

EVALUACIÓN DEL RECURSO BIOMÁSICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN FUNCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS A TRAVÉS DEL WISDOM DE LA PROVINCIA DEL CHUBUT

Laura Palomeque

Ph.D. Profesional de gestión externa (desarrollo de cultivos bioenergéticos) INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew, Chubut; palomeque.laura@inta.gob.ar

Marilina Peñalva

M.Sc. en Riesgo Geológico y Meteorológico. Profesora Jefa de Trabajos Prácticos, ICPA-UNTDF Walanika 250 1° Piso, oficina 18, Ushuaia, Tierra del Fuego; mpenalva@untdf.edu.ar

Adriana Beider

Licenciada en Protección y Saneamiento Ambiental. Jefa de Grupo Pastizales Naturales, INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew, Chubut; beider.adrina@inta.gob.ar

Graciela Ponce

Licenciada en Geografía Técnica en SIG. Agencia Provincial de Promoción de Energías Renovables; Juan Finoqueto 151, Rawson, Chubut; gachi_ponce@hotmail.com

Erica Llanos

Licenciada en Geografía; Jefa de Grupo de Gestión Ambiental, INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew, Chubut; llanos.margarita@inta.gob.ar

EVALUATION OF THE BIOMASS RESOURCE FOR THE GENERATION OF RENEWABLE ENERGY BASED ON THE RESULTS OBTAINED BY THE WISDOM OF THE PROVINCE OF CHUBUT.

Fecha de Recepción: 13/12/2019 // Fecha de Aceptación: 02/12/2020

RESUMEN

Con base en el análisis espacial realizado para la provincia de Chubut a través de la metodología WISDOM (*Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*), se evaluó la oferta accesible de biomasa por fuente para cada departamento. Los resultados muestran que los bosques nativos contribuyen con la mayor parte de la biomasa disponible para la generación de energía con una baja contribución de los cultivos forestales. Los departamentos donde el consumo de biomasa es mayor que la oferta directa accesible muestran un gran potencial para la implementación de cultivos bioenergéticos.

Palabras clave: bioenergía, biomasa, cultivos bioenergéticos

SUMMARY

Based on the spatial analysis done for the province of Chubut with the WISDOM methodology (*Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*), the accessible offer of biomass was evaluated by resource for each department. The results show that native woods contribute with most of the biomass available for power generation with a low contribution of forest crops. Departments where the consumption of biomass is greater than the supply show a great potential for the implementation of bioenergy crops.

Key words: bioenergy, biomass, bioenergy crops

Lucas Gallo Mendoza

Ing. Agron. Profesional de gestión externa. INTA EEA Esquel. 4 Chacabuco 513, Esquel, Chubut; gallomendoza.lucas@inta.gob.ar

Axel Von Müller

Doctor en Ciencias Biológicas. Profesional de gestión externa. INTA EEA Esquel, Chacabuco 513, Esquel, Chubut; vonmuller.axel@inta.gob.ar

Mariana Liberman

Licenciada en Geología, Profesora Jefa de Trabajos Prácticos, ICPA-UNTDF Walanika 250, 1° Piso, oficina 18, Ushuaia, Tierra del Fuego; mliberman@untdf.edu.ar

Marcos Rodriguez

Estudiante de Licenciatura en Geología, ICPA-UNTDF Walanika 250, 1° Piso, oficina 18, Ushuaia, Tierra del Fuego; mrodriguez@untdf.edu.ar

María I. Bai

Ing. Agr. Profesional de gestión externa, INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew; bai.maria@inta.gob.ar

César Sanz

Ing. Agr. Profesional de gestión externa, INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew; sanz.cesar@inta.gob.ar

Eduardo Matinata

Ing. Agr. Profesional de gestión externa, INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew; matinata.eduardo@inta.gob.ar

Damián Sotto

Ing. Forestal, CORFO Mariano Moreno y Luis Costa, Rawson, Chubut; sotto.a.d@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica y térmica puede generarse a partir de distintas materias primas, las cuales se clasifican según su origen, en renovables o no renovables. En la actualidad la fuente energética de mayor importancia a nivel mundial corresponde a materiales no renovables como son los combustibles fósiles (SAIDUR *et al.*, 2011). La segunda fuente de importancia está dada por distintas materias primas renovables siendo una de ellas la biomasa. Se define a la biomasa como la materia prima cuyo origen es biológico, ya sea vivo o muerto (no abarcando las materias primas de origen fósil por ser no renovables). La biomasa puede provenir tanto de residuos de origen vegetal o animal como de la cosecha de cultivos implantados con fines energéticos o de la recolección a campo de especies nativas leñateras (CARDOSO *et al.*, 2012; FAO, 2020).

