

## **ALCANCES Y RESTRICCIONES DE LA BIOENERGÍA EN EL MUNICIPIO DE CORONEL MOLDES, SALTA, ARGENTINA**

S. Manrique<sup>1</sup> y J. Franco<sup>2</sup>

Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Salta – Avda. Bolivia 5150, A 4408 FVY Salta, Argentina  
Tel.: 0387-4255533 – E-mail: [silmagda@unsa.edu.ar](mailto:silmagda@unsa.edu.ar)

*Recibido: 28/07/12; Aceptado: 24/09/12*

**RESUMEN:** En el municipio de Coronel Moldes existen diversos recursos de biomasa que actualmente carecen de una planificación racional de uso: algunos son sobre-explotados mientras que otros son sub-explotados. En este trabajo se buscó integrar oferta y demanda de bioenergía, analizando cantidad y tipo de las demandas energéticas factibles de ser cubiertas con los recursos de biomasa disponibles: residuos agrícolas (tabaco Criollo, Virginia y ají) y biomasa anual de ecosistemas naturales (Chaco, Yungas y arbustales). Se analizaron: demandas térmicas para uso doméstico y procesos productivos, posible sustitución de gas natural requerido en estufas de tabaco y demandas de electricidad anual per cápita. Se utilizaron factores y coeficientes empleados a nivel nacional. Si bien no existe una alternativa única para la utilización de los recursos, sí existen alcances y limitaciones específicos para cada uno de ellos. La planificación y manejo de los mismos permitiría satisfacer objetivos energéticos locales concretos.

**Palabras clave:** bioenergía, biomasa, demandas energéticas, sustitución de fósiles.

### **INTRODUCCIÓN**

Los combustibles fósiles representan la principal fuente de energía en la matriz mundial (IEA, 2011), nacional (SEN, 2011) y provincial (SEP, 2011) y según se pronostica desde diferentes fuentes, la demanda de energía continuará creciendo haciendo un uso predominante de estos recursos (REN 21, 2008). Los combustibles fósiles, que han sido intensivamente utilizados por muchas de sus cualidades, presentan asimismo numerosas desventajas: poseen reservas limitadas, son recursos no renovables, son altamente contaminantes, su ubicación estratégica atenta contra la seguridad energética y su empleo a gran escala está causando un sobrecalentamiento global de la atmósfera (Chenlo Castro, 2006; EIA, 2007; IPCC, 2007; WEC, 2007; BP, 2008).

Las fuentes de energía renovable, como la biomasa, pueden proporcionar energía menos contaminante que sustituya parcialmente las fuentes fósiles intensivamente utilizadas, y, asociadas a medidas de eficiencia energética, pueden reducir la cantidad de energía consumida en la provisión de un determinado bien o servicio (Haas et al., 2008). Estas fuentes de energía resultan en soluciones reales actuales en sitios aislados de la red y de centros poblados (Demirbas y Demirbas, 2007).

El gobierno nacional está promoviendo medidas y políticas que logren la inclusión de las fuentes renovables en la matriz nacional, donde aún tienen una escasa participación. Específicamente ha encarado un estudio nacional de evaluación del potencial de la biomasa (FAO, 2009) que será el punto de partida para la elaboración de proyectos de implementación, pero que debe ser precisado y complementado con estudios locales.

En la provincia de Salta, la bioenergía y la energía solar, han sido detectadas como las dos principales fuentes de energía renovable (GENREN, 2007) que podrían contribuir a la modificación de la matriz energética provincial, pero aún, sobre todo en el campo de la biomasa, falta mucho por investigar. Por otra parte, si bien existen organismos de diversa índole involucrados en la temática energética, son necesarias instancias de articulación y coordinación que posibiliten el tratamiento integral de las alternativas, como así, mecanismos claros de monitoreo y control.

La biomasa, con su diversa manifestación y heterogénea distribución, tiene un rol preponderante como fuente de energía alternativa, renovable, disponible localmente y a bajo costo. Sin embargo, existen oportunidades y limitaciones específicas, en función del tipo de recurso de biomasa de que se trate, el modo de utilización, las características de cada sitio, y de su grupo humano en particular. Los sistemas bioenergéticos presentan numerosas particularidades que deben ser analizadas en cada caso, en la búsqueda de optimizar los beneficios potenciales, incluyendo una planificación integrada y consensuada de los recursos naturales y bosques nativos. Por otra parte, estos sistemas tienen sus alcances y limitaciones, y sus potenciales beneficios deberían alcanzar en primer lugar a las zonas en donde los recursos de biomasa son generados.

Uno de los principales recursos de biomasa que se promueven actualmente en el país -existen incentivos políticos, económicos y financieros- son los cultivos energéticos dedicados, para la producción de biocarburantes, especialmente

---

<sup>1</sup> Investigadora Post-doctoral del CONICET.

