysectorial/informesproductivos#sectoriales>.
- MINHAC (Ministerio de Hacienda de la Nación) (2019c).** Informes sectoriales. Forestal, papel y muebles. Subsecretaría de Planificación Económica. Dirección Nacional de Planificación Sectorial. Marzo de 2019. Año 4. Nro. 14. ISSN 2525-0221. Analista: Lic Rosa Gorzycki. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/economia/politicaeconomica/regionalysectorial/informesproductivos#sectoriales>.
- Mukherjee, I. y Sovacool, B. (2014).** Palm oil-based biofuels and sustainability in southeast Asia: A review of Indonesia, Malaysia, and Thailand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 37, 1-12.
- Neste (2016).** Neste Renewable Diesel Handbook. Espoo, Finlandia. p. 15. Disponible en: https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/neste_renewable_diesel_handbook.pdf.

- OEA (Organización de Estados Americanos) (2009).** Evaluación regional del impacto en la sostenibilidad de la cadena productiva de la soja: Argentina - Paraguay - Uruguay / [Departamento de Desarrollo Sostenible de la Organización de los Estados Americanos]. 310 pp.
- OIT (Organización Internacional del Trabajo) (2019).** Estimación del empleo verde en Argentina. Edición en español. 978-92-2-331001-1 (print). 978-92-2-331002-8 (web pdf). Disponible en: https://www.ilo.org/buenosaires/publicaciones/WCMS_750422/lang-es/index.htm.
- OMC (Organización Mundial del Comercio) (2020).** Examen estadístico del comercio mundial. 158 pp. Disponible en: https://www.wto.org/spanish/res_s/statistics/wts2020_s/wts20_toc_s.htm.
- ONU (1992).** Convención Marco de las Naciones Unidas de Cambio Climático. Disponible en: www.unfccc.int/portal_espanol/items/3093.php.
- Paruelo, J. M.; Verón, S. R.; Volante, J. N. y Seghezzo, L. (2011).** Elementos conceptuales y metodológicos para la Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos (EIAAc) en bosques subtropicales. El caso del Este de Salta, Argentina. *Ecología Austral* 21(2):163-178.
- Pimentel, D.; Patzek, T. y Cecil, G. (2007).** Ethanol production: energy, economic, and environmental losses. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 189, 25.
- Pirker, J.; Mosnier, A.; Kraxner, F.; Havlík P. y Obersteiner, M. (2016).** What are the limits to oil palm expansion? *Glob Environ Change* 40, 73-81.
- Pleissner D. (2020).** Chances and challenges of the biologization of the economy of rural areas. *Curr Opin Green Sustain Chem* 23:46. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.02.008>.
- PNRBN (Plan Nacional de Restauración de Bosques Nativos) (2019).** 31 pp. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/resumen_pnrbn_final.pdf.
- PNUMA (2009).** Hacia la producción y el uso sustentable de los recursos: Evaluación de los Biocombustibles. Panel Internacional para la Gestión Sustentable de Recursos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Disponible en: http://www.unep.org/pdf/Assessing_Biofuels_SPA.pdf.
- Rahman, S. H.; Ahmed, A. M.; Bauer, A.; Bhushan, I.; Carrasco, B.; Chatterjee, S.; Dawson, R. L. T.; Fawcett, B.; Hussain, A.; James, W. E.; Kannan, K.; Lin, T.; Mitra, S.; Olega, A.; Renfro, R. Z. H.; Roche, F. C.; Shrestha, S.; Siddiq, A.; Srinivasan, R.; Zahid, S. N.; Zhuang, J.; Zhukov, E. G. y Alamgir, M. (2008).** Soaring Food Prices: Response to the Crisis. Asian Development Bank, Manila, Filipinas. Disponible en: <http://www.adb.org/Documents/Papers/soaringfood-prices/soaring-food-prices.pdf>.
