

## Manejo de matorrales y bioenergía

*Facundo José Oddi<sup>1</sup>, Matías Guillermo Goldenberg<sup>1</sup>, Yamila Cardoso<sup>1</sup> y Lucas Alejandro Garibaldi<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (IRNAD), Universidad Nacional de Río Negro (UNRN), Mitre 630, 8400, Bariloche, Río Negro, Argentina.

Mail de contacto: [foddi@unrn.edu.ar](mailto:foddi@unrn.edu.ar)

### RESUMEN

En Patagonia norte, la disponibilidad de biomasa proveniente de los bosques nativos otorga un alto potencial bioenergético regional. Por ejemplo, la silvicultura de estos bosques podría dejar gran cantidad de biomasa para uso energético. Sin embargo, la baja densidad demográfica de Patagonia implica transportes hasta centros de consumo alejados, obstaculizando el desarrollo de la bioenergía en la región. Caracterizamos las maderas de especies del matorral de Patagonia norte mediante parámetros físico-químicos de interés energético. Luego, combinamos estos parámetros con la cantidad de residuos leñosos que producen raleos de diferente intensidad. Utilizando un enfoque espacialmente explícito, analizamos el balance entre oferta y costo energético por extracción y transporte del residuo hasta centros de comercialización. Nuestro trabajo representa una primera aproximación espacial para cuantificar el potencial bioenergético de estos matorrales. Dado el escaso conocimiento regional sobre la oferta de biomasa para utilización energética, nuestros resultados presentan relevancia aplicada para la planificación energética.

**Palabras claves:** *biomasa leñosa, mapas de balance energético, Patagonia norte.*

### ABSTRACT

The available biomass in northern Patagonia forests gives to the region a high bioenergy potential. For instance, silvicultural management in these forests could leave a large amount of biomass suitable for energy purposes. Nevertheless, population density in Patagonia is low, which entails that the resource should be transported long distances as far as the consumption centers, undermining the development of bioenergy in this region. In this work, we characterize the woods of species growing in northern Patagonia shrublands by means of physical-chemical parameters of energy interest. Then, we combine these parameters with the amount of woody residues produced by varying-intensity thinning. By using a spatially explicit approach, we analyzed the balance between supply and energy cost for extraction and transport of the waste up to marketing centers. Our work represents a first spatial approximation quantifying the bioenergy potential of northern Patagonia shrublands. Given the lack of regional knowledge about the supply of biomass for energy purposes, our results have applied importance for energy planning.

**Keywords:** *woody biomass, energy balance maps, northern Patagonia*

### Introducción

En los últimos años la bioenergía ha despertado gran interés de políticos, científicos, y de la sociedad en general. Esto se debe a que una de las principales estrategias de mitigación del Cambio Climático es la utilización de energías alternativas que ayuden a reducir las

emisiones de GEIs (IPCC 2011). La bioenergía proviene de recursos renovables y se la considera limpia ya que el balance de emisiones de CO<sub>2</sub> es neutro. La necesidad de diversificar las fuentes de energía para cubrir la creciente demanda de la población también contribuye a este interés. Por ejemplo, Argentina ha fijado como meta que para el

año 2025 que el 20% de su energía eléctrica deberá ser generada por fuentes renovables.

La Patagonia es una de las regiones de Argentina con mayor potencial en energías renovables (Secretaría de Energía 2009). Patagonia norte, en particular, posee una gran disponibilidad de biomasa proveniente de los matorrales nativos, lo que le otorga un alto potencial bioenergético regional. Estos matorrales deben ser manejados sustentablemente para asegurar la provisión sostenida de bienes y servicios ambientales, y las actividades silvícolas aplicadas para tal fin podrían dejar gran cantidad de biomasa para utilizar con fines energéticos. Por lo tanto, es importante que el manejo del matorral sea incorporado a las evaluaciones del potencial bioenergético de Patagonia. Por otro lado, la región es territorialmente extensa y presenta una baja densidad poblacional, lo que determina grandes distancias entre las zonas de generación de energía y las de consumo. Esto se traduce en altos costos energéticos, pudiendo ocurrir que en ciertas zonas la energía obtenida sea menor a la que demanda su producción y transporte (i.e., un balance negativo). El análisis de este tipo de problemáticas, que debe ser espacialmente explícito, aún no ha sido abordado en la región. Finalmente, es escasa la información sobre las propiedades energéticas de las maderas de las especies de los bosques y matorrales del norte de Patagonia, información esencial para evaluar la oferta regional de bioenergía.

