

## **ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA RESIDUAL APTA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LA PROVINCIA DE MENDOZA**

**Paula Daniela Rodríguez<sup>1</sup>, Roxana Piastrellini<sup>2</sup>, Alejandro Pablo Arena<sup>3</sup>**

Grupo CLIOPE “Energía, Ambiente y Desarrollo Sustentable” – Facultad Regional Mendoza,  
Universidad Tecnológica Nacional (FRM-UTN). C.P. 5500, Mendoza  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Tel. 0261-5244693 e-mail: [pdrodriguez@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:pdrodriguez@mendoza-conicet.gob.ar)

*Recibido 14/08/18, aceptado 26/09/18*

**RESUMEN:** Los residuos de biomasa pueden ser convertidos en bioenergía. Sin embargo, la información para conocer su disponibilidad en Mendoza está dispersa o es inexistente. El objetivo general de este trabajo fue realizar una estimación actualizada de la producción de residuos de biomasa de distinto origen como potenciales recursos para la generación de energía en Mendoza. Se identificaron las actividades generadoras de biomasa residual, se calculó la disponibilidad teórica de biomasa y el potencial teórico de generación de bioenergía. La disponibilidad de biomasa residual en Mendoza supera las  $1,2 \times 10^6$  t.año<sup>-1</sup>, mientras que la cantidad de energía bruta que podría generarse asciende a los  $10,3 \times 10^6$  GJ.año<sup>-1</sup>. En conclusión, Mendoza cuenta con cantidades abundantes de biomasa residual de valor para la producción de energía. Este trabajo constituye un primer paso para el conocimiento de la disponibilidad de biomasa residual y su potencialidad para la generación de bioenergía en la Provincia.

**Palabras clave:** disponibilidad de biomasa; potencial bioenergético; residuos agrícolas; residuos industriales; residuos forestales; residuos domiciliarios.

### **INTRODUCCION**

*Energía de biomasa. Generalidades.*

La energía de biomasa o bioenergía es una forma de energía renovable obtenida a partir de biomasa formada en un pasado inmediato, es decir que procede de materia orgánica de origen no fósil. En sentido amplio, esta forma de energía puede definirse como energía solar almacenada en los enlaces químicos de la materia orgánica (Bauen et al., 2012).

La biomasa, es decir, la materia orgánica de origen vegetal y animal, ha sido utilizada como combustible por la humanidad desde tiempos remotos. Constituye una forma de almacenamiento de energía de gran valor y con alto potencial de uso. Sin embargo, la bioenergía representa menos del 10 % de la provisión total de energía primaria en el mundo (IEA, 2018).

Existe una amplia gama de formas de biomasa aptas para producir energía. Las más utilizadas son la madera y los residuos agrícolas (para la generación de calor y electricidad), y los cultivos energéticos (para la producción de biocombustibles) (Bauen et al., 2012).

Los residuos de biomasa generados por las actividades agrícolas, forestales, ganaderas, industriales y urbanas pueden ser convertidos con el objetivo de transformar material carbonoso en distintas formas de energía (García et al., 2012), y de esta manera otorgar valor a productos generalmente desechados. A tal fin, diversos procesos químicos, termoquímicos y bioquímicos pueden ser utilizados (Cheng, 2018), dependiendo de las propiedades de la biomasa a utilizar y de los productos que se desea obtener, principalmente. *La bioenergía en Argentina*

Las formas de energía no renovable representan el 90 % de la matriz energética primaria de la Argentina. El resto de la matriz está compuesto por formas de energía renovable, con un 5,5 % de

<sup>1</sup> Becaria doctoral CONICET.

<sup>2</sup> Docente-investigadora UTN-FRM.

<sup>3</sup> Investigador adjunto CONICET. Docente-investigador UTN-FRM.

aporte de energía de biomasa de distinto tipo (MINEM, 2016). Los productos bioenergéticos que se producen en mayor cantidad son el biodiesel y el bioetanol, sustitutos de los combustibles líquidos que se utilizan en el transporte. En la actualidad, el país ocupa el puesto número tres (junto con Alemania) en el ranking mundial de productores de biocombustibles (REN21, 2018).

A esta realidad se suma la existencia de una gran cantidad de residuos de biomasa sin utilizar con potencial para la generación de energía, lo que supone una valiosa oportunidad para la diversificación de la matriz energética nacional, el cuidado del ambiente y la valorización de las cadenas agrícolas e industriales. Actualmente, diversos tipos de residuos agrícolas, industriales y domiciliarios (como la cáscara de maní, de girasol, de arroz, el aserrín, el papel y el cartón) están siendo objeto de estudio por parte de algunos sectores, entre ellos la industria cementera, en la búsqueda continua de fuentes de energía alternativas que permitan cubrir su demanda energética, de manera parcial o total (Castagnino et al., 2015).

