



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia del Chubut

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

N.º 22



ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia del Chubut

**Proyecto para la promoción de la energía
derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)**

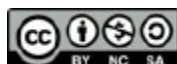
FAO. 2020. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa - Metodología WISDOM - Provincia del Chubut*. Colección Documentos Técnicos N.º 12. Buenos Aires. <https://doi.org/10.4060/cb0716es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, ni sobre sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-133202-3

© FAO, 2020



Algunos derechos reservados. Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC BY-NC-SA 3.0 IGO); <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>.

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: "La presente traducción no es obra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en [idioma] será el texto autorizado".

Todo litigio que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación vigentes serán el reglamento de mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de manera conforme al reglamento de arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request.

Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Este documento fue realizado en el marco del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG), iniciativa de los siguientes ministerios:

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

Luis Eugenio Basterra
Ministro de Agricultura, Ganadería y Pesca

Marcelo Alós
Secretario de Alimentos, Bioeconomía
y Desarrollo Regional

Miguel Almada
Director de Bioenergía

Ministerio de Desarrollo Productivo

Matías Sebastián Kulfas
Ministro de Desarrollo Productivo

Sergio Enzo Lanziani
Secretario de Energía

Ángel Guillermo Martín Martínez
Director Nacional de Energías Renovables

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Hivy Ortiz Chour
Oficial Forestal Principal
Oficina Regional América Latina

Carmelo Gallardo
Especialista en Seguridad Alimentaria y Nutricional
Oficina Argentina

Laura C. Palomeque, Marilina Peñalva, Adriana Beider, Graciela Ponce, Erica Llanos, Lucas Gallo Mendoza, Axel von Müller, Mariana Liberman, Marcos Rodríguez, María Inés Bai, César Sanz, Eduardo Matinata, Damián Sotto, Marcelo Capart, Cecilia Crespo, Adrián Contreras, Pedro Tagliabue, Fernando Pegoraro, Matías Ramírez, Mariana Gigena, José Bava, Fernando De Lillo, Lucas Cabrera, Ana Paula Ardiles, Paola Marino
Autores

Celina Escartín
Coordinación y supervisión técnica

Verónica González
Coordinación Colección

Sofía Damasseno
Colaboración Colección

Alejandra Groba
Edición y corrección

Mariana Piuma
Diseño e ilustraciones



© Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

ÍNDICE

Prólogo	ix		
Agradecimientos	xi		
Siglas y acrónimos	xiii		
Unidades de medida	xiii		
Resumen ejecutivo	xv		
<hr/>			
1.			
Introducción	1		
Ejecución de los WISDOM provinciales	2		
<hr/>			
2.			
Bioenergía	5		
Matriz energética de la provincia	6		
<hr/>			
3.			
Marco de referencia geográfico y ambiental	11		
<hr/>			
4.			
Sistemas bioenergéticos y metodología WISDOM	15		
<hr/>			
5.			
Módulos y resultados del WISDOM Chubut	21		
5.1. Unidad de análisis y resolución espacial	21		
5.2. Módulo de oferta directa	21		
Bosques nativos	22		
Cultivos	25		
Frutales	25		
Hortícolas	25		
Forestales	28		
Síntesis de oferta directa total	29		
Accesibilidad física	31		
Red vial	33		
Ejidios urbanos	33		
Parajes rurales	33		
Pendiente del terreno	33		
Síntesis de accesibilidad física	33		
Accesibilidad legal	37		
Áreas Naturales Protegidas	37		
Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos	37		
Accesibilidad total	38		
Síntesis de oferta directa accesible	41		
5.3. Módulo de oferta indirecta	41		
Aserraderos	41		
Carpinterías	43		
Poda urbana	43		
Algas	43		
Síntesis de oferta indirecta	44		
Oferta total accesible	44		
5.4. Módulo de demanda	44		
Sector residencial	48		
Plan Calor	48		
Demanda industrial	50		
Ladrilleras	50		
Escuelas rurales	50		
Síntesis del módulo demanda	50		
5.5. Módulo de integración	52		
<hr/>			
6.			
Módulo de oferta de biomasa húmeda	57		
6.1. <i>Feedlots</i> bovinos	58		
6.2. Tambos bovinos	58		
6.3. Establecimientos porcinos	60		
6.4. Establecimientos avícolas	60		
6.5. Residuos sólidos urbanos	60		
6.5. Síntesis de oferta de biomasa húmeda	64		
<hr/>			
7.			
Conclusiones	69		
<hr/>			
8.			
Recomendaciones	71		
<hr/>			
9.			
Bibliografía	72		

Cuadros

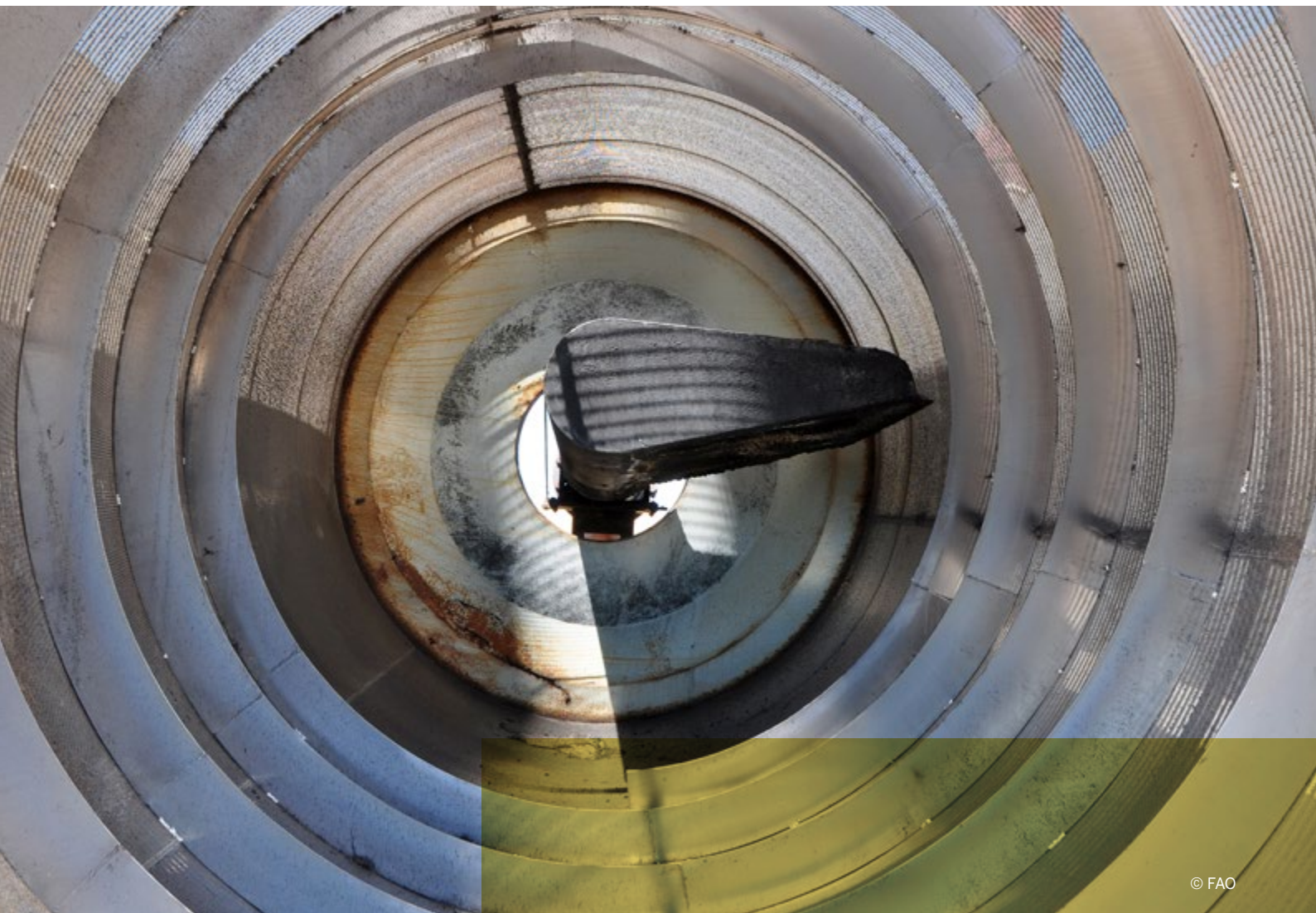
Cuadro 1	Clasificación de las fuentes de biocombustibles	6
Cuadro 2	IMA de las especies que componen los bosques nativos con potencial aprovechamiento forestal	23
Cuadro 3	Extracciones de productos forestales, por jurisdicción	25
Cuadro 4	Oferta directa de bosques nativos	26
Cuadro 5	Oferta directa de cultivos, por departamento	28
Cuadro 6	Residuos de plantaciones forestales, con un grado de oferta medio y de intensidad de manejo del 75%	29
Cuadro 7	Biomasa disponible de residuos de poda y raleo de las cortinas rompeviento	29
Cuadro 8	Áreas protegidas de Chubut	37
Cuadro 9	Oferta directa total y total accesible, por departamento	38
Cuadro 10	Número de aserraderos y biomasa proveniente de sus residuos	43
Cuadro 11	Número de carpinterías y biomasa proveniente de sus residuos	44
Cuadro 12	Oferta indirecta, por fuente y departamento	45
Cuadro 13	Oferta directa accesible y oferta total (directa e indirecta) accesible	45
Cuadro 14	Combustibles principalmente utilizados para cocción, en hogares	48
Cuadro 15	Leña consumida, por localidad	49
Cuadro 16	Leña entregada a los beneficiarios del Plan Calor	50
Cuadro 17	Demanda de biomasa, por departamento	50
Cuadro 18	Balance por departamento	52
Cuadro 19	Oferta potencial de biogás de residuos de la actividad pecuaria	60
Cuadro 20	Oferta potencial de biogás de residuos sólidos urbanos	64
Cuadro 21	Oferta potencial total de biogás, por fuente y departamento	66

Mapas

Mapa 1	Cobertura arbórea superior a 5 metros	24
Mapa 2	Oferta potencial de bosques nativos	26
Mapa 3	Oferta directa de cultivos, por región	30
Mapa 4	Oferta directa total	32
Mapa 5	Asentamientos humanos y red vial	34
Mapa 6	Altimetría e hidrografía	35
Mapa 7	Accesibilidad física	36
Mapa 8	Accesibilidad legal	39
Mapa 9	Accesibilidad total	40
Mapa 10	Oferta directa total accesible	42
Mapa 11	Oferta indirecta	46
Mapa 12	Oferta total accesible	47
Mapa 13	Demanda total promedio de biomasa	50
Mapa 14	Balance promedio	53
Mapa 15	Balance promedio por departamento	54
Mapa 16	Balance promedio por radio censal	55
Mapa 17	Potencial de biogás proveniente de residuos de <i>feedlots</i> y tambos bovinos	59
Mapa 18	Potencial de biogás proveniente de residuos de establecimientos porcinos	61
Mapa 19	Potencial de biogás proveniente de residuos de establecimientos avícolas	62
Mapa 20	Potencial de biogás proveniente de residuos sólidos urbanos	63
Mapa 21	Oferta potencial total de biomasa húmeda	65

Gráficos

Gráfico 1	Composición de la oferta interna de energía primaria en la Argentina	8
Gráfico 2	Modelo conceptual WISDOM Chubut	17
Gráfico 3	Oferta directa total por fuente de biomasa, en porcentaje	31



Prólogo

La matriz energética argentina está conformada, en su gran mayoría, por combustibles fósiles. Esta situación presenta desafíos y oportunidades para el desarrollo de las energías renovables, ya que la gran disponibilidad de recursos biomásicos en todo el territorio nacional constituye una alternativa eficaz frente al difícil contexto energético local e internacional.

En este escenario, en 2015, la República Argentina promulgó la Ley 27191, *Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica* –que modificó la Ley 26190–, con el objetivo de fomentar la participación de las fuentes renovables hasta que estas alcancen un 20% del consumo de la energía eléctrica nacional en 2025, que otorgó a la biomasa una gran relevancia.

La biomasa es una de las fuentes de energía renovable más confiables, es constante y se puede almacenar, lo que facilita la generación térmica y eléctrica. En virtud de sus extraordinarias condiciones agroecológicas, y las ventajas comparativas y competitivas de su sector agroindustrial, la Argentina es un gran productor de biomasa con potencial energético.

La energía derivada de biomasa respeta y protege el ambiente, genera nuevos puestos de trabajo, integra comunidades energéticamente vulnerables, reduce la emisión de gases de efecto invernadero, convierte residuos en recursos, moviliza inversiones y promueve el agregado de valor y nuevos negocios.

No obstante, aún existen algunas barreras y desafíos de orden institucional, legal, económico, técnico y sociocultural que deben superarse para incrementar, de acuerdo con su potencial, la proporción de bioenergía en la matriz energética nacional.

En este marco, en 2012, se creó el Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa – UTF/ARG/O20/ARG (PROBIOMASA), una iniciativa que llevan adelante el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y el Ministerio de Desarrollo Productivo, con la asistencia técnica y administrativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

El Proyecto tiene como objetivo principal incrementar la producción de energía térmica y eléctrica derivada de biomasa a nivel local, provincial y nacional, para asegurar un creciente suministro de energía limpia, confiable y competitiva y, a la vez, abrir nuevas oportunidades agroforestales, estimular el desarrollo regional y contribuir a mitigar el cambio climático.

Para lograr ese propósito, el Proyecto se estructura en tres componentes principales con objetivos específicos:

- Estrategias bioenergéticas: asesorar y asistir, legal, técnica y financieramente, a proyectos bioenergéticos y tomadores de decisión para aumentar la participación de la energía derivada de biomasa en la matriz energética.
- Fortalecimiento institucional: articular con instituciones de nivel nacional, provincial y local a fin de evaluar los recursos biomásicos disponibles para la generación de energía aplicando la metodología WISDOM (*Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*, Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles).
- Sensibilización y extensión: informar y capacitar a los actores políticos, empresarios, investigadores y público en general acerca de las oportunidades y ventajas que ofrece la energía derivada de biomasa.

Esta Colección de Documentos Técnicos pone a disposición del público estudios, guías y recomendaciones sobre aspectos específicos de la generación de energía derivada de biomasa, elaborados por consultoras y consultores del Proyecto e instituciones parte, con el propósito de contribuir tanto al desarrollo de negocios como al diseño, formulación y ejecución de políticas públicas que promuevan el crecimiento del sector bioenergético en la Argentina.