En este trabajo evaluamos, mediante un abordaje espacialmente explícito, el potencial que tienen los matorrales de Patagonia norte para la generación de bioenergía en formato de leña bajo diferentes escenarios de manejo. Para ello (1) caracterizamos las maderas de las principales especies del matorral de Patagonia norte mediante parámetros físico-químicos de interés energético. Luego, (2) combinamos estos parámetros con la cantidad de residuos leñosos que producen raleos de diferente intensidad para estimar la oferta energética en cada tipo de matorral. Finalmente, (3) elaboramos un mapa del

balance energético resultante entre la oferta de bioenergía y el costo energético de su generación y transporte hasta los centros de consumo.

## **Materiales y Métodos**

El área de estudio queda definido por la distribución del matorral en la provincia de Río Negro. Fito-geográficamente, estas comunidades pertenecen al Dominio Sub-antártico de la región Andino Patagónica y representan uno de los tipos forestales más representativos de los bosques caducifolios de la Patagonia Andina.

### **Caracterización energética (1)**

Caracterizamos energéticamente las maderas de las 5 especies más abundantes de los matorrales de Patagonia norte: ñire (*Nothofagus antártica*), laura (*Schinus patagonicus*), notro (*Embothrium coccineum*), retamo (*Diostea juncea*), radial (*Lomatia hirsuta*). Los parámetros físico-químico que evaluamos fueron humedad, densidad, poder calorífico superior, y contenido de cenizas. El muestreo de campo lo realizamos en un sitio cercano al paraje "El Foyel", 73 km al sur de Bariloche. En el terreno seleccionamos aleatoriamente 3 individuos por especie y de cada uno extrajimos material leñoso y lo transportamos al laboratorio para su análisis. Para las determinaciones en laboratorio de los cuatro parámetros energéticos seguimos los protocolos sugeridos en la literatura especializada (Günther *et al.* 2012; ASTM 2017).

### **Biomasa de residuos leñosos y oferta energética (2)**

Para determinar la biomasa del residuo leñoso utilizamos información provista por experimentos de raleo realizados terreno (Proyecto SILVA N° 020, UCAR - PICT 2013-1079). La estructura y productividad de estas comunidades responde en gran medida a su exposición. Consecuentemente, estos experimentos han sido diseñados para determinar la cantidad de residuos leñosos

( $m^3 \text{ ha}^{-1}$ ) que dejan raleos de diferente intensidad en matorrales de ladera norte, ladera sur, y fondos de valle. Luego, en base a la información obtenida en (1), transformamos la biomasa leñosa a energía [energía ( $\text{GJ ha}^{-1}$ ) = volumen de biomasa sólida ( $m^3 \text{ ha}^{-1}$ ) x densidad ( $\text{kg m}^{-3}$ ) x poder calorífico ( $\text{GJ kg}^{-1}$ )].

### Mapas de balance energético (3)

Los mapas de balance energético se basaron en la diferencia entre la oferta de energía de cada punto del espacio, y el costo energético de su extracción y transporte hasta el centro de consumo más cercano. Como centros de consumo consideramos las ciudades de Bariloche y El Bolsón, las más pobladas de la zona Andina en la provincia de Río Negro.