#### *Situación en la Provincia de Mendoza*

La Provincia de Mendoza, ubicada en el centro-oeste de la República Argentina, se destaca por su organización espacial, marcada por la presencia de oasis en medio de extensas zonas áridas. Los oasis mendocinos ocupan una mínima parte de la superficie Provincial (4,8 %), pero concentran casi el total de la población. Allí, la presencia de agua proveniente de ríos y arroyos permite el asentamiento humano y la práctica de actividades económicas (Flores, 2015). Mendoza se destaca por sus viñedos y por la elaboración y comercialización de vinos de alta calidad. También se caracteriza por su producción agrícola y la industrialización de materias primas como aceitunas, frutas y hortalizas. Durante los últimos años, Mendoza ha crecido sostenidamente gracias a su matriz productiva diversificada, que concentra las principales actividades del oeste argentino (Gobierno de Mendoza, 2017).

Estas actividades agrícolas y agroindustriales generan residuos de biomasa, que pueden ser aprovechados mediante su transformación en bioenergía. Sin embargo, acceder a información de base para conocer su disponibilidad geográfica y temporal no es tarea sencilla, ya que se encuentra dispersa en diversos organismos públicos y privados, provinciales y nacionales; o, en muchos casos, no existe información directa de su magnitud y distribución.

Se dispone de pocos estudios que proporcionan este tipo de información a nivel provincial. Entre ellos se destaca el trabajo de Flores Marco y colaboradores, realizado en el año 2007 (Flores Marco et al., 2007), el cual se enmarca en el estudio realizado para todo el país por el Departamento Forestal de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en colaboración con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (FAO, 2009). Además, recientemente fue publicado el documento “Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa” para la Provincia de Mendoza (Escartín et al., 2017). Estos trabajos se basan en la metodología WISDOM (*Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*) y sus resultados están disponibles en las plataformas *web* del Ministerio de Energía y Minería (MINEM, 2018) y del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (MPFIPyS, 2009). Si bien los informes publicados presentan información desagregada sobre las fuentes de biomasa, las plataformas *web* sólo proveen información (en forma de mapas) sobre la oferta, la demanda y el balance de biomasa por radio censal y por localidades, sin hacer distinción entre las distintas fuentes de biomasa consideradas.

#### *Objetivos.*

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo general de este trabajo fue realizar una estimación actualizada de la producción de residuos de biomasa de distinto origen como potenciales recursos para la generación de energía en la Provincia de Mendoza. Para ello, se establecieron los siguientes objetivos específicos: i) identificar las principales actividades generadoras de residuos de biomasa con potencial para la producción de energía, ii) conocer la disponibilidad geográfica de los residuos de biomasa generados, y iii) calcular el potencial teórico de generación de bioenergía para cada una de las fuentes identificadas.

El estudio de la accesibilidad técnica y legal a la biomasa producida es importante para realizar una valoración específica de la potencialidad de un sitio para la generación de bioenergía. Este aspecto se encuentra fuera del alcance de este trabajo, que sólo constituye un primer paso en el conocimiento de la producción de residuos de biomasa en Mendoza. En consecuencia, se reconoce la necesidad de abarcarlo en futuros estudios.

## METODOLOGÍA

Dado que la información necesaria para realizar este trabajo se halla dispersa o, en muchos casos, es inexistente, las estimaciones y los cálculos debieron realizarse a partir de supuestos y aproximaciones metodológicas basadas en la mejor información disponible.

<b>Actividad</b>	<b>Biomasa generada</b>
Actividad agrícola	Residuos de poda: Vid en parral Vid en espaldero Ciruelo Duraznero Olivo Peral Manzano Damasco Nogal Cerezo Membrillo Almendro
Actividad forestal	Residuos de plantaciones forestales: Álamo en macizos Álamo en cortinas
Actividad industrial	Residuos de agroindustrias: Conservas de durazno Conservas de pera Conservas de tomate Orujo de uva Orujo de aceituna Residuos de mataderos y plantas de faena: Efluentes líquidos de mataderos de ovinos, bovinos y porcinos Estiércol de ovinos, bovinos y porcinos Efluentes líquidos de plantas de faena avícolas Biomasa húmeda de plantas de faena avícola Guano de plantas de faena avícola Residuos de aserraderos: Aserrín Viruta Estocones Costaneros
Actividad domiciliaria	Residuos sólidos urbanos biodegradables: Restos de alimentos Papel Cartón

*Tabla 1. Actividades generadoras y tipos de biomasa identificados y seleccionados.*

En primer lugar, se identificaron las distintas actividades generadoras de residuos de biomasa (fuentes de biomasa) en toda la Provincia, a partir de información disponible en diversos organismos públicos, como la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y el Ministerio de Agroindustria. Se seleccionaron las fuentes más relevantes, de acuerdo con su importancia económica/magnitud y con la disponibilidad de información confiable. Las fuentes y los residuos seleccionados fueron clasificados como se muestra en la Tabla 1.