<sup>2</sup> Investigadora Adjunta del CONICET.

biodiesel. El crecimiento vertiginoso de las exportaciones de biodiesel, sostenido tanto en superficies de cultivo ya existentes como en la reconversión de otras superficies, ha sido guiado por demandas de mercado, antes que por una planificación integrada y consensuada de los recursos naturales y bosques nativos a nivel de país (Bertinat, 2007; Tomei y Upham, 2009). Las principales controversias generadas en el campo de la biomasa y de la bioenergía en particular, tienen que ver con estos cultivos energéticos, y no con el abanico de opciones y situaciones que pueden detectarse en las diferentes zonas, en función de los tipos de recursos de biomasa existentes –que no necesariamente ni exclusivamente son los cultivos energéticos dedicados-. En este trabajo se sostiene que, la biomasa, como fuente de energía renovable, pero también como instrumento estratégico de aplicación local, puede contribuir al establecimiento de sistemas energéticos más sustentables, lo cual deberá ser evaluado en cada caso. El objetivo planteado es: estimar cantidad y tipo de las demandas energéticas factibles de ser cubiertas con los recursos de biomasa disponibles en el municipio de Coronel Moldes, departamento La Viña, provincia de Salta. La oferta de biomasa y bioenergía disponible se estimó incluyendo el análisis de los siguientes recursos: i) biomasa residual agrícola (principalmente tabaco y ají) y ii) biomasa natural leñosa disponible desde los principales ecosistemas naturales de la zona (Yungas, Chaco y arbustales) (ver Manrique et al., 2008; 2011, 2012).

## MATERIALES Y METODOS

### Área de estudio

El municipio de Coronel Moldes, departamento La Viña, integra junto a otros doce municipios de la provincia de Salta –incluida la ciudad capital-, lo que se denomina Valle de Lerma. Este municipio posee una superficie de 84.000 ha y una población de más de 4.200 habitantes (INDEC, 2001), de los cuales cerca del 60% vive en zona rural. La altitud del municipio varía entre 1.100 y 1.200 m.s.n.m. El clima es templado serrano y las precipitaciones varían entre los 400 y 600 mm anuales, con una fuerte concentración de las mismas entre los meses de diciembre y marzo. La temperatura media, resultante de registros de 10 años, es de 17,9 °C y la precipitación promedio llega a los 428 mm por año (FUNIF, 1997; Cutuk y Piacentini, 2004).

### Oferta de biomasa y bioenergía en el municipio

La oferta de biomasa y bioenergía disponible se estimó incluyendo el análisis de los siguientes recursos: i) biomasa residual agrícola (principalmente tabaco Criollo, Virginia y ají) y ii) biomasa natural leñosa disponible desde los principales ecosistemas naturales de la zona (Yungas, Chaco y arbustales).

*-Oferta de biomasa residual agrícola:* En el municipio de Coronel Moldes se cultivan en promedio 470 ha de tabaco Criollo, 138 ha de tabaco Virginia y 68 ha de ají, siendo estos tres cultivos los de mayor superficie e importancia (Manrique et al., 2008). Los residuos generados por estas producciones implican una oferta anual de más de 640 t de biomasa (en peso seco), concentrada en la época invernal, aportando el tabaco más del 88% de este valor (en particular, la variedad de tabaco Criollo implica más del 66% de este aporte en el municipio).

Índices	Unidad	Cultivo		
		Tabaco Criollo	Tabaco Virginia	Ají
Superficie promedio	ha	470	138	68
Índice de productividad	kg/ha	1.800	2.100	1.600
Índice residuo/producto	-	0,505	0,49	0,68
Biomasa residual total	t/año	427,2	142	74

Tabla 1. Estimación de biomasa residual anual (t) en el municipio (readaptado de Manrique et al., 2008).

*-Oferta de biomasa anual leñosa:* Los datos considerados para las estimaciones de la oferta anual de bioenergía desde la biomasa leñosa disponible de los tres ecosistemas estudiados, son los que figuran en la Tabla 2, y fueron estimados siguiendo la metodología empleada por Manrique et al. (2011).

Variable	Unidad	Ecosistema			Total
		Yungas	Chaco	Arbustales	
Superficie	ha	2.600	40.000	6.900	49.500
Densidad de biomasa	t/ha	152	61	18	-
Stock total biomasa (BAL)	t	395.200	2.440.000	124.200	2.959.400
FFD	-	0,88	0,83	0,83	-
Total stock (BAL * FFD)	t	347.776	2.025.200	103.086	2.476.062
Productividad (IMA)	%	1,31	1,64	2,77	-
Total stock IMA	t/año	4.556	33.213	2.855	40.625
Factor uso 70% del IMA	t/año	3.189	23.249	1.999	28.437

Tabla 2. Biomasa anual leñosa de los tres ecosistemas principales del municipio (crecimiento anual). Donde BAL: biomasa aérea leñosa; FFD: factor de fracción dendroenergética; IMA: incremento medio anual (calculado como un porcentaje de BAL).

La cantidad de leña anual que podría obtenerse de manera sostenible, con un factor de uso del 70% sobre la oferta total, sería de 28.400 toneladas por año, obtenidas en un 11% del ambiente de Yungas, 82% desde Chaco y el resto desde arbustales (7%). Las estimaciones de bioenergía se realizaron considerando los valores de mínima de IMA propuestos por FAO (2009).

