

INDICE DE VALOR COMBUSTIBLE DE ARBUSTALES NATURALES Y SU POTENCIALIDAD COMO CULTIVOS ENERGETICOS

Silvina Manrique¹, Judith Franco², Virgilio Núñez³ y Lucas Seghezzo²

Instituto Nacional en Energías No Convencionales (INENCO); Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Instituto de Recursos Naturales y Medio Ambiente (IRNED), Facultad de Ciencias Naturales.

Consejo de Investigaciones de la UNSa. (CIUNSa).

Universidad Nacional de Salta. Avda. Bolivia 5150, A 4408 FVY Salta, Argentina

Tel.: 0387-4255533 – E-mail: silmagda@unsa.edu.ar

RESUMEN

Grandes superficies del Valle de Lerma (Salta, Argentina) están cubiertas de arbustales y matorrales, con numerosas especies multipropósito y proveedoras de un gran número de bienes y servicios. Sin embargo, estas formaciones - cuyo nivel de degradación va en aumento- no han sido objeto de medidas de manejo concretas. Se consideraron potenciales cultivos energéticos. Cuatro especies fueron estudiadas: *Acacia caven*, *A. aroma*, *A. furcatispina* y *A. praecox*. Considerando el promedio de biomasa y poder calorífico inferior obtenidos, se tiene una disponibilidad energética de entre 190 a 230 GJ/ha – aproximadamente-, lo que implica un potencial energético municipal de alrededor de 1.3 a 1.6 millones de GJ. *A. caven* y *A. aroma* muestran las mejores cualidades combustibles. Cultivos dedicados y de oportunidad son potencialmente factibles de ser implementados en la zona. Sin embargo, son necesarias mayores investigaciones sobre aspectos de reproducción, plantación, manejo y cosecha de estas especies consideradas como energéticas.

Palabras clave: arbustales, Acacia, Valle de Lerma, bioenergía, cultivo energético, índice de valor combustible.

INTRODUCCION

Los cultivos energéticos

La necesidad de adoptar fuentes de energía alternativas, renovables y menos contaminantes que los combustibles fósiles, ha colocado a la biomasa en la mira mundial, considerando su gran potencialidad y diversidad (Mickler et al., 2002; Dickman, 2006). En un estudio reciente, Ericsson (2006) menciona que del potencial total de la biomasa, menos de un 10% es actualmente utilizable de forma ambientalmente sostenible con las tecnologías disponibles. Esta cifra es, no obstante, más de cuatro veces superior a la cantidad de energía primaria obtenida hoy en día de la misma, por lo que puede afirmarse que existe aún un amplio potencial del recurso para utilizar en un futuro. Este potencial es importante tanto en los países en vías de desarrollo, como en los industrializados (Puigdevall y Galindo, 2007).

El término biomasa incluye una gran variedad de recursos, que pueden ser de origen natural o antropogénico (es decir, generados a partir de actividades humanas productivas y de servicios) (Carrasco, 2007). Dentro de los primeros se incluye a la biomasa que se genera de bosques y ecosistemas naturales, tanto por la dinámica natural del sistema (caída de ramas, troncos) como en forma de árboles y plantas en general, que pueden utilizarse para la obtención de energía. Este tipo de biomasa constituye la forma de energía tradicional en la mayor parte de los países en vías de desarrollo (Turker y Turker, 1997; WWI, 2006; Munalula y Meincken, 2008). Por otra parte, cuando la vegetación ya sea anual o perenne, leñosa o herbácea, se utiliza con el único fin de obtener biomasa aprovechable como combustible, se denomina *cultivo energético*, y puede ser destinado al sector automotriz o para producir calor o electricidad (Carruthers, 1980; Carrasco, 2007; Christian et al., 2008). Existen tres tipos de razones que justifican la existencia de un interés creciente en el desarrollo de estos cultivos: reducción de emisiones de CO₂ atmosféricos, medio alternativo como fuente de riqueza para el sector primario y diversificación de las fuentes de energía (Secretaría de Energía, 2004; Maser et al., 2005).

Generalmente los cultivos energéticos son de las mismas especies agrícolas o forestales tradicionalmente utilizadas, como por ejemplo chopo, sauce o eucalipto, pero con distintas condiciones de cultivo (Hathaway y Van Kraayenoord, 1980; Van de Walle, 2007). Estas especies, cuando van a ser destinadas para uso energético, se cultivan en turnos de corta menores y densidades de plantación mayores que cuando se destinan a la producción de madera o papel, utilizándose la madera de los rebrotes, por lo que no es necesario sembrar tras cada corta. Este sistema de cultivo se denomina SRC (*Short Rotation Coppice*) (Begley et al., 2008; Rowe et al., 2009). La limitante para estos cultivos pareciera ser su gran exigencia de agua y el balance entre la extracción y reposición de nutrientes del suelo (Tricker et al., 2008; Hoogwijk et al., 2009; Zalesny et al., 2009). Otras especies perennes herbáceas como *Miscanthus giganteus* y *Cynara cardunculus* o anuales como *Brassica carinata* y *Sorghum sp.*, también son estudiadas con fines energéticos (Olufayo et al., 1997; Cardone et al., 2003; Christian et al., 2008; Gasol et al., 2009; Angelini et al., 2009).

¹ Becaria Doctoral del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

² Investigador Adjunto CONICET. Instituto de Investigación en Energía No Convencional (INENCO)

³ Director Instituto de Recursos Naturales y Ecodesarrollo (IRNED)

La posibilidad de realizar cultivos energéticos ha creado una gran controversia en el planteamiento de la asignación de recursos escasos como tierra y agua, imprescindibles para atender la necesidad de alimentación mundial (Richardson y Verwijst, 2005; Bertinat, 2007; Srinivasan, 2009). Sin embargo, existen dos categorías de cultivos energéticos que deben discriminarse: *cultivos de oportunidad* que son aquellos que pueden ser cosechados desde áreas donde crecen naturalmente sin alterar el uso de la tierra tradicional; y los *cultivos dedicados*, los cuales implican el establecimiento de cultivos anuales o perennes con especies exóticas o silvestres productivas sobre tierras fértiles (Callaghan et al., 1980; Lawson y Callaghan, 1980). La primera categoría, que implica mínima competencia con otros usos de la tierra, debería proveer una de las principales formas de producción de energía, económica, ambiental y socialmente aceptable (Palz et al., 1980; Bertinat, 2007). Además, existen datos que muestran que la vegetación natural puede tener un mayor rendimiento que los cultivos agrícolas o árboles (Lawson y Callaghan, 1980).

Por otra parte, las plantaciones energéticas *dedicadas* en tierras degradadas o sitios subutilizados, son una opción viable para favorecer los cambios en la utilización de combustibles y ha cobrado interés como posibilidad de satisfacer las necesidades básicas de las comunidades rurales (energía, forraje, alimentación y productos no maderables) y recuperar la fertilidad de los suelos de esas tierras (Goel y Behl, 2001). La producción de biomasa posee el potencial para mejorar tierras contaminadas (Goor et al., 2001; Vandenhove et al., 2002), sitios mineros (Bungart et al., 2000) y tierras agrícolas (Updegraff et al., 2004; Skarback y Betch, 2005), como así, para recuperación de sitios salinos (Sochacki et al., 2007). Además de los beneficios ambientales locales, la producción de energía renovable desde biomasa puede tener impactos benéficos a escala global al actuar como sustituta de petróleo o carbón para la generación de energía, reduciendo las emisiones de CO₂ (Ericsson, 2006). Otras emisiones como sulfuros, nitrógeno, mercurio, pueden también ser evitadas a través de la generación de energía basada en biomasa (Bryan et al., 2008).