Posteriormente, se calculó el potencial teórico de aporte de biomasa de cada fuente (Ec. 1-6), esto es la biomasa total resultante de cada actividad (por ejemplo, el total de residuos de poda de cultivos agrícolas), sin considerar restricciones asociadas a la viabilidad de su recolección y sin descartar la proporción que hoy tiene un uso productivo. Es decir, se ha supuesto que la producción de bioenergía es lo suficientemente atractiva como para competir con los usos actuales de los residuos. El cálculo se llevó a cabo para cada departamento de la Provincia de Mendoza, excepto para los residuos de aserraderos, puesto que los datos disponibles se encontraban desagregados por regiones (Región Norte: Las Heras, Lavalle, Santa Rosa, Luján de Cuyo, San Martín, Junín, La Paz, Guaymallén, Rivadavia y Maipú. Región Centro: Tunuyán, Tupungato y San Carlos. Región Sur: San Rafael, General Alvear y Malargüe). Se utilizaron datos extraídos de literatura y publicados por distintos organismos sectoriales, los cuales se complementaron con información obtenida mediante consultas a profesionales con vasta experiencia en la temática (Tabla 2).

A partir de los valores estimados del potencial teórico de aporte de biomasa, se determinó el potencial teórico de generación de bioenergía. Este valor corresponde a la cantidad de energía que es posible obtener a partir de los residuos de biomasa, por medio de la combustión directa (Ec. 7) o de la digestión anaeróbica (Ec. 8). Se seleccionaron estos procesos de conversión por ser los más utilizados y difundidos en general. El cálculo fue efectuado para cada región o departamento de la Provincia de Mendoza. Se utilizaron valores teóricos de poder calorífico inferior (PCI) y factores de conversión en biogás estimados a partir de datos bibliográficos (Tabla 2).

Datos	Fuente
Superficies agrícolas cultivadas.	Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (2015).
Coefficientes de relación de generación de residuos de poda por superficie cultivada (excepto para Membrillo).	Martín (2014).
Coefficiente de relación de generación de residuos de poda por superficie cultivada (para Membrillo).	Cólica (2015).
Cantidad procesada de materia prima de agroindustrias.	Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (2016).
Tasa de generación de residuos de agroindustrias.	SINIA (1998).
Época de procesamiento de productos agroindustriales.	Arcor-La Campagnola (2015).
Cantidad de cabezas faenadas por tipo de animal.	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2011). Ministerio de Agroindustria (2016).
Coefficientes de residuos de mataderos generados, según tipo de animal.	Hómez González (1998). Muñoz Muñoz (2005).
Cantidad de RSU generados por Departamento.	Fasciolo et al. (2011).
Composición de los RSU de Mendoza.	Fasciolo et al. (2011).
Cantidad de producción total en aserraderos.	Ministerio de Agroindustria (2017b).
Coefficiente de aserrío.	
Cantidad de madera total producida en plantaciones forestales.	Ministerio de Agroindustria. (2017a).
Coefficiente de generación de residuos forestales.	FAO (2016).
Densidad de la madera.	INTI (2017).
PCI de residuos de poda.	Martín (2014)
Factor de conversión de residuos biodegradables en biogás.	Chamy et al. (2007). TECNORED (2016).
PCI de biogás.	Chamy et al. (2007)
PCI de los residuos forestales.	Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (2008).

*Tabla 2. Referencias de datos utilizados para realizar los cálculos.*

*Procedimientos de cálculo*

A) Potencial teórico de aporte de biomasa de cada actividad. Biomasa Disponible Total.

A.1) Residuos de poda

$$BDT_i = SC_i * Rp_i \quad (1)$$

Donde:

BDT<sub>i</sub>: Biomasa Disponible Total para el residuo del cultivo i (t.año<sup>-1</sup>).

SC<sub>i</sub>: Superficie Cultivada para el cultivo i (ha.año<sup>-1</sup>).

Rp<sub>i</sub>: Coeficiente de relación de generación de residuos de poda por superficie cultivada del cultivo i (t.ha<sup>-1</sup>).

A.2) Residuos de agroindustrias

$$BDT_i = CP_i * Pr_i \quad (2)$$

Donde:

BDT<sub>i</sub>: Biomasa Disponible Total para el residuo i (t.año<sup>-1</sup>).

CP<sub>i</sub>: Cantidad procesada de materia prima i (t.año<sup>-1</sup>).

Pr<sub>i</sub>: Porcentaje de generación de residuos por cantidad procesada de materia prima i (%).

A.3) Residuos de mataderos

$$BDT_i = \sum CF_{i,m} * (B_{li} + B_{hi} + E_i) \quad (3)$$

Donde:

BDT<sub>i</sub>: Biomasa Disponible Total del residuo i (t.año<sup>-1</sup>).