Con el fin de conocer y determinar cuáles son las fuentes de biomasa disponibles en Argentina para la generación de energía renovable, la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) ha realizado en el 2008 el “Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa” (FAO, 2009). En una segunda etapa se comenzó con el análisis a escala provincial, siendo las provincias evaluadas: Misiones, Santa Fe, Chaco, Corrientes, Córdoba, Mendoza, La Pampa, Salta, Tucumán, (FAO, 2019; 2018a; 2018b; 2018c; 2017a; 2017b; 2016a; 2016b; 2016c), entre los cuales se encuentra el análisis realizado para la provincia del Chubut (FAO, 2020). La metodología utilizada en cada uno de los análisis, tanto a nivel nacional como provincial, ha sido la misma. Se la denomina WISDOM (*Woodfuels Integrated Supply/ Demand Overview Mapping*) y consiste en integrar la información estadística y espacial, relacionando la disponibilidad (oferta) con el consumo (demanda) de biomasa con el fin de obtener un balance que permita conocer cuáles son las regiones superavitarias y deficitarias (DRIGO *et al.*, 2002; FAO, 2019; 2018a; 2018b; 2018c; 2017a; 2017b; 2016a; 2016b; 2016c; 2009). Los primeros trabajos realizados con esta metodología incluían como fuente de biomasa a la materia prima proveniente de dendrocombustibles (DRIGO *et al.*, 2002). Posteriormente se incluyen como otras fuentes de oferta a aquellas que se originan a partir de residuos de la producción agrícola, pecuaria y agroindustrial (FAO, 2016a). En

el primer WISDOM provincial (FAO, 2016c) se incorpora el módulo de oferta de biomasa húmeda, a partir de los residuos generados en las producciones pecuarias (feedlots, tambos y porcinos). En el WISDOM Chubut, se incorpora por primera vez, dentro del mismo módulo, a los residuos sólidos urbanos como fuente de biomasa (FAO, 2020).

El módulo de oferta incluyó no sólo las distintas fuentes de biomasa identificadas en cada una de las provincias a nivel espacial sino también la disponibilidad de la misma en función de su accesibilidad. Es por ello que en los WISDOM provinciales se observa una subdivisión del módulo en cuatro categorías: oferta directa, oferta indirecta, oferta total accesible y oferta húmeda (FAO, 2020; 2019; 2018a; 2018b; 2018c; 2017a; 2017b; 2016a; 2016b; 2016c; 2009). La oferta directa se define como la biomasa que se encuentra disponible para usos energéticos en el campo (FAO, 2016a). Dicha característica hace que su ubicación en el espacio sea dispersa a nivel territorial. En el análisis de la provincia del Chubut se identificaron cuatro grupos como oferta directa de biomasa: 1) Bosque Nativo, 2) residuos de cultivos forestales, 3) residuos y apeo de cortinas forestales y 4) residuos de cultivos frutihortícolas. La oferta indirecta se caracteriza por estar concentrada en el espacio dado que en los primeros análisis se identificaba como tal a los residuos provenientes de procesos industriales o de la transformación de la biomasa (FAO, 2009). Para el cálculo de la oferta total accesible de biomasa se sumaron los valores obtenidos tanto de la oferta directa como de la oferta indirecta, con la salvedad que para el cálculo de la primera se tuvieron en cuenta las restricciones legales y físicas (FAO, 2020) ya que otra de las diferencias entre la oferta directa y la indirecta se centra en la accesibilidad de la biomasa. Al estar la primera dispersa en el territorio es necesario contabilizar la accesibilidad de la misma. Para el caso de la oferta indirecta, por estar concentrada en el espacio se considera que se encuentra 100% accesible (FAO, 2020).