Por otra parte, en las estimaciones de bioenergía disponible en el municipio, se incorpora la categoría de “biomasa anual de Acacias”, que incluye el aporte específico de cuatro especies de Acacias (*A. caven*, *A. furcatispina*, *A. aromo* y *A. praecox*) que pertenecen al ambiente de arbustales y que fueran estudiadas por Manrique et al. (2009a). Los valores del ambiente de arbustales ya tienen descontado el aporte de Acacias que se señala en una categoría aparte, a fin de no sobrevalorar la energía disponible desde el crecimiento leñoso de este ambiente.

#### *Estimación de cobertura de diferentes demandas energéticas*

Para cada uno de los tipos de biomasa estudiados, se realizaron estimaciones de la potencial satisfacción de las principales demandas energéticas de los pobladores de las dos grandes zonas definidas en el municipio: zona alta o montañosa (> 1.600 m.s.n.m) y zona baja ( $\leq$  1.600 m.s.n.m.). Se consideraron las siguientes demandas: a) potencial satisfacción de demandas calóricas: las estimaciones incluyeron las demandas a nivel de hogar (actualmente abastecida por gas natural, gas de garrafa o leña), y las demandas desde procesos productivos (abastecida actualmente desde gas natural y leña, considerando principalmente la demanda de calor desde las estufas de secado de tabaco Virginia) y b) potencial satisfacción de demandas eléctricas: en este caso se consideró la demanda anual de electricidad per cápita. Los valores de referencia considerados en las estimaciones se mencionan a continuación.

*-Potencial cobertura de la demanda de leña per cápita:* Para la estimación de la demanda de leña per cápita, se utilizó la referencia dada por Picchi (2003) de 3,6 kg/hab.día. El empleo de leña es común en la zona, principalmente en el sector alto que no tiene acceso a otras fuentes de combustibles, pero no existen actualmente planes de manejo con base científica, ni estimaciones sobre la oferta sostenible potencial de los ambientes y el nivel de cobertura de la demanda. Para el sector bajo, se consideró que la demanda de leña desde los hogares es relativamente baja, ya que la población de esta zona tiene acceso a las redes de gas natural (si bien todavía con insuficiente cobertura), o los centros de venta de gas en garrafa, por lo cual no se incluyó en las estimaciones.

*-Potencial cobertura de la demanda de leña para procesos productivos:* Los datos relevados a campo permitieron estimar el consumo de leña para estufas de secado de la producción tabacalera (tabaco Virginia), actividad considerada como uno de los principales procesos productivos demandantes de este recurso. En el municipio, sólo un 19% realiza la variedad Virginia, y de éstos, el 90% utiliza secado a leña (de un total de 83 productores). La demanda de leña anual para esta actividad, varía según la cantidad de estufadas necesarias para el secado de toda la producción de tabaco (cantidad de veces que las estufas son cargadas con tabaco). Y en relación directa, la producción total de tabaco (sin tener en cuenta otros factores) está directamente relacionada con la superficie cultivada por el productor. Puede considerarse que se demandan 8m<sup>3</sup> de leña por estufada. En cada estufada se secan 2 ha de tabaco aproximadamente. Las categorías de productores consideradas son: i) productores que cultivan hasta 10 ha, ii) los que cultivan hasta 20 ha; iii) los que cultivan hasta 50 ha; iv) los que cultivan hasta 100 ha y por último, v) los que poseen o utilizan hasta 150 ha. La cobertura de la demanda de leña se analizó a la luz de todos los tipos de biomasa lignocelulósicos estudiados.

*-Potencial cobertura de la demanda de gas natural para procesos productivos:* Si bien no es una situación corriente en el municipio que los productores utilicen gas natural desde la red para el secado de tabaco en estufas, sí es una situación corriente en municipios aledaños del Valle de Lerma. Por tanto, se estudió la posibilidad de que la biomasa residual agrícola (principalmente tabacalera) sea empleada en este proceso, sustituyendo parte del consumo de gas natural desde la red. Se analizaron diferentes escenarios posibles de encontrarse en el municipio (como así en el Valle de Lerma, ver Manrique et al., 2009b), combinando las variables: tamaño de superficie cultivada, tipo de cultivo realizado (sólo Virginia o cultivo mixto Virginia-Criollo) y rendimiento de los cultivos. Con los datos recabados, se realizó la estimación del reemplazo de energía fósil en fincas tabacaleras, partiendo del reconocimiento de que la producción de calor en una caldera, sustituyendo parcialmente a los combustibles fósiles (gas natural) actualmente utilizados por la finca, era la más sencilla de las posibilidades de aprovechamiento energético de los residuos de biomasa. Para conocer la sustitución potencial de los combustibles fósiles, fue necesario evaluar, en primer lugar, la cantidad y calidad de los recursos de biomasa propios o de los productores cercanos. Se consideraron los siguientes datos, ya obtenidos en etapas anteriores: a) cantidad disponible de biomasa residual agrícola (tabaco) (kg/ha); b) cantidad disponible anual total en la superficie (t); c) poder calorífico inferior (PCI<sub>0%</sub>) a humedad cero; d) porcentaje de humedad del recurso (se trabajó con 12% de humedad); e) factor corrector por humedad (13.000 kJ/kg) y f) energía anual disponible (GJ/año).