Es imperativo por tanto, identificar y evaluar la capacidad de especies naturales disponibles de proveer, con un SRC, alta calidad de combustibles (y según el caso, forraje y madera) ya sea como *cultivos dedicados* o *de oportunidad* (Goel y Behl, 1996). Sin embargo, tal información sobre la vegetación natural, sus posibilidades de uso y cualidades como cultivo energético no es abundante (Singh y Khanduja, 1984; Jain y Singh, 1998). Goel y Behl (1995) estudiaron la calidad de madera de especies leñosas seleccionadas con fines de energía (de los géneros *Acacia*, *Prosopis*, *Terminalia* y *Sesbania*) en relación a la edad del árbol, con el objetivo de establecer ciclos rotativos de cosecha en plantaciones sobre suelos degradados (alcalinos). Dichos autores comparan las características combustibles de varias especies utilizando el 'Fuelwood Value Index' (FVI) y concluyen que una alta densidad de madera, alto poder calorífico, baja humedad y contenido de cenizas, son características deseables para una buena calidad de material combustible. Otros autores trabajaron con el FVI y constatan esta afirmación (Singh y Khanduja, 1984; Puri et al., 1994; Jain y Singh, 1999). Según Goel y Behl (1995) las especies estudiadas de los géneros *Prosopis* y *Acacia*, producen mayor cantidad de combustible en cortas rotaciones que otras especies.

Abustales y matorrales del Valle de Lerma

Grandes zonas del Valle de Lerma, provincia de Salta, han sido categorizadas como arbustales y matorrales (Nuñez et al., 1997), denotando sitios donde la vegetación rala se mezcla con algunas leñosas dispersas de especies de *Prosopis*, *Acacia*, *Celtis* y *Brea*, entre otras, muchas de las cuales aparecen formando bosques casi puros y entremezclados con matorrales altos de gramíneas de los géneros *Paspalum*, *Setaria*, *Chloris*, *Trichloris*, *Aristida*, *Sorgum*. Según el Primer Inventario Forestal Nacional estas áreas corresponden a la categoría de *otras tierras forestales* y dentro de ella, a la de *arbustales*, los cuales se diferencian -dentro de la provincia fitogeográfica de Chaco- como una zona cubierta por arbustos con árboles aislados o pastizales en manchones, donde la altura de los arbustos raramente supera los 5 metros (SAyDS, 1998).

Dado que la principal fuente de energía para el sector rural ha sido por décadas la vegetación nativa y arbustiva, estos sitios están bajo una intensiva presión de utilización. Por otra parte, otras actividades de subsistencia como la ganadería u otras prácticas económicas, se han hecho a expensas del sobre-uso de estos recursos naturales, lo que ha llevado a un progresivo empobrecimiento de la estructura vegetal en gran parte del territorio (Morello y Saravia Toledo, 1959; Cabrera, 1993; Cony, 1995; Galaz Montero, 2004). Lo paradójico es que el empobrecimiento del recurso se traduce en un progresivo empobrecimiento de la gente que depende de él para su subsistencia (Brailovsky y Foguelman, 1992). Sin embargo, es posible revertir el proceso de degradación mediante el manejo de la vegetación arbustiva como un *cultivo energético de oportunidad* en los sitios donde se halla naturalmente, y como un *cultivo energético dedicado* pero sobre suelos degradados e improductivos, que, además de combustible, puede proporcionar sombra para el ganado, protección contra el viento, control de erosión, mejoramiento de la calidad paisajística, secuestro de carbono, entre otros (Callaghan et al., 1980). Dixon et al. (1994) mencionan que los SRC, aparte de las ventajas de conservación de la energía y rendimiento del cultivo, tienen el potencial para reducir las emisiones globales de gases efecto invernadero desde combustibles fósiles en más de 20%.

En este sentido, el estudio, evaluación y caracterización de estas formaciones es imprescindible a fin de poder conocer su potencialidad como cultivos energéticos y establecer pautas y planes de manejo para las mismas, que coadyuve a la renovación y supervivencia del bosque a largo plazo. Por tanto, el presente trabajo se planteó como objetivos: i) estimar la biomasa aérea total de las cuatro⁴ principales especies del estrato de arbustales y matorrales del municipio de Coronel Moldes, ii) caracterizar las mismas a partir de análisis de tejido vegetal y determinar el poder calorífico de cada una; iii) estimar el FVI comparando sus características combustibles, iv) relacionar los datos anteriores con sus características agroecológicas a fin de estimar su potencialidad de uso como cultivos energéticos y v) proponer algunas pautas de manejo del arbustal como SRC.

MATERIALES Y METODOS

4 El número cuatro se decidió en función de lo observado en terreno.

Área de estudio

El Valle de Lerma se ubica entre los 24° 25,61' y 25° 43,66' de latitud sur y los 65° 15,22' y 65° 46,60' de longitud oeste y tiene una superficie de aproximadamente 5.006 km². En el Valle, la categoría de arbustales y matorrales ocupa casi 70.000 ha (Núñez et al., 1997). La estratificación a partir de imágenes satelitales Landsat 7 y cartografía confeccionada por el proyecto CIUNSA N° 1345 de Ordenamiento Territorial del Valle de Lerma, permitieron delimitar zonas de arbustales de la zona sur del Valle que fueron examinadas en terreno. Se definió el departamento La Viña, municipio de Coronel Moldes, para los muestreos de campo. En este municipio Manrique et al. (2009) definieron una superficie de arbustales de 6950 ha.

Diseño de muestreo

Se realizó un muestreo estadístico aleatorio, con una muestra de 15 parcelas rectangulares, de 100 m² (20 m por 5m) (Figura 2) entre los meses de agosto y setiembre. A partir del análisis de antecedentes bibliográficos, trabajos previos en la zona (Núñez et al., 1997; Manrique et al., 2008; Manrique et al., 2009) y reconocimiento a campo, se seleccionaron cuatro especies (de alta densidad) para realizar su evaluación y caracterización:

- *Acacia aroma* Gillies ex Hook. y Arn (Tusca o Aromo)
- *Acacia caven* (Mol.) Molina (Churqui o espinillo negro)
- *Acacia furcatispina* Burkart (Garabato negro)
- *Acacia praecox* Griseb. (Garabato blanco o ña de gato)



