

ACTUALIDAD, PERSPECTIVAS Y REFLEXIONES EN EL USO DE LA BIOMASA CON FINES ENERGÉTICOS

Palabras clave: bioenergía, renovabilidad, neutralidad de carbono, sustentabilidad.
Key words: bioenergy, renewability, carbon-neutrality, sustainability.

La biomasa es fuertemente promovida a nivel mundial principalmente por: i) su potencial renovabilidad, constituyendo una fuente de energía promisoría en un contexto mundial de agotamiento de combustibles fósiles; ii) su potencial carbono-neutralidad, imprescindible frente a un proceso de sobrecalentamiento global por aumento de gases efecto invernadero (GEIs) en la atmósfera; y iii) su potencial rol como herramienta de desarrollo local sustentable: al encontrarse como base constitutiva de los ecosistemas por un lado, y en su carácter residual, por otro, está ligada a las configuraciones territoriales y la existencia humana, posibilitando implementar diferentes sistemas de bioenergía y movilizar economías locales. En este breve artículo, dichos aspectos "potenciales" serán analizados y discutidos, observando de manera particular la importancia de la biomasa en el contexto nacional actual y sus perspectivas a futuro.

■ Silvina M. Manrique

Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Salta (UNSa), Avenida Bolivia 5150, A4408FVY, Salta, Argentina
Red Iberoamericana de Tecnologías de Biomasa y Bioenergía Rural (ReBiBiR-T), Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Madrid, España

E-mail: silmagda@unsa.edu.ar

Overview, prospect and thoughts on the use of biomass for energy purposes

Biomass is strongly promoted worldwide mainly for: i) its renewability potential, constituting a promising source of energy in a global context of depletion of fossil fuels; ii) its potential carbon-neutrality, essential in the face of a process of global overheating due to an increase in greenhouse gases (GHGs) into the atmosphere; and iii) its potential role as a tool for local sustainable development: on the one hand, it is the constitutive base of ecosystems, and the other hand, it is linked to territorial configurations and human existence making it possible to implement different systems of bioenergy and mobilize local economies. In this brief article, these "potential" aspects will be analysed and discussed, noting in particular the importance of biomass in the present national context and its future prospects.

■ INTRODUCCION

La biomasa es una categoría que abarca recursos vegetales diversos, residuos agrícolas, forestales, pecuarios, sólidos urbanos, residuos agros o foresto-industriales, efluentes cloacales o industriales, etc., originados en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizables como fuente de energía. Se incluyen, por tanto, recursos orgánicos con bajo o nulo nivel de procesamiento o transformación⁽¹⁾; mientras que el término *biocombustible*

se asocia a la transformación de la biomasa en un nuevo producto de mayor valor combustible, que se obtiene mediante algún proceso de adecuación o conversión físico o energético (químico o biológico). En este sentido, la *bioenergía* es la energía que puede obtenerse a partir de recursos de biomasa o desde biocombustibles (biomasa procesada).

Resulta claro percibir que existen recursos de biomasa en casi todo el planeta (con pocas excepciones como desiertos o zonas polares), 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 (REN 21, 2020). La heterogeneidad de recursos que se incluyen dentro del concepto de biomasa le confiere versatilidad para su conversión energética mediante procesos termoquímicos o bioquímicos y con múltiples aplicaciones⁽²⁾. Además, ciertos cultivos de especies vegetales nativas, pueden realizarse sobre tierras mar-

ginales o abandonadas, a modo de cobertura de suelo o con otros objetivos simultáneos (como producir sombra, forraje, frutos, entre otros) contribuyendo a la lucha contra la desertificación o erosión del suelo. Asimismo, cultivos de biomasa pueden integrarse con procesos de saneamiento ambiental al realizarlos utilizando subproductos de procesos productivos o residuos de actividades humanas (como lodos residuales, efluentes cloacales o residuos sólidos orgánicos) y logrando así el aprovechamiento de agua y nutrientes residuales (IRENA, 2020).

Por otro lado, existe una segunda acepción del término biomasa. Es aquella que la identifica como materia viva creciendo en sus formas naturales como parte estructural de los ecosistemas y constituyendo reservorios o sumideros de carbono mitigadores del calentamiento global, pero, a la vez, siendo soporte y fuente de generación de funciones ecosistémicas ^(a) y biodiversidad. Así, por ejemplo, a nivel mundial, la cubierta forestal nativa ocupa el 31 % de la superficie global y contiene una biomasa total de 665.000 megatoneladas (Mt ⁽³⁾), lo que implica alrededor de 1,15 MtCO_{2eq} ⁽⁴⁾ fijados solo en tejidos vegetales (FAO, 2020a).

Por último, ambas acepciones del término biomasa se conjugan en conceptos como “cultivos o bosques energéticos” ^(b), “dendroenergía” ^(c), “bioeconomía circular” ^(d), o en estrategias de ordenamiento territorial que deben buscar soluciones comprometidas en el uso de la tierra, que conjuguen la promoción de uso de bioenergía y de resguardo de los recursos naturales, ecosistemas y biodiversidad local.

En este contexto, claramente se perciben las tres principales cualidades que se reconocen y asignan a

la biomasa a nivel mundial: i) la potencialidad para renovarse y por tanto constituir una fuente de energía promisoría en un contexto mundial de agotamiento de combustibles fósiles –renovabilidad ^(e); y ii) su potencial neutralidad de carbono ^(f) (IPCC, 2011), ventaja fundamental frente a un proceso de sobrecalentamiento global por aumento de gases efecto invernadero (GEIs) en la atmósfera. Por último, la tercera cualidad tiene que ver con el reconocimiento de que la biomasa puede jugar un rol fundamental como herramienta de desarrollo local sustentable, al ser base constitutiva de los ecosistemas, por un lado, y dado que los sistemas de bioenergía están ligados a las configuraciones territoriales y la existencia humana, por otro. En este breve artículo, dichos aspectos serán analizados y discutidos, observando de manera particular el rol de la biomasa en el contexto nacional actual y sus perspectivas a futuro.

■ LA BIOMASA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE

IMPORTANCIA DE LA BIOMASA EN EL CONTEXTO MUNDIAL

La matriz energética mundial depende en más de un 80 % de combustibles fósiles (IEA, 2020a). Las fuentes renovables de energía aún tienen baja participación, siendo la biomasa la de mayor aporte (cerca del 12 % del suministro de energía primaria mundial), implicando el 70 % de la contribución desde fuentes renovables. Este aporte fue de aproximadamente 55,6 exajoules (EJ ⁽⁵⁾) en el año 2017, para una demanda total de energía primaria a nivel mundial, incluidos los combustibles fósiles, de unos 585 EJ (WBA, 2019).

Si bien el uso de la biomasa parecería ser una práctica moderna, su empleo es tan antiguo como la existencia humana y en algunos paí-

ses del mundo –como economías africanas, por ejemplo– constituye hasta el 80 % de su energía primaria (REN 21, 2020). El 90 % del total de bioenergía utilizada a nivel mundial proviene de biomasa sólida (IEA, 2020b), siendo los recursos más utilizados: leña (67 %), carbón vegetal (7 %) y residuos agrícolas y pecuarios (7 %) (WBA, 2019). En general, el empleo de estos recursos se realiza con bajo o nulo nivel de procesamiento mediante dispositivos sencillos para cubrir demandas térmicas de cocción y calefacción en poblaciones de bajos ingresos. Es lo que se conoce como “biomasa tradicional” y es el tipo de recursos para energía que utilizan cerca de 3.000 millones de personas en el mundo (BM, 2018; 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 (IEA, 2020a). El uso tradicional de la biomasa es asumido como “insustentable”, al asociarse con tecnologías energéticamente ineficientes (menos de 20 %) (IPCC, 2011) que además causan 2,8 millones de muertes prematuras por año debido a la contaminación del aire doméstico ⁽⁶⁾ (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, IEA, 2020a; IRENA, 2020).

El resto del aporte de la biomasa está dado mayormente por el uso de biocombustibles sólidos, líquidos o gaseosos —esto es, combustibles obtenidos del procesamiento de la biomasa—, como biogás, bioetanol, biodiésel, biometano, pellets ^(g), y briquetas ^(h), entre otros. Es lo

que se denomina “biomasa moderna” e incluye diferente grado de procesamiento de la materia prima, mediante procesos o tecnologías más sofisticadas y mayor escala de aprovechamiento, constituyendo un sector en crecimiento. Aunque este sector se asocia a dispositivos de conversión energética más eficientes —de hasta un 80 %— (IPCC, 2011), también se puede utilizar a baja eficiencia, o 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).

PARTICIPACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA BIOMASA EN EL CONTEXTO NACIONAL

La matriz de energía primaria Argentina, al igual que en la mayoría de los países del mundo, también depende en más de un 85 % de combustibles fósiles (gas y petróleo) (Figura 1). Sin embargo, la participación de fuentes renovables ⁽⁷⁾ (solar, biodiesel, biomasa, biogás, eólico, hidráulica) comenzó a aumentar ligeramente en la última década, siempre dominada por la hidráulica, debido a cambios en el contexto internacional y políticas específicas de fomento implementadas a nivel nacional.

Si se consideran los aportes de la biomasa en valor energético (Figura 2), puede advertirse la predominancia de los biocombustibles líquidos (como biodiesel y bioetanol derivados principalmente de soja, maíz y caña de azúcar) con un aporte de 107 terajoules (TJ ⁽⁸⁾) al año (78 % de aceites y el resto de alcoholes); seguida de una participación cercana a 98 TJ/año desde biocombusti-

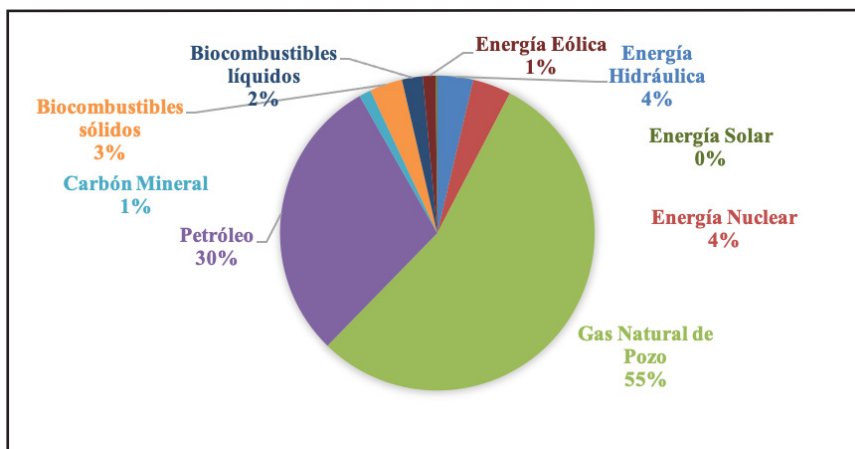


Figura 1: Matriz de oferta de energía primaria en Argentina (Fuente: elaboración propia en base a datos de MEN, 2020).