Caso	Superficie cultivada (ha)	Variedad	Rendimiento cultivo (kg/ha)	Consumo de gas anual (m <sup>3</sup> )
1	10	Virginia	1.800	25.200
2	20	Virginia	2.000	50.400
3	50	Virginia	2.200	100.800
4	10	Virginia/ Criollo	1.800/1.800	12.600
5	20	Virginia/ Criollo	2.000/2.000	25.200
6	50	Virginia/ Criollo	2.200/2.200	50.400

*Tabla 3. Escenarios considerados como situaciones posibles del municipio. Se asume que la superficie cosechada es igual a la cultivada. Se considera 50% de cada variedad en todos los casos que se menciona el cultivo mixto V-C.*

En segundo lugar, fue necesario conocer el consumo anual de combustibles fósiles. En particular, sólo los productores que siembran tabaco Virginia tienen estufas en sus predios, generando un mayor consumo energético. Interesó específicamente estimar el consumo de gas natural, dejando de lado la electricidad demandada, ya que sólo el primer recurso podría ser sustituido fácilmente. Los esquemas metodológicos seguidos pueden ser utilizados modificando los valores de las variables que interesen profundizar (análisis de sensibilidad). Los datos recabados fueron: a) consumo anual de combustible fósil

(m<sup>3</sup>N); b) PCS del combustible (9.300 kcal/m<sup>3</sup>N); c) energía térmica consumida anualmente (cantidad anual por PCI o cantidad anual, en GJ). Como estudios de caso, y en un análisis de sensibilidad, se consideraron las situaciones planteadas en la Tabla 3.

Los cálculos son siempre sobre productores que trabajan con la variedad Virginia, que es la que mayor consumo de gas natural implica. El bajo consumo energético desde combustibles fósiles de las fincas productoras de tabaco Criollo, quizás no justificaría la necesidad de reemplazo de combustible, aunque mayores datos son necesarios.

*-Demandas eléctricas: potencial cobertura de electricidad.* Se estimó la cobertura de electricidad que potencialmente podrían realizar los distintos tipos de biomasa estudiados, siguiendo el valor de consumo de electricidad anual per cápita sugeridos por la CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica, 2007), y utilizados en el Documento de Referencia de la Huella de Carbono (SAyDS, 2008). Este valor es de 1.200 kWh/per cápita.año. En el caso de la posibilidad de generación de electricidad desde estos recursos de biomasa, se aplicó un valor de eficiencia de 28%, asumiendo que se emplearían dispositivos y sistemas en funcionamiento en el Valle de Lerma, que presentan valores cercanos a éste (centrales de conversión eléctrica).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Oferta total de bioenergía

La estimación de la oferta total de bioenergía del municipio, se muestra en la Tabla 4.

Tipo de biomasa	Biomasa		Bioenergía	
	(t/año)	(Gcal/año)	(GJ/año)	(tep/año)
Residuos de tabaco Criollo	427	1.112	4.648	111
Residuos de tabaco Virginia	142	369	1.543	37
Residuos de ají	74	192	804	19
Biomasa anual de Acacias	1.570	5.164	21.585	516
Biomasa anual Chaco	23.249	81.372	340.137	8.124
Biomasa anual Yungas	3.189	11.162	46.657	1.114
Biomasa anual arbustales	429	1.502	6.276	150
<b>Total</b>	<b>29.080</b>	<b>102.397</b>	<b>427.989</b>	<b>10.222</b>

Tabla 4. Bioenergía disponible anualmente desde cada uno de los recursos de biomasa del municipio. Para el ambiente de arbustales, se considera un valor de biomasa que descuenta el aporte energético de las Acacias spp.

El subsector agrícola (residuos de tabaco y ají) aporta un 2,3% de la oferta total de bioenergía que existe en el municipio al considerar los recursos ya mencionados, mientras que el subsector de biomasa leñosa significa el 97,7% restante. En la Figura 1 pueden observarse las contribuciones relativas al total general, de todos los recursos estudiados.

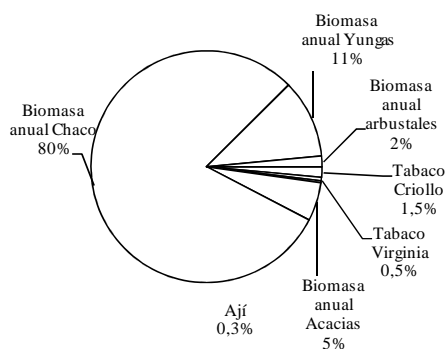


Figura 1. Aporte porcentual de cada tipo de recurso a la oferta de bioenergía (Gcal/año) del municipio. "Biomasa anual" significa la oferta anual disponible del crecimiento de los ecosistemas considerados.