Figura 1. Especies estudiadas

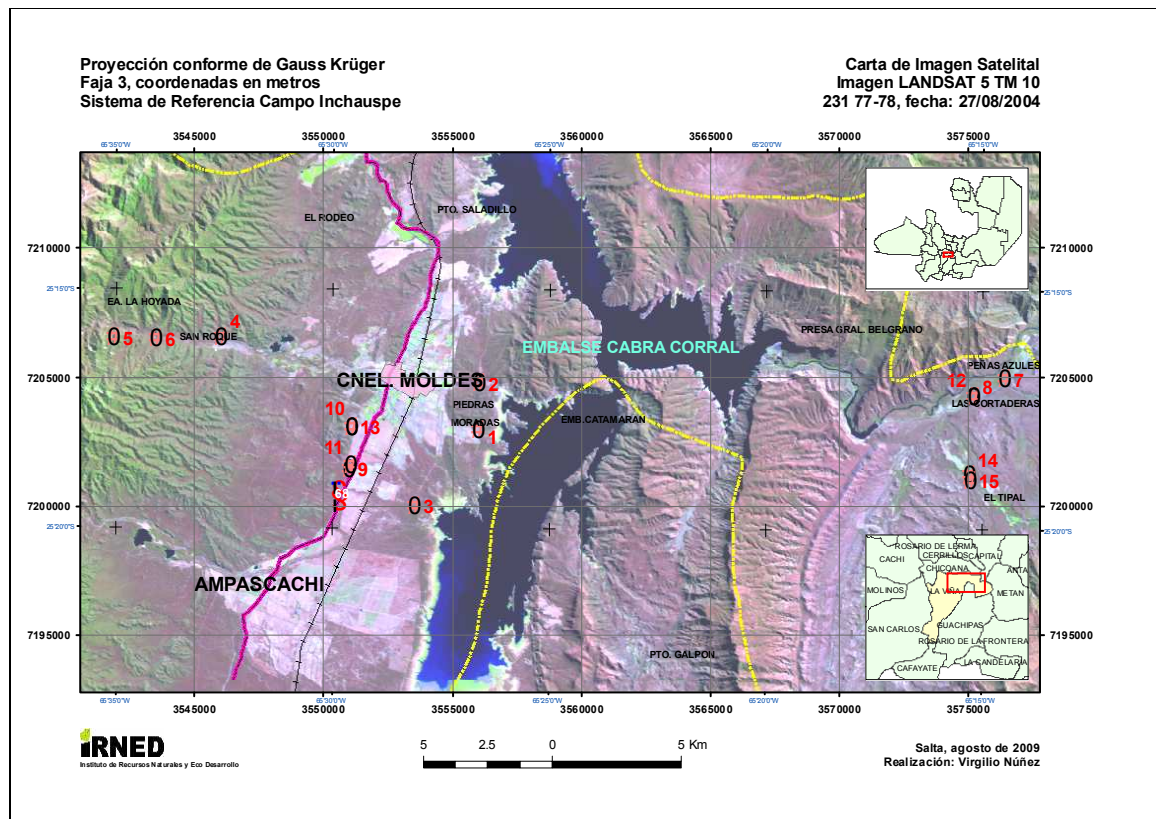


Figura 2. Ubicación geográfica de las parcelas

Pometti et al. (2009) mencionan que las especies del género *Acacia* tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y proveen madera para combustibles, extractos medicinales, taninos, gomas, madera, fibras, sombra y alimento para animales silvestres y domésticos, por lo que son consideradas como especies multipropósito por la FAO (2005) y otros autores (Casiva

et al., 2002; Giménez et al., 2008). Algunas especies de Acacia son usadas en programas de reforestación por jugar un importante rol en la lucha contra la desertificación de suelos degradados (Cony, 1995).

Procesamiento de muestras

Las muestras fueron secadas y molidas. Se hicieron las siguientes determinaciones: análisis inmediato (humedad y cenizas), análisis elemental (C y N) y análisis termoquímico (poder calorífico superior e inferior). Los ensayos se hicieron en el Laboratorio de Análisis Central del Instituto Nacional en Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Cerrillos; Facultad de Ciencias Exactas y Facultad de Ciencias Naturales de la UNSa⁵. El contenido de humedad (W) se obtuvo por secado de muestras en estufas a 80°C hasta peso constante. Los valores se expresaron en base húmeda. El contenido de cenizas (Z) se halló por gravimetría a 550°C en mufla durante 6 horas (base seca). El Nitrógeno se determinó por semi-micro Kjeldahl; el C por calcinación en mufla a 550°C durante 4 horas (Schlesinger y Hasey, 1981). El poder calorífico (P.C.S. y P.C.I.) se obtuvo mediante el empleo de una bomba calorimétrica Parr, modelo 1108, a partir de muestras previamente secas a 70°C y molidas (base seca).

Estimación de biomasa aérea total (BAT)

Según FAO (2005) la biomasa aérea de un bosque incluye toda la biomasa viva sobre el suelo, siendo el estrato arbóreo el que mayor aporte realiza al peso total. Este estrato puede estimarse mediante ecuaciones alométricas⁶ generales, obtenidas en sitios de características similares (Brown, 1997; Hernández, 2001; Nívar et al., 2004). Por tanto, se aplicaron dos ecuaciones alométricas: 1) Parra Valdés (2001) desarrollada para la especie *Acacia caven*, creciendo en Pencahue, VII región, Chile (ec.1), donde Y_f = peso seco del fuste (kg); $DMAC$ = diámetro mayor de copa (m); H = altura total (m) y 2) Zhou et al. (2007) propuesta para una especie multi-fustal de sitios abiertos (*Elaeagnus angustifolia*) de Montana (USA) (ec.2) y que ha sido mencionada como de validez para la zona (Manrique et al, 2009), donde MT = peso seco fuste (kg); D = DAP (cm) o diámetro a la base; H = altura hasta la primera rama de 2,5 cm (m).

$$\ln Y_f = 1.3999 + 1.7316 \ln (DMAC^2 \times H) \quad (\text{ec.1})$$

$$MT = 0.1368 (D^2 \times H)^{0.7559} \quad (\text{ec.2})$$

Se estimó la biomasa del fuste principal y se aplicó un coeficiente de 0.6 para estimar BAT por árbol, ya que ambos autores coinciden en que la biomasa del fuste es de 32 a 39% y la de las ramas entre 61-68% del peso total. Los BAT se sumaron en la parcela y el valor se extrapoló a hectárea.

Estimación de FVI (Fuelwood Value Index)

Para comparar las características combustibles de las cuatro especies, el FVI (Purohit y Nautiyal, 1987) ha sido estimado (ec.3), considerando $P.C.I.$ = poder calorífico inferior (kJ/g); δ = densidad básica (g/cm³); Z = contenido de cenizas (g/g); W = contenido de humedad (g/g). Los valores de densidad básica de las especies se determinaron de la literatura disponible (Vita et al., 1998; Bravo et al., 2006; INTI CITEMA, 2007).

$$FVI = \frac{P.C.(Kj/g) \times \delta (g/cm^3)}{Z (g/g) \times W (g/g)} \quad (\text{ec.3})$$

Análisis de resultados

Los datos fueron procesados con el software SPSS ver 15.0. Se aplicó el test no paramétrico de Mann-Whitney ($p=0.05$) comparando las estimaciones de biomasa de ambas ecuaciones alométricas. Con diferentes salidas gráficas se mostraron número de pies por árbol, contribución porcentual de cada especie y t/ha de biomasa estimada para cada una.

RESULTADOS Y DISCUSION

Estructura y biomasa de los matorrales

Como facetas deterioradas del chaco (Tálamo y Caziani, 2003) se hallaron tuscales (*A.aroma*) y garabatales (*A.praecox* y *A.furcatispina*) en la zona de estudio (Figura 2) idéntico a la mencionado por Morello y Saravia Toledo (1959) quienes identificaron en el distrito chaqueño occidental *los matorrales de acacia y celtis*, siendo formaciones arbustivas espinosas que invaden los pastizales sobrepastoreados del chaco y los bosques talados, cuyos componentes esenciales son *A. praecox*, *A. furcatispina*, *Celtis spp* y otros. Bonino y Araujo (2005) observaron que los sitios sujetos a explotación forestal o sobrepastoreo, muestran una disminución en la abundancia de especies forestales y la invasión de estas especies arbustivas.

Las observaciones de campo sobre los churcales (*A. caven*), constatan lo mencionado por Cabrera (1993), ya que se hallaron mayormente en suelos bajos, inundables, donde predomina *el churqui* junto a *Celtis tala* y algunos algarrobos. Vita et al. (1998) y Parra Valdés (2001) señalan que estos ejemplares aprovechan en forma eficiente el agua acumulada en las napas subterráneas y que poseen una gran flexibilidad para adaptarse a condiciones extremas. También aparecen frecuentemente mezclados con ejemplares de *A. aroma* (Figura 3).

⁵ Universidad Nacional de Salta.