CF<sub>i</sub>: Cantidad de cabezas faenadas del animal i por mes m (para todos los meses del año).

B<sub>li</sub>: Coeficiente de biomasa líquida generada por tipo de animal i faenado (t.año<sup>-1</sup>).

B<sub>hi</sub>: Coeficiente de biomasa húmeda generada por tipo de animal i faenado (t.año<sup>-1</sup>).

E<sub>i</sub>: Coeficiente de estiércol generado por tipo de animal i que ingresa a las plantas de faena (t.año<sup>-1</sup>).

A.4) Residuos Sólidos Urbanos

$$BDT_i = \sum RSU_m * Hab * (PC + RA) \quad (4)$$

Donde:

BDT<sub>i</sub>: Biomasa Disponible Total del residuo biodegradable i (t.año<sup>-1</sup>).

RSU<sub>m</sub>: Cantidad generada de residuos sólidos urbanos totales por mes m (t.hab<sup>-1</sup>.mes<sup>-1</sup>) (para todos los meses del año).

Hab: Cantidad de habitantes.

PC: Coeficiente que representa la proporción de papel y cartón en los residuos sólidos urbanos totales.

RA: Coeficiente que representa los restos de alimentos en los residuos sólidos urbanos totales.

A.5) Residuos de aserraderos

$$BDT = CMP * d * P_{ra} \quad (5)$$

Donde:

BDT: Biomasa Disponible Total (t.año<sup>-1</sup>).

CMP: Cantidad de producción total (m<sup>3</sup>.año<sup>-1</sup>).

d: Densidad de la madera (t.m<sup>-3</sup>).

P<sub>ra</sub>: Coeficiente de aserrío, que representa la cantidad de residuos generados por cantidad de producción.

A.6) Residuos de plantaciones forestales

$$BDT = CM * d * P_{rf} \quad (6)$$

Donde:

BDT: Biomasa Disponible Total (t.año<sup>-1</sup>).

CM: Cantidad de madera total producida (m<sup>3</sup>.año<sup>-1</sup>)<sup>4</sup>.

d: Densidad de la madera (t.m<sup>-3</sup>).

P<sub>rf</sub>: Coeficiente que representa la cantidad de residuos forestales generados por cantidad de producción.

B) Potencial teórico de generación de bioenergía. Bioenergía Disponible Total.

B.1) Combustión directa

Para los residuos de poda, de plantaciones forestales y de aserraderos se consideró la combustión directa como proceso de conversión de biomasa en energía.

$$EDT_i = BDT_i * PCI_i \quad (7)$$

Donde:

EDT<sub>i</sub>: Bioenergía Disponible Total para el residuo i (GJ.año<sup>-1</sup>).

BDT<sub>i</sub>: Biomasa Disponible Total del residuo i (t.año<sup>-1</sup>).

PCI<sub>i</sub>: Poder Calorífico Inferior del residuo i (GJ.t<sup>-1</sup>).

B.2) Digestión anaeróbica

Para los residuos provenientes de las agroindustrias y los mataderos y para los RSU se consideró la digestión anaeróbica para la producción de biogás, y la posterior combustión de este producto para la obtención de energía.

$$EDT_i = BDT_i * FC_i * PCI_i \quad (8)$$

Donde:

EDT<sub>i</sub>: Bioenergía Disponible Total para el residuo i (GJ.año<sup>-1</sup>)

BDT<sub>i</sub>: Biomasa Disponible Total del residuo i (t.año<sup>-1</sup>)

FC<sub>i</sub>: Factor de conversión del residuo i en biogás (m<sup>3</sup>.t<sup>-1</sup>)<sup>5</sup>.

PCI<sub>i</sub>: Poder Calorífico Inferior del biogás (GJ.m<sup>-3</sup>)<sup>6</sup>.

Los datos utilizados para realizar los cálculos se encuentran disponibles en el material suplementario.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de conocer la potencialidad para la generación de bioenergía en la Provincia de Mendoza, se estimó la producción anual de biomasa residual. Al considerar la producción de residuos de todas las fuentes analizadas, esta alcanza las 1,2 x 10<sup>6</sup> t.año<sup>-1</sup>. Este valor supera 7,5 veces el consumo anual de leña en Mendoza (MINEM, 2017). Flores Marco et al. (2007) hallaron que el potencial biomásico accesible total de Mendoza es de 614 t.año<sup>-1</sup>, aproximadamente. Además de las diferencias metodológicas entre este trabajo y el de Flores Marco et al. (2007), estos autores incorporaron menos fuentes de biomasa en su estudio, lo que constituye una causa del menor potencial estimado por ellos. La Figura 1 muestra que la actividad agrícola es la que produce mayor aporte de residuos, seguida por la actividad domiciliaria, mientras que las actividades forestal e industrial registran menor aporte. Dentro de la actividad agrícola, los residuos de poda de la vid aportan aproximadamente el 52 % del

<sup>4</sup> Se consideró la cantidad de madera producida en plantaciones de álamo (*Populus spp.*) con diseño en macizos y cortinas. Se seleccionó esta especie porque las plantaciones de álamo representan el 97% del total de las plantaciones forestales de la Provincia de Mendoza (Ministerio de Agroindustria, 2017a).