Agradecimientos

Para el logro del presente documento se contó con la colaboración de distintos organismos nacionales, provinciales, municipales y comunales: la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB), el Centro Nacional Patagónico (CENPAT), la Agencia Provincial de Promoción de Energías Renovables de la provincia del Chubut (APPER), la Administración de Vialidad Provincial (AVP), el Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable de Chubut, la Compañía de Riego del Valle Inferior del Río Chubut, el Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), la Dirección de Bosques, la Dirección de Catastro, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), la Dirección General de Estadística y Censos de Chubut, el Ministerio de Educación de Chubut, el Instituto Provincial del Agua (IPA), las municipalidades de Trelew, de Puerto Madryn y de Gaiman, y las comunas de Gan Gan, de Telsen y de los Altares.

Se agradece en particular la colaboración brindada por Gustavo Buono, Mirco Muñoz, Ana Paula Galer, Miguel Cárcamo, Ivana Clich, María Valeria Pecile, Gilda Jones, Leticia Calfinao, Daniela Franco, Juan Arens, Esteban Pérez Parry, Fernando Dellatorre, María Paula Raffo, Roberto Elissalde, Leonardo Bowman, Paulo Cassutti, Paula Bottone y Santiago Favoretti.



Siglas y acrónimos

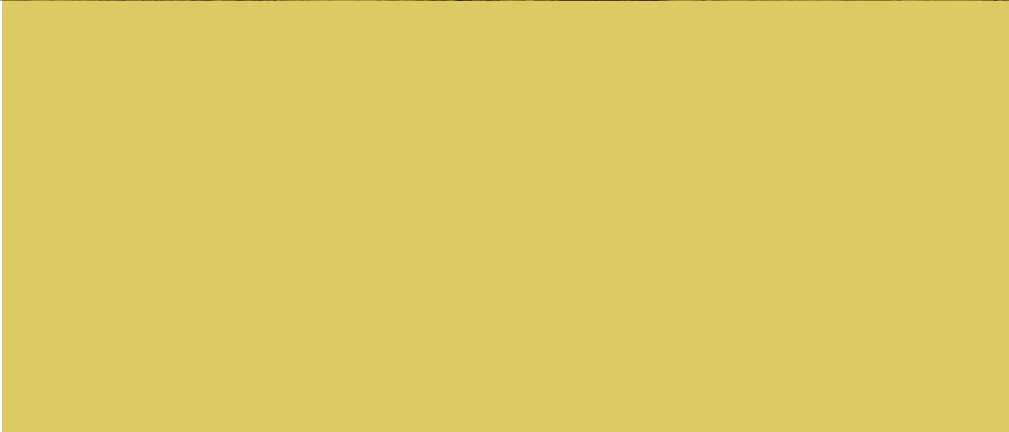
ANP	Área Natural Protegida
APPER	Agencia Provincial de Promoción de Energías Renovables
AVP	Administración de Vialidad Provincial
BAHRA	Base de Asentamientos Humanos de la República Argentina
BAP	Bosque Andino Patagónico
CIEFAP	Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico
COFEMA	Consejo Federal de Medio Ambiente
CNPHyV	Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IMA	Incremento medio anual
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
INDEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> - Panel Intergubernamental de Cambio Climático
MAyCDS	Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable de Chubut
MAGyP	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación
OTBN	Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos
RAC	Residuos agrícolas de cosecha
RSU	Residuos sólidos urbanos
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
SIG	Sistema de Información Geográfico
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNTDF	Universidad Nacional de Tierra del Fuego
VIRCh	Valle Inferior del Río Chubut
WISDOM	<i>Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping</i> - Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles
YPF	Yacimientos Petrolíferos Fiscales

Unidades de medida

GWh	gigavatios hora
ha	hectárea
kg	kilogramo
m	metro
m ³	metro cúbico
mm	milímetro
t	tonelada
tep	tonelada equivalente de petróleo



© Maximiliano Gauto



Resumen ejecutivo

El análisis espacial del balance de la energía derivada de biomasa de la provincia del Chubut se centró en determinar las fuentes de oferta de biomasa con potencial bioenergético, así como el consumo. Se realizó un diagnóstico siguiendo criterios de sustentabilidad, y se construyó una base de datos geoespacial con información brindada por diferentes organismos nacionales, provinciales, municipales y comunales de carácter público y privado. Así se obtuvo un balance bioenergético a nivel provincial, que fue desagregado a nivel departamental y de radio censal.

Las fuentes identificadas, localizadas y cuantificadas se clasificaron en función de su origen. La oferta directa incluye los bosques nativos (95,51%), los cultivos forestales (4,33%), los cultivos frutícolas (0,15%) y los cultivos hortícolas (0,01%). La oferta indirecta abarca los aserraderos (48,39%), las carpinterías (2,25%), la poda urbana (10,93%) y las algas (38,43%).

En función de los recursos biomásicos identificados, se observa que la materia prima con mayor volumen disponible para ser utilizado con fines bioenergéticos son los bosques nativos, con 918092,84 toneladas (t) anuales, que se distribuyen en la región oeste del territorio (Comarca Andina).

En relación con la demanda, se conforma por el consumo residencial (95,76%), el consumo industrial (4,10%) y las escuelas rurales (0,14%).

Del análisis se desprende que la oferta provincial accesible, física y legalmente, es de 121 951,50 t/año, de la que la oferta indirecta aporta 18 402,03 t anuales. La demanda total fue estimada en 14 515 t/año, lo que lleva a un balance con 107 436,50 t/año de superávit de recursos biomásicos destinados a la generación de bioenergía.

Siguiendo el modelo de los WISDOM provinciales, en el análisis realizado para Chubut se evaluaron distintas fuentes de biomasa húmeda. Se identificaron como potenciales materias primas los residuos provenientes de las actividades productivas pecuarias y los residuos sólidos urbanos (RSU), que no habían sido incluidos en informes anteriores. La oferta potencial de biomasa húmeda resulta de 4 153,85 toneladas equivalentes de petróleo anuales (tep/año), constituida por el aporte de *feedlots* (22,22%), tambos (0,14%), producciones porcinas (14,57%), producciones avícolas (10,97%) y residuos sólidos urbanos (RSU, 52,11%).

Aunque la provincia tiene un carácter superavitario de recursos biomásicos para ser utilizados con fines energéticos, el análisis espacial permite observar que, de los 15 departamentos que componen Chubut, solo el 60% tiene superávit, condición dada por el aporte de residuos biomásicos obtenidos a partir del uso sustentable de los bosques nativos. Los 6 departamentos deficitarios lo son no solo por la demanda, sino también por su baja o nula oferta de biomasa.

1. INTRODUCCIÓN



Los mapas de oferta y demanda de biomasa para fines energéticos permiten orientar políticas, guiar las investigaciones sobre tecnologías de conversión, e informar a los proyectos de energías renovables.

Durante las últimas décadas, el sistema energético nacional, basado principalmente en el petróleo y sus derivados, ha evidenciado limitaciones tanto desde el punto de vista prospectivo como ambiental. En este sentido, las energías renovables generadas a partir de recursos biomásicos, disponibles en todo el territorio nacional, se presentan como una alternativa eficaz frente al contexto de crisis energética local e internacional.

Con el fin de determinar la disponibilidad de fuentes renovables de energía presentes en el país, en 2009 se realizó el *Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina - WISDOM Argentina* (FAO, 2009). La metodología utilizada fue desarrollada por la FAO y el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y consiste en el mapeo de la oferta y demanda integrada de dendrocombustibles (en inglés, *Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*, WISDOM). De ese trabajo surgió que el país cuenta con un volumen de biomasa importante que se encuentra disponible para la generación de energía.

La metodología WISDOM se basa en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten integrar la información disponible (estadística y espacial) relacionada con la oferta (producción) y la demanda (consumo) de combustibles biomásicos como, por ejemplo, la leña, el carbón vegetal, los residuos de cosecha, de la agroindustria y de la industria forestal. El compendio, homogeneización y estandarización de los datos existentes reduce el costo de recopilar nuevos, y genera información sobre la disponibilidad de recursos biomásicos para la planificación estratégica de políticas públicas (Drigo *et al.*, 2002) que fomenten la generación de energía a partir de fuentes renovables.

La técnica desarrollada para llevar adelante la metodología es de fácil aplicación y accesibilidad, y permite presentar los resultados obtenidos en el análisis espacial de manera comprensible tanto para especialistas como para funcionarios y público en general, ya que:

- Facilita la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones a través de la elaboración

de mapas temáticos de oferta y demanda de biomasa para uso energético

- Brinda información actualizada y homogeneizada de la biomasa potencial que podrá destinarse a la generación de energía en función de las fuentes de aprovisionamiento, provista a través de fuentes primarias (encuestas y censos) y fuentes secundarias (registros de entes gubernamentales, organismos descentralizados y bibliografía de trabajos científicos).
- Permite que quienes desarrollen o promuevan proyectos sobre energías renovables conozcan la disponibilidad de materia prima (biomasa) con la que cuentan.
- Permite localizar el consumo de energía generada a partir de la biomasa y la relación con su disponibilidad a través de sistemas de aprovechamiento sustentable.
- Orienta los trabajos de investigación tecnológica relacionados con la conversión energética en función del tipo y disponibilidad geográfica del recurso biomásico.

A nivel de las provincias, el trabajo se llevó adelante en dos etapas. En la primera, en el marco del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA), se realizaron los análisis correspondientes a Salta, Tucumán, La Pampa, Córdoba y Mendoza (FAO, 2016a, b y c; FAO, 2017a y b). En la segunda etapa, a través de la firma de una Carta de Acuerdo entre el Proyecto y el INTA, se realizaron los análisis de las provincias de Corrientes, Santa Fe, Chaco, Buenos Aires, Entre Ríos, Misiones (FAO, 2018a, b, c, d y e; 2019a) y Chubut. Los objetivos específicos fueron:

- Implementar un sistema de información geográfica relacionado con la oferta y demanda de energía derivada de la biomasa de gestión provincial.
- Compendiar, homogeneizar y estandarizar la información digital obrante en el INTA, el Proyecto y las provincias involucradas.
- Elaborar la cartografía necesaria para la aplicación del análisis espacial.

- Desarrollar aplicaciones para la actualización y mantenimiento del modelo de datos.

Ejecución de los WISDOM provinciales

En el marco de la Carta de Acuerdo, cada Centro Regional del INTA organizó un equipo técnico local especializado, que se encargó de la articulación entre los técnicos del Proyecto y aquellos dependientes de organismos nacionales, provinciales, municipales y comunales. Este equipo debió identificar, compilar y estandarizar la información disponible para la aplicación de los modelos de análisis espacial, adaptando la metodología a la realidad productiva, energética y sociodemográfica provincial, coordinado y asistido técnicamente por miembros del Programa Nacional Agroindustria y Agregado de Valor del INTA (PNAYAV) y del Componente Fortalecimiento Institucional del Proyecto.

En la provincia del Chubut se conformó un equipo de trabajo integrado por técnicos de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Esquel y la Agencia Provincial de Promoción de las Energías Renovables (APPER), que tuvo a cargo la identificación de las fuentes de oferta y demanda de biomasa con fines energéticos. Para obtener información por organismo nacional, provincial, municipal o comunal se buscaron los referentes técnicos de cada uno, que se reunieron en la EEA INTA en mayo de 2017.

A partir de allí se intensificó el trabajo de campo y gabinete con el fin de agregar los datos que faltaban y las observaciones realizadas por el equipo técnico durante el encuentro. Sobre la base del modelo desarrollado para la provincia de Salta (FAO, 2016b), se identificaron los elementos de los cuales no se contaba con la información necesaria, los que requerían ampliar la información y los que debían ser excluidos dadas las recomendaciones técnicas.

En 2018, la Universidad Nacional de Tierra del Fuego (UNTF) fue convocada para colaborar como especialista en teledetección y SIG. El trabajo final conjunto es el que se presenta a continuación.



© FAO

2. BIOENERGÍA



En ciertas zonas rurales de Chubut, sobre todo en la Meseta Central, la leña es la única materia prima disponible para generar energía térmica, y con ella se calefaccionan los hogares y cocinan los alimentos.

Se denomina *bioenergía* a la energía que se genera a partir de materias primas de origen orgánico no fósil, y *biomasa*, a los recursos utilizados para producirla, (FAO, 2004; Hilbert, 2009). La biomasa puede obtenerse tanto a partir de residuos (agrícolas, ganaderos y/o urbanos), como de cultivos implantados con fines energéticos (FAO, 2008).

La bioenergía generada a partir del recurso biomásico puede ser considerada renovable solo si la utilización del recurso toma en cuenta el crecimiento de las especies cosechadas, expresado a través del incremento medio anual, o IMA (FAO, 2008). Por ello, para la elaboración del presente análisis, se han considerado como oferta las fuentes que se utilizan de forma sustentable, es decir, la biomasa obtenida/cosechada por debajo de su tasa de renovación natural (FAO, 2016a). La materia prima que puede utilizarse para la generación de bioenergía se caracteriza por su gran diversidad y versatilidad, ya que, a través de su procesamiento, permite la producción de combustibles en distintos estados (sólido, líquido y gaseoso).

La bioenergía agrega valor a recursos que, en el pasado, han sido considerados como desechos, lo

que fomenta la producción de fuentes energéticas a nivel local, y esto incentiva no solo el autoabastecimiento de energía sino también el desarrollo económico sustentable (Ministerio de Agroindustria, 2017). En resumen, la generación de energías derivadas de recursos biomásicos promueve:

- la utilización de residuos y efluentes que generan pasivos ambientales;
- el agregado de valor a los residuos de las actividades agropecuaria y forestal, y a los de sus respectivas industrias;
- la generación de energía y empleo a nivel local.

En el Cuadro 1 puede observarse una descripción de las distintas fuentes de biocombustibles, con tres grandes grupos: cultivos energéticos, subproductos y materiales derivados de otros usos. A cada uno de estos grupos se los clasifica en función del tipo de biomasa (leñosa, herbácea, producto de frutas y semillas, o varios). Una segunda clasificación de la biomasa responde a su contenido de humedad, que determina si se considera como seca (menos de 60% de humedad) o

húmeda (con más de 60%). La biomasa seca permite la generación de energía mediante procesos termoquímicos o fisicoquímicos en forma directa, ya sea como energía térmica o como combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. En cambio, la energía derivada de biomasa húmeda se obtiene a través

de procesos biológicos que producen combustibles gaseosos.