Las estimaciones realizadas deben ser precisadas con mayores investigaciones y trabajos de terreno. Los estudios efectuados sobre cuatro especies del arbustal (Manrique et al., 2009a), permiten tener una mejor aproximación sobre el potencial energético de este ambiente, por ejemplo, lo cual debería repetirse para cada especie identificada con potencial de manejo, en cada ambiente, ya que todavía es poca la información científica con la que se cuenta para que las decisiones tengan mayor solidez y respaldo, en relación con aspectos biológicos y ecológicos. De manera preliminar, la cobertura de las demandas energéticas a partir de esta oferta se muestra a continuación.

### Satisfacción de demandas energéticas del municipio

#### -Potencial cobertura de la demanda de leña per cápita

La estimación de la demanda de leña del sector alto, que teóricamente debería poder cubrir sus demandas energéticas con leña obtenida desde los ambientes naturales, se muestra en la Tabla 5.

Sector	Población	Demanda		
		(kg/día)	(t/año)	(GJ/año)
Alto	2.200	7.920	2.891	42.293

Tabla 5. Demanda de leña del sector alto del municipio.

Las estimaciones realizadas indican que se necesitarían un mínimo de 2.900 t/año para cubrir la demanda de leña de la población del sector alto. En relación con la oferta del ambiente de Yungas, desde el cual esta población cubre – posiblemente- sus demandas, puede observarse que ésta alcanzaría a satisfacer de manera casi exacta la demanda y presión sobre este ambiente (Tabla 6).

	Oferta (t/año)	Demanda (t/año)	Cobertura de la demanda (%)
Biomasa Yungas	3.190	2.891	110

Tabla 6. Oferta de leña anual del ambiente de Yungas del municipio.

*-Potencial cobertura de la demanda de leña para estufas*

Interesó incorporar en los cálculos la demanda de leña para el secado del tabaco (Virginia, específicamente), desde el sector bajo del municipio. En este sector existen alrededor de 83 productores que se dedican a la actividad tabacalera, con una superficie promedio cultivada de 676 ha (20% cultivada con tabaco Virginia, 70% cultivada con tabaco Criollo y 10% cultivada con ají).

De estos productores, sólo un 19% realiza tabaco Virginia, y dentro de éstos, casi el 90% utiliza leña en las estufas para el secado de tabaco. El consumo de leña por estufas sería como se muestra en la Tabla 7.

	Superficie (ha)	Productores (% del total)	Cantidad de personas	Cantidad de estufadas	Leña demandada por ciclo (m <sup>3</sup> )	Leña demandada por categoría (m <sup>3</sup> /año)
14 productores	10	5	1	5	40	40
	20	10	2	10	80	160
	50	45	7	25	200	1.400
	100	20	2	50	400	800
	150	20	2	75	600	1.200
Total		100	14			3.600

Tabla 7. Estimación de demanda de leña desde estufas de secado de tabaco en el municipio.

La demanda total anual de leña calculada (3.600 m<sup>3</sup>/año), representará para cada ecosistema de la zona, un tonelaje anual diferencial en función de la densidad promedio de la madera de las especies presentes. Cabe aclarar que los cálculos consideran la estimación de leña real demandada, no así el volumen comercial que esta leña representaría, considerando su densidad aparente (como “m<sup>3</sup> comercial” para transporte o en pila). Utilizando los valores de la Tabla 8 (Manrique et al., 2011), la demanda anual de leña sería:

	Yungas	Chaco	Arbustal	Acacias	Promedio
Densidad (t/m <sup>3</sup> )	0,745	0,766	0,695	0,937	
Toneladas/año	2.682	2.758	2.502	3.373	2.829

Tabla 8. Estimación de demanda en peso, del volumen de leña requerido por el sector tabacalero.

Considerando la oferta de biomasa natural de los ambientes aún no incluidos en los cálculos, y la demanda de leña estimada, se presentan los datos de la Tabla 9.

	Oferta (t/año)	Demanda (t/año)	Cobertura (%)
Biomasa anual de Arbustales (sin Acacias)	429		15
Biomasa anual Chaco	23.249	2.829	820

Tabla 9. Oferta anual de leña estimada para cada ambiente de estudio.

La leña disponible desde el ambiente de arbustales, descontando la oferta de Acacias, sólo podría cubrir un 15% de la demanda del sector tabacalero. Esto implicaría la intervención del ambiente de Chaco, cuya oferta es 8 veces superior a esta demanda. Si otras demandas locales se incorporan a los cálculos (incluso la demanda de madera para industrias forestales), seguramente la oferta es menor. La ausencia de un manejo planificado, es un ingrediente común en las intervenciones de las masas boscosas de la zona.

Tipo de biomasa	Oferta (t/año)
Residuos de tabaco Criollo	427
Residuos de tabaco Virginia	142
Residuos de ají	74
Biomasa en pie Acacias	1.570
Total	2.213

Tabla 10. Oferta de biomasa desde los residuos agrícolas y Acacias en el municipio.