⁶ Relaciones matemáticas para estimar una variable (volumen o biomasa) con base en una o más variables independientes (diámetro a la altura de pecho, altura, área basal, diámetro de copa, entre otros).

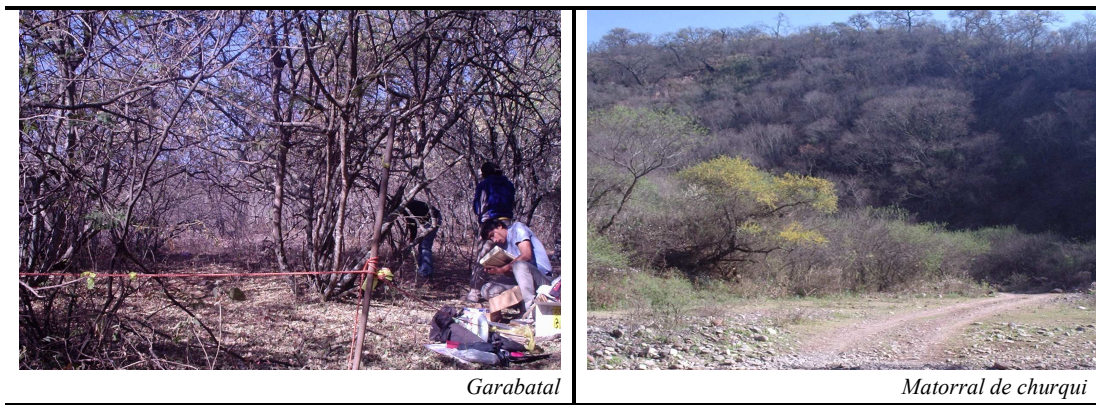


Figura 3. Especies típicas de los arbustales

En promedio los individuos presentan tres fustes por planta, con un rango de 1-8 (Figura 4). La estructura vertical del ambiente es de monte bajo, con una altura media de $2,7 \pm 1,94$ metros (desvío estándar, D.E.) y diámetro promedio de $3,83 \pm 4,96$ cm (D.E.). Puede suponerse que se trata mayormente de bosques jóvenes y en proceso de colonización y podrían constituir el comienzo de la sucesión retrogresiva del bosque original hacia el matorral o monte (Galaz Montero, 2004; Barchuk et al., 2006). Siguiendo las curvas diámetro/edad para *A. aroma* y *A. furcatispina* (Bravo et al., 2006) la edad de los rodales más antiguos sería de aproximadamente 15-20 años, mostrando la mayoría de las parcelas bosques jóvenes.

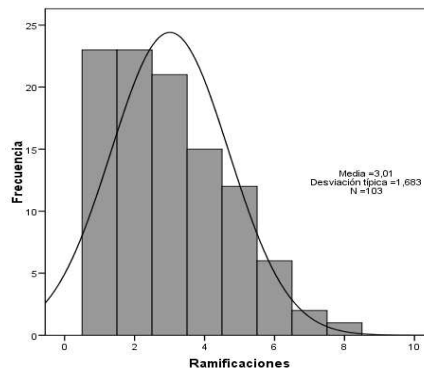


Figura 4. Número de pies por árbol para todas las especies

La BAT promedio es 10.12 ± 2.84 t/ha (ec.1) y de 8.16 ± 3.31 t/ha. (ec.2). La prueba de Mann-Whitney muestra que ambas ecuaciones estarían estimando la BAT en forma aproximadamente similar ($U=72$ y $p=0,093$). Para al área analizada, la BAT de las cuatro especies estudiadas oscila entre 56.000 (ec.2) a 70.000 t (ec.1) de peso seco.

Discriminando la biomasa promedio por especie (Figura 5) para las parcelas ($n=15$) *A. furcatispina* ostenta la mayor BAT ($7,83 \pm 3,27$ t/ha) seguida por *A. aroma* ($6,92 \pm 3,35$ t/ha), *A. praecox* ($6,12 \pm 2,62$ t/ha) y por último *A. caven*, con una BAT ($4,33 \pm 2,06$). En varias parcelas aparecen combinaciones de las especies. En términos de participación porcentual a la biomasa total, se tiene la distribución que se observa en la Figura 5. Estos son los primeros resultados de biomasa de estas especies para la zona.

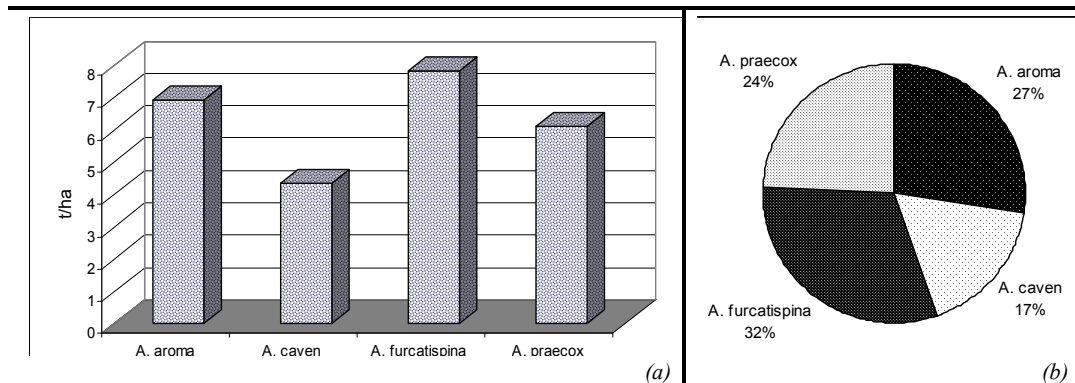


Figura 5. Biomasa promedio (t/ha) de cada especie⁷ (a) y contribución porcentual de cada una a la biomasa total (b).

⁷ Según cálculos a partir de ecuación de Parra Valdés (2001).

El rendimiento de biomasa depende del número de vástagos que presente, observándose un aumento gradual de la productividad en leña verde (Vita et al., 1998; Bravo et al., 2006). Esto concuerda con Galaz Montero (2004) quien menciona que en la medida que aumentan los vástagos de *A. caven*, se obtiene más rendimiento de leña y carbón.

Caracterización térmica y química de los matorrales

Dados los valores de densidad hallados para las cuatro especies, podrían considerarse como maderas duras y pesadas (Pometti et al., 2009). El contenido de cenizas es similar al mencionado para otras especies del género *Acacia* (Abed El Kader et al., 2002) aunque Jain y Singh (1999) sugieren que son contenidos altos para especies con interés de uso combustible. Sin embargo, las demás propiedades mejoran el panorama. Puri et al. (1994) establece el rango de 18.7 a 21.77 MJ/kg para especies arbóreas nativas de la India, consideradas como con alto potencial como combustible. Suponiendo el hecho de que los datos pudieran agruparse como una sola muestra, se tendrían valores promedio interesantes si se considera que los matorrales muestran varias de estas especies mezcladas, salvo en sitios puntuales.

	δ g/cm ³	P.C.S. KJ/kg	P.C.I. KJ/kg	C %	N %	W %	Z %
<i>A. aroma</i>	0,89	18667,81	17598,13	46,66	1,07	28,96	3,2
<i>A. caven</i>	0,96	19422,44	18442,81	48,03	1,12	30,92	3,7
<i>A. furcatispina</i>	0,99	19790,87	18246,89	48,12	0,91	33,54	4,0
<i>A. praecox</i>	0,91	17831,16	16840,93	47,91	0,98	32,18	3,9

Tabla 1. Análisis térmico, elemental e inmediato de la madera

El contenido de carbono es menor al fijado por el IPCC (2000) para estimar el secuestro de carbono en bosques (0.5) aunque ya ha sido reportado que este valor sobreestima la captura de carbono (Álvarez et al., 2005). Considerando el promedio de biomasa obtenido por parcela y el PCI medio de todas las especies, se tiene una disponibilidad energética de 192 a 229 GJ/ha, lo que implica un potencial energético municipal de 1.3 a 1.6 millones GJ aproximadamente. La estimación del FVI (utilizando PCI) señala que las dos especies con mejores cualidades combustibles son: *A. aroma* y *A. caven*, ubicando a *A. praecox* en última posición.