Dos características de la biomasa son su baja densidad energética y su dispersión en el territorio, con una importante dependencia geográfica. Esto trae aparejado un incremento en los costos

Cuadro 1. Clasificación de las fuentes de biocombustibles

Clasificación de fuentes biocombustibles		Biomasa leñosa	Biomasa herbácea	Biomasa de frutas y semillas	Varios/Mezclas
		Dendrocombustibles	Agrocombustibles		
Cultivos energéticos	Directos	Árboles de bosques energéticos	Plantas herbáceas energéticas	Cereales energéticos	
		Árboles de plantaciones energéticas	Cultivos energéticos de cereales enteros		
Subproductos		Subproductos de desmonte	Subproductos de cultivos agrícolas		Subproductos animales y hortícolas
		Subproductos de operaciones de raleo y poda	Pajilla, tallos	Carozos, cáscaras, vainas	
	Indirectos	Subproductos de industria maderera	Subproductos de elaboración de fibras	Subproductos de la industria alimentaria	Desechos de lechería y <i>feedlots</i>
		Licor negro			Efluentes citrícolas
Materiales derivados de otros usos	De recuperación	Madera usada	Productos usados de fibra	Productos de frutas y semillas usadas	Residuos sólidos urbanos (RSU)

Fuente: Elaborado por los autores, adaptado de FAO (2004).

de transporte, que pueden acercarse a un 50% del costo total de producción (Sultana y Kumar, 2012). La dispersión y la dependencia geográfica de la biomasa determinan su disponibilidad, que puede ser evaluada a través de herramientas como los SIG utilizados en la metodología WISDOM (FAO, 2009; 2016a, b y c; 2017a y b; 2018a, b, c, d y e; 2019a).

A nivel global, la generación de energía depende de los combustibles fósiles. En el período de 2000 a 2014, la generación de energía se ha incrementado más de un 2% por año, y las energías renovables lo han hecho en un 2,8%. Sin embargo, el 81% de la energía se genera a través de carbón, petróleo y gas natural (29, 31 y 21%, respectivamente), mientras que el aporte de las bioenergías es de 10,5% (Kummamuru, 2017).

En la República Argentina, la composición de la oferta interna de energía primaria difiere del promedio mundial, ya solo el 6,7% corresponde a bioenergía. Esta última está compuesta por 44,5% de aceites vegetales, 21,1% de bagazo 15,4% de leña y 11,4% de alcoholes vegetales, entre otras fuentes de biomasa (Gráfico 1).

Matriz energética de la provincia

La provincia del Chubut se abastece de energía eléctrica a través del Sistema Interconectado Nacional, que la distribuye a los pobladores a través de cooperativas (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, 2017). El Sistema Patagónico está compuesto por dos centrales de energía hidráulica: una ubicada en la represa de Futaleufú, y otra, en el dique Florentino Ameghino. Dicho sistema no abastece al total de la población chubutense y es por ello que en distintas localidades y comunas de la provincia la energía eléctrica se genera a través de centrales térmicas diésel y grupos electrógenos (Loguercio *et al.*, 2008).

Una segunda fuente energética es el gas natural, que es distribuido a través de los gasoductos Patagónico y Cordillerano (Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, 2017). Otras fuentes que se usan como materia prima para la generación de energía son la leña y el carbón vegetal, utilizados por el 2% de la población de la provincia, según lo reportado en el CNPhyV 2010. En ciertas

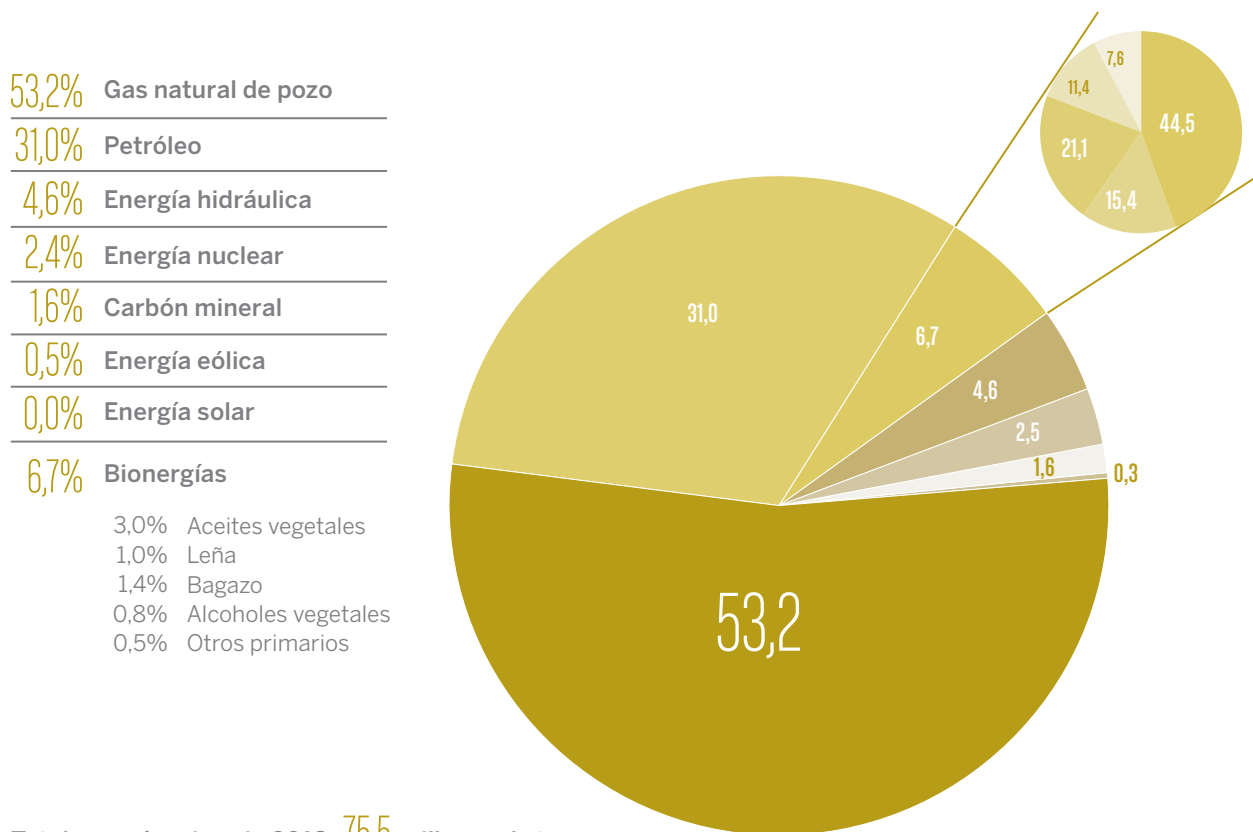
zonas rurales, sobre todo en la Comarca de la Meseta Central, la leña es la única materia prima disponible para la generación de energía térmica, y le permite a los pobladores calefaccionar sus hogares y cocinar sus alimentos (Palomeque *et al.*, 2016a).

Chubut cuenta con un potencial más que interesante en lo que respecta a las energías renovables, principalmente la eólica, cuyas características ubican a la región dentro de las de mayor potencial a nivel mundial. La provincia se encuentra a la vanguardia nacional en el desarrollo de este tipo de energía, y fue la primera en implementar la tecnología de aprovechamiento del viento para el abastecimiento energético.

En la actualidad, Chubut cuenta con cuatro parques eólicos construidos en los departamentos de Rawson y Escalante, con una potencia total instalada de 137,7 MW. Esta se ampliará sustancialmente al concretarse no solo la ampliación del Parque Eólico Rawson con 20 MW, sino también cuando se instale el Parque Eólico del Sur SA, de 24,15 MW; Genneia SA, de 50 MW, y el Parque Eólico Kostén, de 12 MW, estos tres últimos adjudicados en la Ronda 1 del Programa RenovAr. Paralelamente, hay empresas que planean instalar parques eólicos para autogeneración, como YPF Energía Eléctrica SA y Aluar SA, con una potencia de 100 y 200 MW, respectivamente.

En lo que respecta a la energía solar, su aprovechamiento ha comenzado a tener auge a partir de la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a pobladores rurales que residen en el interior provincial y que no tienen acceso a las redes de energía eléctrica. Su buen funcionamiento ha llevado a ampliar el rango de potenciales usuarios, incorporando los albergues estudiantiles, con garantía de acceso al servicio eléctrico las 24 horas del día. Asimismo, a raíz de los años de extensa sequía que debió afrontar la provincia del Chubut, el gobierno provincial llevó adelante la instalación de 46 sistemas fotovoltaicos para la extracción de agua para uso agrícola-ganadero.

Gráfico 1. Composición de la oferta interna de energía primaria en la Argentina



Total energía primaria 2018: 75,5 millones de tep.

Fuente: Secretaría de Energía de la Nación (2019).



© FAO

3. MARCO DE REFERENCIA GEOGRÁFICO Y AMBIENTAL



En Chubut hay más de 900 000 hectáreas de bosques nativos, y cerca de 32 000 hectáreas implantadas. La industria forestal tiene un enorme potencial de desarrollo en la zona cordillerana.

Chubut se encuentra al sur de la provincia de Río Negro y al norte de la de Santa Cruz, entre los paralelos 42 y 46° de latitud sur. Limita al este con el Océano Atlántico y al oeste con la República de Chile. Es la tercera provincia en extensión, con una superficie de 224 686 km² (Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2015). La organización político-administrativa divide a la provincia en 15 departamentos, 27 municipios y 20 comunas (Dirección General de Estadística y Censos, 2017). Al este se encuentran los departamentos de Biedma, Rawson, Gaiman, Florentino Ameghino y Escalante; en la región central, los departamentos de Telsen, Gastre, Mártires, Paso de Indios y Sarmiento; y al oeste, los departamentos de Cushamen, Futaleufú, Languiñeo, Tehuelches y Río Senguer.

La capital provincial es la ciudad de Rawson, ubicada en el departamento homónimo. Una de las particularidades de la provincia del Chubut es la demarcación comarcal, que se ha realizado con el fin de integrar el desarrollo a nivel regional,

municipal y socioeconómico, considerando las características geográficas, productivas y sociodemográficas de cada región. Las cuatro comarcas provinciales son Comarca de los Andes, Comarca Meseta Central, Comarca VIRCh-Península Valdés y Comarca Senguer-San Jorge (Dirección General de Estadística y Censos, 2017). La población determinada en el censo del 2010 asciende a 509 108 habitantes, lo que equivale al 1,3% de la población argentina. El 89% de los habitantes se ubica sobre los ejidos urbanos ubicados en el este, sobre la región costera (Loguercio *et al.*, 2008).

Con relación al clima, en Chubut se observan temperaturas medias anuales de 13 °C al noreste de la provincia y de 6 °C al sudoeste. Las precipitaciones decrecen de oeste a este: el máximo nivel se registra en la región cordillerana (2 000 mm anuales), mientras que en la zona costera los valores alcanzan 200 a 250 mm anuales, con un mínimo de 150 mm en la región de la Meseta Central (Elissalde *et al.*, 2008).

En relación con el relieve, se identifican tres regiones: la Occidental, la Central y la Oriental. La Región Occidental se caracteriza por presentar bloques aislados de cordones montañosos que forman una barrera orográfica para los vientos húmedos del oeste, que atraviesan la provincia con un bajo contenido de humedad. La Región Central corresponde a la meseta patagónica, en la que se observan distintas geoformas (mesetas, terrazas, hasta valles, salinas y lagunas). La Región Oriental está ubicada en la zona costera, y presenta acantilados de considerable altura. En dicha región se encuentra la Península Valdés, donde se presentan restingas y grutas producto de la erosión marina (Dirección General de Estadística y Censos, 2017).

En cuanto a la vegetación, en la región cordillerana, el bosque andino se caracteriza por la presencia predominante del género *Nothofagus*. En el distrito lindante (subandino) se observa una estepa gramínea compuesta por *Festuca pallens* (coirón blanco). El distrito occidental presenta una estepa arbustiva gramínea compuesta por *Stipa speciosa* y *Stipa humilis* (coirones), *Adesmia volckmanni* (mamuel choique) y *Berberis heterophylla* (calafate). En la región costera, al noreste, se observan matorrales de *Larrea divaricata* y *Larrea nitida* (jarilla) y una estepa arbustiva gramínea compuesta por *Chuquiraga avellanedae* (quilembay) y *Nasella tenuis* (flechilla). En el distrito del Golfo San Jorge se observa una estepa arbustiva alta, en las laderas, compuesta por *Coliguaja integerrima* (duraznillo), *Pappostipa speciosa* y *Pappostipa humilis* (coirones), y en las regiones planas altas, una estepa gramínea arbustiva compuesta por *Festuca pallens* y *Festuca argentina* (coirón huecú). El distrito central está compuesto por estepas arbustivas y subarbustivas, como *Chuquiraga avellanedae* y *Nassauvia glomerulosa* (colapiche), respectivamente (Elissalde et al., 2008).

La provincia tiene 933 733 ha de bosques nativos, que incluyen bosques productivos y de protección (CIEFAP, 2018), y una superficie forestada de 31 442,97 ha, con Pino ponderosa, Pino contorta, Pino radiata y Pino oregón, según las especies identificadas en el Inventario Forestal (CIEFAP-UCAR, 2017).