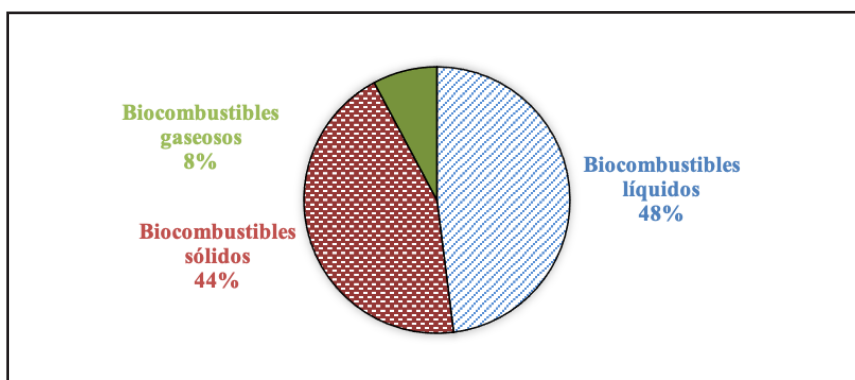


Figura 2: Oferta de bioenergía nacional (GJ/año) según categoría de biocombustible (Fuente: elaboración propia en base a FAO, 2020b).

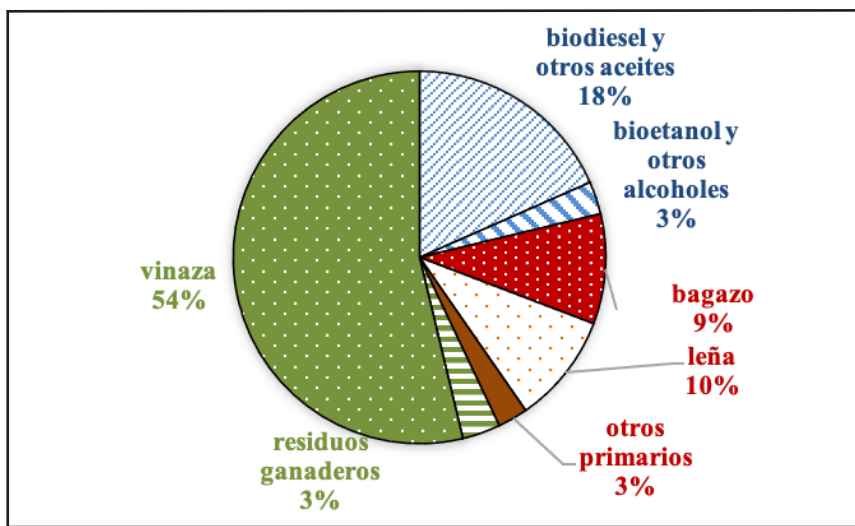


Figura 3: Oferta de bioenergía (GJ/año) según tipo de biocombustible dentro de cada categoría (Fuente: elaboración propia en base a FAO, 2020b y MEN, 2020).

bles sólidos (88 % entre bagazo y leña y 12 % de “otros primarios”: cáscara de girasol, licor negro, marlo de maíz, cáscara de arroz y residuos pecuarios). En cuanto a los biocombustibles gaseosos, su aporte mayormente no se registra en estadísticas oficiales. La FAO (2020b) estima una oferta potencial desde biogás de 17 TJ, disponibles en un 86 % desde biodigestión de residuos ganaderos y 14 % desde tratamiento de vinaza ⁽⁹⁾ en digestores anaeróbicos ⁽¹⁰⁾. Mayor detalle de los recursos de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos disponibles en el país, pueden verse en la Figura 3.

Dentro del marco de promoción de las energías renovables en el contexto nacional, la Ley 27191/2016, de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica —modificatoria de la Ley 26190/2006— tiene como objetivo cubrir el 20 % del consumo de la energía eléctrica nacional en 2025 a partir de estas fuentes renovables.

Desde su entrada en vigor, se han adjudicado 244 proyectos con más de 6.300 MW de potencia instalada de energías renovables a través de las rondas 1, 1.5, 2 y 3 de RenovAr (instrumento de aplicación de la Ley), la Resolución 202/2016 y el Régimen del Mercado a Término de Energías Renovables (MaTER ⁽¹⁰⁾). 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).

Particularmente, en el año 2020 ⁽¹¹⁾ la capacidad nacional total instalada del parque eléctrico fue de 41,9 GW (de los cuales cerca del 10 % correspondieron a fuentes llamadas renovables), con una participación de poco más de 5 % de bioenergía (biomasa y biogás) (Figura 4) (CMMESA, 2021). Sin embargo, la bioenergía aún se encuentra entre las fuentes de mayor costo y requiere incentivos y subsidios para poder

competir: los proyectos de biogás son los de mayor precio adjudicado (promedio ponderado de 159,7 USD/MWh), seguidos de biogás de relleno sanitario (129,2 USD/MWh) y biomasa sólida (116,5 USD/MWh). A la fecha existen adjudicados un total de 58 proyectos con una potencia total de 235,7 MW (Tabla 1). El alto riesgo de estos proyectos, sus características tan heterogéneas (dependen del tipo de recurso, del tipo de aplicación energética, del tipo de tecnología de aprovechamiento, de la escala de implementación, etc) y la dificultad de asegurar el suministro de biomasa a largo plazo (ya que los recursos dependen del clima, plagas y otras amenazas naturales, pero también de marcos de incentivos político-institucionales propicios para asegurar dicho suministro), son probablemente algunos de los principales cuellos de botella.

En 2018 se sancionó la Ley Nacional 27424 de Fomento a la Generación Distribuida (GD), que puso el foco en la generación renovable

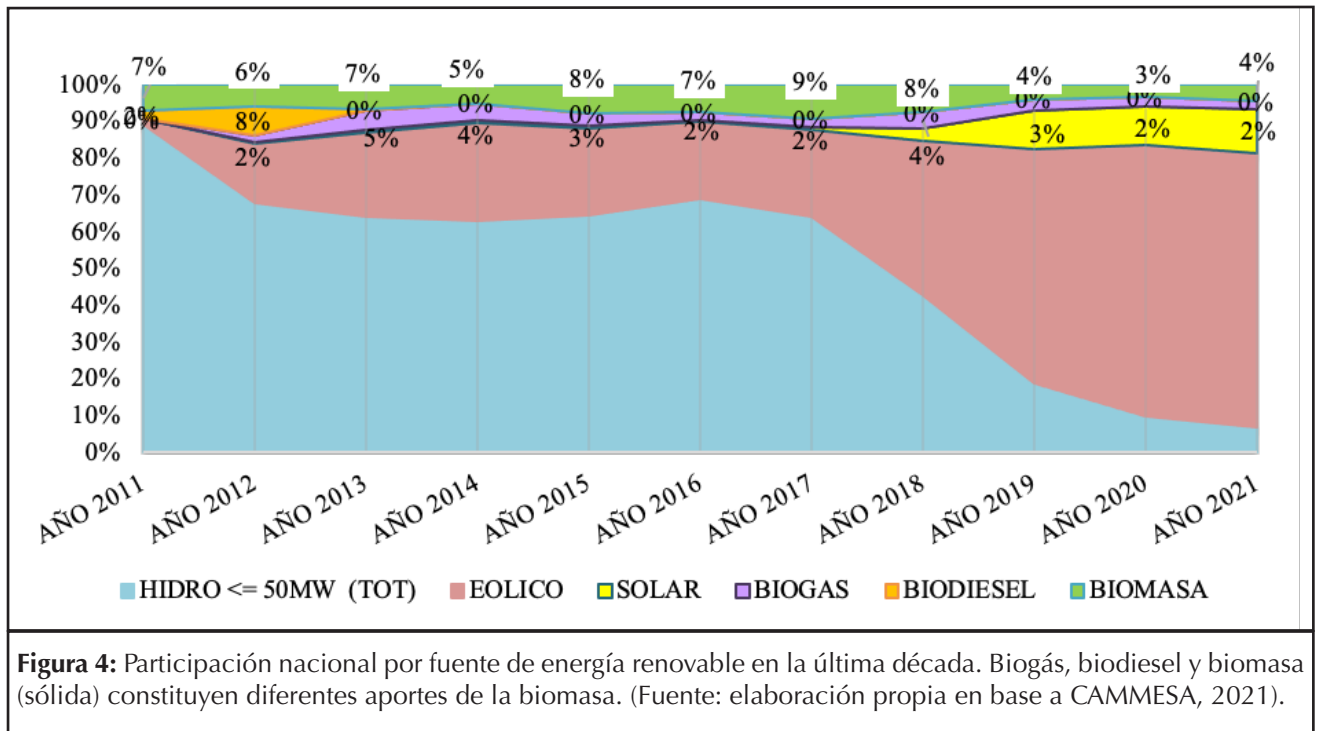


Figura 4: Participación nacional por fuente de energía renovable en la última década. Biogás, biodiesel y biomasa (sólida) constituyen diferentes aportes de la biomasa. (Fuente: elaboración propia en base a CMMESA, 2021).

de pequeña escala ⁽¹²⁾ por parte de usuarios de la red de distribución para su autoconsumo, con eventual inyección de excedentes a la red ⁽¹³⁾. Hasta diciembre de 2021, la generación distribuida llegó a los 9,1 MW de potencia instalada por parte de 714 usuarios-generadores de todo el país (el 55 % en Córdoba y el 35 % en Buenos Aires y CABA). A esto se suman 6.188 kW de potencia reservada por el distribuidor (SEN, 2021). El 61 % de los usuarios-generadores son del sector residencial y un 35 % del sector comercio e industrias; aunque en términos de potencia instalada, el 75 % corresponde a este último sector. La inclusión de proyectos de bioenergía de pequeña escala podrían ser la clave para una utilización sostenible y contribuir a descentralizar el sistema energético (Kazimierski, 2020), aunque en el marco de esta Ley básicamente ha crecido la energía solar. La promoción de pequeños proyectos de bioenergía 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.

