

Potencial de Producción de Electricidad e Hidrógeno a Partir de Biomasa en la República Argentina y su Aprovechamiento Térmico en el Valle de Calamuchita, Provincia de Córdoba

Mirta S. Roitman⁽¹⁾, César O. Martinelli⁽¹⁾, Carlos R. Rodríguez⁽²⁾

⁽¹⁾Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1611- CP X5016GCA. e-mail: mirtaroitman@yahoo.com.ar, cesaro.martinelli@gmail.com.

⁽²⁾Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1611- CP X5016GCA. Tel: 0351-4344982. e-mail: ramiro246@gmail.com.

Resumen

La provisión de servicios energéticos modernos con el uso sustentable de la biomasa implica no sólo un impacto positivo en materia de mitigación del cambio climático, sino también numerosas ventajas locales medioambientales y socioeconómicas.

El recurso biomásico se encuentra heterogéneamente distribuido en el territorio nacional, razón por la cual en este trabajo, se lo agrupa según regiones geográficas: Noroeste Argentino, Noreste Argentino, Cuyo, Región Pampeana y Patagónica. A partir de esta cuantificación se estiman tanto la generación potencial de electricidad y su costo según distintas tecnologías empleadas, como la cantidad anual de combustible fósil que podría ser reemplazado por hidrógeno biomásico con la consecuente reducción de emisión de CO₂.

Finalmente se estima el aprovechamiento térmico de la biomasa forestal residual en el Valle de Calamuchita, provincia de Córdoba, con un potencial de generación aproximado de 400.000 [MWh/año].

Palabras Claves: Potencial Biomásico, Bioenergía, Biohidrógeno, Biocombustibles.

Potential Electricity and Hydrogen Production from Biomass in Argentina and Thermal Utilization in Calamuchita Valley, Province of Cordoba

Abstract

The provision of modern energy services to the sustainable use of biomass involves not only a positive impact on mitigation of the climatic change, but also many local environmental and socioeconomic benefits.

The biomassic resource is heterogeneously distributed in the country, which is why in this chapter, it is grouped by geographic regions: Northwest Argentina Northeast Argentina, Cuyo, Pampas and Patagonia. From this quantification, electricity generation potential and its cost according to different technologies used, and the annual amount of fossil fuel that could be replaced by biomassic hydrogen, with the consequent reduction of CO₂ emissions, are estimated.

Finally we also estimate the thermal utilization of residual forest biomass from Calamuchita Valley, province of Córdoba, with the potential to generate approximately 400,000 [MWh/year].

Keyword: Biomassic potential, Bioenergy, Biohydrogen, Biofuel.

INTRODUCCIÓN

La energía es fundamental para el desarrollo social y para proporcionar muchos servicios esenciales que mejoren la calidad de vida humana. Sin embargo, la generación de energía mediante la utilización de fuentes tradicionales produce invariablemente una ruptura del equilibrio ambiental, provocando una reacción de la naturaleza que puede resultar con consecuencias adversas para el Planeta y todas sus especies.

Mundialmente se manifestó la necesidad de implementar una política ambiental con utilización de fuentes de energías renovables en un esquema de desarrollo sustentable.

DESARROLLO

Biomasa

Se refiere a un término muy amplio, que describe casi cualquier tipo de residuo vegetal, incluyendo residuos de madera, agrícolas y de vertederos de basura, así como también, determinados cultivos cuyo fin específico es el uso como combustible.

Frecuentemente se usa el combustible de biomasa en la industria que lo genera. Por ejemplo, la industria de productos forestales quema sus propios residuos de madera para generar el vapor y la electricidad que hacen funcionar a sus plantas. De este modo, la industria de productos forestales genera su propia electricidad usando sus propios desperdicios. La industria del papel y la pulpa hace lo mismo para suministrar energía a las papeleras.

Otro uso importante de la biomasa consiste en la producción de biocombustibles: de la fermentación del cultivo de almidón y azúcar se obtiene el alcohol etílico, conocido como etanol.

Si bien la combustión de biomasa produce CO₂, el carbono liberado es semejante al captado por la planta en su fase vegetativa anterior. Por consiguiente, el combustible de biomasa podría considerarse "*carbono neutral*".