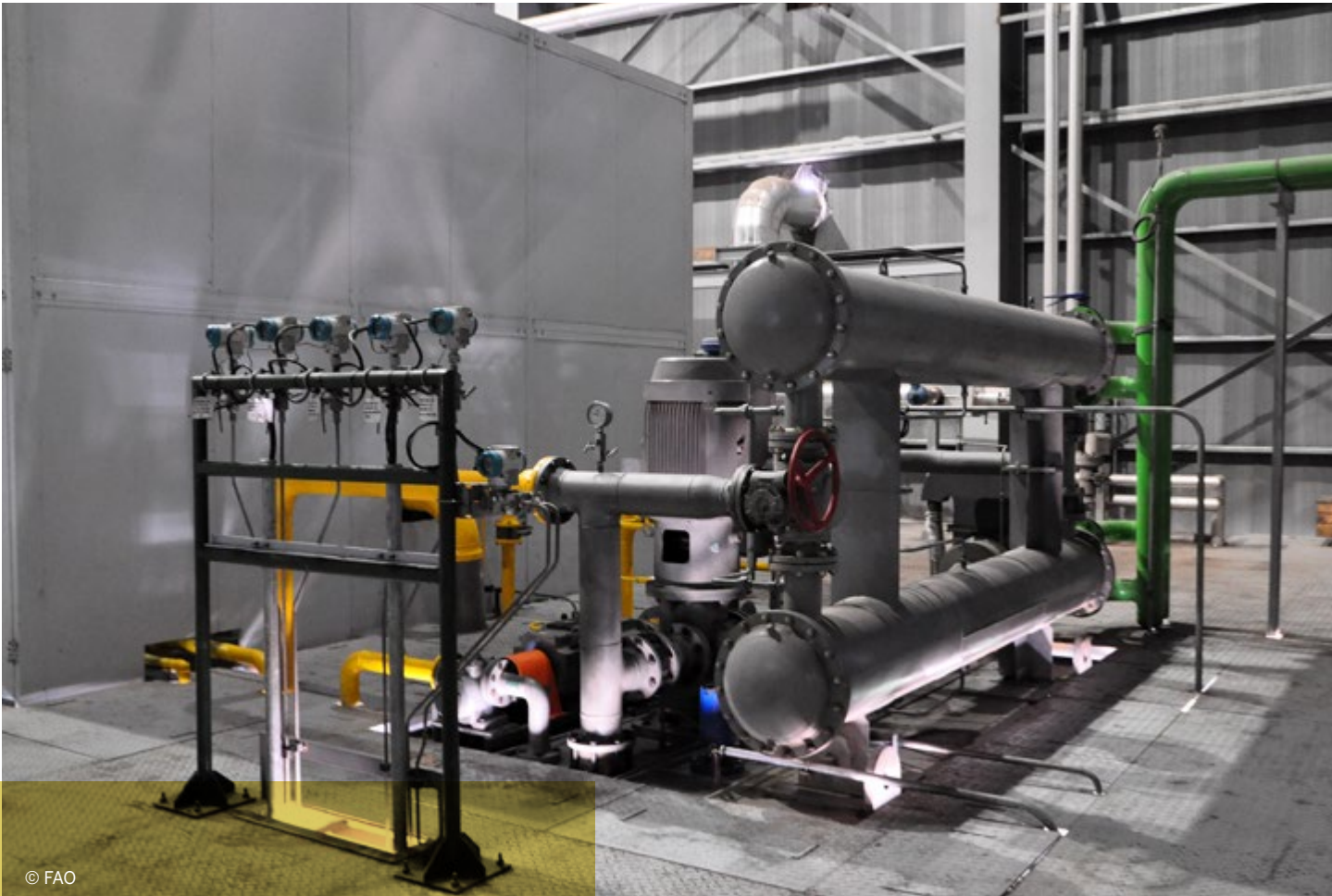
Las actividades económicas provinciales son explotación del petróleo, pesca, procesado de lana, pórpidos y cerezas, entre otras. Según los indicadores de producción, la participación de estas actividades en relación con el total nacional es la siguiente: stock ovino, 30,3%; stock caprino, 3,3%; faena ovina, 25,1%; lana sucia, 31,6%; pescados, 14,9%; moluscos, 18,2%; crustáceos, 58,3%; gas natural, 8,2%; petróleo, 29,2%; aluminio primario, 100%; ocupación hotelera, 1,2% (Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2015; Loguercio et al., 2008).

Uno de los mayores ingresos en la provincia son las regalías que genera la extracción de hidrocarburos: Chubut produce el 30% del petróleo y el 7% del gas nacional. Al no haber refineras en la provincia, el petróleo crudo es exportado o enviado a otras regiones del país (Dirección General de Estadística y Censos, 2018).

En la Comarca Andina se destacan las actividades forestales y de producción de fruta fina, con el mayor porcentaje regional situado en la localidad del Hoyo (Loguercio et al., 2008).

La industria forestal tiene un importante potencial de desarrollo en la zona cordillerana, donde la materia prima provendría tanto de bosques nativos como implantados, fuente de residuos biomásicos que podrían destinarse a la generación de energía.

En la Meseta Central y la región preandina y andina se destaca la actividad ganadera; en las dos primeras esta se relaciona con la producción de lana, y en la última, con la producción de carne bovina (Loguercio et al., 2008).



© FAO

4. SISTEMAS BIOENERGÉTICOS Y METODOLOGÍA WISDOM



En el WISDOM de Chubut se analizó la oferta potencial de biomasa de bosques nativos y cultivos frutícolas, hortícolas y forestales, así como la de subproductos de aserraderos, carpinterías, poda urbana y RSU.

Un sistema bioenergético comprende todas las fases y operaciones que se requieren para la producción, la preparación, el transporte, la comercialización y la conversión del biocombustible en energía. Por ello, estos sistemas deben ser entendidos en toda su complejidad y de manera integral si se pretende abordar los diversos procesos y variables que se constituyen y articulan en las esferas de la producción, la distribución y el consumo de combustibles biomásicos.

De acuerdo con estudios locales y nacionales, una particularidad de estos sistemas es su carácter heterogéneo, que se evidencia en algunas características esenciales (FAO, 2009):

- **Multisectorialidad:** involucran diferentes sectores, tales como el forestal, el industrial, el energético, el agrícola, el residencial y el comercial, que deben ser concebidos en sus interrelaciones si se pretende realizar una planificación pública de largo plazo.
- **Interdisciplinariedad:** el análisis de los sistemas bioenergéticos requiere la concurrencia de una multiplicidad de ciencias y técnicas, como

la gestión forestal y la silvicultura, las ciencias ambientales, la ingeniería, la agronomía y la geografía, entre otras.

- **Especificidad geográfica:** la oferta de recursos biomásicos presenta una disponibilidad variada y una extensa distribución a lo largo del territorio. A su vez, se caracteriza por una baja oferta en superficie si se compara con otras altamente concentradas, como las industrias procesadoras de materia prima. En cuanto a la demanda, las características productivas regionales y las pautas de consumo residencial, combinadas con el acceso diferencial a las redes eléctricas y de gas, generan diferentes patrones espaciales. Por ello, es necesario comprender los sistemas bioenergéticos a diferentes escalas haciendo énfasis en estudios sitio-específicos.
- **Heterogeneidad en las fuentes de oferta de biomasa:** abarca forestaciones implantadas o sistemas de silvicultura de corta rotación, el incremento medio anual (IMA) de formaciones vegetales nativas, residuos agrícolas de cosecha, la poda urbana y de frutales, estiércol

pecuario, entre las más importantes. Conocer la disponibilidad y el tipo de recurso para ser utilizado facilita la planificación estratégica de proyectos con fines energéticos.

- **Heterogeneidad en los sectores de demanda de biomasa:** la demanda involucra sectores disímiles tanto cualitativa como cuantitativamente. Así, hay grandes consumidores industriales que producen energía para su propia producción y también para vender a la red; consumidores comerciales, como panaderías y parrillas, y pequeños consumidores residenciales que utilizan la leña, el carbón vegetal o los residuos vegetales y animales para cocinar, calefaccionar o calentar el agua con fines sanitarios.
- **Adaptabilidad de los usuarios:** los sistemas bioenergéticos y su complejo patrón de oferta y demanda generan la necesidad de un alto grado de flexibilidad en el manejo y aprovechamiento de los recursos biomásicos.

Otro rasgo distintivo de los sistemas bioenergéticos tradicionales es su alto grado de informalidad, con la consecuente dispersión y falta de información. Entre los recursos biomásicos con fines energéticos se ha destacado históricamente la leña, ya que ha sido la primera fuente en abastecer usos energéticos como la cocción y calefacción. Debido que aún existen regiones no abastecidas por fuentes modernas de distribución comercial, como la electricidad, los combustibles fósiles u otras tecnologías alternativas, el uso tradicional de la leña continúa siendo un elemento vital para satisfacer las necesidades energéticas diarias de más de 2 000 millones de personas en los países en desarrollo (FAO, 2010a).

Asimismo, un aspecto crítico de los sistemas bioenergéticos, y que se relaciona directamente con la especificidad geográfica, es el acceso y traslado de los recursos biomásicos. La baja densidad energética de la biomasa y su alta dispersión geográfica hacen que los grandes volúmenes para transportar generen altos costos logísticos, por lo que es importante contemplar su accesibilidad.

Como consecuencia de las características mencionadas, y dada la complejidad de la generación

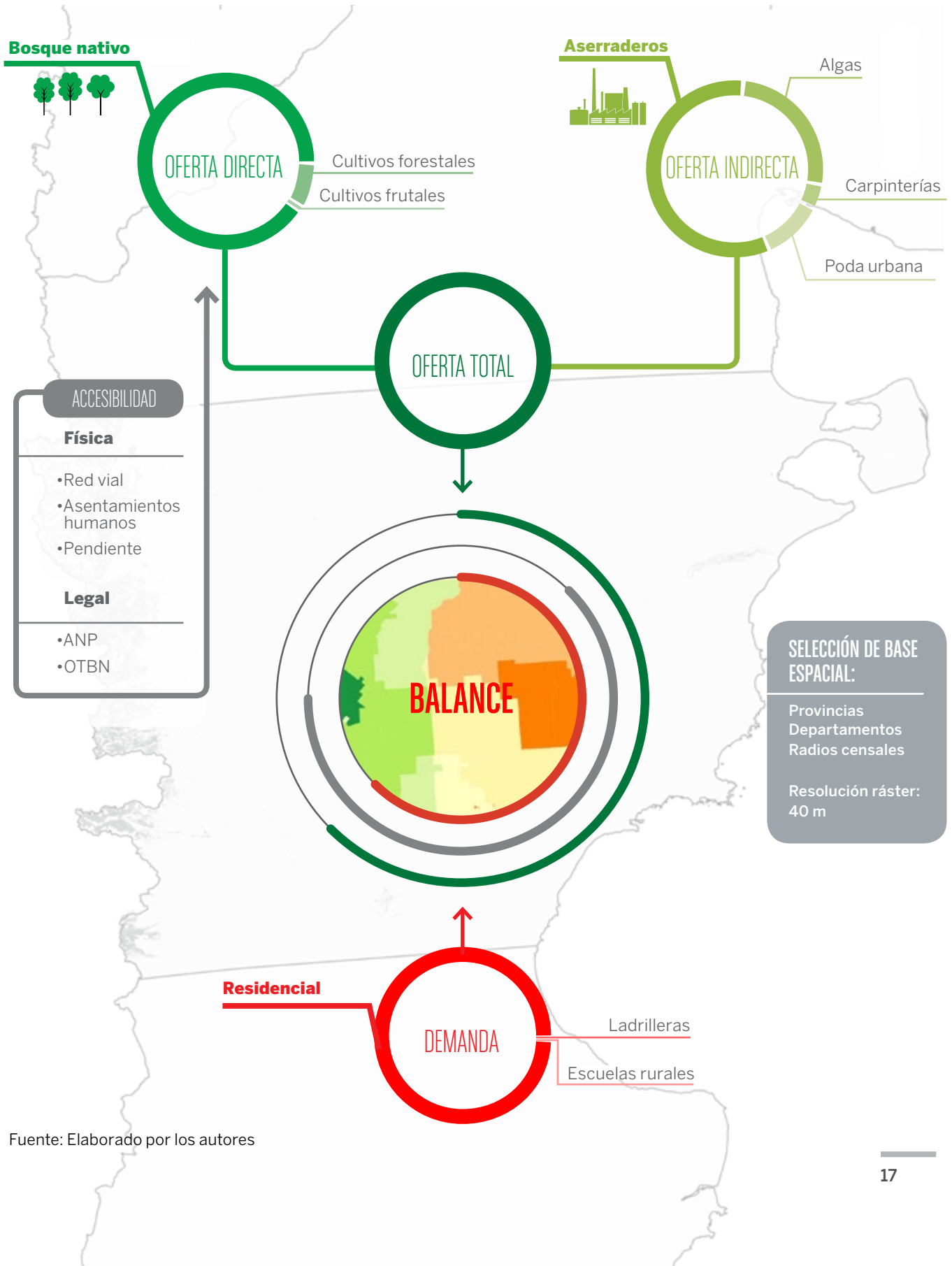
de energía a partir de biomasa, surgió la necesidad de contar con herramientas metodológicas que sirvieran de apoyo para aunar políticas energéticas, forestales y agropecuarias capaces de generar proyectos sustentables y perdurables a largo plazo. En este sentido, el Programa de Dendroenergía de la FAO desarrolló e implementó la metodología WISDOM, que aborda con una visión sistémica esta problemática y ofrece respuestas a los diferentes niveles gubernamentales y a los sectores de la energía, forestal, industrial y agrícola, generando sinergias e interrelaciones.

Si bien al principio la metodología WISDOM solo se enfocaba en la evaluación de la biomasa leñosa proveniente de los bosques nativos, las forestaciones y la industria forestal, ya desde el análisis realizado para el WISDOM Argentina (FAO, 2009) se han incorporado en la oferta otros tipos de biomasa no leñosa, como son los residuos y subproductos agrícolas y agroindustriales, que luego se mantuvieron para los análisis provinciales (FAO, 2016a, b y c; 2017a y b; 2018a, b, c, d y e; 2019a), así como para la actualización del balance de biomasa nacional (FAO, 2020).

Además, como componente innovador, varios han incorporado la evaluación de la biomasa húmeda, que estima el potencial de biogás de residuos de establecimientos bovinos (*feedlots* y *tambos*) y porcinos en toneladas equivalentes de petróleo (tep). En el caso de Chubut, además, se han incorporado los residuos sólidos urbanos (RSU) como una fuente de biomasa disponible que puede ser utilizada para la generación de energía.

El mapeo de la oferta y demanda integrada de dendrocombustibles es una metodología que se apoya en una plataforma SIG, donde se integran datos, estadísticas e información procedentes de múltiples ámbitos, y se los dispone espacialmente. Al no presentar una estructura rígida ni utilizar un software predeterminado, esta metodología permite un alto grado de flexibilidad y adaptabilidad frente a la heterogeneidad y fragmentación de los datos e información disponibles sobre producción y consumo de bioenergía. Además, el enfoque WISDOM tiene la ventaja de considerar el contexto completo de la oferta y la demanda, lo que brinda

Gráfico 2. Modelo conceptual WISDOM Chubut



Fuente: Elaborado por los autores

un apoyo consistente para alcanzar el objetivo de definir zonas de oferta sustentable o sitios específicos de consumo, tales como las principales ciudades o centros poblados, y la identificación de áreas en las que resulte necesario potenciar las plantaciones con fines energéticos (FAO, 2009).

Para realizar el análisis espacial integrado sobre oferta y demanda de biomasa con fines energéticos de la provincia de Chubut, se utilizaron diversos programas de código abierto: R, Quantum GIS y Dinámica EGO (*Environment for Geoprocessing Objects*, por sus siglas en inglés). El programa R se usó para sistematizar las bases de datos geográficos vectoriales (*shapes*), convirtiendo a formato ráster los datos que no lo estuvieran aún, y para homogeneizar y estandarizar la base de datos completa. Quantum GIS se empleó para editar archivos vectoriales, enmascarar y recortar las capas ráster y producir los mapas temáticos presentados en este informe. Por último, Dinámica EGO se uti-

lizó para integrar la información y realizar todo el análisis espacial a través de sucesivos modelos.