Surge del análisis realizado para la provincia del Chubut que la fuente con mayor aporte en la oferta directa de biomasa es el bosque nativo (95,51% del total provincial) seguido por los residuos provenientes de cultivos forestales y cortinas rompeviento (4,33%; FAO, 2020). Chubut está dividida en distintas provincias fitogeográficas, en las cuales se observan unidades disímiles de vegetación (OYARZABAL *et al.*, 2018). Dichas diferencias se ven reflejadas en los resultados del análisis del balance energético ya

Marcelo Carpat

Ingeniero, Director de Planeamiento, Administración de Vialidad Provincial. Love Jones Parry 533, Rawson, Chubut; mgcapart@yahoo.com.ar

Cecilia Crespo

Tec. en SIG, Administración de Vialidad Provincial. Love Jones Parry 533, Rawson, Chubut; cecilia.crespo@gmail.com

Adrián Contreras

Ing. Hidráulico, Gerente, Compañía de Riego del VIRCh, Av. E. Tello 762 Gaiman, Chubut; driancontreras@yahoo.com

Pedro Tagliabue

Tec. Compañía de Riego del VIRCh, Av. E. Tello 762 Gaiman, Chubut; tagliabuep@gmail.com

Fernando Pegoraro

M.Sc., Coordinador de la Unidad Técnica Provincial GRSU, Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, Hipólito Irigoyen 42, Rawson, Chubut; girsuchubut@hotmail.com

Matías Ramirez

Licenciado en Química y Tecnología Ambiental, Inspector Ambiental, Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, Hipólito Irigoyen 42, Rawson, Chubut; matu17.02@gmail.com

Mariana Gigena

Licenciada en Protección y Saneamiento Ambiental, Inspector Ambiental, Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, Hipólito Irigoyen 42, Rawson, Chubut.

que la biomasa proveniente del Bosque Nativo se ha identificado solamente en la provincia fitogeográfica Subantártica siendo ésta la provincia que presenta menor superficie a nivel regional (OYARZABAL *et al.*, 2018). El WISDOM Chubut describe el volumen de biomasa accesible en toneladas por año a nivel departamental sin discriminar por fuente (FAO, 2020). Dada la marcada dispersión de los recursos biomásicos observados en el análisis, para el presente trabajo se propone evaluar las fuentes de oferta directa accesible a nivel departamental y a partir de su relación con la demanda, determinar el superávit o déficit de cada departamento de la provincia del Chubut, donde la hipótesis de trabajo ha sido la existencia de algunos departamentos con demandas inferiores a la oferta directa accesible y otros con demandas superiores a la oferta directa accesible. En función de estos resultados, se propondrán actividades que promuevan el incremento del volumen de la biomasa, siendo que la metodología WISDOM brinda información para facilitar la formulación de políticas públicas que promuevan el uso de recursos biomásicos para la generación de energía renovable (FAO, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de las áreas agroecológicas de la provincia del Chubut

La provincia del Chubut se encuentra en la región patagónica, en la República Argentina, limitando al norte con la provincia de Río Negro, al sur con la provincia de Santa Cruz, al oeste con la República de Chile y al este con el océano Atlántico. Está dividida en 15 departamentos los cuales están agrupados, a su vez, en cuatro comarcas: Comarca de los Andes, Comarca Meseta Central, Comarca VIRCh-Valdés, y la Comarca Senguer-Golfo San Jorge. El clima de la provincia se caracteriza por ser templado frío con vientos frecuentemente fuertes y predominantes del sector oeste (PARUELO *et al.*, 1998; LEÓN *et al.*, 1998). Las precipitaciones son estacionales en la región como consecuencia de una combinación de eventos, los cuales se producen durante el período invernal (PARUELO *et al.*, 1998). A su vez la distribución de las mismas se ve afectada por la barrera orográfica de los Andes ya que la humedad que contienen las masas húmedas provenientes del oeste descargan una media anual de 2.000 mm en la región cordillerana ubicada en las comarcas de los Andes y del Río Senguer-Golfo San Jorge y un promedio de 200 mm anuales