	FVI (P.C.I)
<i>A. aroma</i>	1748
<i>A. caven</i>	1609
<i>A. furcatispina</i>	1368
<i>A. praecox</i>	1274

Tabla 2. Valores estimados de FVI

Esto concuerda con Vita et al. (1998), Parra Valdés (2001) y Galaz Montero (2004), que mencionan la gran cualidad de la madera y carbón de *A. caven*, como así la de *A. aroma* (Bravo et al., 2006; Pometti et al., 2009). Bravo et al. (2006) señalan asimismo sobre la factibilidad del manejo en plantaciones de *A. furcatispina* con prácticas silviculturales, ya que permite obtener madera de muy buena calidad para la fabricación de parquets, tallas artísticas, u otros usos. Méndez (1993) reporta que esta especie podría desarrollar fustes de mayor diámetro en áreas donde el aporte hídrico no sea marcadamente limitante. Barchuk et al. (2006) mencionan que *A. caven* y *A. aroma*, en ensayos de crecimiento y supervivencia de especies leñosas, se destacan por su mayor crecimiento, con valores medios más altos en biomasa total y área foliar y valores de relación raíz/tallo del orden de 1.7. Este potencial de crecimiento puede deberse a la capacidad que tienen las mismas de asociación mutualista con especies del género *Rhizobium*, siendo las principales especies que recolonizan los ambientes del Chaco Árido y Semiárido luego de las perturbaciones. Por otra parte, la mayor proporción de biomasa en raíz implicaría un crecimiento más lento, pero también una mayor supervivencia ante las perturbaciones, la herbivoría y la cosecha de su biomasa aérea (Barchuk et al., 2006). Por su parte, Izaguirre (2005) menciona las aptitudes maderables y leñosas de *A. praecox*, como así otras aplicaciones (medicinal, melífera, productora de tanino) (Giménez et al., 2008).

Jain y Singh (1999) estimaron el FVI para especies nativas de India y reportan valores entre 2000-2900 para las especies con mejores aptitudes como combustibles, debido al bajo contenido de cenizas y humedad. Por su parte, Goel y Behl (1995) estudiaron seis especies de *Prosopis*, con un rango de FVI de 1249 (*P. glandulosa*) a 2084 (*P. juliflora*). Sin embargo, las restantes especies rondan entre 1400-1700 de FVI. Se debería confirmar que los cálculos hallan sido realizados también a partir del PCI (Puigdevall y Galindo, 2007). Por otra parte, Sochacki et al. (2007) mencionan que la calidad de un biocombustible y su consecuente valor energético están determinados por las proporciones de hojas, ramas, corteza, y fuste, y la consecuente humedad y cenizas contenidas en esos componentes. Por tal motivo, los componentes deben ser analizados en forma separada y en función de una evaluación del uso más adecuado. El follaje, por ejemplo, podría ser más útil si es reincorporado al suelo como nutriente.

Goel y Behl (1996) aportan mayores precisiones sobre el FVI mostrando que la edad influye en su cálculo. Así, a mayor edad, mayor poder calorífico, menor contenido de ceniza, mayor densidad y humedad. Dichos autores concluyen que la edad óptima de aprovechamiento para especies de los géneros *Acacia* y *Prosopis* podría ser entre los 5 y 15 años aproximadamente. Pometti et al. (2009) sugieren que quizás no sea razonable cortar los troncos de estas especies con tan buenas propiedades sólo para quemarlos y que un plan de mejoramiento genético directamente relacionado con la forma de los fustes podría convertir a estas especies en más aptas para la elaboración de madera. Sin embargo, el uso de los arbustales con fines energéticos es una práctica actual común, sólo que sin pautas racionales de manejo.

Algunas Pautas de manejo

Existe poca información sobre el manejo de vegetación natural. Vita et al. (1998) observaron que la regeneración de *Acacia sp.* se produce en forma vegetativa a partir de tocones altos que permanecen después de la corta, indicando que, como norma general, la altura de corte afecta tanto el origen como la cantidad de brotes producidos y que la edad y el tamaño de la planta influyen en la habilidad para rebrotar luego del corte, disminuyendo la capacidad de rebrote al avanzar en edad.

Barchuk et al. (2006) señalan que el rebaje de arbustos puede proporcionar importantes cantidades de leña. Vita et al (1998) observaron que la mejor respuesta en número total de brotes se encuentra en los cortes altos (a más de 1,5 m) en todas las clases diamétricas, al estudiar ejemplares mono y plurifustales de *A. caven*. Por otra parte, la capacidad de rebrote es superior en ejemplares jóvenes (con menos de 20 cm DAP), ya que la disminución del vigor vegetal a partir de un cierto diámetro estaría indicando el inicio de una etapa de envejecimiento (Galaz Montero, 2004, Dickmann, 2006), hecho que coloca a los matorrales estudiados en una situación ventajosa. Con respecto a la intensidad de corta, Vita et al (1998) encuentran que los monofustales responden positivamente al cortar el 50% de la biomasa a una altura de 1,5 metros. No ocurre así con los plurifustales, donde es notorio el efecto inhibitorio de los vástagos remanentes sobre el rebrote cuando se practican cortas parciales (50%).

Por su parte, Bravo et al. (2006) indican que el Incremento Medio Anual en diámetro para *A. aroma* es de 0,21 cm y para *A. furcatispina* de 0,19 cm, aunque la influencia del clima, las condiciones de sitio, la competencia y características particulares de las especies, pueden implicar un mayor o menor ritmo de crecimiento (Parra Valdés, 2001; Dickmann, 2006; Van de Walle et al., 2007). Este parámetro es de fundamental importancia en el momento de decidir planes de manejo (Tapia Castro, 2005). Otras características mencionadas por varios autores como deseables para los cultivos energéticos (Varela et al., 2001; Skarback y Becht, 2005; Fang et al., 2007) y que son compartidas por las especies estudiadas son: alta resistencia y flexibilidad a las condiciones extremas, gran capacidad de rebrote, elevada energía por unidad de masa, bajo contenido de humedad y alta densidad de madera, requerimientos edáficos y climáticos que se corresponden con los sitios donde serán implantados, uso tradicional por parte de la población, entre otros (Vita et al., 1998; Parra Valdés, 2001; Galaz Montero, 2004; Barchuk et al., 2006; Bravo et al., 2006; Pometti et al., 2009). En efecto, Singh y Toky (1995) estudiaron la producción de biomasa de especies de *Acacia* (además de otras especies) en cultivos energéticos de SRC.

Por otra parte, considerando las cualidades combustibles de *A. caven* y *A. aroma*, debería fomentarse su plantación en sitios degradados (Lu et al., 2009) y su manejo como *cultivos dedicados*, sobre todo en el caso de *A. caven*, que presenta menor biomasa en la zona. Las cuatro especies podrían manejarse como *cultivos de oportunidad* en los sitios en donde crecen.

CONCLUSIONES

Existen grandes superficies del Valle de Lerma cubiertas de arbustales y matorrales, conformadas por numerosas especies multipropósito y proveedoras de un gran número de bienes y servicios. Sin embargo, estas formaciones, cuyo nivel de degradación va en aumento a medida que las demandas de la población –principalmente energéticas– ejercen presión sobre ellas, no son lo suficientemente valoradas ni han sido objeto de medidas de manejo concretas.