De esta manera, en concordancia con el WISDOM Argentina y para representar el balance de oferta y demanda de biomasa con fines energéticos, la aplicación de esta metodología de análisis a nivel provincial implicó cuatro pasos analíticos principales:

1. Definición de la unidad administrativa-espacial mínima de análisis.
2. Desarrollo del módulo de oferta.
3. Desarrollo del módulo de demanda.
4. Desarrollo del módulo de integración.

Adicionalmente, se desarrolló otro módulo sobre oferta de biomasa húmeda. En el Gráfico 2 se muestran, de modo ilustrativo, los módulos y las principales fuentes de información utilizadas.



© Maximiliano Gauto

5. MÓDULOS Y RESULTADOS DEL WISDOM CHUBUT



Los departamentos del oeste de Chubut, con los residuos de sus bosques nativos, son los que tienen el mayor superávit de biomasa seca aprovechable energéticamente, en particular, Futaleufú y Cushamen.

Para el cálculo del balance de energía derivada de biomasa de la provincia del Chubut se utilizó la metodología WISDOM, siguiendo los mismos pasos analíticos que en el WISDOM Nacional y los WISDOM provinciales, que se detalla a continuación.

5.1. Unidad de análisis y resolución espacial

El nivel mínimo de análisis utilizado fue el radio censal, correspondiente a la unidad censal de mayor desagregación cartográfica, con el objeto de lograr el más alto nivel de precisión y garantizar la correspondencia con los datos del CNPHYV (INDEC, 2010). No obstante, se trabajó a escala departamental cuando la información y los datos estadísticos se encontraban disponibles a este nivel de detalle. De esta manera, la estructura administrativa considerada presenta 15 departamentos con 752 radios censales.

La unidad de análisis ráster empleada fue de 40 m, que equivale a 0,16 ha. La unidad espacial utilizada tiene el objetivo de brindar un mayor detalle que el empleado para el WISDOM Argentina, que fue de 250 m (6,25 ha). En la mayoría de los casos la información se encuentra expresada en

toneladas de biomasa seca por año, por lo tanto, para adaptar estos valores a la resolución utilizada, todas las capas se multiplicaron por un valor constante de 0,16, que representa la superficie en hectáreas de cada píxel.

El sistema de coordenadas empleado fue Gauss-Krüger Faja 2 POSGAR 98 WGS84. El límite provincial y departamental se confeccionó a partir de los límites de los radios censales correspondientes a la cartografía del CNPHYV 2010.

5.2. Módulo de oferta directa

La oferta directa está conformada por aquella biomasa que se obtiene en el campo, que se encuentra dispersa. Para el análisis de la provincia del Chubut se identificaron los residuos que presentaban potencial bioenergético en cada una de las comarcas. De esta forma, cada tipo de biomasa fue evaluado e incluido en el WISDOM Chubut en función del detalle de la información recabada y de las recomendaciones de los técnicos especializados.

Las capas incluidas corresponden a los bosques nativos, los cultivos forestales (residuos de poda y raleo de macizos y cortinas corta viento), las

salicáceas de los canales de riego del Valle Inferior del Río Chubut (VIRCh) y las producciones agrícolas (los residuos producidos en la actividad hortícola y frutícola).

Cabe destacar que otras fuentes de biomasa identificadas fueron las especies exóticas, como rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*) y mimbrote negro (*Salix fragilis*). El mimbrote negro se caracteriza por ser una especie colonizadora que invade las riberas de los ríos dificultando la normal circulación de las aguas, por lo que se recomienda su remoción con el fin de evitar inundaciones, sobre todo en época de precipitaciones (González, 2015). Pero, al no contar con la cobertura de estas dos especies, no han sido incluidas en el análisis, aunque resultan una potencial fuente de biomasa.

También se identificaron como fuentes potenciales los residuos agrícolas de cosecha (RAC) que se obtienen a partir cultivos extensivos que se realizan en la provincia, como maíz, trigo, avena y cebada. Sin embargo, dadas las características de los suelos donde se producen (Valle Inferior del Río Chubut-VIRCh), la recomendación técnica es no recolectarlos, con el fin de incorporar e incrementar los niveles de materia orgánica. Por ello tampoco han sido incluidos en los cálculos del módulo de oferta directa para usos energéticos.

Bosques nativos

Los bosques nativos se definen en la Ley 26331/07, de *Presupuestos mínimos* de protección ambiental, como aquellos "ecosistemas forestales naturales compuestos predominantemente por especies arbóreas nativas maduras, con diversas especies de flora y fauna asociadas, en conjunto con el medio que las rodea". A través del Decreto reglamentario de dicha ley, se establece que las especies nativas maduras son aquellas leñosas que cuentan "con un tronco principal que se ramifica por encima del nivel del suelo". A partir de dicha definición, el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) ha determinado un mínimo para las superficies con continua ocupación de 0,5 hectáreas, para la altura de 3 m y cobertura de copa del 20% en relación con los bosques inventariables (CIEFAP- MAyCDS, 2016).

Según la última actualización, la cobertura del suelo se divide en tres clases: Tierras forestales, Otras formaciones leñosas y Otras tierras forestales.

En la Argentina, los bosques nativos se encuentran distribuidos en siete ecorregiones: Parque Chaqueño, Selva Misionera, Selva Tucumano Boliviana, Monte, Espinal, Bosque Andino Patagónico (BAP) Norte y BAP Sur. Según el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos, la superficie total ocupada por estos en el país es de 31 000 000 ha, de las cuales 2 574 997 ha corresponden a la ecorregión BAP y 1 081 002 ha a la provincia del Chubut en particular (Bava y González, 2014). Esta ecorregión se subdivide en tres distritos fitogeográficos: Distrito del Pehuén, Distrito del Bosque Caducifolio y Distrito Valdiviano. Chubut abarca los dos últimos. Las especies con mayor presencia en el segundo distrito corresponden a *Nothofagus antarctica* (ñire), *Nothofagus pumilio* (lenga) y *Austrocedrus chilensis* (ciprés de la Cordillera), cada especie con bosques, y también bosques donde se asocian *N. antarctica* y *N. pumilio*. En el tercer distrito la especie dominante es *Nothofagus dombeiyi* (coihue), y se puede encontrar asociada en bosques de alerce (Bava y González, 2014; CIEFAP-MAyCDS, 2016).

El BAP ha sufrido modificaciones debido al cambio que se produjo en el uso de la tierra (MAGyP y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2015), en primer lugar por las actividades introducidas por los primeros habitantes de las colonias agrícolas que se instalaron en la zona, hace más de un siglo, como extracción de madera y quema de los bosques para destinar esas áreas al pastoreo del ganado ovino y bovino (Bava y González, 2014; CIEFAP-MAyCDS, 2016).

Los bosques nativos de la provincia cuentan con un importante potencial de aprovechamiento. Se debe considerar que la utilización de su biomasa debe hacerse de modo sustentable, con el fin de evitar modificaciones que conduzcan a su degradación. El manejo de los recursos forestales tiene como principio mantener la capacidad productiva, el ecosistema y los servicios ecosistémicos que brinda el bosque, sin que merme el bienestar de

los pobladores (Bava y González, 2014). Es por ello que, para el caso particular del cálculo de la disponibilidad de biomasa con fines energéticos del BAP, se han tenido en cuenta las restricciones legales, como la observada en el Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN), las especies que lo componen y su crecimiento anual, a fin de evitar la extracción de un volumen mayor al que se obtiene producto de dicho crecimiento.

La información utilizada para determinar los tipos de cobertura de suelo fue suministrada por el Nodo Regional Bosque Andino Patagónico - Nodo BAP (CIEFAP-MAyCDS, 2016), de la que se obtuvieron las capas correspondientes a las superficies ocupadas por bosques nativos. En el Cuadro 2 pueden observarse los valores de incremento medio anual (IMA) de tres de las especies que presentan potencial aprovechamiento forestal, de las que se cuenta con el valor a través de datos bibliográficos o en función del conocimiento de los técnicos participantes.

Cuadro 2. IMA de las especies que componen los bosques nativos con potencial aprovechamiento forestal

Tipo de bosque	IMA <i>tree cover</i> (m ³ /ha/año)	IMA sin <i>tree cover</i> (50%) (m ³ /ha/año)
Lenga	2,50	1,00
Ñire	3,00	1,50
Ciprés	3,00	1,50
Mixto (lenga)	2,50	1,00
Mixto (ñire)	3,00	1,50
Mixto (ciprés)	3,00	1,50
Mixto otras especies en tierras forestales	9,80	–
Mixto otras especies en otras formaciones leñosas	–	1,25

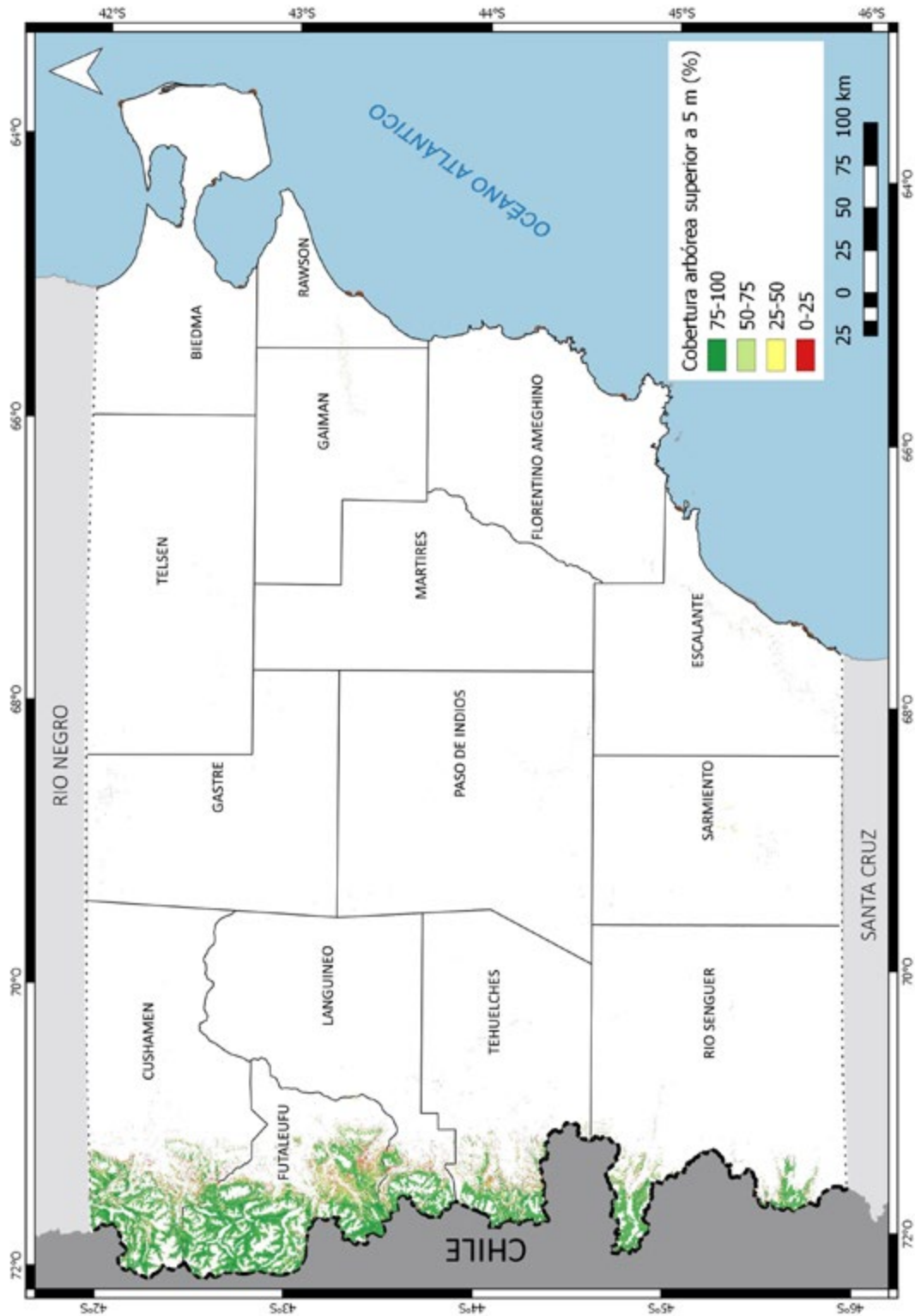
Notas: IMA *tree cover*: incremento medio anual donde hay capa de *tree cover*; IMA sin *tree cover* (50%): no hay cobertura de *tree cover* o especies con menos de 5 m de altura.

Fuente: Elaborado por los autores.

Para evitar distribuir el valor del IMA en forma homogénea, se utilizó la capa denominada *Tree cover* (Hansen *et al.*, 2013), desarrollada a partir de las imágenes Landsat obtenidas en el año 2000, que permite estimar el porcentaje de cobertura de especies leñosas mayores a 5 m de altura con una resolución de 1 segundo de arco por píxel (aproximadamente 30 metros en el Ecuador) para la provincia del Chubut (Mapa 1). A su vez, se incluyeron las capas de pérdida de cobertura arbórea entre los años 2000 y 2017, como así también la capa de regeneración del bosque entre los años 2000 y 2012 (Hansen *et al.*, 2013). En las zonas donde se observa presencia de especies arbóreas con una cobertura inferior a 5 m, se utilizó el valor del 50% para la especie observada (Cuadro 2). Siguiendo la metodología del WISDOM Argentina (FAO, 2009), se aplicó un factor de corrección correspondiente a la fracción de la biomasa que queda en el suelo como práctica de manejo sustentable. Los coeficientes fueron de 0,88 para formaciones densas (Tierras Forestales) y 0,83 para formaciones abiertas (Otras formaciones leñosas).

En Chubut se obtienen más de 32 000 t de madera por año de los bosques nativos, y la leña es el producto más utilizado en la región BAP Norte. Las especies usadas para la construcción son la lenga en primer lugar (también se la extrae para usar en carpintería dada su calidad), el coihue y el ciprés. El ñire es utilizado para leña y elaboración de postes (Bava y González, 2014). La lenga y el ñire son las especies con mayor presencia en la región patagónica. En Chubut, abarcan respectivamente 301 300 y 166 700 ha. El ciprés se encuentra solamente en tres provincias de la región, y ocupa en Chubut un área de 38 460 ha. La lenga baja tiene una superficie de 125 100 ha, y la clase ñire bajo, 123 100 ha (CIEFAP-MAyCDS, 2016). Teniendo en cuenta que existen otros usos de los productos maderables obtenidos del bosque nativo, en el cálculo de la oferta de biomasa se restaron las extracciones registradas en un año, por sitio y por especie (Cuadro 3).