- Rajagopal, D.; Sexton, S. E.; Roland-Holst, D. y Zilberman, D. (2007).** Challenge of biofuel: filling the tank without emptying the stomach? *Environmental Research Letters* 2: doi:10.1088/1748-9326/2/4/044004.
- Reboratti, C. (2006).** La Argentina rural entre la modernización y la exclusión. En: Geraiges de Lemos, A. I.; Arroyo, M. y Silveira, M. L. (eds.), *América Latina: cidade, campo e turismo*. CLACSO (Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales), San Pablo, pp. 175-187.
- Reid, W.V.; Ali, M. K. y Field, C. B. (2019).** The future of bioenergy. *Glob Chang Biol*. 2020 Jan; 26(1):274-286.
- REN21 (Renewable Energy Network for the 21st Century). (2020).** Renewable 2020 global status report. París/Washington (DC): REN21/Worldwatch Institute.
- Righelato, R. y Spracklen, D. V. (2007).** Environment - Carbon mitigation by biofuels or by saving and restoring forests. *Science* 317(5840):902-902.
- Rijter, G. (2018).** Generación de empleo - Energías Renovables: Programa RenovAr y MATER. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/empleorenovable.pdf>.
- Roberge, J. M.; Laudon, H.; Bjorkman, C.; Ranius, T.; Sandstrom, C.; Felton, A.; Stens, A.; Nordin, A.; Granstrom, A.; Widemo, F.; Bergh, J.; Sonesson, J.; Stenlid, J. y Lundmark, T. (2016).** Socio-ecological implications of modifying rotation lengths in forestry. *Ambio* 45(2):S109-S123.
- Sanders, J. P. M. y Langeveld, J. W. A. (2020).** Development perspectives for the bio-based economy. Cap. 2. En: *Biobased products and industries*. pp. 41-78.
- Santika, T., et al. (2019).** Does oil palm agriculture help alleviate poverty? A multidimensional counterfactual assessment of oil palm development in Indonesia. *World Dev*. 120, 105-117.
- SAyDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable) (2005).** Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Préstamo BIRF 4085-AR. Informe Nacional. Argentina.
- SAYDS (Secretaría de Ganadería, Agricultura y Desarrollo Sostenible) (2019).** Nivel de referencia de emisiones forestales de la Republica Argentina. ONU-REDD. Para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/nivel-referencia-emisiones-forestales>.
- Schmidt, O.; Melchior, S., et al. (2019).** Projecting the Future Levelized Cost of Electricity Storage Technologies. *Joule*. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.12.008>.
- Searchinger, T. D.; Beringer, T.; Holtsmark, B.; Kammen, D. M.; Lambin, E. F.; Lucht, W.; Raven, P. y van Ypersele, J. P. (2018).** Europe's renewable energy directive poised to harm global forests. *Nature Communications* 9, 3741.
- Searchinger, T. D.; Wiersenius, S. M.; Beringer, T. y Dumas, P. (2018).** Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. *Nature* 564, 249-253.
- Searchinger, T.; Heimlich, R.; Houghton, R. A.; Dong, F. X.; Elobeid, A.; Fabiosa, J.; Tokgoz, S.; Hayes, D. y Yu, T. H. (2008).** Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science* 319(5867):1238-1240.