<sup>5</sup> Se consideró un reactor de mezcla completa, en el cual la carga añadida periódicamente se mezcla casi en su totalidad con el contenido ya presente en la cámara de digestión.

<sup>6</sup> Se consideró el PCI para biogás con un contenido de metano de 50 %.

total. Esto es consecuencia de la vasta superficie cultivada con vid en Mendoza. Por su parte, el orujo de uva constituye el residuo de mayor generación dentro de las agroindustrias. Estos resultados denotan la importancia de la actividad vitivinícola para la generación de energía de biomasa en la Provincia. Se destaca también la contribución de la actividad domiciliaria por medio de la generación de RSU orgánicos. Dichos residuos representan aproximadamente el 78 % del total de RSU generados constantemente por los mendocinos (Fasciolo et al. 2011), por lo que su aprovechamiento energético podría contribuir a reducir considerablemente el volumen total de residuos dispuestos en vertederos o rellenos sanitarios.

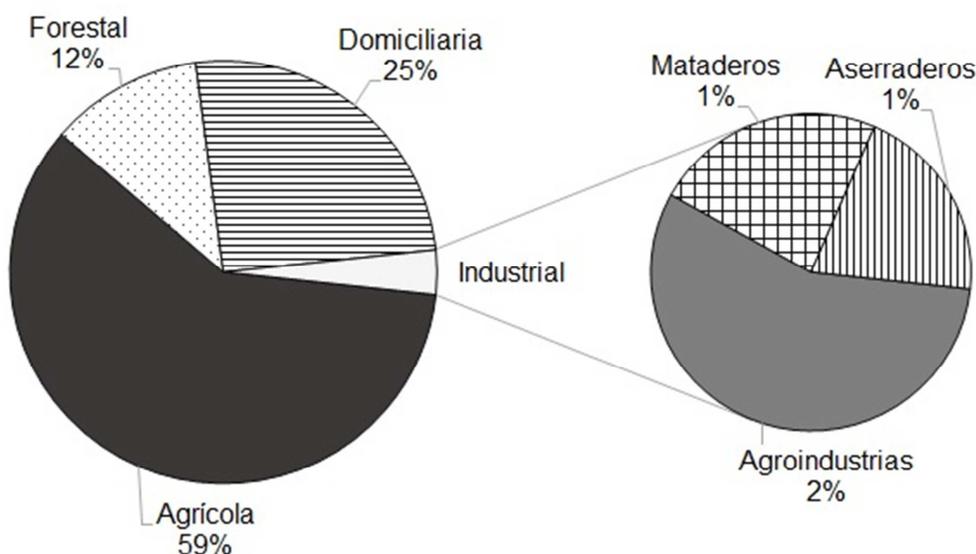


Figura 1. Distribución porcentual de la disponibilidad anual de biomasa en la Provincia de Mendoza según las actividades generadoras de residuos.

La Figura 2 muestra la disponibilidad geográfica de residuos de biomasa según departamentos de la Provincia de Mendoza. Se observa que San Rafael y San Martín producen la mayor cantidad de residuos de biomasa, en coincidencia con lo hallado por Flores Marco et al. (2007), y registran aportes de 18 % y 11 % del total, respectivamente. Estos departamentos concentran la mayor parte de la superficie total cultivada de la Provincia y, en consecuencia, poseen la mayor disponibilidad de residuos provenientes de la actividad agrícola. Asimismo, dentro de la actividad industrial, San Rafael y San Martín presentan los mayores aportes de residuos originados en las agroindustrias, principalmente en las que elaboran conservas de durazno. Por otra parte, Maipú y Guaymallén poseen la mayor disponibilidad de desechos provenientes de mataderos, dado que presentan el 29% y el 28% del total de cabezas de ganado faenadas en la Provincia, respectivamente. Capital presenta la mayor disponibilidad de residuos domiciliarios orgánicos, ya que en este municipio se genera la mayor cantidad de RSU (18% del total) en comparación con el resto de los departamentos de Mendoza. Si bien Capital no registra el mayor número de habitantes de la Provincia, el índice de producción de residuos *per cápita* supera al del resto de los departamentos. Esta tendencia en la tasa de producción de residuos es similar a la informada por la Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial (DPA, 2018). San Carlos y Tunuyán cuentan con la mayor disponibilidad de residuos de plantaciones forestales, de los cuales más del 80% proviene de producciones de álamos en macizos; mientras que en la Región Norte se localiza la mayor disponibilidad de residuos de aserraderos ya que el 48% de los establecimientos y el 41% de la capacidad instalada de la Provincia se localiza en esta región.