Mapa 1. Cobertura arbórea superior a 5 metros



Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 3. Extracciones de productos forestales, por jurisdicción

Movimiento forestal según especie, por jurisdicción (t/año)									
Especie	Lago Puelo	El Hoyo	Epuyen	Cholila	Corcovado	Trevelin	Esquel	Río Pico	Río Senguer
Ciprés de la Cordillera	292,22	721,64	261,61	0	261,61	23,07	175,00	490,27	3,71
Lenga	0	0	0	5,05	5,046	99,07	351,18	33,62	77,95
Ñire	0	0	6,53	6,53	13,07	814,35	2361,65	1862,62	54,45

Fuente: Secretaría de Bosques (2014).

Los incendios forestales han producido una importante degradación del bosque nativo en la provincia del Chubut. Se estima que 37 000 ha de bosques han sido afectadas por el fuego hasta 2006 (Bava y González, 2014) y produjeron una modificación en la cobertura vegetal (CIEFAP-MA-yCDS, 2016). En función de ello, para el cálculo de la oferta de biomasa se ha eliminado la superficie afectada, ya que no producirá biomasa disponible en el mediano plazo. Otras capas que han sido eliminadas de la capa del BAP son las que corresponden a los cursos y cuerpos de agua y la red vial.

Los resultados de la oferta de biomasa proveniente de bosques nativos se presentan en el Cuadro 4, donde se observa que el volumen potencialmente disponible para usos energéticos es de 918 092,84 t/año. El 45% de esta oferta se encuentra en el departamento de Futaleufú, con 413 565,16 t/año, seguido por el de Cushamen, con un 19,12%, y el de Tehuelches, con un 14,28% (Mapa 2). El aporte más bajo corresponde al departamento de Languiño, inferior al 10% de la oferta potencialmente disponible de bosques nativos.

Cultivos

Frutales

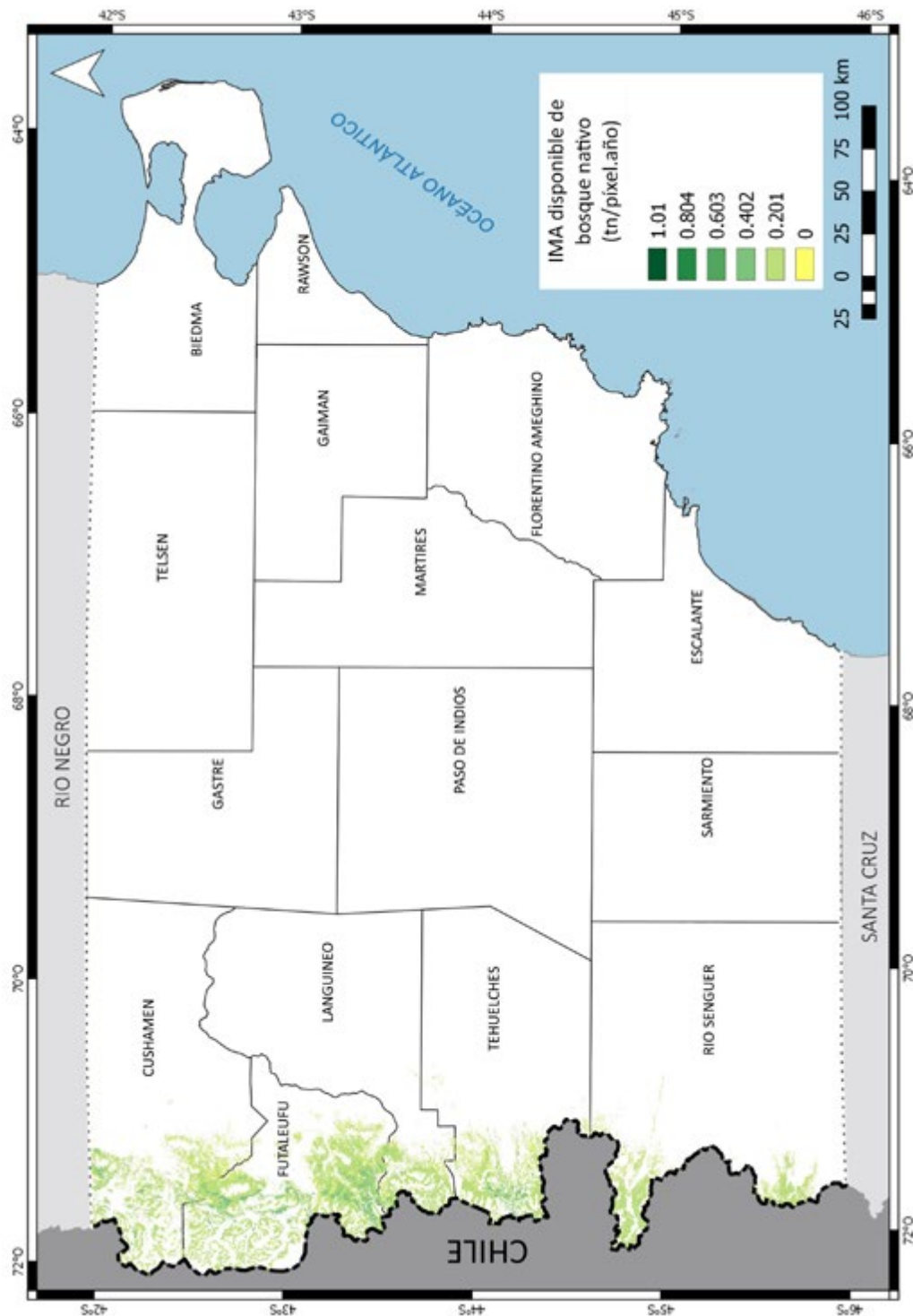
La producción frutícola de Chubut se concentra en los valles del VIRCh y Sarmiento, y la cereza es el cultivo principal. Los residuos generados a partir de la poda de formación y/o limpieza son una potencial fuente de biomasa.

La provincia cuenta con información georreferenciada de las chacras que producen cereza en el VIRCh (capas elaboradas por la Compañía de Riego del VIRCh en 2013 y la EEA INTA Chubut en 2019), con la cantidad de plantas por hectárea en cada chacra registrada. El residuo de poda que podría ser considerado como biomasa disponible surge de datos de bibliografía especializada (Burg *et al.*, 2017) y del conocimiento de los técnicos participantes. Para el cultivo de cereza, el valor utilizado fue de 1,75 kg de residuo por año por planta podada. La superficie total relevada asciende a 154,55 ha, distribuidas en 35 establecimientos que aportan un total de 1400,75 t de residuos de poda por año (Mapa 3; Cuadro 5).

Hortícolas

La producción hortícola, predominante en el VIRCh, se encuentra concentrada en aproximadamente 1100 ha, localizadas en los ejidos de Trelew, Gaiman y Dolavon. La mayoría de los cultivos (lechuga, acelga, maíz, zapallitos, zapallos, aromáticas, repollo, cebolla, zanahoria, papa) se realiza a campo, en pequeñas parcelas por cultivo (0,15 ha), con una gran diversidad de cultivos por chacra. Existen 15 ha de superficie dedicadas a cultivos bajo cubierta, con un aumento sostenido en los últimos años. Las estructuras generalmente son reproducciones de las utilizadas en otras regiones del país con condiciones climáticas muy diferentes, por lo que han sufrido serios inconvenientes, sobre todo con el factor viento. A campo, los cultivos de

Mapa 2. Oferta potencial de bosques nativos



Fuente. Elaborado por los autores.

Cuadro 4. Oferta directa de bosques nativos

Departamento	Oferta directa de bosques nativos		
	Total (t/año)	Promedio (t/pixel)	Promedio (t/ha/año)
Biedma	0	0	0
Cushamen	175505,74	0,19	1,22
Escalante	0	0	0
F. Ameghino	0	0	0
Futaleufú	413565,16	0,218	1,37
Gaiman	0	0	0
Gastre	0	0	0
Languiñeo	89467,73	0,20	1,24
Mártires	0	0	0
Paso de Indios	0	0	0
Rawson	0	0	0
Río Senguer	108409,96	0,19	1,19
Sarmiento	0	0	0
Tehuelches	131144,24	0,20	1,24
Telsen	-	-	-
Total	918092,84	1	6,26

Fuente: Elaborado por los autores.

papa, cebolla y zanahoria son los que concentran la mayor superficie, así como el cultivo de tomate es el predominante en la producción bajo cubierta.

Una gran cantidad de los residuos agrícolas quedan en el suelo en forma de raíces, hojas o frutos no aprovechables, que se incorporan al terreno y contribuyen a mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo y, en menor grado, a aumentar su contenido en nutrientes. Esta práctica puede observarse en la mayoría de los cultivos hortícolas, junto con su rotación en los lotes.

Así, el único cultivo del cual es posible obtener biomasa para la generación de energía es el tomate, ya que los residuos que se producen por la poda (de hojas y tallos) y el descarte de frutos no comerciales son retirados de los invernáculos, sin la práctica de incorporarlos al suelo. Durante la temporada de cultivo, las plantas son podadas y el residuo retirado se acumula fuera del invernáculo. En Chubut, en cada temporada de cultivo de

tomate, las primeras heladas invernales coinciden con la cosecha, ya que las plantas son sometidas a un período de secado natural dentro del invernáculo, que consiste en efectuar el corte de las plantas en la base junto con el cese del suministro de riego, con lo que se logra la pérdida natural de humedad para la posterior recolección y quemado.

Dado que no se cuenta con datos locales de la disponibilidad de biomasa de las podas y remoción de plantas al final del ciclo del cultivo, se ha estimado la disponibilidad según bibliografía. Moreno *et al.* (2014) reportaron que el cultivo de tomate produce un total de 49t/ha/año de biomasa proveniente de residuos (de poda, eliminación de plantas y frutos no comerciales). Para calcular el peso de la materia seca de esa biomasa se consideró que, al momento de corte y previo al secado a campo, el contenido de humedad del residuo varía entre 60 y 80% (Junta de Andalucía, 2008). Teniendo en cuenta que, a diferencia de las zonas productoras

Cuadro 5. Oferta directa de cultivos, por departamento

Departamento	Oferta directa de cultivos (t/año)						
	Hortícolas	Frutales	Salicáceas de canales	Cortinas forestales	Macizos licáceas	Plantaciones forestales	Total
Biedma	0	0	0	42,01	0	0	42,01
Cushamen	0	0	0	333,09	0,39	28 813,13	29 146
Escalante	0	0	0	1,08	0	0	1,08
F. Ameghino	0	0	0	0	0	0	0
Futaleufú	0	0	0	221,56	1,80	5 715,76	5 939,12
Gaiman	105,37	1 091,07	137,99	738,42	40,26	0	2 113,11
Gastre	0	0	0	19,96	0	0	19,96
Languiñeo	0	0	0	53,87	0,13	2 297,58	2 351,58
Mártires	0	0	0	0	0	0	0
Paso de Indios	0	0	0	0	0	0	0
Rawson	19,76	309,68	58,57	497,86	29,81	0	915,68
Río Senguer	0	0	0	188,99	8	29,77	226,76
Sarmiento	0	0	0	666,86	7,48	0	674,34
Tehuelches	0	0	0	4,82	0	1 726,29	1 731,11
Telsen	0	0	0	0,56	0	0	0,56
TOTAL	125,13	1 400,75	196,56	2 769,08	87,87	38 582,53	43 161,92

Fuente: Elaborado por los autores.

del norte de la Argentina y de España (donde se ha medido la biomasa residual del cultivo de tomate), el período de producción es menor en el VIRCh (de solo 6 meses), su aporte por residuos equivaldría a 9,8 t/ha/año. Si se considera que la totalidad de los productores que utilizan invernáculos cultivan tomate en el 70% de la superficie bajo cubierta (el resto lo destinan a cultivos como pimienta, albahaca y otros), el total de estos residuos que podría ser usado con fines energéticos es de 6,8 t/ha/año (Mapa 3). Este resultado concuerda con datos de bibliografía que calculan 0,1 kg de residuo/kg de tomate (Junta de Andalucía, 2008). En función de lo estimado, el aporte total de dicha fuente asciende a 125,13 t/año (Cuadro 5).

Forestales

La actividad forestal genera un volumen de residuos que puede ser utilizado con fines energéticos. En Chubut se han identificado como posibles

fuentes de biomasa las provenientes de plantaciones de cuatro especies forestales: pino ponderosa (*Pinus ponderosa*), pino oregon (*Pseudotsuga menziesii*), pino contorta (*Pinus contorta*) y pino radiata (*Pinus radiata D. Don.*). La mayor superficie plantada corresponde al pino ponderosa, que supera el 90% del total implantado, por lo que se han tomado los parámetros de dicha especie para calcular el volumen de biomasa disponible, según la información brindada en Loguercio *et al.* (2008), para un grado intermedio, tanto de oferta de residuos como de intensidad de manejo, de los nueve escenarios que plantean (Cuadro 6). Para las plantaciones forestales ubicadas en la zona de El Hoyo, se incorporaron en los cálculos las especies de pino oregon y radiata. Con la información brindada por CIEFAP-MAyCDS (2016) se determinó la superficie y la ubicación de cada una de las plantaciones forestales. Así, surge del análisis que

dicha fuente aporta 38 582,53 t de biomasa por año (Mapa 3).

Otra fuente de biomasa disponible es la que surge del apeo de las especies ubicadas en ambos márgenes de los canales de riego del VIRCh. Como la Compañía de Riego determina que el paso de servidumbre quede libre para la circulación de vehículos destinados al mantenimiento y reparación de los canales, se recomienda el apeo de las especies presentes, que pueden utilizarse como materia prima para la generación de energía.

Para el cálculo de su volumen de biomasa se utilizó el modelo de Schumacher-Hall, según el cual el volumen es igual a $x \text{ DAP}^b \times H^c$, donde $a = 0,000123$; $b = 459 329$; $c = 165 000$. Dado que solamente se observa la presencia de árboles en los pasos de los canales no cementados, se estimó una cobertura del 50%, con salicáceas como especie predominante, en una extensión de 344,2 km, donde el paso ocupa 5 m a cada lado del canal. En consecuencia, el volumen de materia prima se estima en 491,4 m³. Al ser la densidad de 0,4, el peso de la biomasa será de 196,56 t (Mapa 3). La información sobre la ubicación y superficie de los canales fue elaborada por la Compañía de Riego del VIRCh.