- SEN (Secretaría de Energía de la Nación) (2006).** Balance Energético Nacional de Argentina. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>.
- SEN (Secretaría de Energía de la Nación) (2019).** Balance Energético Nacional de Argentina. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>.
- SEN (Secretaría de Energía de la Nación) (2021).** Reportes de avance en la implementación de la Ley 27424. Enero de 2021. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/generacion-distribuida/que-es-la-generacion-distribuida/reportes-de-avance-implementacion-de-la-ley-27424>.
- SGAyDS (Secretaría de Ganadería, Agricultura y Desarrollo Sostenible) (2019).** Tercer Informe Bienal de Actualización de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).
- Shell (2013).** New Lens Scenarios to 2100, Mountain, Ocean, Sky. Disponible en: <https://www.shell.com/content/dam/royaldutchshell/documents/corporate/scenarios-newdoc.pdf>.
- Sherwood, J. (2020).** The significance of biomass in a circular economy. *Bioresour Tech* 300, 122755.
- Smith P., M.; Bustamante, H.; Ahammad, H.; Clark, H.; Dong, E. A.; Elsiddig, H., et al. (2014).** Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOU). En: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos.
- Sterman, J. D.; Siegel, L. y Rooney-Varga, J. N. (2018).** Does replacing coal with wood lower CO2 emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy. *Environ Res Lett* 13, 015007.
- Teng, S.; Khong, K. W. y Che Ha, N. (2020).** Palm oil and its environmental impacts: A big data analytics study. *Journal of Cleaner Production* 274, 122901.
- Uasuf, A. y Hilbert, J. (2012).** El uso de la biomasa de Origen Forestal con destino a bioenergía en la Argentina. Informes Técnicos Bioenergía. Año 1. Nro. 3. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires. Argentina.
- UMSEF (Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal) (2019).** Monitoreo de Bosque Nativo. Período 2007-2018 (datos preliminares). Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/tierra/bosques-suelos/manejo-sustentable-bosques/umsef>.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) (2020).** Pathways to Sustainable Energy. Accelerating Energy Transition in the UNECE Region. *ECE Energy series* Nro. 67.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2015).** Agenda 2030. Disponible en: <https://www.un.org/sustainable-development/es/energy/>.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2017).** EGR 2020. Emissions gap report. Disponible en: <https://www.unep.org/es/emissions-gap-report-2017>.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2019).** EGR 2020. Emissions gap report. Disponible en: <https://www.unep.org/es/emissions-gap-report-2020>.
- UNSAM (Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires). (2014).** Estudio piloto de indicadores GBEP de sustentabilidad de la bioenergía en Argentina. UCAR, BID y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. Disponible en: http://www.unsam.edu.ar/escuelas/politica/ideas/pdf/Analisis%20indicadores%20GBEP%20ARG_diciembre%20final.pdf.
- Alejandro Valeiro, A.; Portocarrero, R.; Ullivarri, E. y Vallejo, J. (2017).** Los residuos de la industria sucro-alcoholera argentina. EEA INTA Famaillá. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_residuos_sucro_alcoholera_argentina.pdf.
- Van Holt, T. y Putz, F. E. (2017).** Perpetuating the myth of the return of native forests. *Sci Adv* 3, e1601768. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/science.1248753>.
- Vanhamäki, S.; Virtanen, M.; Luste, S. y Mänskinen, K. (2020).** Transition towards a circular economy at a regional level: a case study on closing biological loops. *Resour Conserv Recycl* 156, 104716.
- Viglizzo, E. F. y Jobbágy, E. (2010).** Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental. Ed. INTA. Buenos Aires, Argentina.
- Viglizzo, E. F.; Ricard, M. F.; Jobbágy, E. G.; Frank, F. C. y Carreño, L. V. (2011).** Assessing the cross-scale impact of 50 years of agricultural transformation in Argentina. *Field Crops Res* 124, 186-194.
- Vijay, V.; Pimm, S. L.; Jenkins, C. N. y Smith, S. J. (2016).** The impacts of oil palm on recent deforestation and biodiversity loss. *PLoS One* 11 (7), e0159668.
- Viña, A.; McConnell, W. J. y Yang, H., et al. (2016).** Effects of conservation policy on China's forest recovery. *Sci Adv* 2:e1500965.
- Von Braun, J. (2007).** La situación alimentaria mundial. Nuevos factores y acciones necesarias. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Disponible en: http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/pr18sp_0.pdf.
- Wautelet, T. (2018).** The concept of circular economy: its origins and its evolution. Working paper. Disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17021.87523>.
- WCED (World Commission on Environment and Development) (1987).** Our Common Future. Oxford: Oxford University Press.
- WEC (World Energy Council) (2016).** World Energy Scenarios to 2060. Disponible en: <https://www.worldenergy.org/transition-toolkit/world-energy-scenarios/long-term-world-energy-scenarios>.
- WEC (World Energy Council) (2019).** Global Energy Scenarios Comparison Review. Technical Annex. Disponible en: <https://www.worldenergy.org/assets/downloads/WEInsights-Brief-Global-Energy-Scenarios-Comparison-Review-R02.pdf>.