Las cuatro especies estudiadas del ambiente chaqueño, muestran varias de las características (ecológicas y termoquímicas) deseables para cualquier *cultivo energético de oportunidad* que integre un sistema de corta rotación (SRC): alta resistencia, alta capacidad de rebrote, gran flexibilidad y adaptabilidad a las condiciones climáticas, gran capacidad de supervivencia y baja demanda de agua. Los altos FVI obtenidos muestran que su madera tiene buenas cualidades como combustible, sobresaliendo las especies *A. caven* y *A. aroma*, aunque se encontró mayor BAT para *A. furcatispina*, seguida por *A. aroma* y *A. praecox*. Por otra parte, dado que son especies autóctonas, adaptadas a los requerimientos edáficos y climáticos de las zonas donde crecen, no representan una amenaza a la flora autóctona. La biomasa actual podría manejarse como un cultivo de oportunidad, y por otra parte, generar nueva biomasa repoblando y recuperando suelos degradados e improductivos con estas especies –cultivo energético dedicado–. Sin embargo, existe mucho desconocimiento con respecto a la reproducción, plantación, manejo y cosecha de estas especies para su uso como energéticas, por lo que se requieren mayores investigaciones al respecto.

Los datos aportados sobre las especies estudiadas permitirán estimar, al considerar propiedad de la tierra, criterios ambientales y barreras técnicas o económicas, el recurso verdaderamente disponible y el finalmente utilizable.

ABSTRACT

Extensive surfaces of Lerma's Valley (province of Salta, Argentina) are covered of shrublands and bushes, with numerous multipropouses species that provide a great number of goods and services. Nevertheless, these formations - which level of degradation goes in increase - have not been an object of concrete measures of managing. They were considered to be potential energetic cultures. Four species were studied: *A. caven*, *A. aroma*, *A. furcatispina* and *A. praecox*. Considering the average of biomass and low heating power obtained, exist an energetic availability of among 190 to 230 GJ/ha - approximately-, which implies an energetic municipal potential of about 1.3 to 1.6 million GJ. *A. caven* and *A. aroma* show the best combustible qualities. Dedicated cultures and of opportunity they are potentially feasible of being implemented in the zone. Nevertheless, they are necessary major investigations on aspects of reproduction, plantation, managing and crop of these species like energetic.

Keywords: shrubland, *Acacia*, Valle de Lerma, bioenergy, energy crop, Fuelwood Value Index.

AGRADECIMIENTOS

Al CONICET quien otorgó una beca doctoral a la autora principal del presente, permitiendo el desarrollo del presente, enmarcado asimismo dentro de los proyectos 1345 y 1643 del CIUNSa (Consejo de Investigación de la Universidad Nacional

de Salta). A la Municipalidad de Coronel Moldes, por el apoyo de vehículos y personal de campo. A los auxiliares adscriptos a la tesis doctoral por la colaboración en la recolección de muestras, toma de datos en campo y secado de material. Al INTA Cerrillos, por los análisis efectuados. A la cátedra de Química Orgánica y Biológica por las estufas. A las profesoras Silvia Blanco y María Antonia Toro por la gentil colaboración para las determinaciones de poder calorífico de las muestras.

REFERENCIAS

- ABED EL KADER, D.; MOLINA, E.; LEON DE PINTO, G. et al. 2002. Caracterización analítica de cinco gomas Mimosaceae Venezolanas y su posible aplicación industrial. *Rev. Fac. Agron.*, vol.19, no.3, p.230-239.
- ALVAREZ, A. et al. 2005. El papel de los coeficientes de carbono de la madera en la certificación del efecto sumidero de los bosques cubanos. Taller por el Desarrollo Forestal Sostenible. La Habana, Cuba.
- ANGELINI, L.G.; CECCARINI, L.; NASSI, N. Y E. BONARI. 2009. Long-term evaluation of biomass production and quality of two cardoon (*Cynara cardunculus* L.) cultivars for energy use. *Biomass and Bioenergy*, doi:10.1016/j.biombioe.2008.12.004
- BARCHUK, A.H., CAMPOS, E.B.; OVIEDO, C. Y M.P DIAZ. 2006. Supervivencia y crecimiento de plántulas de especies leñosas del Chaco Árido sometidas a remoción de la biomasa aérea. *Ecología Austral* 16:47-61.
- BEGLEY, D.; MCCracken, A.R.; DAWSON, W.M. Y S. WATSON. 2008. Interaction in Short Rotation Coppice willow, *Salix viminalis* genotype mixtures. *Biomass and Bioenergy*, doi:10.1016/j.biombioe.2008.06.001
- BERTINAT, P. 2007. Agrocombustibles. Argentina frente a una nueva encrucijada. Fundación Heinrich Böll. Ed. Inercia. Argentina. 28 p.
- BONINO, E.E. Y P. Araujo. 2005. Structural differences between a primary and a secondary forest in the Argentine Dry Chaco and management implications. *Forest Ecology and Management* 206 (2005) 407–412.
- BRAILOVSKY, E. Y D. FOGUELMAN. 1992. Memoria Verde. Historia Ecológica De La Argentina. Editorial Sudamericana. Buenos Aires.
- BRAVO, S.; GIMENEZ, A. Y J. MOGLIA. 2006. Caracterización anatómica del leño y evolución del crecimiento en ejemplares de Acacia aroma y Acacia furcatispina en la Región Chaqueña, Argentina. *BOSQUE* 27(2): 146-154.
- BROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer. FAO Forest Resources Assessment Publication Paper N° 134. Roma, Italia. 55 p.
- BRYAN, B.A.; WARD, J. Y T. HOBBS. 2008. An assessment of the economic and environmental potential of biomass production in an agricultural region. *Land Use Policy* 25, 533-549.
- BUNGART, R.; BENS, O. Y R. F. HUTTL. 2000. Production of bioenergy in post-mining landscapes in Lusatia Perspectives and challenges for alternative landuse systems. *Ecological Engineering* 16, S5–S16.
- CABRERA, 1994. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Primera reimpression. Tomo II. Fasc.1. Editorial ACME S.A.C.I. Buenos Aires. 84 p.
- CALLAGHAN, T.V.; SCOTT, R.; WHITTAKER, G.J. Y G.J. LAWSON. 1980. Selected natural and alien plant species as renewable sources of energy in Great Britain- Experimental assessment and implementation. In: PALZ, W; CHARTIER, P & D.O. HALL. Edit. 1980. Energy from biomass. 1st E.C. Conference. Applied Science Publishers. Commission of the European Communities. London.
- CARDONE, M.; MAZZONCINI, A.M.; MENINI, S.; ROCCO, V.; SENATORE, A.; SEGSIANI, M.; VITOLO, S. 2003. Brassica carinata as an alternative oil crop for the production of biodiesel in Italy: agronomic evaluation, fuel production by transesterification and characterization. *Biomass and Bioenergy* 25, 623 – 636.
- CARRASCO, J. E. 2007. Módulo V: La biomasa como recurso energético para la producción térmica y eléctrica. Curso Gestión de las Energías Renovables: Perspectivas de futuro, 5 edición. Fundación CEDDET y Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Ministerio de Educación y Ciencia. España.
- CARRUTHERS, S.P. 1980. The productivity of catch crops grown for fuel. In: PALZ, W; CHARTIER, P & D.O. HALL. Edit.1980. Energy from biomass. 1st E.C. Conference. Applied Science Publishers. Commission of the European Communities. London. Pp.97-102.
- CASIVA, P.V.; J.C. VILARDI; A.M. CIALDELLA Y B.O. SAIDMAN. 2004. Mating System And Population Structure Of Acacia Aroma And A. Macracantha (Fabaceae). *American Journal of Botany* 91(1): 58–64. 2004.
- CONY, M.A. 1995. Reforestacion Racional De Zonas Aridas Y Semiaridas Con Arboles De Multiples Propositos. *Interciencia* 20(5): 249-253. URL: <http://www.interciencia.org.ve>
- CHRISTIAN, D.G.; RICHE, A.B. Y N.E.YATES. 2008. Growth, yield and mineral content of *Miscanthus giganteus* grown as a biofuel for 14 successive harvests. *Industrial Crops and Products* 28, 320–327.
- DICKMANN, D.I. 2006. Silviculture and biology of short-rotation woody crops in temperate regions: Then and now. *Biomass and Bioenergy* 30, 696–705.
- DIXON, R.K.; BROWN, S.; HOUGHTON, R.A.; SOLOMON, A.M.; TREXIER, M.C. Y J. WISNIEWSKI. 1994. Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. *Science* 263, 14: 185-190.
- ERICSSON, K. 2006. Prospects for Bioenergy in Europe. Supply, Demand and Trade. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy in Engineering Environmental and Energy Systems Studies. LUND UNIVERSITY. Institute of Technology Environmental and Energy Systems Studies. Lund, Sweden. <http://www.miljo.lth.se/> Printed at Media-Tryck, Lund, Sweden. ISBN 91-88360-84-9
- FAO. 2005. Global forest resources assessment update 2005, Terms and definitions. Series title: Forest Resources Assessment Working Paper - 083. 2004. AE156/E.
- FANG, S.; J. XUE & L. TANG. 2007. Biomass production and carbon sequestration potential in Poplar plantations with different management patterns. *Journal of Environmental Management* 85: 672-679.
- GALAZ MONTERO, I.M. 2004. Caracterización Del Sistema De Producción De Carbón De Espino Acacia Caven (Mol.) Mol, En La Comuna De Pumanque, VII Región. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad De Chile. Facultad De Ciencias Forestales.
- GASOL, C.M.; GABARRELL, X.; ANTON, A.; RIGOLA, M.; CARRASCO, J.; CIRIA, P.; RIERADEVALL, J. 2009. LCA of poplar bioenergysystem compared with Brassica carinata energy crop and natural gas In regional scenario. *BIOMASSANDBIOENERGY* 33 , 119–129.
- GIMÉNEZ, A. M.; MOGLIA, J.G.; HERNÁNDEZ, P Y R. GEREZ. 2008. The feasibility of increasing the Chaco forests value by exploiting the forest bark. *Quebracho* N° 15 (9-14)
- GOEL, V.L. y H. M. BEHL. 1995. Fuelwood Production Potential Of Six Prosopis Species On An Alkaline Soil Site. *Biomass y Bioenergy*, Vol. 8, No. 1, pp. 17-20.
- GOEL, V.L. y H. M. BEHL. 1996. Fuelwood Quality of Promising Tree Species For Alkaline Soil Sites In Relation To tree Age. *Biomass and Bioenergy* Vol. 10. No. 1, pp. 57-61.
- GOEL, V.L. y H. M. BEHL. 2001. Genetic selection and improvement of hard wood tree species for fuelwood production on sodic soil with particular reference to *Prosopis juliflora*. *Biomass and Bioenergy* 20, 9-15.
- GOOR, F.; DAVYDCHUK, V. Y J.F. LEDENT. 2001. Assessment of the potential of willow SRC plants for energy production in areas contaminated by radionuclide deposits: methodology and perspectives. *Biomass and Bioenergy* 21,225–235