a medida que las mismas atraviesan el resto de la provincia de oeste a este (PARUELO *et al.*, 1998, LEÓN *et al.*, 1998). Las unidades de vegetación que se observan en la provincia están en estrecha relación con las variables climáticas descriptas. Por ejemplo, en las regiones de mayor precipitación se observa el Bosque Andino-Patagónico y en las regiones de menores precipitaciones, las unidades observadas se encuentran dentro de las provincias fitogeográficas del Monte y Patagónica. El agua disponible afecta tanto la cobertura como la distribución de las especies a nivel regional (PARUELO *et al.*, 1998) lo cual marca una diferencia entre departamentos donde en dos de los departamentos ubicados en la región cordillerana, la concentración de biomasa disponible para usos energéticos es mayor en comparación con el resto de los departamentos en los cuales se observa una baja concentración y mayor dispersión (FAO, 2020). La vegetación presente en la provincia del Chubut ha sido descrita a través de estudios de flora, los cuales han identificado cinco grupos con características propias desde el punto de vista fitogeográfico. A cada uno de los grupos se los denomina “provincias fitogeográficas” o “ecotono” (LEÓN *et al.*, 1998) incluyendo a su vez (en cada una de las provincias y ecotonos) distintas unidades de vegetación las cuales presentan características propias (OYARZABAL *et al.*, 2018). Según OYARZABAL *et al.*, (2018) en total se identificaron 10 unidades de vegetación las cuales se describen a continuación para cada una de las provincias fitogeográficas y ecotonos que las abarcan: 1) *Provincia fitogeográfica del Monte*: se observa la presencia de especies xerofíticas, correspondientes a la familia Zigoofiláceas y al género *Larrea* (LEÓN *et al.*, 1998; OYARZABAL *et al.*, 2018). La unidad de vegetación presente en Chubut es la estepa de Zigoofiláceas de baja cobertura o Monte Austral o típico (OYARZABAL *et al.*, 2018) donde se observa el género antes nombrado en conjunto con otros géneros como *Lycium* y *Prosopis*. Para este último género cabe destacar la presencia de *Prosopis alpataco* y *Prosopis denudans* ya que ambas especies se caracterizan por ser leñateras y utilizadas por los pobladores para la generación de energía térmica con el fin de calefaccionar sus hogares y cocinar sus alimentos. Otra especie presente en la unidad es el *Schinus johnstonii* el cual está siendo evaluado en la actualidad como una nativa con potencial bioenergético para el desarrollo de un cultivo desti-

José Bava

Doctor, Coordinador de Área, CIEFAP; Ruta 259 Km 16,24, CC 14, Esquel, Chubut;
bava.jose@inta.gov.ar

Fernando De Lillo

Ing. Agron. Profesional, Dirección de Promoción Agropecuaria, Municipalidad de Trelew, Rivadavia 390, Trelew, Chubut;
fernandocristiandelillo@gmail.com

Lucas Cabrera

Ing. Agron. Profesional, Subprograma de Desarrollo e Innovación Productiva, Municipalidad de Trelew, Rivadavia 390, Trelew, Chubut;
abancabreralucas@gmail.com

Ana L. Ardiles

Licenciada, Directora de Producción e Industria, Municipalidad de Gaiman, Plaza Julio A. Roca S/N, Gaiman, Chubut;
algardiles@gmail.com

Paola Marino

Licenciada, Directora de Control Ambiental, Municipalidad de Puerto Madryn, Belgrano 260, Puerto Madryn, Chubut;
Paolamarino81@gmail.com

nado a la producción de biomasa de origen local, el cual se caracterizará por su bajo requerimiento hídrico y de nutrientes (PALOMEQUE, 2018). 2) *Ecotono Fitogeográfico Monte-Patagonia*: los límites de las provincias fitogeográficas no son marcados sino difusos, existiendo una transición entre una provincia y otra aledaña. A dichas transiciones se las denomina ecotono. Entre la provincia fitogeográfica del Monte y la Patagónica se encuentra el ecotono Monte-Patagonia (LEÓN *et al.*, 1998; OYARZABAL *et al.*, 2018). La unidad de vegetación es la “estepa arbustiva ecotonal con *Chuquiraga avellanadae*-ecotono de la Península Valdés” (OYARZABAL *et al.*, 2018) con presencia de especies con potencial bioenergético como son *Lycium chilense* y *Schinus polygamus*. 3) *Provincia Fitogeográfica Patagónica*: agrupa unidades de vegetación de la estepa diferenciándose cada unidad en la proporción de arbustos o gramíneas que la componen. Las unidades observadas en la provincia del Chubut son seis y corresponden de este a oeste a: a) “Estepa arbustiva con *Chuquiraga avellanadae*-Distrito Central” (OYARZABAL *et al.*, 2018), en la cual dominan también especies con potencial bioenergético como son *Lycium chilense*, *Prosopis denudans* y *Schinus polygamus*; b) “Estepa arbustiva alta y gramíneo arbustiva-Distrito del Golfo San Jorge” en la cual una de las especies dominantes es *Grindelia chiloensis*, una especie con potencial bioenergético; c) “Estepa arbustiva gramínea-Distrito Occidental” (OYARZABAL *et al.*, 2018), donde dominan un grupo de gramíneas y arbustos entre los cuales suele ser abundante *Grindelia*; d) “Estepa arbustiva baja-Distrito Central; Erial” (OYARZABAL *et al.*, 2018), caracterizada por la presencia de arbustos en cojín de baja cobertura de suelo. Entre las especies dominantes se observan especies con potencial bioenergético como son *Prosopis denudans* y *Lycium chilense*; e) “Estepa arbustiva serrana con *Colliguaja integerrina*-Distrito Central; Estepa arbustiva serrana-” (OYARZABAL *et al.*, 2018), dicha unidad de vegetación se encuentra en la región serrana de Chubut donde dominan entre otras especies dos con potencial bioenergético como son *Schinus polygamus* y *Lycium chilense*; f) “Estepa gramínea de *Festuca pallens*-Distrito Subandino; Estepa de coirón blanco-” (OYARZABAL *et al.*, 2018). 4) *Provincia Fitogeográfica Subantártica*: se caracteriza por ser una provincia estrecha, cuya unidad de vegetación en Chubut es el “Bosque caducifolio de *Nothofagus* spp y