En contraposición, los departamentos La Paz y Malargüe generan menos cantidad de residuos de biomasa (Figura 2) como consecuencia de su menor actividad agrícola e industrial y de su bajo número de habitantes.

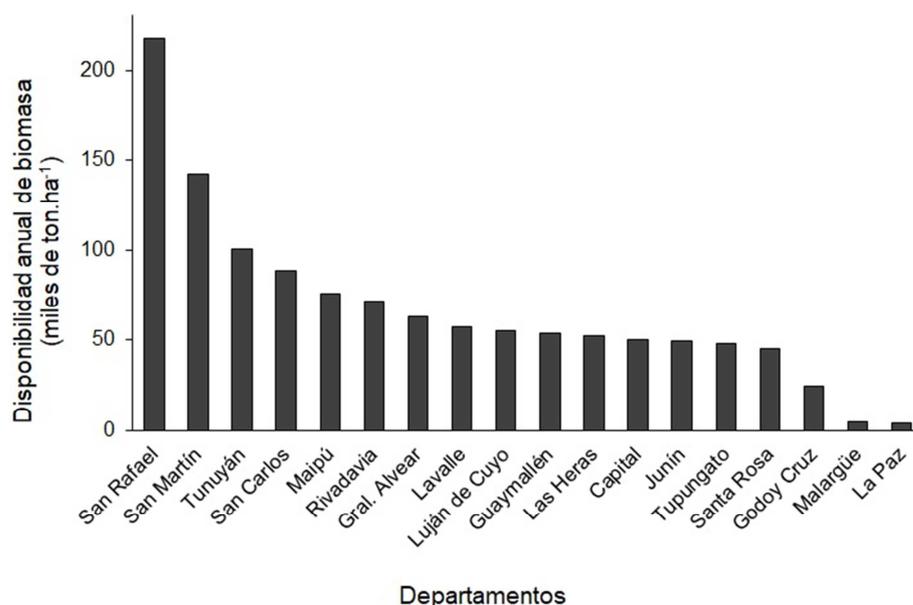


Figura 2. Disponibilidad anual de biomasa (miles de ton.ha<sup>-1</sup>) según departamentos de la Provincia de Mendoza. No se incluyen los aportes de los residuos de aserraderos.

Al agregar todas las fuentes de residuos de biomasa estudiadas, la cantidad de energía bruta que podría generarse asciende a los  $10,3 \times 10^6$  GJ.año<sup>-1</sup>. Este valor representa el 26 % del consumo anual de energía a partir de leña y bagazo en Argentina, y el 0,43 % del consumo total (MINEM, 2016). Si bien esta cantidad de energía parece no ser de relevancia en el contexto nacional, se vislumbran escenarios optimistas desde una perspectiva local, mediante el enfoque de sistemas integrados de producción. Estos sistemas promueven las sinergias entre los sistemas de producción existentes y las tecnologías de procesamiento y conversión de la biomasa en energía, facilitando el agregado de valor en las cadenas productivas.

La contribución relativa de la actividad agrícola al potencial bioenergético total es considerablemente superior que para el resto de las actividades analizadas en este trabajo. (Figura 3). Esto se debe, por un lado, a la gran cantidad de biomasa generada por la poda de cultivos y, por otro lado, a la consideración de la combustión directa como proceso de conversión, el cual alcanza mayor eficiencia en comparación con otros procesos, como la biodigestión y la gasificación. Más allá de esta consideración, es necesario profundizar en el conocimiento de la disponibilidad y potencialidad de todos los residuos de biomasa y su distribución espacial. Esta situación abre un enorme espacio para la investigación y la exploración, a fin de determinar las zonas óptimas para el aprovechamiento de esta fuente de energía.

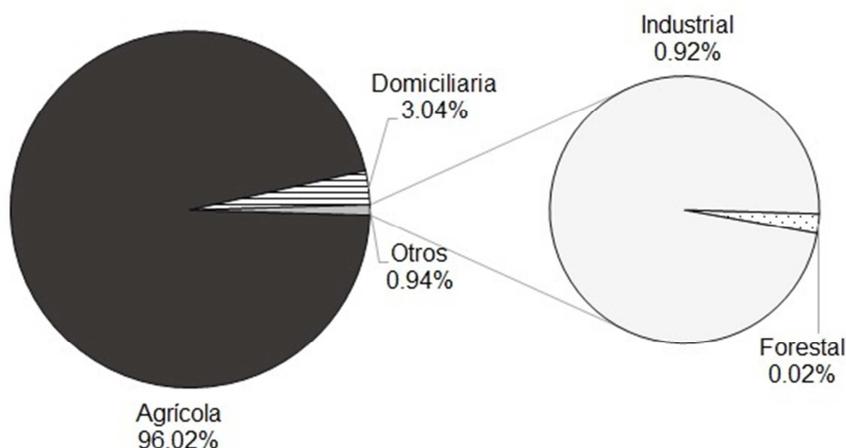


Figura 3. Distribución porcentual del potencial bioenergético anual de la Provincia de Mendoza según las actividades generadores de residuos.