Las fuentes de recursos disponibles, como los residuos agrícolas, deberían ser incorporadas en los esquemas de manejo. La oferta total de materia seca por año, considerando estos recursos y la oferta desde Acacias, sería de más de 2.213 t/año, como se observa en la Tabla 10.

Si los 14 productores que demandan leña en sus estufas de secado de tabaco Virginia, utilizan estos recursos (Tabla 10), aún quedaría un 22% de la demanda no cubierta. Por tanto, el 100% de la demanda anual de leña del sector alto (2.900 t/año), más –como mínimo– un 22% de la demanda de leña desde estufas de tabaco (616 t/año), deberán ser cubiertas por los bosques nativos de la zona. El diseño e implementación de planes de manejo, resultan por tanto, fundamentales.

El uso de la bioenergía estudiada podrá traer aparejado un margen de beneficios económicos y financieros, por los ahorros en combustibles fósiles que podría representar para los habitantes (Goldemberg, 2004; García Ortega y Cantero, 2005; Honty y Gudynas, 2007) o aún la disminución de la presión por demanda de leña sobre los bosques nativos. La biomasa estudiada se genera de manera continua y se encuentra disponible a poca distancia de los lugares donde se podría realizar su aprovechamiento. Esto es importante porque en muchos casos, la dispersión y los bajos volúmenes en que se encuentran algunos tipos de biomasa, dificulta su aprovechamiento (Antolín Giraldo et al., 2000; Bonilla, 2005).

#### -Potencial generación de electricidad

En el caso de la electricidad, el total de bioenergía disponible desde la biomasa total estudiada, podría cubrir las demandas eléctricas de alrededor de 2.000 personas (500 hogares aproximadamente) del municipio, un 50% de la población del municipio (para un 28% de eficiencia de conversión) (Tabla 11).

Tipo de biomasa	Oferta		Cobertura de la demanda
	(kWh/año)	(kWh/año)*0,28	(n° hab.)
Tabaco Criollo	1.299.200	363.776	303
Tabaco Virginia	428.040	119.851	100
Ají	222.720	62.362	52
Acacias	5.990.240	1.677.267	1.398
Total cubierto	7.940.200	2.223.256	1.850

Tabla 11. Potencial cobertura de la demanda de electricidad por empleo de diferentes recursos de biomasa (se asume un 28% eficiencia de conversión).

La variación de la cobertura de la demanda de electricidad del municipio, en función de la eficiencia de conversión del dispositivo empleado, puede observarse en la Figura 2. En una aproximación teórica, la cobertura de la demanda podría oscilar (considerando el potencial de todos los tipos de recursos juntos) desde 600 personas hasta cerca de 6.000 personas.

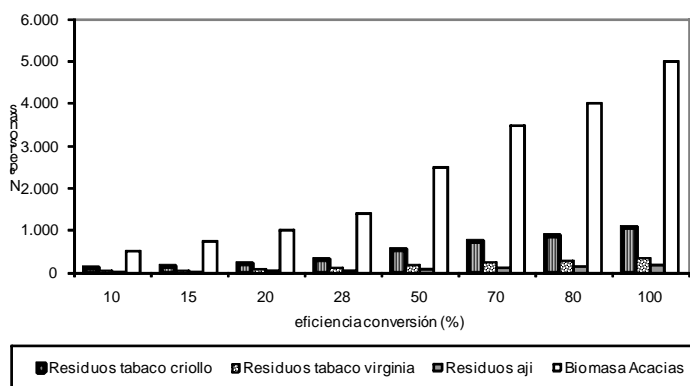


Figura 2. Demanda de electricidad anual cubierta por cada tipo de recurso de biomasa (en número de habitantes), en función de la eficiencia termodinámica de conversión aplicada.

Deberán ajustarse estos valores en función del tipo de tecnología de conversión que se utilice y su real eficiencia (Battero, 1996; Consejo Mundial de la Energía, 2004; Estrada y Zapata Meneses, 2004).

La estacionalidad de los recursos, y las inversiones necesarias para mantener en funcionamiento una central eléctrica de estas características, posiblemente resulten restrictivas para la zona. En este caso, para lograr la cobertura eléctrica de las familias que aún carecen de ella en la zona baja, sería más conveniente extender las redes eléctricas existentes, aprovechando estos residuos para generación de calor dentro de las mismas fincas. De otra manera, la venta de tales residuos para un emprendimiento de mayor envergadura, que abarque varios municipios, quizás resulte una opción factible.

En cualquier caso, evitar la quema indiscriminada actual que ocurre en el municipio y en otros alrededores donde predomina la variedad de tabaco Criollo, que además de contaminación implica el desperdicio de la energía contenida en los mismos, será beneficioso.

## CONCLUSIONES

Si bien existen diversas aplicaciones posibles para los recursos de biomasa disponibles en el municipio (algunas de las cuales podrían ser más factibles que otras cuando se incorporen en los análisis factores económicos, técnicos u otros), el conocimiento previo de las demandas energéticas reales de la población, permitió circunscribir el abanico de opciones posibles. Las principales aplicaciones consideradas fueron: calóricas y eléctricas.