Selva pluvial templada (Bosque Andino-Patagónico)” (OYARZABAL *et al.*, 2018), con dominio de las especies *Nothofagus pumilio* y *Nothofagus antartica*. 5) *Provincia Fitogeográfica Altoandina*: solo una unidad de vegetación se describe para esta provincia la cual se denomina “Estepa baja de *Senecio algens* y *Oxalis compacta*-Provincia Altoandina” (OYARZABAL *et al.*, 2018).

Unidad de análisis y sistema de coordenadas

La metodología WISDOM consiste en integrar tanto la información estadística como la espacial, la cual se relaciona con la disponibilidad (oferta), los medios (accesibilidad física y legal) y el consumo (demanda) de biomasa (FAO, 2020; 2019; 2018a; 2018b; 2018c; 2017a; 2017b; 2016a; 2016b; 2016c; 2009). La resolución espacial (píxel) utilizada es de 40 metros y la unidad de análisis corresponde a los límites departamentales, construidos a partir de los límites de radios censales resultantes de la cartografía del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (INDEC, 2010). El procesamiento de los datos se realizó en el sistema de coordenadas Gauss-Krüger Faja 2, POSGAR 98, Datum WGS84. Los datos estadísticos y la información relevada en campo fueron digitalizados utilizando el programa de código abierto denominado QGIS. Asimismo, se recurrió a herramientas del QGIS para convertir a ráster toda la información vectorial existente y creada en el presente trabajo y generar las salidas cartográficas que se exponen en los resultados. Los modelos de análisis espacial integrado de la información se realizaron con el programa de código abierto Dinamica EGO.

Oferta Directa

El presente trabajo considera solamente la oferta directa accesible, analizando en particular el aporte a escala departamental de cada una de las fuentes identificadas en dicho módulo para la provincia del Chubut. En FAO (2020) se reportan 7 fuentes de residuos biomásicos. El presente análisis agrupa en 4 categorías las fuentes de oferta directa accesible de biomasa (Tabla 1): bosque nativo, cultivos forestales (incluye residuos de plantaciones forestales y macizos de salicáceas), cortinas forestales (abarca residuos de poda de cortinas y apeo en canales de riego) y cultivos frutihortícolas (agrupa residuos de poda de cereza y del cultivo de tomate).

Accesibilidad

El análisis de accesibilidad fue realizado a partir de las limitantes físicas y lega-

les. Las primeras consideran un modelo de pendientes del terreno, tipo de vialidad y zonas urbanas (ejidos y asentamientos). La accesibilidad legal corresponde a limitar la utilización de residuos biomásicos en áreas naturales protegidas y sectores cordilleranos según la clasificación del ordenamiento territorial de bosque nativo (OTBN). Una descripción completa de la metodología y los insumos utilizados para el procesamiento de los datos se presentan en FAO (2020).