Se suma a la problemática descrita, la necesidad de gestionar los residuos dendroenergéticos (derivados de combustibles leñosos, de origen maderero incluyendo materias sólidas (leña y carbón), líquidas (licor negro, metanol y aceite pirolítico) y gaseosas procedentes de la gasificación de estos combustibles).

Otra posibilidad que discutiremos, es la producción de hidrógeno a partir de biomasa para usarlo posteriormente, según lo analizado en el capítulo dedicado a vectores energéticos.

Como las materias primas de biomasa se concentran en las zonas rurales, las instalaciones de energía de

biomasa podrían proporcionar beneficios en el desarrollo económico regional mediante la creación de empleos e ingresos fiscales.

Inventario de Biomasa

Existe un enorme potencial energético derivado de la biomasa, siempre que se potencie desde los poderes públicos, puesto que las compañías eléctricas locales aún no hacen uso de la biomasa para generación.

Considerando que la energía proveniente de la biomasa ya tiene una contribución importante en el balance energético nacional y siendo Argentina un gran productor agropecuario, el potencial dendroenergético total es muy significativo, por ello, resulta primordial que el país considere la dendroenergía en su estrategia energética, y para ello es necesario conocer claramente ese potencial [1].

METODOLOGÍA

La necesidad de cuantificación y localización de los recursos bioenergéticos, llevó a la determinación de la disponibilidad de biomasa en la Argentina mediante la aplicación del programa de Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina – Wisdom Argentina – FAO, Departamento Forestal – Dendroenergía – Mayo 2009 [2]. Los datos obtenidos señalaron la importancia que tiene la dendroenergía (ya sea como leña, carbón vegetal o residuos agroindustriales) para la producción de energía (térmica y eléctrica) en el sector residencial, comercial e industrial del país.

Este recurso natural se encuentra heterogéneamente distribuido en el territorio nacional, razón por la cual en este trabajo, se lo cuantifica agrupándolo según las cinco regiones geográficas: *Noroeste Argentino, Noreste Argentino, Cuyo, Región Pampeana y Patagónica*. Mediante esta distribución regional se determina la disponibilidad y/o concentración de las fuentes de recursos renovables, por zonas geográficas que presentan similares características.

De toda la disponibilidad posible de biomasa, sólo se consideró la de tipo lignocelulósica y dentro de este tipo la proveniente de residuos forestales, de molienda y agrícolas.

RESULTADOS

La Tabla 1, muestra el inventario de Residuos Indirectos de Biomasa Seca (BS), de origen agrícola y foresto-industrial potencialmente utilizables para generación de energía y la Figura 1, los residuos totales de biomasa potencialmente utilizables, distribuida en las distintas regiones del país.

Regiones	Fuente de biomasa lignocelulósica			Residuos Totales de Biomasa potencialmente utilizables [tons/año] (BS)
	Residuos Forestales	Residuos de Molienda	Residuos Agrícolas	
	[tons/año] (BS)	[tons/año] (BS)	[tons/año] (BS)	
Noroeste	522.191,20	0	2.126.098,50	2.648.289,70
Noreste	1.796.327,20	342.043,00	1.002.580,30	3.140.950,50
Cuyo	831.247,90	0	166.231,70	997.479,60
Pampeana	98.536,70	46.907,00	208.273,40	353.717,10
Patagónica	286.711,50	10.765,00	0	297.476,50
Total	3.535.014,50	399.715,00	3.503.183,90	7.437.913,40

Tabla 1. Residuos Indirectos de Biomasa de origen agrícola y foresto-industrial potencialmente utilizables para generación de energía.

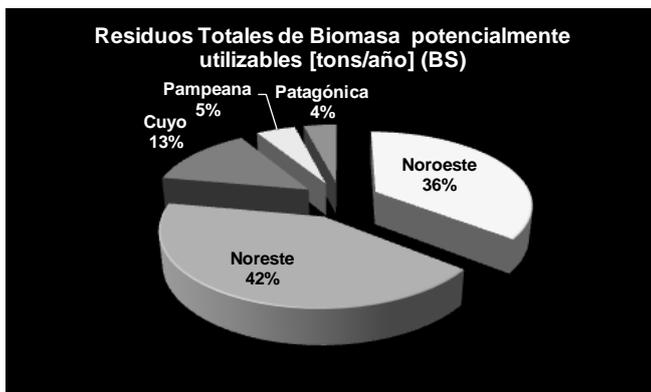


Figura 1. Residuos totales de biomasa potencialmente utilizables.