El análisis de los alcances y restricciones de la oferta de biomasa del municipio frente a las distintas aplicaciones, permitió observar que existen objetivos concretos de bioenergía que podrán ser cubiertos. Sin embargo, también permite tomar conciencia de las restricciones de la bioenergía, y la necesidad de otorgarle prioridad de uso a cada recurso, a fin de que puedan cubrirse las demandas energéticas locales antes que las externas.

El ecosistema de Yungas, que presenta importantes signos de deterioro, podría satisfacer las demandas energéticas del sector montañoso del municipio (sector alto), siempre y cuando se desarrolle y ejecute un plan de manejo del mismo.

La demanda de leña para estufas de secado de tabaco (en el sector bajo), podría ser cubierta sólo parcialmente por la categoría de residuos agrícolas estudiados. Si estos residuos son utilizados dentro de las mismas fincas en donde son generados, se podría obtener un beneficio importante en cuanto a sustitución de combustibles fósiles, como así, la disminución de la presión por demanda de leña que actualmente se satisface desde los ecosistemas naturales, sin un plan de manejo. Si esta oferta de biomasa residual es empleada para el fin señalado dentro de las fincas (secado de tabaco), igualmente sería necesario intervenir el ecosistema de Chaco, para cubrir el porcentaje restante de la demanda no satisfecha.

No existen soluciones únicas para el empleo de los recursos de biomasa. Sin embargo, sí existe una única base física que debe ser manejada apropiadamente a fin de perpetuar sus beneficios en el tiempo. Los resultados del presente trabajo, permitirán el diseño y la implementación de instrumentos políticos efectivos para manejar de manera integral los suministros de biomasa.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONICET por la beca post-doctoral otorgada a la Dra. Manrique. Al IRNED (Instituto de Recursos Naturales y Ecodesarrollo) de la Facultad de Ciencias Naturales (UNSA) y especialmente al Lic. Virgilio Núñez por la facilitación de instrumental, apoyo logístico para tareas de terreno y confección de mapas. Se reconoce y agradece los valiosos aportes y comentarios del Dr. Lucas Seghezzi y el esfuerzo realizado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente que participaron de las tareas de campo. Este trabajo se desarrolló asimismo en el marco del proyecto CIUNSA N° 2.134.

## REFERENCIAS

- Antolín Giraldo G., González Falcones L., Díez Castilla S. y López Alonso R. (2000). Evaluación del potencial de aprovechamiento energético de la biomasa de Castilla y León. Cartif. España.
- Battero P. (1996). La estufa a leña de alto rendimiento. En: Aplicación de energías renovables para el desarrollo rural. INTA-INCUBO. Seminario-taller. Santa Fe. Argentina.
- Bertinat P. (2007). Agrocombustibles. Argentina frente a una nueva encrucijada. Fundación Heinrich Böll. Ed. Inercia. Argentina. 28 p.
- Bonilla Y. et al. (2005). Consumo de biomasa leñosa como fuente energética en la comunidad Sitio Del Infierno, Municipio Viñales, Provincia de Pinar del Río. Taller por el Desarrollo Forestal Sostenible. La Habana, Cuba.
- BP (Beyond Petroleum). (2008). Statistical Review of World Energy June 2008. [www.bp.com/statisticalreview](http://www.bp.com/statisticalreview).
- Cabrera A. (1994). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Primera reimpresión. Editorial Acme S.A.C.I. Tomo II (1). Buenos Aires.
- Chenlo Castro J.M. (2006). Curso Postgrado Mecanismo de Desarrollo Limpio, Protocolo de Kyoto y Créditos de Carbono. Instituto de la Energía. Buenos Aires. Argentina.
- CME (Consejo Mundial de la Energía). (2004). Comparación de los sistemas energéticos utilizando evaluación del ciclo de vida. Informe Especial. Comité Argentino. 77 p.
- CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica). (2007). Electricidad Fuente: [http://www.cab.cnea.gov.ar/divulgacion/consumo/m\\_consumo\\_f7.html](http://www.cab.cnea.gov.ar/divulgacion/consumo/m_consumo_f7.html).
- Cutuk R. y Piacentini F. (2004). Diagnóstico y Plan de Acción del Municipio de Coronel Moldes. Consejo Federal de Inversiones. Salta. 83 p.
- Demirbas A.H. y Demirbas I. (2007). Importance of rural bioenergy for developing countries. Energy Conversion and Management 48:2386-2398.
- EIA (Energy Information Administration). (2007). Annual energy outlook 2007 with projections to 2030. Washington (DC): US Department of Energy.
- Estrada C.A. y Zapata Meneses A. (2004). Gasificación de biomasa para producción de combustibles de bajo poder calorífico y su utilización en generación de potencia y calor. Scientia et Technica. Año X. (25). UTP.
- FAO (Food and Agricultural Organization). (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.
- FUNIF (Fundación para la Integración Federal). (1997). Proyecto: diseño de instrumentos para una política productiva para la provincia de Salta. Salta. Argentina.