Para mapear la oferta energética, utilizamos el Modelo Digital de Elevaciones ASTER GDEM desde el cual derivamos un mapa de exposición y clasificamos el área de distribución del matorral en tres categorías: matorrales de exposición sur (S), exposición norte (N), y fondo de valle (FV). Para obtener la distribución del matorral utilizamos el mapa de cobertura del suelo de los bosques andino-patagónicos (CIEFAP y MADyS 2016). A cada categoría de matorral (N, S, FV) le asignamos la producción de biomasa leñosa determinada en los experimentos de terreno y su correspondiente oferta energética (2).

Para mapear el costo energético, asumimos que éste varía de acuerdo a la cantidad de biomasa a extraer, la cual depende de la intensidad de raleo y el tipo de matorral, y a la distancia recorrida hasta el centro de consumo. Supusimos que la extracción de la biomasa se realiza con motosierra y estimamos la cantidad de combustible que requeriría llevarla a cabo. Para estimar la energía requerida para el transporte (ET;  $\text{GJ ha}^{-1}$ ), utilizamos una función que tiene en cuenta la distancia desde cada celda ( $i$ ) hasta la ruta ( $dr$ ; km) y desde allí hasta el centro de consumo ( $dc$ ; km). La función también considera que el consumo de combustible en

terreno es mayor que en ruta (asumimos una relación 2 a 1) y que, además, es menor cuando el camión va a buscar la carga, es decir, vacío, ( $Cv$ ;  $l \text{ km}^{-1}$ ) que al transportarla ( $Cc$ ;  $l \text{ km}^{-1}$ ):

$$ET_i = (dr_i + 2 dt_i) \times (Cv + Cc) \times PCI_g \times c_i \quad (1)$$

donde  $PCI_g$  es el poder calorífico inferior del gasoil ( $0,036 \text{ GJ l}^{-1}$ ) y  $c_i$  la cantidad de camiones necesarios para transportar el volumen de residuos de la celda ( $n^\circ \text{ ha}^{-1}$ ).

El mapa de balance energético fue el resultado de la resta celda a celda entre el mapa de oferta y el de costo.

### Resultados y discusión

Las propiedades energéticas de las maderas de las especies del matorral de Patagonia norte son comparables con las de otras especies que se utilizan comúnmente como combustibles. La mayor energía calórica por unidad de masa (PCS, Tabla 1) la observamos en radial y notro, este último mostrando un bajo contenido de cenizas que incide favorablemente en su aptitud como combustible. Además, encontramos que el ñire, la especie más utilizada como leña en la región, ofreció la mayor energía calórica por unidad de volumen, debido a su elevada densidad. Esto otorga al ñire mayor ventaja como combustible ya que se reduce el costo de transporte y almacenaje para igual cantidad de energía.

**Tabla 1.** Promedio y desvío estándar de los parámetros energéticos (H = Humedad, D = Densidad, CC = Contenido de cenizas, PC = Poder calorífico superior) evaluados en las maderas de las principales especies del matorral.

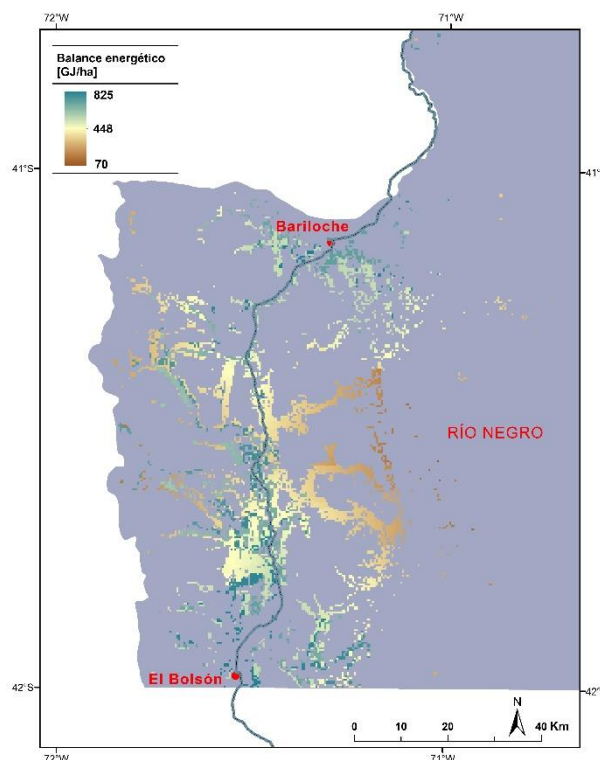
	Especie				
	Ñire	Laura	Notro	Retamo	Radial
H (%)	81,2 (± 9,2)	87,4 (± 3,2)	90,5 (± 9,2)	75,4 (± 5,5)	94,2 (± 5,8)
D ( $\text{kg m}^{-3}$ )	564,6 (± 34,1)	530,1 (± 12,5)	446,2 (± 24,3)	551,5 (± 35,7)	462,7 (± 22,2)
CC (%)	1,7 (± 0,3)	2,1 (± 0,6)	0,2 (± 0,2)	1,2 (± 0,9)	0,7 (± 0,4)
PCS ( $\text{MJ kg}^{-1}$ )	17,7 (± 0,06)	18,1 (± 0,06)	18,8 (± 0,05)	17,3 (± 0,10)	19,6 (± 0,06)