La tercera fuente de biomasa identificada proviene de los residuos de poda y raleo de las cortinas forestales y de los macizos de salicáceas. Siguiendo la metodología descrita en el WISDOM Santa Fe (FAO, 2018b), el volumen de residuos proveniente de cortinas forestales y macizos de salicáceas se calculó a través de la información del inventario (CIEFAP-UCAR, 2017), donde se observan los valores totales en m³ por hectárea y por sitio para cada una de las fuentes, en Chubut. Se calculó en 25% el volumen de residuos que podría utilizarse con fines energéticos. Para obtener el valor en toneladas, el valor calculado se multiplicó por la densidad (0,4). A este valor se lo dividió por el turno de corta, de 15 años para macizos y 40 para cortinas (Amico, 2002, y Amico y Bava, 2009) para obtener la disponibilidad de biomasa. Así, el volumen de biomasa disponible de residuos de las cortinas rompeviento resultó de 7 t/ha/año, lo que da un aporte total de 2 769,08 t/año, y de macizos, de 87,87 t/año (Cuadro 5, Mapa 3).

Cuadro 6. Residuos de plantaciones forestales, con un grado de oferta medio y de intensidad de manejo del 75%

Departamento	Residuos (t/año)
El Hoyo	11 692
El Maitén	4 640
Cholila	721
Esquel	2 495
Trevelin	889
Corcovado	1 907
Río Pico	546

Fuente: Adaptado de Loguercio *et al.* (2008).

Cuadro 7. Biomasa disponible de residuos de poda y raleo de las cortinas rompeviento

Región	Residuo (t/ha/año)
Alto Río Senguer y Facundo	0,32
Futaleufú	0,32
Valle del Chubut Norte y Epuyén	0,32
Valle Superior del Río Chubut y Valle del Lepa	0,32
Sarmiento	0,28
Valle Inferior del Río Chubut	0,27
Resto	0,32

Fuente: Adaptado de CIEFAP-UCAR (2017).

Síntesis de oferta directa total

La oferta directa total es la suma de la oferta directa de bosques nativos y la oferta directa de cultivos, para cada pixel (Mapa 4). Los departamentos con mayor oferta se observan en la Comarca Andina, con el 43,6% del total en el departamento de Futaleufú, donde el aporte de bosques nativos es el 98,58% de la oferta de biomasa disponible. El segundo departamento en importancia es Cushamen, con un 21,3% del total de

Mapa 3. Oferta directa de cultivos, por región



Fuente: Elaborado por los autores.

oferta de biomasa, donde también la fuente con mayor aporte son los bosques nativos (85,75%). En el Gráfico 3 se puede ver que la fuente de mayor importancia en la oferta total son los bosques nativos (95,51%), seguidos de los cultivos forestales (4,01% para plantaciones forestales) y frutales (0,15%).

Accesibilidad física

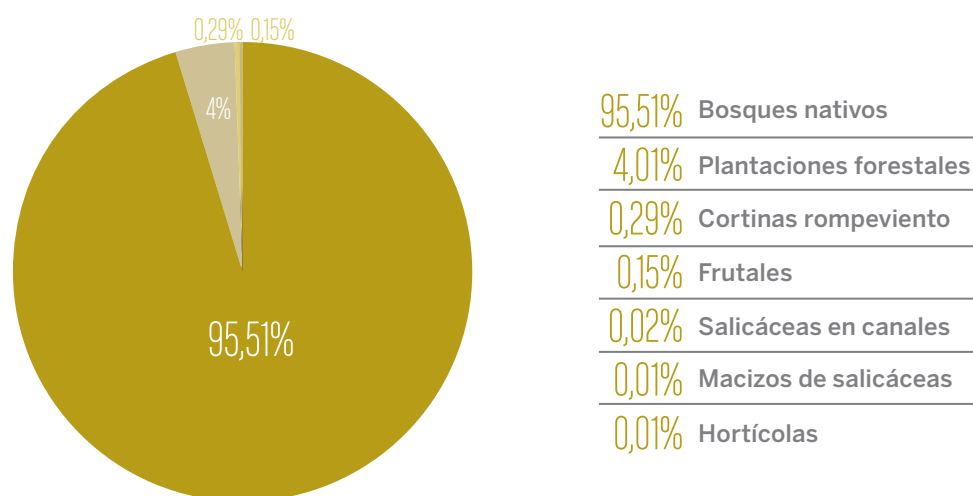
Dado que una de las características de la biomasa es su dispersión territorial, la metodología WISDOM contempla la accesibilidad a las fuentes para la generación de energía en función de su localización y la distancia de centros urbanos y vías de comunicación para acceder a ellos. Es por ello que la metodología aplica una restricción a la oferta directa (para la provincia del Chubut, sobre las materias primas calculadas para el BAP, los cultivos frutales, los hortícolas y los forestales), ya que el traslado de la biomasa conlleva costos asociados con la distancia y topografía entre el lugar donde se encuentra disponible y aquel en el cual podrá ser utilizada con fines energéticos.

La accesibilidad física se define como un parámetro espacial que determina el acceso a una fuente de biomasa en función de la "distancia que la separa del lugar más cercano y a un factor de

costo basado en características del terreno" (FAO, 2009). Es por ello que se incluyen en el análisis las capas de redes viales y centros poblados (no de vías férreas dado que no se encuentran en Chubut), en función del Modelo Digital de Elevaciones (FAO, 2016b). Esto determina la resistencia al desplazamiento dada por el medio físico. Las superficies de fricción contienen valores de costo que expresan la resistencia que presenta una celda para ser recorrida.

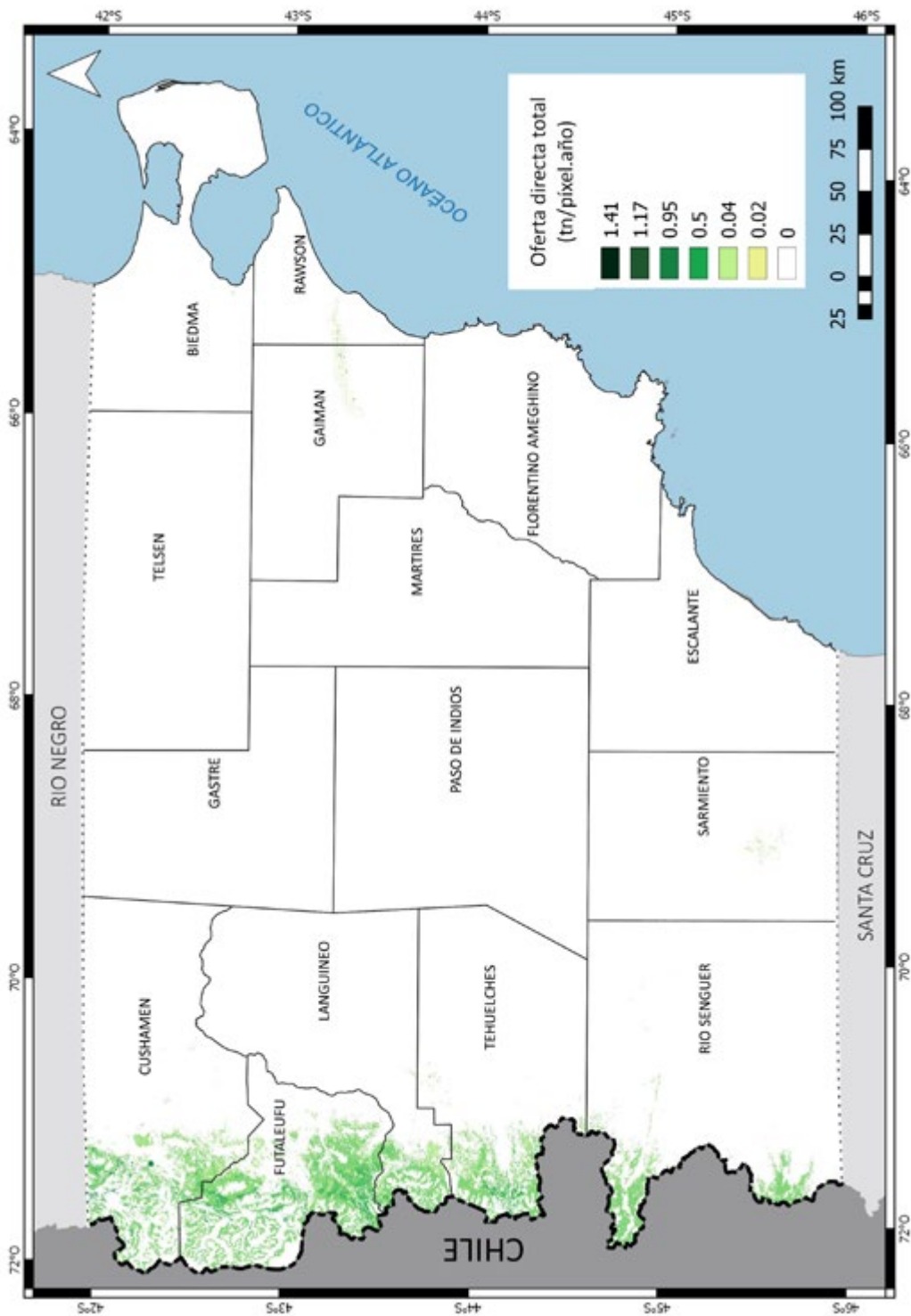
Con el fin de contemplar dichos costos se elaboró un mapa de accesibilidad que incluye los factores mencionados con relación al mapa de fricción (FAO, 2016b). Como los WISDOM provinciales incluyen el análisis espacial a través de Dinámica EGO, los valores usados son continuos y no categorías discretas. Por ejemplo, un pixel de bosques nativos con un 60% de accesibilidad tienen un 60% del IMA potencial como materia prima disponible para la generación de energía (FAO, 2018). Como se ha utilizado una función exponencial para calcular el costo acumulado para llegar a un pixel en particular, aquellos pixeles que se alejan del lugar de origen de la materia prima cuentan con una menor accesibilidad, lo que determina, para el caso citado, que una menor fracción del IMA está disponible (FAO, 2016b).

Gráfico 3. Oferta directa total por fuente de biomasa, en porcentaje



Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 4. Oferta directa total



Fuente: Elaborado por los autores.

Red vial

La capa vectorial utilizada pertenece al proyecto SIG 250, realizado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) hasta el año 2000¹ (Mapa 5). La accesibilidad de la biomasa disponible fue analizada a nivel espacial en función de las particularidades que presenta la red vial en Chubut. Para el cálculo se utilizaron, como en otros WISDOM provinciales, coeficientes adaptados del Banco Mundial (descritos en FAO 2016b), donde el pavimento corresponde a 1, el consolidado y rutas a 0,72, los caminos de tierra a 0,46, y huellas y senda o picada a 0,36.

Ejidros urbanos

Los centros poblados corresponden a la Base de Asentamientos Humanos de la República Argentina (BAHRA)² (Mapa 5). A partir de la intersección de los polígonos de radios censales con ellos y teniendo en cuenta la extensión de las áreas urbanas, se diferenciaron los radios censales urbanos y los rurales. Los radios censales urbanos correspondientes a un mismo ejido (municipio) fueron agrupados para conformar un solo polígono perteneciente a cada área urbana. Para el análisis espacial de la disponibilidad de biomasa, se tomó en consideración que la misma se encuentra en un 100% disponible en dichas áreas (FAO, 2018).

Parajes rurales

Siguiendo el mismo criterio que el utilizado para los ejidos urbanos, se consideró que la biomasa disponible en los parajes rurales contaba con una accesibilidad del 100% (FAO, 2018). Para incluir los parajes rurales en el análisis también se utilizó la BAHRA, ubicados en radios censales del tipo "rural".

Pendiente del terreno

El MDE (Modelo de Digital de Elevaciones) utilizado corresponde al ASTER GDEM de 1 segundo de arco

(30 m, aproximadamente), elaborado en 2001 por NASA/METI/AIST/Japan Spacesystems³, a partir del cual el WISDOM calcula y utiliza las pendientes para definir la accesibilidad. Las capas vectoriales que representan los cursos y cuerpos de agua pertenecen al proyecto SIG 250, realizado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) hasta el año 2000⁴ (Mapa 6).

Síntesis de accesibilidad física

En el Mapa 7 se observa que las regiones con mayor accesibilidad están relacionadas con las tres rutas nacionales que atraviesan la provincia: la Ruta Nacional N.º 3, que recorre la provincia de norte a sur en la región costera; la Ruta Nacional N.º 25, que cruza la provincia en sentido este-oeste, desde la región costera en el departamento de Rawson, hasta la región cordillerana en el departamento de Futaleufú; y la Ruta Nacional N.º 40, que recorre desde la Cordillera hasta el departamento de Escalante.

A la vez, puede verse que la disponibilidad aumenta cerca de las principales ciudades (como Rawson, Trelew, Puerto Madryn, por ejemplo). En el área denominada Meseta Central se observa un nivel de accesibilidad inferior, dada la falta de una red vial similar a la de las comarcas de los Andes y VIRCh-Península Valdés.