- HATHAWAY, R.L.; C.W. VAN KRAAYENOORD. 1980. Short rotation biomass production of willows in New Zealand. In: PALZ, W; CHARTIER, P y D.O. HALL. Edit. 1980. Energy from biomass. 1st E.C. Conference. Applied Science Publishers. Commission of the European Communities. London.
- HERNANDEZ, L. 2001. Densidad de biomasa aérea en bosques extensos del Neotrópico húmedo. Caso de la Cuenca del Río Caura, Venezuela- Revista Forestal Iberoamericana Vol. 1 N° 1
- HOOGWJK,M.; FAAIJ, A.; VRIES, B. Y W. TURKENBURG. 2009. Exploration of regional and global cost–supply curves of biomass energy from short-rotation crops at abandoned cropland and rest land under four IPCC SRES land-use scenarios. *Biomass And Bioenergy* 33, 26–43.
- INTI-CITEMA (Instituto Nacional de Tecnología Industrial- Centro de Investigación Tecnológico de la Madera). 2007. Listado de densidades secas de maderas. Buenos Aires (Argentina): INTI. http://www.inti.gov.ar/citerna/densidad_cientifico.pdf.
- IPCC. 2000. Intergovernmental Panel on Climate Change. Special Report: Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Hayama, Kanagawa. Japan.
- IZAGUIRRE, P. 2005. Uruguay Y Sus Recursos Fitogenéticos En Leguminosas. *Agrociencia*. (2005) Vol. IX N° 1 y N° 2 pág. 77 – 83
- JAIN, R.K. Y B. SINGH. 1999. Fuelwood characteristics of selected indigenous tree species from central India. *Bioresource Technology* 68 (1999) 305-308.
- LAWSON, G.J y T.V. CALLAGHAN. 1980. Natural vegetation as a renewable energy resource in Great Britain. In: PALZ, W; CHARTIER, P & D.O. HALL. Edit. 1980. Energy from biomass. 1st E.C. Conference. Applied Science Publishers. C. European Communities. London. Pp. 83-89.
- LU, L; TANG, Y., XIE, J. Y Y.YUAN. 2009. The role of marginal agricultural land-based mulberry planning in biomass energy production. *Renewable Energy*, doi:10.1016/j.renene.2008.12.017.
- MANRIQUE, S.; FRANCO, J.; NUÑEZ, V. Y L. SEGHEZZO. 2008. Potencial Energético De Biomasa Residual De Tabaco Y Aji En El Municipio De Coronel Moldes (Salta – Argentina). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente AVERMA* Vol. 12, 06.87 a 06.94. Impreso en Argentina. ISSN 0329-5184.
- MANRIQUE, S.; FRANCO, J.; NUÑEZ, V. Y L. SEGHEZZO. 2009. Estimación De Densidad De Biomasa Aérea En Ecosistemas Naturales De La Provincia De Salta. Aceptado para su presentación oral en la XXXII Reunión de Trabajo de Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente y XVIII Reunión de la Sección Argentina de la Asociación Internacional para la Educación en Energía Solar (IASEE), con posterior publicación en *Revista AVERMA (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, ISSN 0329-5184)*.
- MASERA, O.R., J. ARGUILLON Y B. GAMINO. 2005. Estimación del recurso y prospectiva tecnológica de la biomasa como energético renovable en México. *Anexo 2. UNAM*. 118 p.
- MÉNDEZ E. 1993. Bosques de *Acacia furcatispina* (garabato) en cerrilladas pedemontanas de Mendoza. *Multequina* 2:157-161.
- MICKLER, R.A.; EARNHARDT, T.S. Y J.A. MOORE. 2002. Regional estimation of current and future forest biomass. *Environmental Pollution* 116, S7-S16.
- MORELLO, J. Y SARAVIA TOLEDO. 1959. El bosque chaqueño. I. Paisaje primitivo, paisaje natural y paisaje cultural en el oriente de Salta. *Rev. Agr. Noroeste Argentino* 3; 5-81.
- MUNALULA, F. Y M. MEINCKEN.2008. An evaluation of South African fuelwood with regards to calorific value and environmental impact. *Biomass and Bioenergy* (2008), doi:10.1016/j.biombioe.2008.08.011.
- NAVAR, J.; E. MENDEZ; A. NAJERA; J. GRACIANO; V. DALE; B. PARRÉSOL. 2004. Biomass equations for the shrub species of Tamaulipan thornscrub of north-eastern México. *Journal of Arid Environments* 59: 657-674.
- NUÑEZ, V; M. MENENDEZ; R. MORENO. 1997. Clasificación de la vegetación del Valle de Lerma a partir de imágenes Landsat. CIUNSA (Consejo de Investigaciones de la Unsa) . Universidad Nacional de Salta.
- OLUFAYO, A.A.; RUELLE, P.; BALDY, C. Y A. AIDAOU. 1997. Biomass Of Grain Sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) Under Variable Water Regime. *Biomass and Bioenergy* Vol. 12, No, 5, pp. 383-386.
- PALZ, W; CHARTIER, P y D.O. HALL. Edit. 1980. Energy from biomass. 1st E.C. Conference. Applied Science Publishers. C.E.C. London.
- PARRA VALDES, G.C. 2001. Funciones de biomasa total y por componente del espino (*Acacia caven* Mol.) en Pencahue, VII Región. Tesis de grado en Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Talca, Chile.
- POMETTI, C.L.; PIZZO, B.; BRUNETTI, M.; MACCHIONI, N.; EWENS, M. Y B.O. SAIDMAN. 2009. Argentinean native wood species: Physical and mechanical characterization of some *Prosopis* species and *Acacia* aroma (Leguminosae; Mimosoideae). *Bioresource Technology* 100, 1999–2004.
- PUIGDEBALL, J. y GALINDO, D. 2007. Apuntes del Curso De Postgrado de Energía de la Biomasa de la Maestría en Energías Renovables de la Univesidad de Zaragoza, España. Febrero 2007.
- PURI, S.; SINGH, S. Y B. BHUSHAN. 1994. Fuelwood value index in components of ten tree species of arid region in India. *Industrial Crops and Products*, Volume 3, Issues 1-2, Pages 69-74.
- PUROHIT, A.N. Y A.R. NAUTIYAL, 1987. Fuelwood value index of Indian mountain tree species. *The International Tree Crop Journal* 4, 177-182.
- RICHARDSON, J. Y T. VERWIJST. 2005. Sustainable bioenergy production systems: environmental, operational and social implications. *Biomass and Bioenergy* 28, 95–96.
- ROWE, R.L.; STREET, N.R. Y G. TAILOR. 2009. Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK . *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 271–290.
- SAyDS (SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACION). 1998. www.ambiente.gov.ar
- SCHLESINGER, W.H. Y M.M. HASEY. 1981. Decomposition of chaparral shrub foliage: losses of organic and inorganic constituents from deciduous and evergreen leaves. *Ecology* 62: 762-774.
- SECRETARÍA DE ENERGÍA. Argentina. Energías Renovables 2004. Energía Biomasa. Dirección Nacional de Promoción- Subsecretaría de Energía Eléctrica.
- SINGH, B. 1998. Biomass production and nutrient dynamics in three clones of *Populus deltoides* planted on Indogangetic plains. *Plant and Soil* 203: 15–26, 1998.
- SINGH, B. Y S.D. KHANDUJA. 1984. Wood properties of some firewood shrubs in Northern India. *Biomass*, Volume 4, Issue 3, Pages 235-238.
- SINGH, V. Y O. I. TOKY. 1995. Biomass and net primary productivity in *Leucaena*, *Acacia* and *Eucalyptus*, short rotation, high density ('energy') plantations in arid India. *Journal of Arid Environments* (1995) 31: 301-309.
- SKARBACK, E. Y P.BECHT. 2005. Landscape perspective on energy forests. *Biomass and Bioenergy* 28, 151–159.
- SOCHACKI, S.J.; HARPER, R.J. Y K.R.J. SMETTEM. 2007. Estimation of woody biomass production from a short-rotation bio-energy system in semi-arid Australia. *Biomass and Bioenergy* 31 (2007) 608–616
- SRINIVASAN, S. 2009. The food v. fuel debate: A nuanced view of incentive structures. *Renewable Energy* 34, 950–954.
- TALAMO, A. y S. CAZIANI. 2003. Variation in woody vegetation among sites with different disturbance histories in the Argentine chaco. *Forest ecology and management* 184: 79-92. Elsevier.