Con respecto al sector de transporte que emplea biocombustibles líquidos (principalmente, biodiésel y bioetanol) con la Ley Nacional 26093/2006 y su complementaria Ley 26334/2007, se estableció el

Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de los Biocombustibles ⁽¹⁴⁾. 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. Hasta el 2019, la producción de biocombustibles aumentó significativamente, y en dicho año 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 %). Existen a la fecha un poco más de 50 plantas de biocombustibles líquidos (MINEM, 2021). Los valores de corte con biocombustibles líquidos han sido recientemente modificados por Ley 27640/2021, con vigencia hasta el 31 de diciembre de 2030. El nuevo marco regulatorio establece, entre otros cambios, reducir el corte mínimo de los combustibles con biodiésel al 5 % y mantener el bioetanol con el 12 % actual.

En cuanto a la participación de recursos de biomasa en términos de peso ⁽¹⁵⁾, se estima que la demanda nacional de biomasa (incluyendo usos térmicos, eléctricos y autogeneración) —sin incluir las Rondas del Programar RenovAr— fue de 10,9 millones de toneladas en el 2019, incluyendo los sectores residencial, industrial y comercial (FAO, 2020b). Cerca del 70 % de esa de-

manda provino de los autogeneradores de bioenergía ⁽¹⁶⁾ (18,9 %) y los ingenios azucareros ⁽¹⁷⁾ (50,3 %) ubicados en polos azucareros y forestales de las provincias de Tucumán, Jujuy y Misiones. Más allá de estas empresas generadoras de residuos que los autoconsumen convenientemente, el consumo de biomasa 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 ⁽¹⁸⁾ u otros combustibles fósiles; consumo que en la mayoría de los casos no se encuentra registrado, y mucho menos cuando se trata de aplicaciones térmicas (un 30 % de la demanda nacional estimada). Sin embargo, se reconoce que los principales sectores de consumo son: residencial y escuelas rurales (6,4 %), carboneras (10,6 %) y otros sectores comerciales (13,7 %) (FAO, 2020b). El mayor consumo residencial (39 %) se registra en Misiones, Salta y Santiago del Estero.

Como se observa en la Figura 3, la leña y derivados del bosque tienen una gran participación nacional (dendroenergía), por lo que las reglamentaciones vinculadas al sector forestal cobran especial interés. Pueden mencionarse principalmente: i) para las plantaciones forestales, la Ley 25080/98 y su prórroga Ley 26432/2008; y ii) para los bosques nativos, la Ley 26331/07 de Presupuestos Mínimos, que en su Decreto Reglamentario PEN 91/2009 encomienda a la autoridad nacional de aplicación la implementación de un Plan de Desarrollo de la Energía de Biomasa ⁽¹⁹⁾. Dicho plan debe contemplar 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 na-

Tabla 1.		
Proyectos adjudicados del Programa RenovAr. Rondas 1, 1.5 y 2. Participación relativa por tipo de tecnología.		
	Proyectos adjudicados (N°)	Potencia (MW)
Biomasa sólida	31%	67%
Biogás	64%	27%
Biogás Relleno Sanitario	5%	6%
Total	58 proyectos	235,7 MW
Fuente: elaboración propia con base en MINEM, 2021.		

tivos. En el Plan mencionado se recomienda un programa nacional de promoción de calderas y estufas de *pellets*, con capacidad de reemplazar las instalaciones domiciliarias de GLP (FAO, 2017). Hasta el momento, hay muy pocas experiencias en este sentido en la Argentina. Los artefactos nacionales de combustión de biomasa para calefacción domiciliar, utilizan la leña como principal combustible, siendo escasas las experiencias con biomasa moderna (*pellets*, chips). Por tanto, la utilización de este tipo de biocombustibles sólidos, requiere un desarrollo de tecnología nacional. Según un relevamiento preliminar existen en el país 9 productores nacionales de calderas de diferentes tipos a nivel industrial y solo 7 fabricantes locales de estufas y salamandras a leña y quemadores de *pellets* para hogares y estufas. Los equipos de energía térmica utilizados en la industria o

agroindustria generalmente consumen chips, y se trata de equipos que tienen posibilidad de fabricarse localmente. Por otro lado, en el sector residencial y comercial generalmente se emplean *pellets*, con equipos en su mayoría importados, registrándose avances en la producción nacional especialmente de estufas (Ej. OFEN⁽²⁰⁾). A pesar de ser un combustible más costoso, las ventajas del *pellets* son notables en relación a los chips, como por ejemplo eficiencia en transporte, poder calorífico constante y su estandarización (MAYDS, 2021a). En este sentido, se cuenta con una normativa internacional y la norma IRAM 17225 en desarrollo, para la estandarización con norma nacional de oferta de biocombustibles sólidos biomásicos en proceso, con lo cual se avanzará en la regulación de la logística de aprovisionamiento y costos que probablemente fortalecerá el desarrollo

de tecnología nacional para uso de biomasa en formatos densificados.

PERSPECTIVAS DE LA BIOMASA EN EL PAÍS: OPORTUNIDADES Y LIMITACIONES

El país, dada su orografía y variedad de climas en tan extenso territorio, cuenta con una gran diversidad de recursos de biomasa, ya que la existencia de ecosistemas naturales heterogéneos posibilitan actividades productivas variadas (SAyDS, 2005; MAYDS, 2020). En el 2009 se realizó una evaluación nacional del potencial de los recursos de biomasa⁽²¹⁾ llamado Informe Wisdom (FAO, 2009) con una actualización de este estudio una década después (FAO, 2020b). En este último se señala que el potencial de biomasa en el país es de 51,4 millones de toneladas secas/año⁽²²⁾, incluyendo dos categorías: directa (80 % del total) e indirecta

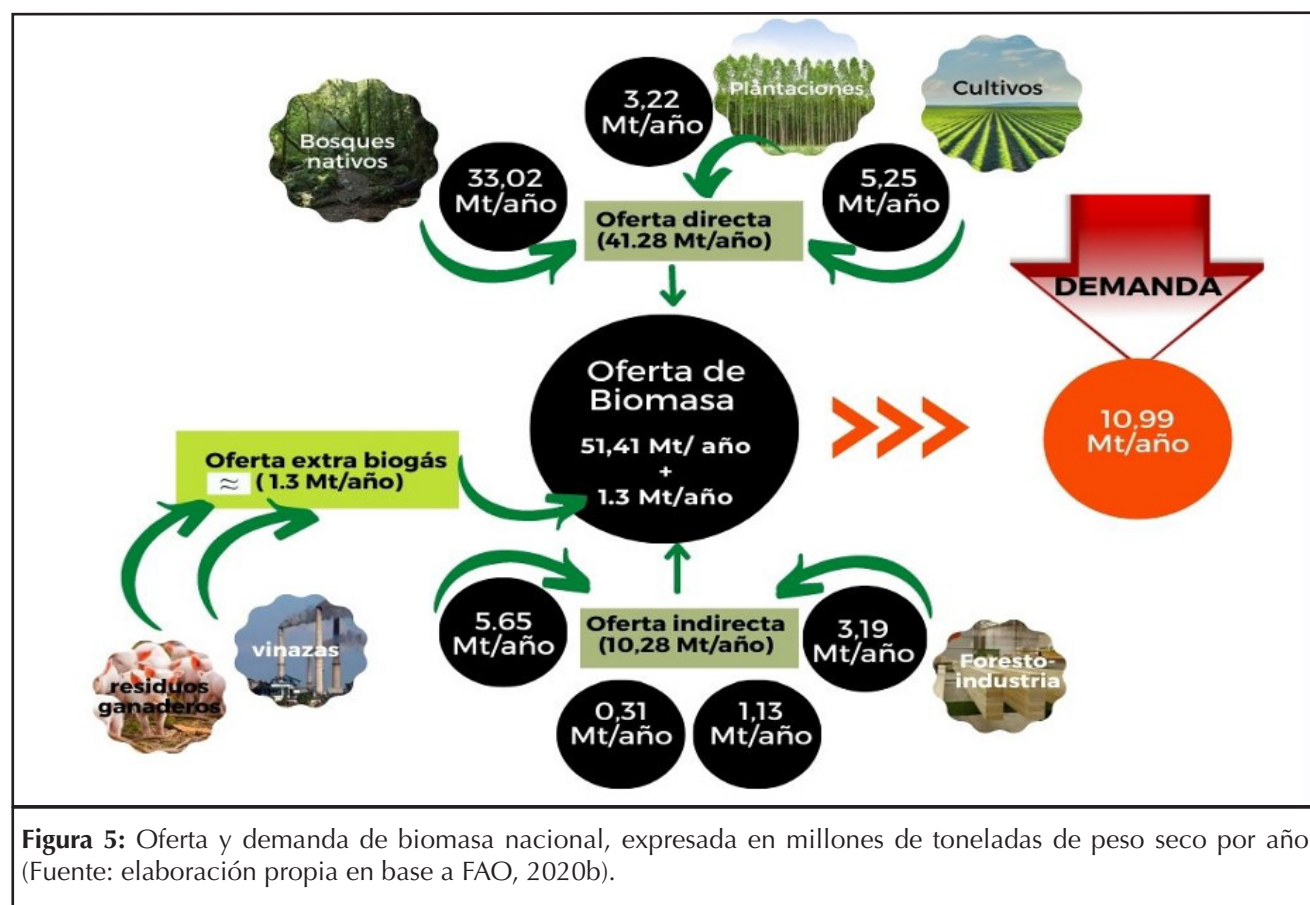


Figura 5: Oferta y demanda de biomasa nacional, expresada en millones de toneladas de peso seco por año (Fuente: elaboración propia en base a FAO, 2020b).