Hidrógeno de origen lignocelulósico

Con el objeto de mitigar los efectos contaminantes resultantes de emisiones procedentes de los escapes de motores de combustión interna (MCI), tales como hidrocarburos no quemados (HC), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx), que son las responsables de problemas de contaminación locales, los fabricantes de automóviles han ido incorporando convertidores catalíticos postcombustión. Sin embargo, la emisión contaminante más significativa de los motores es la de CO₂, debido a su incidencia en el efecto invernadero global.

Una alternativa tendiente a mitigar estos impactos, es el uso de hidrógeno (H₂) como combustible, producido de fuentes primarias renovables. Este combustible se puede utilizar puro o combinado en cortes de Gas Natural Comprimido (GNC) en MCI. En este último caso puede generarse un corte de hasta un 20% V/V sin modificaciones significativas en la infraestructura de todo el sistema (transporte, estaciones de servicio y vehículos) [3]. En este contexto, consideramos su producción a partir de biomasa de origen lignocelulósico mediante la combinación de un proceso de pirólisis gaseosa y un chorro de vapor de agua, según la ecuación:



Para calcular la cantidad de hidrógeno que puede producirse se consideró una relación de 65,8 Kg H₂ /Ton de BS.

Por otra parte se determinó la cantidad de combustible de origen fósil utilizado en el transporte de pasajeros, público y privado en Argentina, durante un período de un año, expresado en [m³/año] [4].

Se consideró que la cantidad de energía contenida en 1kg de H₂ es equivalente a la contenida en un galón de combustible (aproximadamente 0,00378 [m³]) y además, que la combustión de 1 L de nafta emite 2,4 gr de CO₂.

Utilizando las relaciones mencionadas, se calculó la cantidad de combustible fósil que podría reemplazarse mediante el uso de H₂ obtenido a partir de biomasa mediante la siguiente relación [5]

$$D = H_2 * \eta * 100 / G \quad (2)$$

donde:

D = porcentaje de combustible reemplazado

H₂ = cantidad de H₂ utilizado en vehículos de transporte [kg/año]

η = coeficiente de eficiencia de energía mediante el reemplazo gasolina por H₂ tomado como 0,00378 [m³/kg]

G = combustible utilizado en un año [m³/año]

Combinado estos valores se determinó la reducción en las emisiones de CO₂ en el medio ambiente por año. La Tabla 2 y la Figura 2 muestran la cantidad de combustible fósil que podría ser reemplazado por H₂ en un año y la reducción de CO₂ que se obtiene por la sustitución indicada.

Regiones	Producción Potencial Hidrógeno	Consumo de Combustible (G)	% de Combustible reemplazado por H ₂ (D)	Combustible reemplazado por H ₂ /año	Reducción de CO ₂
	[kg/año]	[m ³ /año]	%	[m ³ /año]	[tons CO ₂ /año]
Noroeste	174.257.462,26	523.174,00	126	658.693	1.580,86
Noreste	206.674.542,90	740.475,00	106	781.230	1.874,95
Cuyo	65.634.157,68	382.292,00	65	248.097	595,43
Pampeana	23.274.585,18	3.938.165,00	2	87.978	211,15
Patagónica	19.573.953,70	675.018,00	11	73.990	177,57
Total	489.414.701,72	6.259.124,00		1.849.987,57	4.439,97

Tabla 2. Cantidad de combustible fósil que podría ser reemplazado por H₂ en un año y la reducción de CO₂ que se obtiene por la sustitución indicada en el texto.