WEC (World Energy Council) (2020). World Energy Trilemma Index. Disponible en: <https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-trilemma-index-2020>.

Wierny, M.; Coremberg A.; Costa, R.; Trigo, E. y Regúnaga, M. (2019). Medición de la Bioeconomía – Cuantificación del caso argentino. Disponible en: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/observatorio_bioeconomia/indicadores/01/lamediciondelabioeconomiaargentinaal2018.pdf.

WMO (World Meteorological Organization) (2020). United in science. A multi-organization high-level compilation of the latest climate science information. Disponible en: https://mcusercontent.com/daf3c1527c528609c379f3c08/files/c374f538-2e46-4822-b067-6b4a8fd8d0b5/United_In_Science_2020_4_Sep_FINAL_EMBARGO_LowResolution.pdf.

Woo, H. y Turner, P. (2019). A Review of Recent Research on Carbon Neutrality in Forest Bioenergy Feedstocks. Mini Review. *Int J Environ Sci Nat Res* 19(3):80-83. DOI: 10.19080/IJES-NR.2019.19.556014.

World Bioenergy Association (WBA) (2019). Global bioenergy statistics 2019. Disponible en: https://worldbioenergy.org/uploads/191129%20WBA%20GBS%202019_LQ.pdf.

Xu, J. (2011). China's new forests aren't as green as they seem. *Nature* 477, 371.

Yan, R.; Zinda, J. A. y Ke, S. (2020). Designating tree crops as forest: land competition and livelihood effects mediate tree crops impact on natural forest cover in South China. *Land Use Policy* 96, 104702.

Zsiborács, H.; Baranyai, N. H.; Vincze, A.; Zentkó, L.; Birkner, Z.; Máté, K. y Pintér, G. (2019). Intermittent renewable energy sources: The role of energy storage in the european power system of 2040. *Electron.* 8, 729. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/electronics8070729>.

AUTORES:

Gabriel Blanco
Daniela Keesler
Silvina Manrique

OCTUBRE 2021



Climate Transparency es una asociación global que tiene la misión compartida de alentar una “carrera hacia la cima” en lo que respecta a las acciones climáticas del G20, y de cambiar las inversiones hacia tecnologías con carbono cero mediante una mayor transparencia. Climate Transparency es posible gracias al apoyo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU, por sus siglas en alemán), mediante International Climate Initiative, ClimateWorks Foundation y World Bank Group.

<https://www.climate-transparency.org/>



Fundación Ambiente y Recursos Naturales es una organización no gubernamental, sin fines de lucro y apartidaria fundada en 1985. Su meta principal es la promoción del desarrollo sostenible mediante políticas y leyes, y la organización institucional de la sociedad. La participación de los ciudadanos es uno de los principales puntos del trabajo de FARN; los ciudadanos tienen un papel importante en el cumplimiento de la legislación, exigiendo la aplicación de las leyes, participando en debates políticos y asignando recursos para evitar problemas ambientales. Las diferentes actividades de la Fundación están financiadas mediante contribuciones provenientes de donantes privados (individuos, empresas y fundaciones nacionales e internacionales) y de organismos públicos nacionales e internacionales.

<https://farn.org.ar/>

Fomentado por el:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza
y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del Parlamento
de la República Federal de Alemania.

Este documento fue financiado por la Iniciativa Internacional Climática (IKI, por sus siglas en alemán). El Ministerio Federal para el Ambiente, la Conservación de la Naturaleza y la Seguridad Nuclear (BMU) apoya esta iniciativa sobre la base de una decisión adoptada por el Bundestag alemán.

www.international-climate-initiative.com/en/