(20 % restante) (Figura 5). La oferta directa abarca la biomasa que queda dispersa en el terreno luego de la cosecha del producto de interés (como por ejemplo restos de tallos, pajas, cáscaras, rastrojo, etc., todo lo cual se denomina “*biomasa generada a campo*”). En el caso del Informe Wisdom, se incluyeron en la cuantificación de esta oferta directa todos los residuos provenientes de: i) forestaciones y cultivos ⁽²³⁾ (16 % de la oferta directa mencionada) y ii) bosques nativos ⁽²⁴⁾ (64 % restante). La oferta indirecta está conformada por residuos agroindustriales (ingenios, industrias forestales, procesadoras de maní y otros). Además, el Informe mencionado agrega el cálculo de una oferta extra de bioenergía que podría obtenerse en forma de biogás a partir de residuos generados por actividades ganaderas intensivas y vinaza ⁽²⁵⁾. Esta oferta extra sería equivalente energéticamente a 1,3 millones de toneladas secas más por año ⁽²⁶⁾, que se sumarían a la oferta nacional.

En este análisis general se denota un superávit de biomasa a nivel nacional de 4/5 de la oferta, ya que la demanda para el año de estudio utilizó solo la quinta parte del recurso total disponible. Sin embargo, desde un análisis más minucioso se puede advertir que el sector de mayor aporte a la oferta de biomasa potencial es el sector de bosques nativos (64 % del total) (FAO, 2020b). 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. La carencia de planes de manejo del recurso, la intensa explotación maderera (realizada de manera selectiva en ecosistemas multispecíficos), 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 agro-ganadero) agudizaron el deterioro de los bosques y ecosistemas naturales con el correr del tiempo (SAyDS, 2005; MAYDS, 2020).

Por otro lado, la biomasa residual derivada de los cultivos constituye un 24 % de la oferta nacional (10,3 % son residuos generados “a campo” y 13,6 % a nivel industrial) (FAO, 2020b) lo que equivale a 12,2 millones de t/año. 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 (indirecta). 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 (oferta directa) tiene una alta dispersión territorial y heterogeneidad en sus características. De hecho, la biomasa residual industrial se consume casi en su totalidad desde los ingenios azucareros, la autogeneración y los otros sectores demandantes, como ya ha sido mencionado.

Lo mismo ocurre con los residuos desde forestaciones. Dejando de lado los bosques nativos, los residuos asociados a las plantaciones forestales se han estimado en más de 3,2 millones de t/año generadas a campo ⁽²⁷⁾ y 3,14 millones de t/año a nivel industrial ⁽²⁸⁾ (FAO, 2020b). Debe considerarse que gran parte 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). 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 (Uasuf y Hilbert, 2012). Como se ha mencionado previamente, estos residuos están siendo utilizados actualmente en los mismos centros donde se generan.

En resumen, como puede verse en la Figura 5, la totalidad de la oferta indirecta de biomasa de fácil acceso y recolección, ya está siendo consumida, a lo que se agrega un uso mínimo de algunos residuos generados a campo desde el sector forestal y agrícola. Debe señalarse que en las estimaciones consideradas en el Informe nacional referenciado, no se incluyen los residuos de cosecha de cultivos agrícolas extensivos, como la soja o el maíz, ya que los residuos son incorporados como barbecho ⁽²⁹⁾ y por ende se asume que no están disponibles para energía.

■ LA BIOMASA COMO NEUTRALIZADOR DE EMISIONES DE GEI

ACUERDOS, ALCANCE Y PROYECCIONES INTERNACIONALES

La alta dependencia mundial de combustibles fósiles ha sido la base del modelo de desarrollo económico actual y a la vez, ha llevado al planeta al borde de la catástrofe climática. En la actualidad, las emisiones totales de GEIs son un 62 % superiores a las de 1990, cuando comenzaron las negociaciones internacionales sobre el clima (WMO, 2020) y se reconoce que el sector energético aporta cerca del 70 % de dichas emisiones responsables del sobrecalentamiento global (IPCC, 2018). La necesidad de lograr la neutralidad de carbono para el año 2050 a fin de alcanzar los objetivos definidos en el Acuerdo de París 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 GtCO_{2eq}/año en 2030 (IPCC, 2018). Sin embargo, esto implicaría quintuplicar los compromisos de reducción de emisiones asumidos en dicho Acuerdo (UNEP, 2019) mediante una transición masiva en todo el sector energético en un corto plazo de tiempo.

En este contexto, la biomasa juega un rol fundamental, ya que se asume que la utilización de cualquier biomasa como fuente energética es neutra en emisiones de carbono: si bien genera emisiones de carbono a la atmósfera al quemarse, las mismas ya fueron previamente capturadas por los tejidos vegetales durante el crecimiento de las plantas, por lo que el balance es cero. En los diferentes escenarios futuros propuestos para lograr la descabo-

nización de la economía, (mientras se pretende a la par dar cumplimiento a los compromisos acordados internacionalmente, como el Acuerdo Climático de París o la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible) 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 (IPCC, 2011; IEA, 2020a y b). Si bien hay una complejidad inherente en la estimación del potencial de recursos de biomasa a futuro, 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), lo cual implica entre el doble y el séxtuple de lo utilizado actualmente.

Sin embargo, la asumida neutralidad de carbono de la biomasa, ha sido muy discutida. En 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; 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 ésta, sino también con el tipo de recurso de biomasa que se considere en el análisis, la escala del aprovechamiento y sus características, como así, el destino final de la energía generada (Searchinger *et al.*, 2018a).

Mención particular merece la biomasa forestal. Distintos expertos forestales cuestionan las bases de las discusiones climáticas volcadas en el Protocolo de Kioto de 1997, donde se califica a la biomasa fo-

restal como una fuente de energía renovable sin emisiones de carbono, similar a la energía eólica o solar (EU 2018; Searchinger *et al.*, 2018b). En la Unión Europea, donde la bioenergía representa la mayor proporción de fuentes renovables —casi el 60 % del consumo total—, el 70 % de este aporte lo realiza la biomasa forestal (aunque no todos los países están de acuerdo con esta promoción) (EURACTIV, 2020). Asimismo, entidades como la Agencia Internacional de Energía promueven la neutralidad de la bioenergía a partir de biomasa forestal (Cowie *et al.*, 2021). En la misma línea de apoyo se posicionan las principales organizaciones empresariales del sector en Europa y Norteamérica: Bioenergy Europe (2020a; 2020b) y otras con un fuerte predominio industrial y, en muchos casos, altamente subsidiadas (NRDC, 2019). 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⁽³⁰⁾. Por tanto, 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), sino que ambos aspectos deberían evaluarse para cada tipo de biomasa y cadena energética en particular.

ESTADO ACTUAL Y COMPROMISOS NACIONALES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

La República Argentina ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio

Climático (CMNUCC) a través de la Ley 24.295/1994; el Protocolo de

Kyoto mediante la Ley 25.438/2001 y el Acuerdo de París por Ley 27.270/2016 (MAyDS, 2021b). En diciembre de 2019 fue aprobada la Ley 27.520 de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global. Esta norma institucionaliza al Gabinete Nacional de Cambio Climático (GNCC) como órgano de gobernanza nacional para el diseño coordinado y consensuado de políticas de adaptación y mitigación al cambio climático.

Como parte de los compromisos asumidos, se realizan inventarios nacionales de GEIs y sus respectivas actualizaciones bienales. En el año 2018 las emisiones netas nacionales fueron estimadas en 365.889,79 GgCO_{2eq} provenientes el 51 % del sector de energía; el 39 % del sector agricultura, ganadería, silvicultura y

otros usos de la tierra (AGSyOUT); un 6 % de procesos industriales y uso de productos y un 4 % de residuos. Esto significó un 0,65 % de las emisiones mundiales de GEIs de ese año (UNEP, 2019).

En particular, el sector llamado “tierras” dentro de AGSyOUT, implicó el 45 % de las emisiones dentro de su sector, donde se incluyen los cambios ocurridos en el carbono fijado en la biomasa de los ecosistemas nativos por deforestación y degradación. Desde 2002 hasta 2013 la tasa de deforestación promedio fue de 368 mil ha/año, con un pico de 486 mil ha/año en 2007. En ese período de once años se emitieron 1.214 MtCO_{2eq} 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).

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.

Los bosques y la biomasa de los ecosistemas nativos, tradicionalmente no han sido valorados en su rol ecológico ni en su aporte al mantenimiento del clima nacional. Existe una larga y negativa historia en el país de amenazas a los mismos. Así por ejemplo, la expansión de los monocultivos —fundamentalmente, aquellos utilizados como base para obtener biocombustibles líquidos como la soja—han causado graves impactos 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 re-