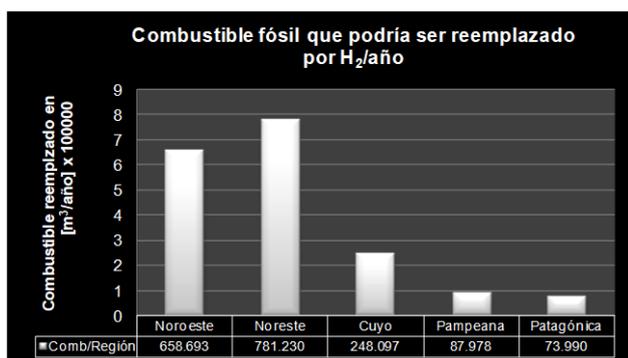


Figura 2. Combustible fósil que podría ser reemplazado por H₂ en un año.

Electricidad a partir de biomasa.

En la República Argentina, el suministro energético en condiciones óptimas de seguridad, calidad y precio es un objetivo irrenunciable en la definición de una política energética.

En el desarrollo de la bioenergía en la Argentina, la energía química del hidrógeno almacenada en el enlace H-H puede convertirse directamente en electricidad, sin necesidad de emplear un ciclo termodinámico intermedio, lo que representa una gran ventaja en eficiencia frente a la limitación del factor de Carnot. Esta transformación directa se lleva a cabo en las celdas de combustible, que

poseen la ventaja de alcanzar eficiencias muy superiores a las de los MCI.

Existen además otras tecnologías para la conversión de biomasa lignocelulósica en electricidad. Se consideran en este trabajo dos de ellas: la combustión mediante quema directa de biomasa (CD) y un ciclo integrado de gasificación combinada (IGCC).

Muchas plantas generadoras de electricidad a partir de biomasa, utilizan el sistema de quema directa de la misma produciendo vapor que se transmite al generador que convierte esta energía en electricidad. Para este proceso se consideró un factor de conversión de 1,41 MWh/ton de biomasa.

El sistema de gasificación combinada utiliza altas temperaturas y un medio ambiente con oxígeno que convierte la biomasa en estado gaseoso, una mezcla de hidrógeno, monóxido de carbono y metano. La eficiencia de este sistema es de 1,76 [MWh/ton] de BS. Se consideró un costo de generación de electricidad de 148 U\$S/MWh.

La Tabla 3 muestra la Generación Potencial de Electricidad y su costo según las distintas tecnologías empleadas. La Figura 3 muestra la Generación Potencial de Electricidad por regiones.

Regiones	Potencial de Generación de Electricidad (CD)	Potencial de Electricidad (IGCC)	Costo de Electricidad	Consumo de Energía Eléctrica	% reempl. (CD)	% reempl. (IGCC)
	[MWh/año]	[MWh/año]	[U\$S/año]	[MWh/año]	[%]	[%]
Noroeste	3.734.088,48	6.571.995,72	552.645.094,60	6.454.000,00	57,86	101,83
Noreste	4.428.740,21	7.794.582,76	655.453.550,34	8.670.000,00	51,08	89,9
Cuyo	1.406.446,24	2.475.345,38	208.154.042,93	7.445.000,00	18,89	33,25
Pampeana	498.741,11	877.784,36	73.813.684,43	73.176.000,00	0,68	1,2
Patagónica	419.441,87	738.217,68	62.077.396,02	7.417.000,00	5,66	9,95
Total	10.487.457,89	18.457.925,89	1.552.143.768,31	103.162.000,00		

Tabla 3. Generación Potencial de Electricidad y su costo según las tecnologías empleadas.

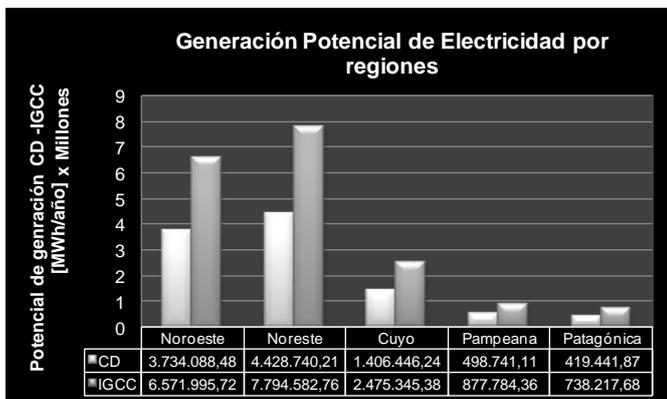


Figura 3. Generación Potencial de Electricidad por regiones.