- TAPIA CASTRO, D.A. 2005. Propuesta De Intervenciones Silviculturales Con Fines De Rehabilitación En La Quebrada De La Plata, Región Metropolitana. Universidad De Chile, Facultad De Ciencias Forestales. Santiago. Tesis grado.86 p.
- TRICKER, P.J.; PECCHIARI, M.; BUNN, S.M.; VACCARI, F.P; PERESSOTTI, A.; MIGLIETTA, F. Y G. TAYLOR. 2008. Water use of a bioenergy plantation increases in a future high CO2 world. *Biomass and Bioenergy* (2008), doi:10.1016/j.biombioe.2008.05.009
- TURKER, M.F. Y E.S. TÜRKER. 1997. The Socio-Economic Analysis Of Fuelwood Consumption With The Principal Components Analysis In Turkey. *Bioresource Technology* 60, 179-183.
- UPDEGRAFF, K.; MELVIN, A.; BAUGHMANA, J. Y S.J. TAFF. 2004. Environmental benefits of cropland conversion to hybrid poplar: economic and policy considerations. *Biomass and Bioenergy* 27, 411-428.
- VAN DE WALLE, I.; VAN CAMP, N.; VAN DE CASTEELE, L.; VERHEYEN, K. Y R. LEMEUR. 2007. Short-rotation forestry of birch, maple, poplar and willow in Flanders (Belgium) II. Energy production and CO2 emission reduction potencial. *Biomass and Bioenergy* 31, 276-283.
- VANDENHOVE, H.; GOOR, F.; O'BRIEN, S.; GREBENKOV, A. Y S. TIMOFEYEV. 2002. Economic viability of short rotation coppice for energy production for reuse of caesium-contaminated land in Belarus. *Biomass and Bioenergy* 22 (2002) 421 – 431
- VARELA, M.; SA EZ, R. Y H. AUDUS. 2001. Large-Scale Economic Integration Of Electricity From Short-Rotation Woody Crops. *Solar Energy* Vol. 70, No. 2, pp. 95-107.
- VITA, A.; SERRA, M.T.; GREZ, I. Y A. OLIVARES. 1998. Respuesta Del Rebrote En Espino (Acacia Caven (Mol.) Mol.) Sometido A Intervenciones Silviculturales En Zonas Áridas De Chile. *Revista Ciencias Forestales de Chile*. Vol 12-13/n1-2a1.
- WWI (WORLDWATCH INSTITUTE). 2006. American Energy. The Renewable Path to Energy Security. Project Team. Center for American Progress. United States of America. 40 p
- ZALESNYJR, R.S.; WIESE,A.H.; BAUER, E.O. Y D.E.RIEMENSCHNEIDER. 2009. Ex situ growth and biomass of Populus bioenergy crops irrigated and fertilized with landfill leachate. *Biomass And Bioenergy* 33, 62-69.
- ZHOU, X. ; J. R. BRANDLE; M. M. SCHOENEBERGER y T. AWADA. 2007. Developing above-ground woody biomass equations for open-grown, multi-stemmed tree species: shelterbelt-grown Russian-olive. *Ecological Modelling* 202: 311-323.