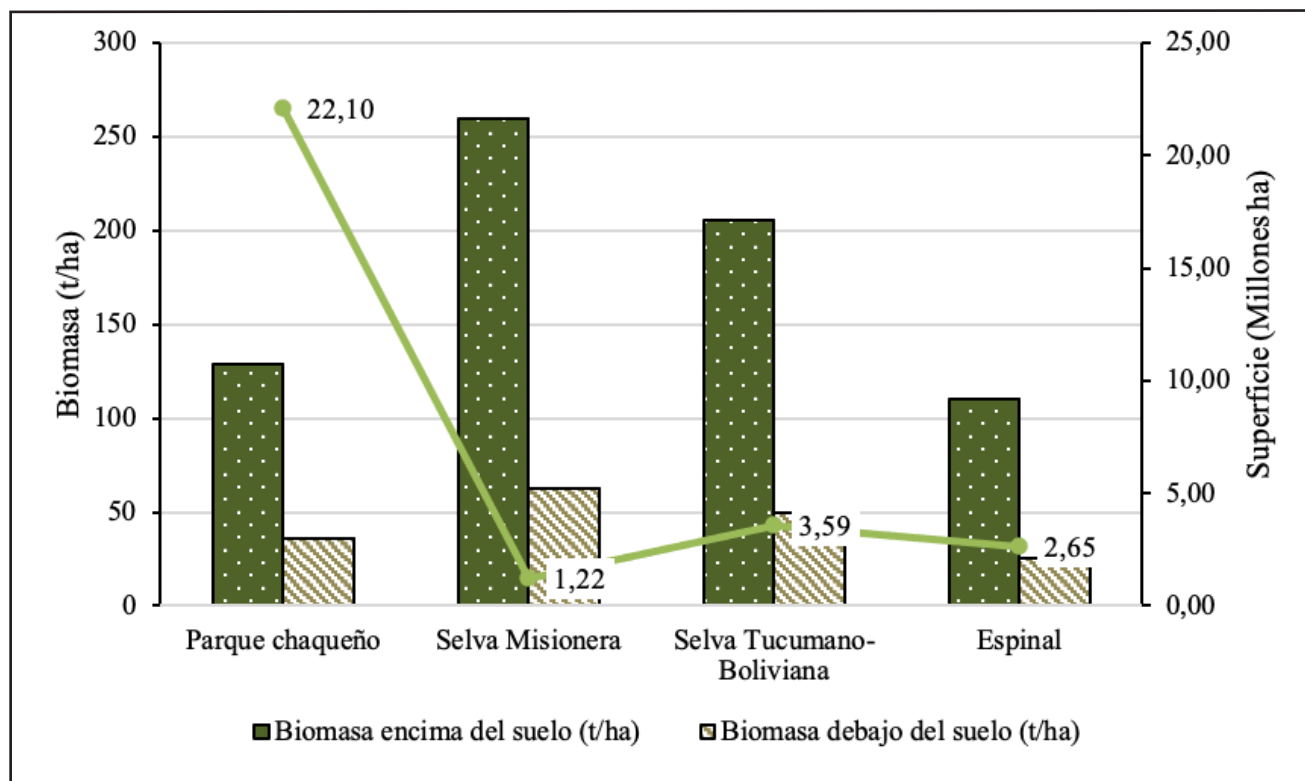


Figura 6: Acumulación de biomasa aérea y subterránea en ecosistemas nativos de Argentina (expresada como toneladas de peso seco por unidad de superficie). Solo se muestra la categoría de “tierras forestales” y la superficie total que ocupa en el país en el año 2018 en millones de hectáreas (Fuente: elaboración propia en base a datos de SAyDS, 2019).

giones 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). La superficie cultivada de soja aumentó cerca de 350 % desde fines de los 80 y hasta el año 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 (Mastrangelo *et al.*, 2015; UMSEF, 2019), generando impactos económicos y sociales en las estructuras locales (López *et al.*, 2010; Reboratti, 2006; Krapovickas, 2016). Si bien hubo una desaceleración de la deforestación en años recientes, este sigue siendo, o debería ser, un tema nacional prioritario.

En la Figura 6 se muestra la potencial acumulación de biomasa aérea y subterránea ⁽ⁱ⁾ en los distintos ecosistemas nativos nacionales (solo considerando la categoría de tierras forestales definida según Inventario Nacional de Bosques Nativos ⁽³¹⁾, que mantienen retenidas un total de 6,427 GtCO_{2eq} que se han evitado de emitir a la atmósfera. Este es un valor 18 veces superior a las emisiones totales anuales del país reportadas para el 2018 en todas las categorías del inventario nacional. Esto claramente da una idea de la importancia de la conservación de los bosques nativos, no solo en la lucha contra el cambio climático, sino en el resguardo de la biodiversidad y las funciones ecosistémicas que posibilitan la perpetuación de la vida.

PERSPECTIVAS A FUTURO EN EL PAÍS: OPORTUNIDADES Y LIMITACIONES

El análisis a futuro puede hacerse considerando tres estrategias donde

la biomasa puede actuar como neutralizadora de las emisiones de GEIs. Estas son: i) aumento de la cobertura arbórea; ii) mantenimiento y conservación de la cobertura existente y iii) sustitución de combustibles fósiles por bioenergía.

En el primer caso, Argentina es uno de los países del mundo, que se han propuesto entre sus medidas de Contribución Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (iNDC) acordadas en la Cumbre de París (2015), aumentar la superficie de plantaciones forestales, con el doble objetivo de potenciar la actividad productiva forestal generadora de divisas y mitigar los efectos del cambio climático. Lógicamente, el primer objetivo solo es factible si las plantaciones se instalan en sitios productivos a fin de asegurar un alto retorno económico, lo cual ha significado que históricamente, sean implantadas en sustitución de ecosistemas nativos (Chazdon *et al.* 2016; Malkamäki *et al.* 2018). Sin embargo, permanece aún bajo incertidumbre cuál podría llegar a ser el balance final de carbono si este plan avanza en las diferentes regiones del país. Unos pocos estudios existentes fuera del área subtropical, indican tendencias opuestas: Noretto *et al.* (2006) señalan un incremento en el stock C al reemplazar pastizales de la Patagonia por plantaciones en la región templada del país; mientras que Laclau (2003) identificó una disminución del stock total de carbono cuando el reemplazo ocurrió sobre bosques andino patagónicos del sur del país. El contexto de comparación es, por tanto, fundamental (Lindenmayer *et al.* 2003, Lewis *et al.*, 2016; Ritter, 2017).

Por otro lado, en relación al mantenimiento de la cobertura boscosa nativa, el país reporta una reducción de emisiones por deforestación y degradación evitada (llamado

mecanismo REDD+⁽³²⁾) de 165.172.705 tCO_{2eq} de las emisiones brutas ⁽³³⁾ para los años 2014-2016 (MAYDS, 2019) respecto del nivel de referencia de emisiones forestales ⁽³⁴⁾ (NREF). Asimismo, las emisiones anuales brutas por deforestación de los años 2017 y 2018 fueron menores a las emisiones brutas promedio establecidas en el NREF ⁽³⁵⁾ (MAYDS, 2021c). Esto implica que el país ha logrado demostrar delante de la CM-NUCC la reducción de la deforestación nacional, obteniendo un pago por este resultado ⁽³⁶⁾ proveniente del Fondo Verde para el Clima⁽³⁷⁾. Este dinero deberá ser invertido a partir del 2022 en planes de manejo de bosques bajo las modalidades de manejo sostenible de cuencas forestales, planes integrales comunitarios, manejo de bosques con ganadería integrada y prevención de incendios, además de un programa de apoyo a mujeres de los bosques nativos ⁽³⁸⁾.

Sin embargo, el tema forestal continúa constituyendo un aspecto prioritario, ya que existen a la fecha vacíos de información ecológica y forestal, por un lado, e incertidumbre sobre cómo estos fondos serán invertidos, por otro; y en la medida en que representa el patrimonio natural que sustenta y sustentará las comunidades humanas a futuro.

Por último, en relación a la sustitución de combustibles fósiles por biomasa para bioenergía, algunos aspectos fundamentales que deben ser analizados ya han sido mencionados. En primer lugar, no todos los tipos de recursos de biomasa, ni todos sus usos o proyectos de aprovechamiento conducirán a la búsqueda neutralidad de carbono. El balance de emisiones de GEIs en cada caso, deberá ser evaluado, a fin de observar su real aporte a la mitigación buscada. Indudablemente, no será el mismo balance en un proyec-

to que implique un cambio de uso de suelo para establecer un cultivo energético a uno que implique la recolección de biomasa residual. Debe considerarse que, en el caso de la biomasa residual a campo, la misma se encuentra dispersa, y habrá no solo un gasto energético sino, además, consecuentes emisiones por uso de combustibles fósiles, e inversión monetaria para poder lograr volúmenes y suministro constante de materia prima, aumentando los costos de estos proyectos, y por ello mayormente son desalentados. Sin embargo, para disminuir los costos y emisiones, 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 predominan-

temente rurales (Kazimierski, 2020).

Por otro lado, la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (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. Plantea-

dos de manera adecuada, pueden generar incluso puestos de trabajo locales.

■ LA BIOMASA COMO HERRAMIENTA ESTRATEGICA PARA LA SUSTENTABILIDAD TERRITORIAL

CLIMA, ENERGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Como ya ha sido analizado, claramente la energía y el clima están inextricablemente unidos y, a la vez, repercuten en todas las dimensiones referidas al sostenimiento de la humanidad (UNEP, 2015). Asimismo, el uso de la biomasa tiene la potencialidad de impactar positivamente desde ambos aspectos: es el recurso energético más distribuido en el territorio, ya que se genera a partir de todo tipo de actividad eco-

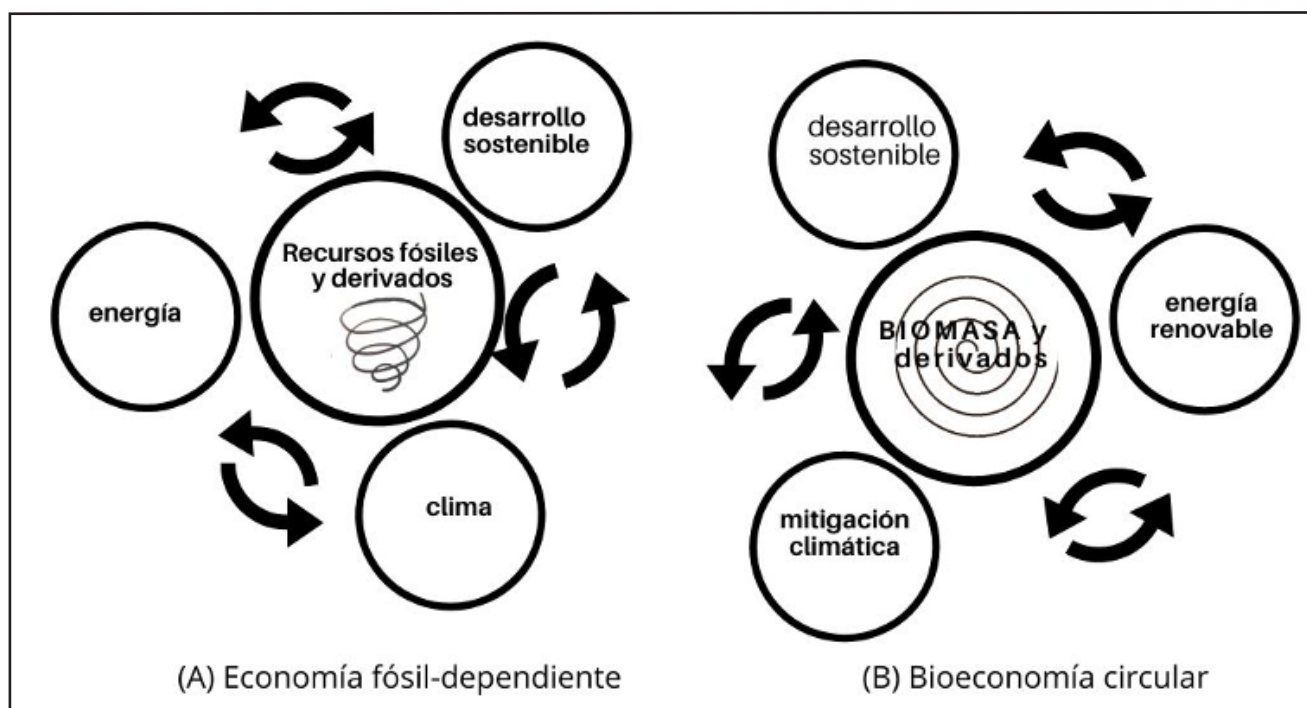


Figura 7: Contraste entre modelos organizativos de la economía mundial: A) economía dependiente de combustibles fósiles y B) bioeconomía circular, y vínculos potenciales entre energía, clima y desarrollo sostenible. Donde: la espiral descendente (A) se refiere al agotamiento de los recursos finitos e implican una alta dependencia de un sector sobre el otro y un alto impacto negativo entre ellos. La espiral continua (B) hace referencia a la renovabilidad de la biomasa y las flechas proponen relaciones ideales entre los elementos, con optimización de su uso, minimización de impactos y múltiples ventajas de aprovechamiento de la biomasa (Fuente: elaboración propia en base a Manrique, 2020).