## CONCLUSIONES

La Provincia de Mendoza cuenta con cantidades abundantes de residuos de biomasa, derivados de los sectores agrícola, ganadero, industrial y doméstico, de alto valor para la producción de energía. Existen aún diversos desafíos a superar antes de lograr un óptimo aprovechamiento de estos residuos, tales como el desconocimiento de sus potencialidades como fuente de energía; la falta de confianza del sector productivo e industrial y de los usuarios finales; y la insuficiente información sobre la disponibilidad y distribución del recurso.

Este trabajo constituye un primer paso para el conocimiento actualizado de la disponibilidad de residuos biomásicos de distinto origen y la potencialidad de las distintas regiones y departamentos de la Provincia para la generación de bioenergía. Se reconoce la necesidad de profundizar el análisis incorporando otras fuentes de biomasa, como los residuos provenientes de la ganadería y de la poda del arbolado urbano, y de llevar a cabo estudios específicos para hallar las formas óptimas de aprovechamiento de estos residuos y contribuir con el desarrollo de la bioenergía en Mendoza.

## REFERENCIAS

- Arcor-La Campagnola S.A.C.I. (2015). Comunicación personal Jefe de Producción.
- Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa. (2008). Manual de combustibles de madera, pp. 79. AVEBIOM, Valladolid.
- Bauen A., Berndes G., Junginger M., Londo, M. y Vuille, F. (2012). Bioenergy – a Sustainable and Reliable Energy Source. Main Report. IEA Bioenergy.
- Castagnino, G., Baldi, R., Blanco, G., Silveratti, G. y Santalla, E. (2015). Viabilidad energética, económica y ambiental de la producción de un combustible derivado de residuos industriales y sólidos urbanos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 19, 06.21-06.29.
- Chamy R., Vivanco E. (2007). Identificación y clasificación de los distintos tipos de biomasa disponibles en Chile para la generación de biogás. Proyecto Energías Renovables No Convencionales en Chile. Comisión Nacional de Energía (CNE) y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Cheng J. (2018). Biomass to Renewable Energy Processes, 2ª edición, pp 143-419. CRC press, Boca Raton.
- Cólica, J. (2015). Ing. Agr. Investigador. INTA, A.E.R. Andalgalá. Comunicación personal.
- Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas. (2015). Datos del RUT-RENSPA MENDOZA. Evolución de Superficie Total Cultivada Registrada a Nivel Departamental. Disponible en <http://www.contingencias.mendoza.gov.ar>. Acceso: 10/11/2015.
- Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas. (2016). Datos mensuales. Disponible en: [http://www.contingencias.mendoza.gov.ar/web1/datos\\_estadisticos\\_mensuales.php](http://www.contingencias.mendoza.gov.ar/web1/datos_estadisticos_mensuales.php). Acceso: 05/02/2017.
- DPA-Dirección de Protección Ambiental. Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial. Gobierno de Mendoza. (2018). Disponible en <http://www.dpa.mendoza.gov.ar/residuos-solidos-urbanos/>. Acceso: 06/06/2018.
- Escartín, C., Denaday, F., Parodi, G., Paracca, J., Bonino, M., Di Leo, N. y Barasch, Y. (2017). Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Mendoza. Colección de Documentos Técnicos N° 4. Ministerio de Energía y Minería. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. Buenos Aires.
- FAO- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2009). Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina-WISDOM Argentina. Informe Final. Roma.
- FAO- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). Apuntes del curso BIO201509: De la Biomasa a la Energía Renovable. Dendroenergía en Argentina.
- Fasciolo G., Buccheri M., Gudiño M., Medalla Araya A., Papú O. y Vitale J. (2011). Futuro ambiental de Mendoza. Escenarios, pp. 140-146. EDIUNC, Mendoza.
- Flores F. (2015). Manual de Ciencias Sociales 4. Anexo: Mendoza, su tierra y su gente. Longseller.
- Flores Marco N., Anschau R., Carballo S. y Hilbert J. (2007). Bioenergía como vehículo de valoración de las cadenas agroforestointerindustriales regionales, para el desarrollo de las comunidades locales. Perspectivas de desarrollo con criterios de sustentabilidad ecológica, social y económica. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- García R., Pizarro C., Lavín A. y Bueno J. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. Bioresource Technology 103, 249–258.