Cálculo de superávit y déficit por departamento

La oferta directa accesible se obtiene a partir de multiplicar los rásters de cada uno de los 4 grupos de fuentes de residuos biomásicos descritos anteriormente, por el ráster de accesibilidad total (física y legal). Posteriormente, se utiliza una herramienta del QGIS para realizar la sumatoria del residuo biomásico por departamento. Con la misma herramienta se calcula la demanda total por departamento. Los valores de demanda se restan a los de oferta directa accesible para obtener el balance, a partir del cual, se definen los departamentos con superávit y con déficit, en función de los porcentajes de exceso de oferta o demanda.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La provincia del Chubut cuenta con una oferta total de biomasa para la generación de energía térmica o eléctrica de 121.951,50 toneladas por año según el reporte del WISDOM Chubut (FAO, 2020) donde el 84,91% corresponde a oferta directa accesible. Las cuatro fuentes de biomasa identificadas provienen de: a) el incremento medio anual del Bosque Nativo; b) los residuos y el apeo de los cultivos forestales; c) la poda de cortinas rompeviento y apeo en canales de riego y d) los residuos de cultivos frutihortícolas (Tabla 1 y Figura 1). Cuando se evalúa la oferta directa accesible, el aporte del Bosque Nativo es del 78% y el de los cultivos forestales y cortinas rompevientos del 21% del total provincial. El resultado del análisis a nivel departamental muestra que 5 departamentos ubicados en la región cordillerana (Cushamen, Futaleufú, Languiño, Río Senguer y Tehuelches) aportan el 100% de la biomasa proveniente del Bosque Nativo. A nivel provincial el departamento con mayor contribución total es Futaleufú, en el cual se encuentra un 32,89% de la oferta directa accesible. A nivel departamental son dos las fuentes mayoritarias para dicho departamento, donde el Bosque Nativo contribuye con un 91% y los cultivos forestales un 8,51% (Tabla 1 y Figura 1). El segundo departamento con mayor disponibilidad es Cushamen con un 27,53% de oferta directa disponible a nivel provincial. Las fuentes con mayor disponibilidad son las mismas que para el departamento de Futaleufú diferenciándose en el aporte relativo de cada una (46,82% y 52,27% respectivamente). El tercer departamento con mayor disponibilidad a nivel provincial es Tehuelches con un 19,64% de oferta directa accesible siendo las fuentes identificadas y los porcentajes de contribución equivalentes al departamento de Futaleufú.

En los departamentos de la Costa y de la Meseta Central la superficie registrada de cultivos forestales es nula o menor al 5%. Dos departamentos (Gaiman y Raw-

son) tienen una oferta directa accesible proveniente de residuos de cultivos frutihortícolas, dado por la presencia del Valle Inferior del Río Chubut (VIRCh), el cual es uno de los valles más productivos de la provincia (Figura 1). En el departamento de Gaiman tanto el cultivo de cereza como el de tomate (FAO, 2020) aportan biomasa de restos de cosecha equivalente al 55,89% del total departamental siendo la segunda fuente de oferta directa accesible las cortinas forestales, con un 42,33% (Tabla 1). Para los departamentos de Biedma, Escalante, Gastre, Sarmiento y Telsen el aporte de los residuos proveniente de las cortinas forestales es de un 100%, con un nulo aporte de cultivos forestales (a excepción de Sarmiento en el cual se observa un 1%). De los resultados se desprende que tanto para los departamentos ubicados en la Meseta Central como así también para los costeros el incremento de la producción de biomasa debería darse a través de la implantación de especies con potencial energético y/o forestal. A su vez, el incremento de la superficie implantada con cortinas rompeviento no solo brindaría los servicios ecosistémicos de protección de cultivos, reparo de animales, entre otros, sino también biomasa disponible para la generación de energía térmica. En cuanto al incremento de biomasa a través de la implantación de bosques energéticos, siendo que en las unidades de vegetación incluidas en las dos provincias fitogeográficas ubicadas en esta región se observan especies dominantes con potencial bioenergético (*Prosopis denudans*, *Prosopis alpacato*, *Schinus polygamus* y *Lycium chilense*), el desarrollo de cultivos energéticos adaptados a las condiciones agroecológicas de la región, a partir de dichas especies, permitirá a mediano plazo incrementar la superficie forestada para la producción local de biomasa. El incremento en la producción cubrirá, en parte, las necesidades básicas, hoy insatisfechas, de energía térmica. Según lo reportado en el WISDOM Chubut (FAO, 2020) tres departamentos (Paso de Indios, Mártires y Florentino Ameghino) no cuentan con biomasa disponible para la generación de bioenergía. El nulo porcentaje de disponibilidad está dado, en el informe, por la falta de datos oficiales y no necesariamente por la falta de oferta. Fomentar el registro de fuentes brindará la posibilidad de diseñar estrategias para el incremento en la producción de biomasa (FAO, 2020).