nómica humana, e incluso crece de forma espontánea en formaciones vegetales naturales. Por tanto, dado que está íntimamente asociada con los territorios y sus comunidades, jugará 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, 2020). Por un lado, se espera que la bioenergía —como uno de los usos de la biomasa— aumente a nivel mundial impulsada por varios objetivos de desarrollo sostenible (ODS) definidos en la Agenda 2030 (UNEP, 2015) y por otro, la implementación de nuevos sistemas bioenergéticos en los territorios podría contribuir al cumplimiento de objetivos vinculados a la salud y el bienestar, al saneamiento, a la producción y consumo responsable, a la preservación de los ecosistemas terrestres, al uso sostenible de los bosques, a la lucha contra la desertificación y la degradación de tierras, entre muchos otros aspectos del desarrollo sostenible (GBEP, 2018).

En un enfoque más amplio, por las características ya mencionadas, los recursos de biomasa podrían transformar las bases de una economía global altamente dependiente de materias primas no renovables y de origen fósil, a una economía mayoritariamente de base biológica o “bioeconomía”, y abordar simultáneamente los principales desafíos globales de asegurar el suministro de recursos y energía accesible para todos y mitigación del cambio climático en el contexto del desarrollo sostenible (Bilgili et al., 2017; Sherwood, 2020) (Figura 7).

La base de la bioeconomía es el uso y manejo de la biomasa en sus múltiples formas obteniendo alimentos, fibras, bioproductos y biocombustibles (Sherwood, 2020). Aparece como un nuevo modelo ha-

cia la sustentabilidad y busca resaltar el origen biológico de los procesos económicos, y los problemas que enfrenta la humanidad al depender de una cantidad limitada de recursos fósiles, que están desigualmente distribuidos y cuyo uso intensivo está afectando los balances atmosféricos de GEIs (Birner, 2018). No es una palabra nueva, pero su concepto ha sido y está siendo redefinido a lo largo de los años, en la búsqueda de un marco conceptual y operativo que conduzca a la transformación de la economía global altamente dependiente de materias primas no renovables hacia una economía de base biológica más sostenible (Bilgili et al., 2017; Pleissner, 2020).

En Argentina, se creó en el año 2017 el Programa de Fomento de la Bioeconomía ⁽³⁹⁾ según Resolución E190/2017 del Ministerio de Agroindustria ⁽⁴⁰⁾, con el objetivo de fomentar el desarrollo de la bioeconomía como estrategia para la agregación de valor, una mayor eficiencia en el uso de los recursos y el desarrollo territorial en forma sustentable y sostenible (según artículo 3). Solo recientemente en el año 2020 ha adquirido un ámbito propio de actuación a partir de la creación de la Dirección Nacional de Bioeconomía (Res 121/2021 de la Secretaría de Alimentos, Bioeconomía y Desarrollo Regional del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca). En su portal web ⁽⁴¹⁾, se recopila información reportada por las diferentes áreas vinculadas al sector agropecuario y forestal. En particular, el sector generador de biocombustibles ⁽⁴²⁾ y de energía mediante procesos e insumos biológicos, es todavía incipiente en el peso total del sector manufacturero (2,1 %). En el año 2017 el valor agregado alcanzado por dicha actividad rondó los 728 millones de dólares, siendo mayoritario el biodiesel generado por soja (50 %) y el bioetanol de azúcar

y maíz (32,8 % y 12,5 % respectivamente) (Wierny et al., 2019). Por otro lado, en el marco del Programa mencionado, se han comenzado a dictar capacitaciones virtuales en el país ⁽⁴³⁾. Sin embargo, hasta la fecha no se observan explicitadas estrategias integrales de desarrollo de la bioeconomía para cada una de las regiones del país, que no resulte una compilación de datos de diferentes sectores, sino que pueda constituir un eje directriz a futuro. 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 y sus ventajas comparativas, 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.

Por otro lado, el concepto de “economía circular” también impulsado por problemas ambientales y escasez de recursos, ha ganado fuerza desde finales de la década de 1970, aunque Argentina entró en esta nueva corriente muy recientemente ⁽⁴⁴⁾. En octubre del 2019 ⁽⁴⁵⁾ el ex Secretario de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación y el Presidente de la Asociación para el estudio de Residuos Sólidos, constituyeron la Coalición Nacional de Economía Circular. En febrero de 2020, el ministro de Ambiente y Desarrollo Sustentable convocó a la primera Mesa Técnica de Trabajo de Economía Circular, buscando promover en este marco la gestión in-

tegral de los residuos y elaborar una nueva formulación de la política de importación de residuos para insumos industriales. En diciembre 2020 se creó la Comisión Técnica Asesora de Ambiente, Ecología y Economía Circular ⁽⁴⁶⁾ en el marco del Instituto Nacional de Asociativismo y Economía Social (INAES) del Ministerio del Desarrollo Productivo ⁽⁴⁷⁾. De manera particular, la economía circular se aborda desde el problema de los residuos sólidos urbanos y la búsqueda de su reducción y aprovechamiento como energía (biogás).

La bioeconomía y la economía circular se consideran actualmente como dos estrategias políticas complementarias donde la biomasa y sus derivados (residuos orgánicos, efluentes y aguas residuales) podrían constituir la principal base que sustenta sus acciones (De Schoenmake-re et al., 2018). El alcance e impacto que estos nuevos marcos de trabajo puedan aportar deben evaluarse todavía en cuanto a sus resultados en el tiempo. Para que la biomasa, al igual que otras fuentes de energía renovable, puedan brindar los altos beneficios esperados (en términos de energía pero también como proveedora de materias primas diversas), es necesario no repetir los viejos errores de los sistemas que se pretenden reemplazar y estructurar los nuevos sistemas energéticos y económicos sobre la base de una adecuada planificación del uso de los recursos, de su real capacidad de abastecimiento, de la conjugación de otras demandas a nivel territorial y el desarrollo adecuado de un marco político y regulatorio que brinde estabilidad y confiabilidad a largo plazo para el desarrollo de pequeñas y medianas empresas con base regional. Si la bioeconomía no se inserta en un nuevo esquema de pensamiento respetuoso de los ciclos naturales y de las potencialidades locales, probablemente no causará el impacto esperado.

■ REFLEXIONES FINALES

El aprovechamiento energético de la biomasa podría contribuir a la diversificación energética y a la seguridad de suministro, reduciendo emisiones de GEIs, creando oportunidades de empleo digno y contribuyendo al desarrollo de cadenas de valor locales y regionales, en particular beneficio de áreas rurales. Sin embargo, no todos los proyectos o aplicaciones de biomasa serán intrínsecamente sustentables, renovables o carbono-neutrales. Existen experiencias mundiales como la expansión de la soja o de la palma aceitera con fines energéticos, cuyos cultivos han avanzado por reemplazo de ecosistemas nativos, lo que ha generado graves impactos socio-ambientales sin lograr reducir las emisiones netas de CO₂. En este sentido, los proyectos de pequeña escala térmicos o mediante generación distribuida y realizados a partir de biomasa residual, podrían ser la clave para una utilización más sostenible, lo que contribuiría a descentralizar el sistema energético al instalarse cerca de la unidad de consumo (hogares, pequeñas empresas). 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.

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. Asimismo, la disminución de la demanda de insumos, agua y energía fomentando el re-aprovechamiento de residuos y efluentes derivados de ciclos productivos, es parte de las oportunidades de la bioeconomía circular. El sector educativo y académico

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

■ GLOSARIO

FUNCIONES ECOSISTÉMICAS

Son todos aquellos procesos biológicos, geoquímicos y físicos que tienen lugar en un ecosistema como consecuencia de las interrelaciones naturales que allí ocurren entre los factores físicos, químicos y biológicos y que dependen de una estructura específica. A partir de dichas funciones ecosistémicas, emergen todos aquellos “beneficios” o “servicios ecosistémicos” de los cuales disfruta la humanidad: regulación del clima, regulación de caudales hídricos, generación de materias primas diversas, formación de suelos, etc.

CULTIVO ENERGETICO:

Es un cultivo realizado explícitamente con el fin de obtener energía. Puede ser anual o perenne y generalmente son cultivos de rápido crecimiento, para poder cosecharlos con el fin de obtener energía.

DENDROENERGIA:

Es la energía obtenida a partir de la biomasa de un árbol, incluyendo cualquiera de sus componentes leñosos: madera, leña, carbón vegetal, pellets, briquetas y otros. La madera es considerada la primera fuente de energía de la humanidad siendo este su uso tradicional.