- Gobierno de Mendoza. (2017). Mendoza. Disponible en: <http://www.mendoza.gov.ar/la-Provincia/>. Acceso: 15/11/2017.
- Hómez González M. (1998). Aspectos descriptivos técnicos para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en un matadero municipal para procesos de compostaje y lombricultura. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 26 (AIDIS 98), Lima, 1-5 nov. 1998.
- IEA- Agencia Internacional de Energía. (2018). Total Primary Energy Supply by source. Disponible en: <https://www.iea.org/statistics/>. Acceso: 03/08/2018.
- INTI- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2017). Densidad de maderas. Disponible en: [http://www.inti.gov.ar/maderaymuebles/pdf/densidad\\_comun.pdf](http://www.inti.gov.ar/maderaymuebles/pdf/densidad_comun.pdf). Acceso: 10/11/2016.
- Martín J. (2014). La biomasa residual lignocelulósica como recurso energético renovable en el Oasis Norte de la Provincia de Mendoza, Argentina. Tesina de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.
- MINEM- Ministerio de Energía y Minería. (2016). Balance energético nacional de la República Argentina, año 2016. Disponible en: <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>. Acceso: 28/02/2018.
- MINEM- Ministerio de Energía y Minería. (2017). Energías Renovables. Balance por radio censal. Provincia de Mendoza. Disponible en <http://datos.minem.gov.ar/dataset/>. Acceso: 14/08/2018.
- MINEM- Ministerio de Energía y Minería. (2018). Información geográfica/Energía y Minería. Disponible en <https://sig.se.gov.ar/visor/visorsig.php?t=6>. Acceso: 31/07/2018
- MPFIPyS- Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. (2009). Proyecto de Energías Renovables: Diagnóstico, Resultados y Conclusiones. Disponible en [http://www.infoleg.gov.ar/basehome/actos\\_gobierno/actosdegobierno21-12-2009-1.htm](http://www.infoleg.gov.ar/basehome/actos_gobierno/actosdegobierno21-12-2009-1.htm). Acceso: 31/07/2018
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2011). Ganados y Carnes Anuario 2011. Presidencia de la Nación Argentina.
- Ministerio de Agroindustria. (2016). Datos estadísticos. Disponible en: <https://datos.magyp.gov.ar/>. Acceso: 05/07/2016.
- Ministerio de Agroindustria. (2017a). Inventario Nacional de Plantaciones Forestales. Región Cuyo. Disponible en: [http://forestoindustria.magyp.gov.ar/archivos/\\_pdf/inventario\\_cuyo.pdf](http://forestoindustria.magyp.gov.ar/archivos/_pdf/inventario_cuyo.pdf). Acceso: agosto de 2017.
- Ministerio de Agroindustria. (2017b). Censo Nacional de Aserraderos Provincia de Mendoza. Disponible en: [http://forestoindustria.magyp.gov.ar/archivos/\\_pdf/censo\\_nacional\\_de\\_aserraderos\\_mendoza.pdf](http://forestoindustria.magyp.gov.ar/archivos/_pdf/censo_nacional_de_aserraderos_mendoza.pdf). Acceso: 05/08/2017.
- Muñoz Muñoz Y. (2005). Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor de 2000 habitantes. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial 3, 1, 87-98.
- REN 21. (2018). Renewables 2017. Global Status Report. Disponible en [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399\\_GSR\\_2017\\_Full\\_Report\\_0621\\_Opt.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf). Acceso: 25/06/2018.
- SINIA. (1998). Industria procesadora de frutas y hortalizas. Disponible en [http://www.sinia.cl/1292/articles-26230\\_pdf\\_frutas\\_hortalizas.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-26230_pdf_frutas_hortalizas.pdf). Acceso: 05/02/2016.
- TECNORED. Biomasa. Disponible en: <http://www.tecnoredconsultores.com.ar/arch/biomasa.pdf>. Acceso: 04/06/2016.

## ABSTRACT

Biomass waste can be converted into bioenergy. However, the information to know its availability in Mendoza is scattered or non-existent. The general objective of this work was to perform an updated estimation of biomass residues production from different sources as potential resources for energy generation in Mendoza. The activities that produce residual biomass were identified, the theoretical availability of biomass and the theoretical potential of bioenergy generation were calculated. The availability of residual biomass in Mendoza exceeds  $1.2 \times 10^6$  t.year<sup>-1</sup>, while the amount of gross energy that could be generated reaches  $10.3 \times 10^6$  GJ.year<sup>-1</sup>. In conclusion, Mendoza has abundant amounts of residual biomass of value for the production of energy. This work constitutes a first step for the knowledge of the availability of residual biomass and its potential for the generation of bioenergy in the province.

**Keywords:** biomass availability; bioenergetic potential; agricultural residues; industrial residues; forest residues; household waste.