En el presente trabajo, a diferencia del WISDOM Chubut (FAO, 2020), se realizó un análisis de la demanda en relación a la oferta directa accesible a fin de determinar el superávit o déficit de fuentes de residuo biomásico a escala departamental (Tabla 2 y Figura 2). Los resultados muestran que el 47% de los departamentos (Cushamen, Futaleufú, Gaiman, Languiño, Río Senguer, Sarmiento y Tehuelches) presentan superávit; las distintas fuentes identificadas como oferta directa accesible no solo suplen la demanda de biomasa para la generación de energía renovable sino que a su vez cuentan con la capacidad de reemplazar las materias primas de origen no renovable y cubrir, en parte, la demanda insatisfecha de otros departamentos. Por otra parte, el 53% de los departamentos (Biedma, Escalante, F. Ameghino, Gastre, Mártires, Paso de Indios, Rawson y Telsen) se caracterizan por tener un déficit de biomasa proveniente de las mismas fuentes, donde en promedio, la demanda insatisfecha asciende al 85,03% (Tabla 2).

Tabla 1: Oferta directa accesible por fuente identificada en la provincia del Chubut a nivel departamental.
Table 1: Accessible direct supply by identified source at departmental level for the province of Chubut.

Departamentos	Porcentaje de residuo biomásico por fuente identificada			
	Bosque Nativo	Cultivos frutihortícolas	Cortinas forestales	Cultivos forestales
Biedma	0,00	0,00	100,00	0,00
Cushamen	46,82	0,00	0,91	52,27
Escalante	0,00	0,00	100,00	0,00
Florentino Ameghino	0,00	0,00	0,00	0,00
Futaleufú	91,00	0,00	0,48	8,52
Gaiman	0,00	55,89	42,33	1,77
Gastre	0,00	0,00	100,00	0,00
Languiñeo	88,50	0,00	0,50	11,00
Mártires	0,00	0,00	0,00	0,00
Paso de los Indios	0,00	0,00	0,00	0,00
Rawson	0,00	33,63	63,19	3,19
Río Senguer	98,19	0,00	1,63	0,18
Sarmiento	0,00	0,00	98,94	1,06
Tehuelches	96,37	0,00	0,02	3,62
Telsen	0,00	0,00	100,00	0,00

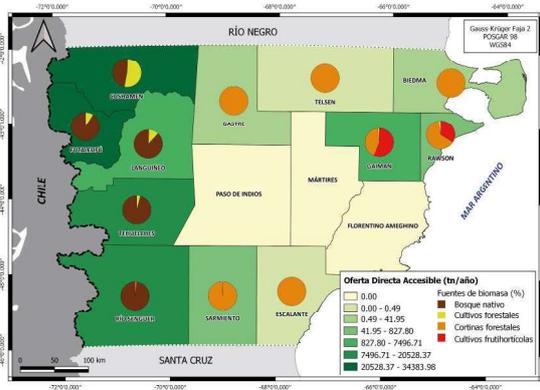


Figura 1: Oferta directa accesible a nivel departamental en la provincia del Chubut.
Figure 1: Accessible direct supply at departmental level for the province of Chubut.

Tabla 2: Departamentos con superávit (oferta en exceso) y déficit (demanda en exceso).
Table 2: Departments with surplus (excess of supply) and deficit (excess of demand).

Departamentos	Oferta directa accesible - demanda tn/año	Demanda abastecida por oferta directa accesible %	Superávit (oferta en exceso) %	Déficit (demanda en exceso) %
Biedma	-182,05	18,73		81,27
Cushamen	24283,97		86,74	
Escalante	-791,51	0,06		99,94
Florentino Ameghino	-60,00	0,00		100,00
Futaleufú	31872,56		93,03	
Gaiman	1614,84		86,32	
Gastre	-765,98	1,80		98,20
Languiñeo	6032,21		80,95	
Mártires	-140,00	0,00		100,00
Paso de los Indios	-476,00	0,00		100,00
Rawson	-7,20	99,14		0,86
Río Senguer	8257,89		82,41	
Sarmiento	352,92		61,17	
Tehuelches	19586,62		95,61	
Telsen	-543,81	0,03		99,97