BIOECONOMIA CIRCULAR:

Concepto que coloca a la biomasa y todos sus derivados en el centro de un modelo económico, en contraposición con la economía mundial

centrada en combustibles fósiles. Asimismo, incluye el término circular, para contraponer el modelo económico actual de carácter lineal, esto es: obtener- utilizar- desechar; por un nuevo modelo donde a los residuos de un ciclo productivo los convierta en insumos de un nuevo ciclo productivo, reduciendo la demanda de agua, energía y nutrientes.

RENOVABILIDAD:

Que puede renovarse o que procede de un recurso presente en la naturaleza de manera prácticamente inagotable. Esta definición se mide en escala de vida humana, por lo que los combustibles fósiles, que se regeneran en periodos geológicos, se consideran recursos no renovables.

CARBONO NEUTRALIDAD:

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.

PELLETS

Se denomina pellets, a unos cilindros muy pequeños, de unos pocos milímetros de diámetro, que se obtienen como consecuencia de pensar diferentes residuos agrícolas o forestales. Se trata de formato densificado de la biomasa y de un producto natural, que generalmente no lleva ningún aditivo, ya que se utiliza la propia lignina que contiene la biomasa (como aserrín, leña, restos leñosos) como aglomerante, comprimiéndolos a una alta presión para formar el pellet, lo que hace que los pellets tengan una composición muy densa y dura. Esto eleva notoriamente el poder calorífico de la materia prima.

BRIQUETAS

Las briquetas son un biocombustible parecido a los pellets pero de un tamaño mayor, y la biomasa que se emplea en su fabricación es la misma que la que se utiliza para la fabricación de pellets. Las formas que adquieren las briquetas pueden ser rectangulares, hexagonales, ovoidales, todas ellas compactas o no. La forma más común es la cilíndrica. El mercado de las briquetas es más reducido que el de pellets ya que generalmente se usa en reemplazo de leña, a partir de los mismos dispositivos tradicionalmente empleados. Pero, a diferencia de los pellets no pueden suministrarse de manera dosificada por su tamaño y heterogeneidad.

DIGESTORES ANAERÓBICOS

Un digestor anaeróbico es un reactor cerrado, que puede tener diferentes formas y tamaños, y que se utiliza para promover la *digestión anaerobia*: proceso en el cual ciertos microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno, liberando un gas que puede ser aprovechado como combustible (llamado "biogás").

BIOMASA AÉREA – BIOMASA SUBTERRÁNEA

En el marco de las negociaciones sobre cambio climático, se asume de manera general que el 50% de la biomasa de un árbol es carbono, y por tanto, mientras el bosque o ecosistema no sea eliminado, ese carbono no será emitido a la atmósfera contribuyendo al calentamiento global. Cuando se cuantifica el carbono retenido o fijado en cada ecosistema, generalmente se consideran dos grandes categorías de fijación de carbono: la biomasa aérea leñosa (BAL) y la biomasa subterránea (BS). De todos los componentes de la biomasa natural de un ecosistema fo-

restal, el mayor aporte al total de un sitio dado lo hace la BAL, denominada densidad de biomasa y definida como la cantidad total de materia orgánica viva aérea presente en los árboles, incluyendo hojas, ramas, tronco principal y corteza, y medida como masa (tonelada de peso seco) por unidad de área (generalmente hectárea). Por tanto, muchos autores se abocan principalmente a su determinación. En el caso de la BS, incluye la biomasa de las raíces de los árboles y arbustos (cuantificada a partir de la línea del nivel del suelo hacia abajo), y es una de las fracciones más difíciles de estimar.

■ REFERENCIAS

- Agostini, A.; Giuntoli, J. y Boulamaniti, A. (2014). Carbon accounting of forest bioenergy: Conclusions and recommendations from a critical literature review. European Commission Joint Research Centre, 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.
- 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, Kuşkaya S (2017) Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 71: 830-845.
- Bioenergy Europe (2020a). Understanding Europe's leading renewa-

- ble energy source. Bioenergy Europe. Disponible en: <https://bioenergyeurope.org/about-bioenergy.html>
- Bioenergy Europe (2020b). Bioenergy Europe response to the “Money to Burn”. Bioenergy Europe. En: https://bioenergyeurope.org/index.php?option=com_content&view=article&id=280
- Birner R (2018) Bioeconomy Concepts. In: Lewandowski I. (eds) Bioeconomy. Springer, Cham. Online ISBN 978-3-319-68152-8. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8_3.
- BM (Banco Mundial) (2018). Energía. *Banco Mundial*. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview> (Acceso: 13/01/2022).
- 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. 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 (Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista S.A.) (2021). Energías renovables. Disponible en: <https://cammesaweb.cammesa.com/renovables>.
- Chazdon RL, Brancalion PHS, Laestadius L, Bennett-Curry A, Buckingham K, Kumar C, Moll-Rocek J, Vieira ICG, Wilson SJ (2016) When is a forest a forest? Forest concepts and definitions in the era of forest and landscape restoration. *Ambio* 45:538–550
- 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>.
- De Schoenmakere M, Hoogeveen Y, Gillabel J, Manshoven S. 2018. The circular economy and the bioeconomy: partners in sustainability. EEA report no 8/2018, European Environment Agency, 2018. En: <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-and-bioeconomy>.
- EU (2018). 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
- EURACTIV (2020). The Dutch have decided: Burning biomass is not sustainable. EURACTIV. Jansen, Devine (21/7/20). En: <https://www.euractiv.com/section/energy/news/the-dutch-have-decided-burning-biomass-is-not-sustainable/>
- 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) (2015). Evaluación de los recursos forestales mundiales. Situación de los bosques del mundo. Departamento de Montes de la FAO. Roma, Italia.
- 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. En: https://www.ceare.org/investigaciones/inv2017_1.pdf.
- 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). Actualización del balance de biomasa con fines energéticos en la Argentina. Documentos Técnicos Nro. 19. Buenos Aires. En: <https://doi.org/10.4060/ca8764es>.
- 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. En: <https://doi.org/10.4060/ca8760es>.
- 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. En: http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/IINAS_IFEU__2018__Linkages_SDGs_and_GSIs_-_final.pdf.
- IEA (International Energy Agency) (2017a). World Energy Outlook to 2040. *Global Energy Trends*. En: https://webstore.iea.org/download/direct/1055?fileName=World_Energy_Outlook_2017.pdf.
- IEA (International Energy Agency). (2017b). Technology Roadmap Bioenergy. 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. En: <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth>.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (2010). En: <http://www.Indec.Gov.Ar/Webcenso/Index.Asp>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2011). Chum, H.; A. Faaij, J.; Moreira, G.; Berndes, P.; et al. Bioenergy. En: Edenhofer, O. et al. (eds.), IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Cambridge University Press. En: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_es-1.pdf.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2018). Special Report on Global Warming of 1.5 °C. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2020). Recycle bioenergy. Circular Carbon Economy report 05. En: <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Recycle-Bioenergy>.
- 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>.
- 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.
- Laclau P (2003) Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in Northwest Patagonia. *For Ecol Manag* 180:317–333
- Lewis T, Smith TE, Hogg B et al (2016) Conversion of sub-tropical native vegetation to introduced conifer forest: impacts on below-ground and above-ground carbon pools. *For Ecol Manag* 37:65–75
- Lindenmayer DB, Hobbs RJ, Salt D (2003) Plantation forests and biodiversity conservation. *Aust For* 66(1):62–66
- 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.
- 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>
- Malkamäki A, D'Amato D, Hogarth NJ, Kanninen M, Pirard R, Toppiainen A, Zhou W (2018) A systematic review of the socio-economic impacts of large-scale tree plantations, worldwide. *Glob Environ Chang* 53: 90–103
- Manrique, S. (2020). Biomass as a cornerstone of a circular economy: resources, energy and environment. Chapter 6. Pg 179-219. In: "Agroecological Footprints Management". Bannerjee, A., Meena, R.S., Jhariya, M.K., Yadav, D.K. (Eds.). Editorial Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9496-0_6.
- 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.

- MAYDS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) (2019). Primer Anexo Técnico REDD+ (AT REDD+ 1) en <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Anexo%20T%C3%A9cnico%20REDD%20de%20la%20Rep%C3%BAblica%20Argentina.pdf> del Tercer Informe Bienal de Actualización (IBA 3) en: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/3er%20Informe%20Bienal%20de%20la%20Rep%C3%BAblica%20Argentina.pdf>
- 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. En: <http://www.ubacytambiental.com.ar/archivos/doctrina%20documentos%20generales/Informe%20del%20Estado%20del%20Ambiente-%20Ministerio%20de%20ambiente-%20ptado.%2020-4-17.pdf>
- MAYDS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable) (2021a). Plan Estratégico Forestal Y Foresto Industrial Argentina 2030. Consulta en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/04/plan_estrategico_foresto_industrial_2030.pdf
- MAYDS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) (2021b). Cuarto Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/3752416_Argentina-BUR4-1-4to%20Informe%20Bienal%20de%20la%20Rep%C3%BAblica%20Argentina.pdf
- MAYDS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) (2021c). Segundo Anexo Técnico REDD+ (AT REDD+ 1) en el Cuarto Informe Bienal de Actualización. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2022/01/anexo_tecnico_redd_2_de_la_republica_argentina.pdf
- MINEM (Ministerio de Energía y Minería de la Nación) (2021). Proyectos adjudicados y precios del Programa RenovAr. Rondas 1, 1.5 y 2. En: <https://www.minem.gob.ar/www/833/25897/proyectos-adjudicados-del-programa-renovar>.
- MEN (Ministerio de Economía de la Nación) (2021). Balance energético argentino al año 2020. Consultado en: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>. Fecha: 12 de enero de 2022.
- Nosetto MD, Jobbágy EG, Paruelo JM (2006) Carbon sequestration in semi-arid rangelands: comparison of Pinus ponderosa plantations and grazing exclusion in NW Patagonia. *J Arid Environ* 67:142–156.
- NRDC (2019). Burnout: EU clean energy subsidies lead to forest destruction. En: <https://www.nrdc.org/sites/default/files/burnout-eu-clean-energy-policies-forest-destruction-ip.pdf>
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (2021). Contaminación del aire doméstico y salud. En: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>.
- Pleissner D (2020) Chances and challenges of the biologization of the economy of rural areas. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. In press. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.02.008> (accessed 30 April 2020).
- 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: ciudad, campo e turismo*. CLACSO (Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales), San Pablo, pp. 175-187.
- REN21 (Renewable Energy Network for the 21st Century). (2020). Renewable 2020 global status report. París/Washington (DC): REN21/Worldwatch Institute.
- Ritter LJ (2017) Regeneración de árboles nativos en plantaciones de Pinus taeda L. en el Norte de Misiones: efectos del manejo a nivel del rodal y el paisaje UN La Plata Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Tesis doctoral LISEA http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/63363/Documento_completo.pdf Accessed 04 January 2019
- 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 Ambiente y Desarrollo Sustentable) (2019). Nivel de Referencia de Emisiones Forestales de la República Argentina, SGAyDS, 2019. En: https://redd.unfccc.int/files/2019_nref_argentina_resubmission_oct_final.pdf
- Searchinger, T. D.; Wiersma, S. M.; Beringer, T. y Dumas, P. (2018a). Assessing the efficiency of chan-