[6]. En general son plantaciones de Pino que se realizaron algunas décadas atrás, al amparo de planes forestales promocionales y con el objetivo de abastecer a una, por entonces, incipiente industria papelera.

La referida industria (basada en pulpa de fibra larga), declinó rápidamente pero dio origen a dos actividades económicas que hoy caracterizan a la región: Turismo y Foresto-Industria.

Un equilibrio inestable ha marcado la “convivencia” entre la actividad turística que se desarrolló en las áreas forestadas y la explotación del bosque implantado, no sólo porque aquella se ve perjudicada conforme se talan los bosques (aunque se reforeste), sino que la actividad foresto-industrial genera una importante cantidad de “desechos”, que son causa eficiente de inicio y/o propagación de incendios de magnitud, principalmente durante los meses de invierno.

De la información surgida del inventario se determinó que existe en promedio algo menos de 500 árboles por Ha, arrojando una disponibilidad total de aproximadamente 4.600.000 m³ de madera (aproximadamente 2,5 millones de toneladas), aplicando los coeficientes móricos correspondientes, con una tasa de crecimiento promedio en la zona de alrededor de 20 m³ por Ha/año (aproximadamente 11 toneladas por Ha/año).

En la zona existen una treintena de aserraderos de diversos tamaños ubicados en las localidades próximas a las forestaciones los que procesan alrededor de 225.000 toneladas por año de masa forestal “en pie”. Cabe considerar ahora que aproximadamente 2/3 de esta masa forestal se transforma en “residuo” de la actividad principal, es decir sólo se “madera” una cantidad semejante a la mitad de lo que se desecha. Del análisis realizado, surgen dos aspectos a considerar inicialmente: el Ambiental y el Energético.

En el aspecto Ambiental, aproximadamente la mitad de los residuos que genera la actividad (esto es 1/3 de la masa forestal “en pie”) queda en el monte. Esto se refiere a hojas, ramas, puntas finas y tocones de la raíz, que representan elementos de elevada combustibilidad que, en muchas ocasiones ocupa inapropiadamente caminos de escape o áreas de corta fuegados. A lo anterior se adiciona la biomasa residual de “costaneros” (sobrantes de cuadrar los troncos cilíndricos) y la corteza que se desecha en los aserraderos, los cuales

Aprovechamiento térmico de la biomasa forestal residual en el Valle de Calamuchita, Provincia de Córdoba

Con el objeto de poner en valor el recurso energético disponible en el Valle de Calamuchita del Departamento homónimo de la provincia de Córdoba, se trabajó sobre la base de documentación y estudios existentes, el relevamiento del bosque implantado y de aserraderos efectivos en la zona, a los fines de cuantificar la masa forestal total y los residuos que se generan por la actividad foresto-industrial, estimándose la capacidad calorífica potencial de la misma, buscando alternativas para su valorización.

En las sierras de Calamuchita existen aproximadamente 20.000 Has de bosque implantado, conforme al último inventario forestal [se encuentran en las mismas zonas forestadas o en zonas urbanas próximas donde la propagación de un fuego incidental puede tener características catastróficas.

En el aspecto Energético, la cantidad de desechos de biomasa que se produce por año en el Valle de Calamuchita está cerca de 145.000 Tn, con un 50% de humedad (alrededor de 36.000 tep), lo que implica aproximadamente 400.000 MWh térmicos/año, que se encuentran disponibles y sin ser aprovechados.

El aprovechamiento de la Biomasa Residual de la actividad Foresto Industrial es directo, sin requerir procesos de carácter termoquímico, biológico o extractivo. Cuando la biomasa de baja densidad (real y aparente) no se utiliza en la zona donde ésta se genera, es usual la densificación mecánica de la misma (Pelletizado) hasta valores del orden de los 1.200 Kg/m³ de densidad real (aproximadamente 600 Kg/m³ de densidad aparente). Esto contribuye a optimizar costos de traslado y permite, al tener los pellets un tamaño uniforme, la utilización de sistemas de alimentación automáticos (que en la práctica se maneja como si fuera un fluido), para uso industrial o familiar.