Extrayendo un 50% de biomasa, la energía contenida en el residuo forestal sería de  $\approx 74 \text{ GJ ha}^{-1}$  en matorrales de fondo de valle, y de  $340 \text{ GJ ha}^{-1}$  y  $855 \text{ GJ ha}^{-1}$  en los de ladera norte y sur, respectivamente. De las 130.000 ha ocupadas en Río Negro, el 70% corresponde a matorrales de fondo de valle y el resto a los de ladera (17% exposición norte y 13% exposición sur). Esto implica que un 50% de extracción generaría una oferta energética total de  $\approx 28.500.000 \text{ GJ}$  (6.800.000 GJ en fondos de valle, 7.350.000 en laderas norte y 14.350.000 GJ en laderas sur). Lógicamente, la oferta varía con la intensidad del raleo (Tabla 2). No obstante, una parte de la superficie evaluada se encuentra dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi donde hay restricciones para la extracción, con lo cual la oferta real resulta menor.

**Tabla 2.** Oferta energética ( $\text{GJ ha}^{-1}$ ) del residuo forestal de acuerdo al tipo de matorral e intensidad de raleo.

Tipo de matorral	Intensidad de raleo (%)		
	30	50	70
Fondo de valle	47,5	74,3	34,6
Ladera norte	193,0	340,3	717,5
Ladera sur	465,9	854,1	1087,9

Al descontar los costos de extracción y transporte, el balance energético resultó positivo en toda la distribución del matorral. La energía contenida en la biomasa leñosa extraída supera la que demandaría su utilización en un rango entre  $70 \text{ GJ ha}^{-1}$  y  $800 \text{ GJ ha}^{-1}$ , dependiendo de la ubicación de la oferta y del tipo de matorral (Fig. 1). Por lo tanto, nuestro análisis indica que el residuo forestal obtenido al implementar los raleos sería conveniente en términos energéticos en cualquier matorral de la provincia de Río Negro. Además, aplicar raleos sistemáticos para obtener energía contribuye a mejorar la estructura y sanidad del matorral y disminuir inflamabilidad, potenciando la provisión de servicios ambientales.



**Figura 1.** Mapa del balance entre la oferta energética del residuo forestal y el costo de producirlo y transportarlo hasta los centros urbanos.

## Referencias

- ASTM D2395-17. 2017. Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Wood and Wood-Based Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- CIEFAP y MAyDS, 2016. Actualización de la Clasificación de Tipos Forestales y Cobertura del Suelo de la Región Bosque Andino Patagónico. Informe Final. Buenos Aires, Argentina.
- Günther B, K Gebauer, R Barkowski, CT Bues. 2012. Calorific value of selected wood species and wood products. *European Journal of Wood and Wood Products* 70 (5), 755–757.
- IPCC 2011. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.