- García Ortega J.L. y Cantero A. (2005). *Renovables 2050. Un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España Peninsular- Greenpeace*. 36 p.
- GENREN (Programa de Generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables). Argentina. (2007). <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3065>.
- Goldemberg J. et al. (2004). *World Energy Assessment. Overview 2004 update*. New York. United Nations Development Programme.
- Haas R., Nakicenovic N., Ajanovic A., Faber T., Kranz L., Muller A. y Resch G. (2008). *Towards sustainability of energy systems: A primer on how to apply the concept of energy services to identify necessary trends and policies*. *Energy Policy* 36, 4012–4021.
- Honty G., y Gudynas E. (2007). *Agrocombustibles y desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. Serie Observatorio del Desarrollo*, disponible en <http://www.agrocombustibles.org>. CLAES. Centro Latino Americano de Ecología Social. Desarrollo, Economía, Ecología y Equidad. América Latina.
- IEA (International Energy Agency). (2011). *Key world energy statistics – 2011 edition*. Paris (France): OECD/IEA.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2001). <http://www.Indec.Gov.Ar/Webcenso/Index.Asp>.
- IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change). (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación*. Ginebra, Suiza, 104 págs.
- Manrique S., Franco J., Núñez V. y Seghezzo L. (2008). *Potencial Energético de Biomasa Residual de Tabaco y Ají en el Municipio de Coronel Moldes (Salta – Argentina)*. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente AVERMA* 12 (6), 87- 94. Argentina. ISSN 0329-5184.
- Manrique S., Franco J., Núñez V. y Seghezzo L. (2009a). *Índice de Valor Combustible de arbustales naturales y su potencialidad como cultivos energéticos*. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente AVERMA* 13 (6), 47-56. Argentina. ISSN 0329-5184.
- Manrique S., Franco J., Núñez V. y Seghezzo L. (2009b). *Alternativa bioenergética en el Valle de Lerma, Salta (Argentina)*. Trabajo presentado oralmente en el 1º Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables, con publicación de trabajo completo en CD- libro. Universidad Nacional de Villa María, Córdoba. 11-13 Noviembre de 2009.
- Manrique, S., Franco J., Núñez V. y Seghezzo L. (2011). *Potential of native forests for the mitigation of greenhouse gases in Salta, Argentina*. *Revista Biomass and Bioenergy* 35(5), 2184-2193. ISSN: 0961-9534. DOI information: 10.1016/j.biombioe.2011.02.029.
- Manrique S.M. y Franco J. (2012). *Biomasa potencial y disponible en el municipio de Coronel Moldes (dpto La Viña), Salta, Argentina*. Presentado para la XXXV Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES) y XXI Reunión de la Sección Argentina de la Asociación Internacional para la Educación en Energía Solar (IASSEE). Rosario, Santa Fe. Octubre de 2012.
- Picchi C. (2003). *Estimación del consumo de leña para uso doméstico en los alrededores de San Salvador de Jujuy*. *Boletín Desideratum Año I (7) del INTA*.
- REN21 (Renewable Energy Network for the 21st Century).(2008). *Renewables 2007 Global Status Report*” (Paris: REN21 Secretariat and Washington, DC: Worldwatch Institute). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- SAyDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable). (2008). *Documento de referencia de la huella de carbono*. [www.ambiente.gov.ar/cambio\\_climático](http://www.ambiente.gov.ar/cambio_climático).
- SEN (Secretaría de Energía de la Nación). (2011). *Estadísticas nacionales sobre distribución y consumo de fuentes de energía*. Argentina.
- SEP (Secretaría de Energía de la Provincia). (2011). *Estadísticas energéticas*. Salta, Argentina.
- Tomei J. y Upham P. (2009) .*Argentinean soy-based biodiesel: an introduction to production and impacts*. Tyndall Working Paper no.133. /[http://tyndall.ac.uk/publications/working\\_papers/twp133.pdf](http://tyndall.ac.uk/publications/working_papers/twp133.pdf).
- WEC (World Energy Council). (2007). *Survey of Energy Resources. Executive Summary. Promoting the sustainable supply and use of energy for the greatest benefit of all*.

## ABSTRACT

In the municipality of Coronel Moldes there are various biomass resources that currently lack a rational planning of use: some are over-exploited while others are sub-exploited. This work sought to integrate supply and demand for bioenergy, analyzing amount and type of the feasible energy demands be covered with the available biomass resources: agricultural residues (Criollo and Virginia tobacco and Chili) and annual biomass of natural ecosystems (Chaco, Yungas and shrubland). They were analysed: thermal demands for domestic use and production processes, possible replacement of natural gas required in tobacco barns and annual per capita electricity demands. Factors and coefficients used at the national level were used. While there is not an alternative only to the use of resources, there are scope and limitations specific to each of them. Planning and managing them would meet specific local energy objectives.

**Keywords:** bioenergy, biomass, energy meets, fuels substitution.