DISCUSIÓN

Es importante notar que el impacto que puede producir el uso de biomasa para la producción de hidrógeno para el sector del transporte o el sector productor de energía eléctrica, está íntimamente relacionado con la cantidad de biomasa que es posible obtener, valor que fluctúa notablemente de una región a otra en todo el territorio nacional.

Así tenemos regiones que son fuentes de abundantes residuos biomásicos para ser utilizados y convertidos en energía satisfaciendo la demanda zonal, como regiones altamente pobladas, con bajos recursos biomásicos.

Con relación al transporte automotor, el potencial de generación de hidrógeno a partir de biomasa lignocelulósica es importante en las regiones NOA y NOE, que abastecerían la demanda interna y podría, el remanente, ser aprovechado por las otras regiones que no disponen de una fuente importante para sustituir el consumo de combustibles fósiles. Es significativa la reducción de CO₂ producida por el parque automotor,

la quema a campo abierto de residuos y en las plantas de energía abastecidas por combustibles fósiles, resultando en un importante beneficio ambiental.

Cabe destacar que la ley N° 26.123 de Promoción del Hidrógeno, sancionada por el Congreso Nacional el día 2 de Agosto de 2006, promueve la generación de energía a través de un paquete de iniciativas que alientan a los combustibles alternativos, tal como se ha hecho con el biocombustible. La legislación declaró de interés nacional el desarrollo de la tecnología, la producción, el uso y aplicaciones del hidrógeno como combustible y vector de energía. En nuestro país se llevará adelante durante el presente año, la primera experiencia en mezclar hidrógeno con Gas Natural Comprimido en Pico Truncado, una localidad de Santa Cruz [3]. El precio del metro cúbico rondará el peso cincuenta. De esta manera, se ubicará en la gama de valores del combustible gaseoso y mantendrá una gran diferencia con el costo de las naftas.

Respecto a la evaluación realizada en el Valle de Calamuchita, se destaca que resultaría importante una promoción del aumento del área forestal en la provincia, que además de apoyar iniciativas privadas que realicen las inversiones necesarias que permitan transformar la energía potencial disponible en la biomasa residual de la actividad Foresto Industrial, en un bien público.

Complementando lo referido a la biomasa forestal residual, podrían hacerse consideraciones semejantes respecto al aprovechamiento energético de otros residuos orgánicos, ya sean de origen urbano, industrial o animal, con el consecuente impacto ambiental positivo y aprovechamiento energético.

CONCLUSIONES

En resumen, la biomasa es un recurso renovable cuyo aprovechamiento contribuye a la conservación del medio ambiente, permitiendo una gestión adecuada de residuos agrícolas y forestales y una menor dependencia de fuentes de energías fósiles.

Este recurso autóctono se encuentra distribuido por todo el planeta, lo que permitiría una producción energética descentralizada, fomentando el empleo, el desarrollo rural y la valorización de residuos, reduciendo problemas de tratamiento, gestión y riesgo de incendios.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba y a la Agencia para el Desarrollo Económico de la provincia de Córdoba.

REFERENCIAS

[1] Secretaría de Energía de la Nación, “Descripción, Desarrollo y perspectivas de las energías renovables en la Argentina y en el mundo”; 1-52; (Mayo 2004).

[2] FAO, Departamento Forestal - Dendroenergía, “Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina – Informe Final – Wisdom Argentina”; 1-118, (Mayo 2009).

[3] <http://www.h2truncado.com.ar>

[4] Secretaría de Energía, Refinación y Comercialización de Petróleo, Gas y Derivados ; “Tablas Dinámicas”; www.energia.gov.ar; (2010).

[5] National Renewable Energy Laboratory - Golden, Colorado. U.S. Department of Energy Minnesota Biomass, “Hydrogen and Electricity Generation Potencial”; 1-11; (February 2005).

[6] Risso Patron A, “Relevamiento Forestal”; (2006).