- ges in land use for mitigating climate change. *Nature* 564, 249-253.
- Searchinger, T. D.; Beringer, T.; Holtsmark, B.; Kammen, D. M.; Lambin, E. F.; Lucht, W.; Raven, P. y van Ypersele, J. P. (2018b). Europe's renewable energy directive poised to harm global forests. *Nature Communications* 9, 3741.
- SEN (Secretaría de Energía de la Nación) (2021). Reportes de avance en la implementación de la Ley 27424. Enero de 2021. En: <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/generacion-distribuida/que-es-la-generacion-distribuida/reportes-de-avance-implementacion-de-la-ley-27424>.
- Sherwood J (2020) The significance of biomass in a circular economy. *Bioresource Technology* 300: 122755.
- 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). En: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/tierra/bosques-suelos/manejo-sustentable-bosques/umsef>.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2015). Agenda 2030. En: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>.
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2019). EGR 2020. Emissions gap report. Disponible en: <https://www.unep.org/es/emissions-gap-report-2020>.
- Viglizzo, E. F. y Jobbágy, E. (2010). Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental. Ed. INTA. Buenos Aires, Argentina.
- WBA (World Bioenergy Association) (2019). Global bioenergy statistics 2019. En: https://worldbioenergy.org/uploads/191129%20WBA%20GBS%202019_LQ.pdf.
- Wierny, M., A. Coremberg, R. Costa, E. Trigo & M. Regúnaga. 2019. Medición de la Bioeconomía – Cuantificación del caso argentino". 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. 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/IJESNR.2019.19.556014.

■ NOTAS

1 No se considera biomasa a aquellos recursos orgánicos que han sido incluidos en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización, como los combustibles fósiles, ya que no cumplen con la cualidad de "renovabilidad".

2 Generación de calor, electricidad, uso mecánico o aun como materia prima para la industria química.

3 Mt= El prefijo M "mega" representa en el sistema Internacional de Unidades (SI), un factor de 10^6 , o en notación exponencial, $1E6$. Entonces 1 megatonelada métrica = 10^6 toneladas métricas [t]. La tonelada (t) es una unidad de masa compatible con el SI e igual a un megagramo, o 10^3 kg.

4 CO_{2eq} : dióxido de carbono equivalente. Es una medida universal utilizada para indicar en términos de CO_2 , el equivalente de cada uno de los gases de efecto invernadero con respecto a su potencial de calentamiento global.

5 EJ= El prefijo E, en el SI "exa" representa un factor de 10^{18} , o en notación exponencial, $1E18$. Entonces 1 exajoule = 10^{18} joules. . J = Julio (Joule en inglés), unidad de energía derivada del sistema Internacional de Unidades (MKS).

6 En los hogares pobres, la leña, el carbón vegetal y otros combustibles sólidos se queman a menudo en fogones abiertos o estufas de mal funcionamiento. La leña que no arde debidamente da lugar a productos de combustión incompleta: básicamente monóxido de carbono (CO), pero también benceno, butadieno, formaldehído, hidrocarburos poliaromáticos y muchos otros compuestos peligrosos para la salud. Se piensa que el mejor indicador de peligro

para la salud causado por el humo de combustión son las pequeñas partículas, que contienen muchas sustancias químicas. En viviendas mal ventiladas el humo puede producir concentraciones de pequeñas partículas finas 100 veces superiores a las aceptables, las cuales penetran profundamente en los pulmones. Esto produce inflamación de las vías respiratorias, dificultando la respuesta inmunitaria y reduciendo la capacidad de oxigenación de la sangre. La exposición afecta particularmente a las mujeres y los niños, que pasan la mayor parte del tiempo cerca del hogar. Además, se ha demostrado la relación entre la contaminación del aire doméstico y el bajo peso al nacer, la tuberculosis, las cataratas y los cánceres nasofaríngeos y laríngeos (OMS, 2021).

7 En el contexto de la matriz de energía primaria se incluye la hidráulica de alta potencia como renovable. Sin embargo, según las leyes de promoción de las energías renovables no convencionales a nivel nacional, esta fuente se limita a potencias pequeñas, que desde el 2015, en la última ley vigente es < 50 MW.

8 TJ= El prefijo T “tera”, en unidad SI, representa un factor de 10^{12} , o en notación exponencial, $1E12$. Entonces 1 terajoule = 10^{12} joules.

9 La vinaza es un desecho industrial que se genera al producir alcohol utilizando la melaza de caña de azúcar.

10 En el Mercado a Término de Energías Renovables, se transacciona energía entre comercializadores/generadores y Grandes Usuarios dentro del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM). Este mercado es administrado por CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico).

11 Cuando se declaró la pandemia COVID-19 generada por el virus SARS-CoV-2, que alcanzó Argentina, y los gobiernos nacionales decretaron confinamiento obligatorio de la población, reduciendo notoriamente la demanda de energía (básicamente por reducción de demanda del sector transporte como así también desde edificios públicos).

12 Microgeneración, para una escala de <2 MW (megavatios). MW= Unidad de potencia equivalente a un millón de vatios.

13 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).

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

15 En el estudio se especifica que, en la mayoría de los casos, la información disponible se encuentra expresada en toneladas de biomasa seca por hectárea (es decir, sin considerar ningún contenido de humedad), pero en otros casos, aunque se denomina “biomasa seca” el contenido de humedad del residuo puede variar en un rango de 0 % a 50 % de humedad.

16 Que emplearon en su mayoría cáscara de girasol, cáscara de maní, corteza, aserrín, leña, chips y residuos del manejo silvícola.

17 Con un uso clave del bagazo, pero también otra biomasa agrícola residual.

18 Gas licuado de petróleo.

19 El cual formaría parte del Progra-

ma Nacional de Protección de los Bosques Nativos.

20 Ver: <https://www.ofen.com.ar/>

21 Incluyendo leña, otra biomasa leñosa, bagazo, residuos agrícolas y agroindustriales.

22 Oferta nacional accesible física y legalmente.

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

24 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.

25 Un subproducto de la industria azucarera.

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

27 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.

28 La biomasa forestal residual industrial abarca la generada en las industrias de primera y segunda transformación. En el primer caso, los residuos de biomasa que pueden generarse son costeros, virutas, aserrín, recortes, corteza y otros. En el segundo caso, los residuos mayormente son: virutas, aserrín, tacos y otros.

29 Bajo la práctica del sistema de siembra directa estos se mantienen en el campo para conservar la fertilidad y estructura de los suelos, debido a su alto nivel de mineralización (FAO, 2020b).

30 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>

31 Tierras que constituyen un ecosistema natural que presentan una cobertura arbórea de especies nativas mayor o igual al 20 por ciento, con árboles que alcanzan una altura mínima de 7 metros (m).

32 El mecanismo REDD+ es una herramienta de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para reducir las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal en los países en desarrollo. Para conocer más acerca de las actuaciones nacionales en este Mecanismo visitar: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/redd>

33 Las emisiones brutas no incluyen las capturas derivadas del uso final del suelo

34 El promedio histórico de las emisiones brutas por deforestación para el período 2002-2013 que corresponde al país es de 101.141.848

tCO_{2eq} y es el valor tomado como Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF) durante el período 2014-2018 en los Anexos Técnicos elevados a la CMNUCC en el marco del pago por resultados del Mecanismo REDD.

35 La sumatoria de las diferencias respecto del NREF da un total de 109.458.580,07 tCO_{2eq} reducidas por deforestación evitada en el período 2017-2018 (MAYDS, 2021c)

36 En el marco de este Mecanismo REDD el país recibió 82 millones de dólares.

37 Fondo constituido dentro del marco de la CMNUCC como mecanismo para ayudar a países en desarrollo en prácticas de adaptación al cambio climático y mitigación de sus efectos.

38 <https://www.agrositio.com.ar/noticia/220589-comenzo-formalmente-el-proyecto-pagos-basados-en-resultados-de-redd-elaborado-por-ambiente-y-la-fao>

39 En el ámbito de la entonces Subsecretaría de Bioindustria del ex Ministerio de Agroindustria, actual Secretaria de Alimentos y Bioeconomía del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

40 Mediante Res 58/2018 de la Secretaria de Alimentos y Bioeconomía del entonces Ministerio de Agroindustria se delegó la Ejecución del PROGRAMA, a la órbita de la

entonces Dirección de Bioenergía de la mencionada ex –Secretaría.

41 <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/bioeconomia>

42 Desde el enfoque de la bioenergía (incluyendo biodiesel, bioetanol, biogás, biocombustibles sólidos), surgen propuestas de nuevos biocombustibles avanzados como bioetanol celulósico, aceites vegetales hidrotratados (HVO), las distintas tecnologías de biomasa a líquidos (BtL), los gases biosintéticos, entre otros.

43 <http://www.cursobioeconomia.mincyt.gob.ar/programa-de-fomento-de-la-bioeconomia/>

44 Las líneas de actuación dentro de la Economía Circular no están completamente vinculadas a la bioeconomía sino que incluyen otros recursos y materias primas no orgánicas, y no forman parte de un diseño integral y planificado para el desarrollo del país a largo plazo, ni definido en el marco de la carbono neutralidad que el país se propone alcanzar.

45 <http://ars.org.ar/destacados/estrategia-ancional-de-economia-circular/>

46 Mediante la Resolución 1195/2020

47 <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/239259/20201229?busqueda=2>