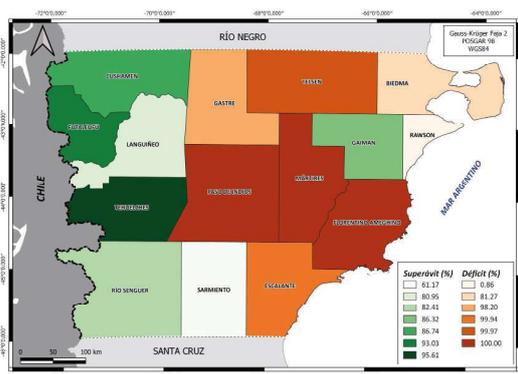


Figura 2: Departamentos con superávit (%) y déficit (%) en la provincia del Chubut.
Figure 2: Departments with surplus (%) and deficit (%) for the Chubut province.

CONCLUSIÓN

El recurso biomásico con mayor contribución en la provincia del Chubut es el Bosque Nativo siendo los cultivos implantados los que presentan menor contribución a nivel departamental, a excepción del departamento de Cus-hamen. La provincia fitogeográfica que aporta dicha fuente se caracteriza por ser la de menor superficie por lo cual, incrementar la superficie implantada permitirá contar con un volumen mayor de biomasa al utilizable en la actualidad. Tanto los departamentos ubicados en la cordillera como los de Biedma, Gastre, Rawson, Paso de Indios y Telsen cuentan con potencial para la implantación de cultivos energéticos, los cuales suplirían, en parte, la actual demanda insatisfecha de biomasa para la generación de energía térmica. La superficie destinada a cultivos bioneréticos adaptados a las condiciones de baja disponibilidad hídrica y de nutrientes pondrá en valor suelos que hoy no son aptos para la agricultura, evitando la competencia de dichos cultivos con aquellos destinados para la producción de alimentos. Fomentar la implantación de cortinas forestales y de cultivos para la producción de biomasa permitirá, a mediano plazo, contar con las fuentes necesarias para cubrir los requerimientos en cada uno de los departamentos analizados.

BIBLIOGRAFÍA

- CARDOSO, M. B., Ladio, A.H. y Lozada, M. 2012. The use of firewood in a Mapuche community in a semi-arid región of Patagonia, Argentina. *Biomass and Bioenergy* 46: 155-164.
- DRIGO R., Masera O.R. y Trossero, M.A. 2002. WISDOM: una representación cartográfica de la oferta y la demanda de combustibles leñosos. *Unasyuva* 211, Vol 53 p: 36-40.
- FAO. 2020. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa - Metodología WISDOM - Provincia del Chubut. Colección Documentos Técnicos N°. 12. Buenos Aires. <https://doi.org/10.4060/cb0716es>
- FAO. 2019. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Misiones. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/DT13-WISDOM-Misiones-19-09-16.pdf)
- FAO. 2018a. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Santa Fe. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_SantaFe_interior-web.pdf)
- FAO. 2018b. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Chaco. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_Chaco.pdf)
- FAO. 2018c. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Corrientes. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_Corrientes_11-7.pdf)
- FAO. 2017a. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Córdoba. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_Cordoba_FAO-Final%20170904.pdf)
- FAO. 2017b. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Mendoza. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_Mendoza_FAO-%20Final%20170904.pdf)
- FAO. 2016a. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de La Pampa. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_laPampa_baja.pdf)
- FAO. 2016b. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Salta. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_Salta_baja.pdf)
- FAO. 2016c. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Tucumán. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_Tucuman_baja.pdf)
- FAO. 2009. Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina –WISDOM Argentina. Informe final Buenos Aires.
- INDEC. 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Ministerio de Economía. Buenos Aires, Argentina.
- LEÓN, R. J., Bran, D., Collantes, M., Paruelo, J.

and Soriano, A. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8:123-141.

OYARZABAL, M., Clavijo, J., Oakley, L., Biganzoli, F., Tognetti, P., Barberis, I., Maturo H., Aragon, R., Campanello, P., Prado, D., Oesterheld, M. y León R. 2018. Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral* 28:040-063

PALOMEQUE, L. 2018. Desarrollo de cultivos bioenergéticos a partir de flora nativa. *Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina* 3. Ed. Paleto Massara V. et al, Guaymallén. 372 p.

PARUELO, J., Beltrán, A., Jobbagy, E., Sala, O. and Golluscio, R. 1998. The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral* 8:85-101

SAIDUR, R., Rahim, N., Islam, M. and Solangi, K. 2011. Environmental Impact of Wind Energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 2423-2430.