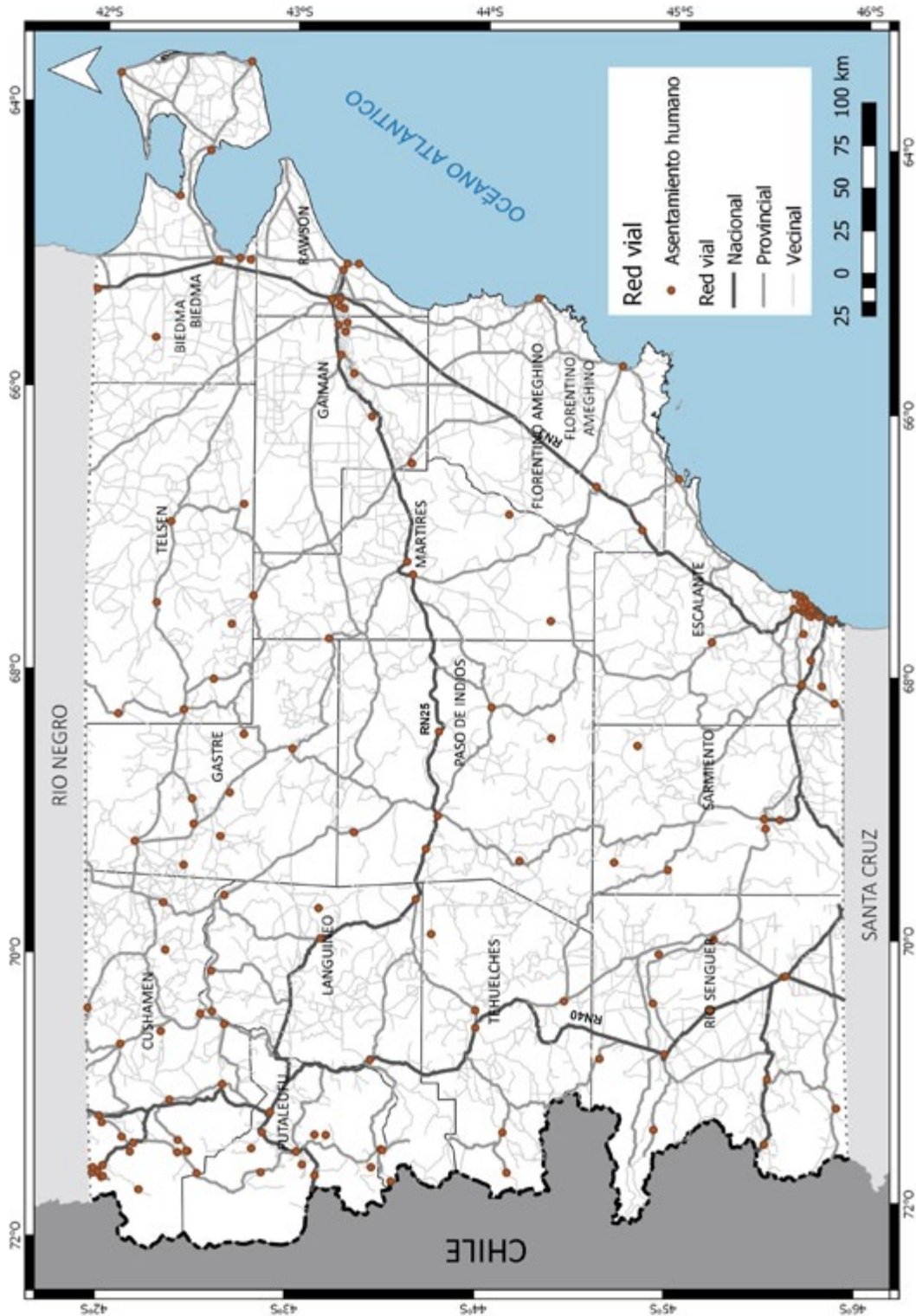
¹ <http://www.ign.gob.ar/nuestrasactividades/informacion-geoespacial/capassig>

² <http://www.bahra.gob.ar/>

³ <https://doi.org/10.5067/ASTER/AST14DEM.003>

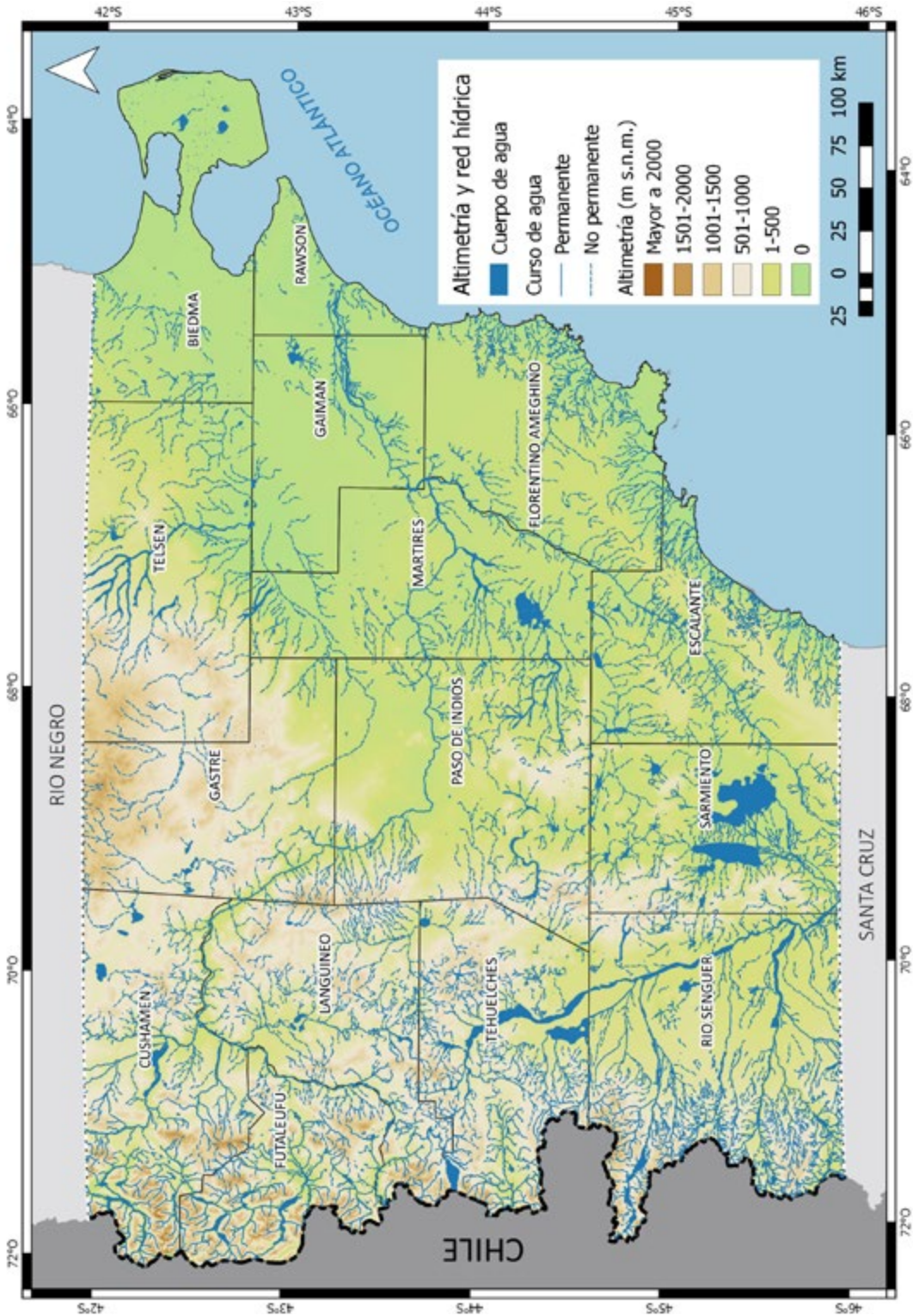
⁴ <http://www.ign.gob.ar/nuestrasactividades/informacion-geoespacial/capassig>

Mapa 5. Asentamientos humanos y red vial



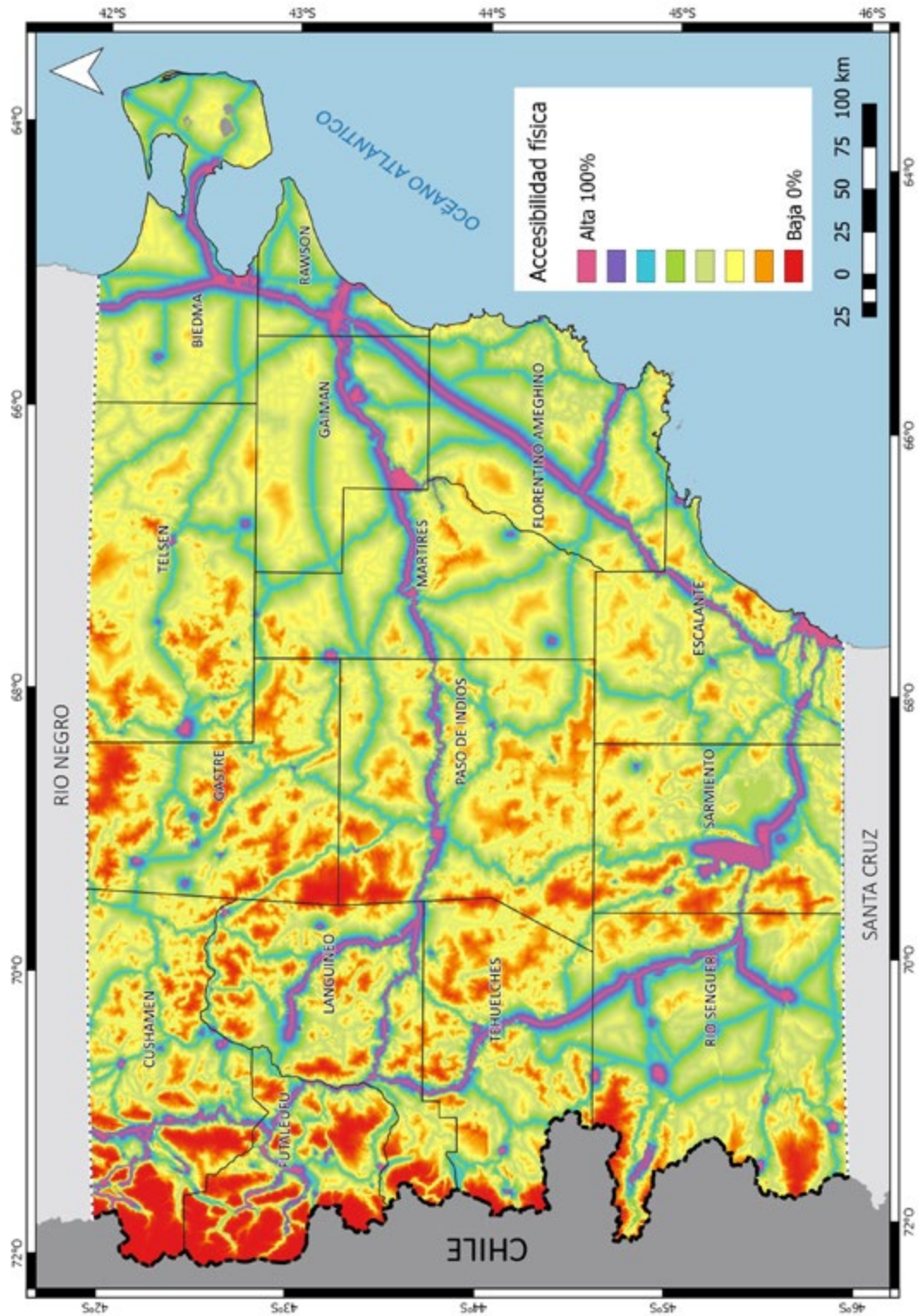
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 6. Altimetría e hidrografía



Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 7. Accesibilidad física



Fuente: Elaborado por los autores.

Accesibilidad legal

La biomasa que podría utilizarse con fines energéticos se encuentra sujeta a las restricciones legales impuestas sobre las áreas protegidas, que se destinan a la conservación de la biodiversidad allí presente. Es por ello que, para el WISDOM Argentina (2009), se incorporó un parámetro espacial dado por la accesibilidad legal. Para el cálculo de la oferta de biomasa accesible en Chubut y su mapeo se integraron las restricciones legales impuestas tanto por las Áreas Naturales Protegidas (ANP) como por el OTBN (Mapa 8).

Áreas Naturales Protegidas

Las ANP representan un 4% de la superficie de Chubut. Se presentan en el Cuadro 8, con la superficie

de cada una. A la capa generada para el cálculo de la oferta de biomasa se le aplicó un coeficiente de accesibilidad de 0, utilizando el criterio más conservador, salvo en la Península Valdés, que tienen un “Área de Amortiguación” para la que se definió un coeficiente de accesibilidad de 1, y un “Área de Uso Sostenible”, para la que se definió un coeficiente de 0,5.

Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos

Con el fin de proteger los recursos de los bosques nativos, en Chubut se ha realizado un ordenamiento territorial a través de la Ley provincial XVII-92, *Aprobación del ordenamiento de bosques nativos existentes en la jurisdicción de la provincia del Chubut*, como requerimiento de la Ley nacional 26331. En dicha ley provincial se

Cuadro 8. Áreas protegidas de Chubut

Categoría	Nombre	Superficie (ha)
Área Natural Protegida	Lago Baggilt	1500
Área Protegida con Recursos Manejados	Río Tigre	64155
Área Protegida con Recursos Manejados	Huemul Hielo	30112
Área Protegida con Recursos Manejados	Río Engaño	51246
Paisaje Terrestre y/o Marino Protegido	Los Altares	150000
Parque Interjurisdiccional Marino Costero	Patagonia Austral	104812
Parque Provincial / Reserva Forestal	Río Turbio	50000
Parque y Reserva Nacional	Lago Puelo	27675
Parque y Reserva Nacional	Los Alerces	263000
Reserva Natural Turística - UIB	Punta del Marqués	50
Reserva Forestal	Lago Epuyén	20000
Reserva Natural Turística de Objetivo Integral	Península Valdés	840000
Reserva Natural Turística	Punta León	150
Reserva Natural Turística	Bosque petrificado Sarmiento	1832
Reserva Natural Turística	Punta Loma	1707
Reserva Natural Turística	Punta Tombo	210
Reserva Natural Turística	Cabo Dos Bahías	160
Reserva Natural Turística	Laguna Aleusco	1200
Reserva Natural Turística	Piedra Parada	132
Reserva Natural Turística	Nant y Fall (Arroyo Las Caídas)	50

Nota: UIB: Unidad de investigación biológica.

Fuente: Elaborado por los autores.

establecen categorías en función de la protección del recurso. La Categoría I corresponde a las áreas de “muy alto valor de conservación que no deben transformarse”, y se las identifica con el color rojo. La Categoría II corresponde a los “sectores de mediano valor de conservación”, y se los identifica con color amarillo. Dicha categoría incluye los bosques en los cuales es posible extraer madera en forma sustentable. Por último, a los “sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad” se los agrupa en la Categoría III, identificándolos con el color verde (Bava y González, 2014).

Para el análisis del WISDOM provincial se han tenido en cuenta las categorías mencionadas a través de la asignación de un coeficiente que pondera la accesibilidad legal del recurso biomásico. En las zonas de Categoría I, la accesibilidad fue igual a cero; en las zonas de Categoría II, se definió una accesibilidad del 0,5, y en las de Categoría III, de 1. En aquellas áreas donde la disponibilidad y

accesibilidad de la biomasa permite el aprovechamiento de las especies presentes en los boques nativos, se recomienda que el manejo forestal sea viable desde el punto de vista técnico, social e institucional, admitido por la autoridad local competente (Bava y González, 2014).

En el Mapa 8, el color rojo corresponde a las áreas sin accesibilidad legal; el amarillo, a las de 50% de accesibilidad, y el verde, a las de 100% de accesibilidad. Se puede observar que las regiones inaccesibles son las que tienen los dos Parques Nacionales, en los departamentos de Futaleufú, Cushamen, Tehuelches y Río Senguer, como así también las ANP de los departamentos de Paso de Indios, Sarmiento, Biedma, Florentino Ameghino y Escalante.

Accesibilidad total

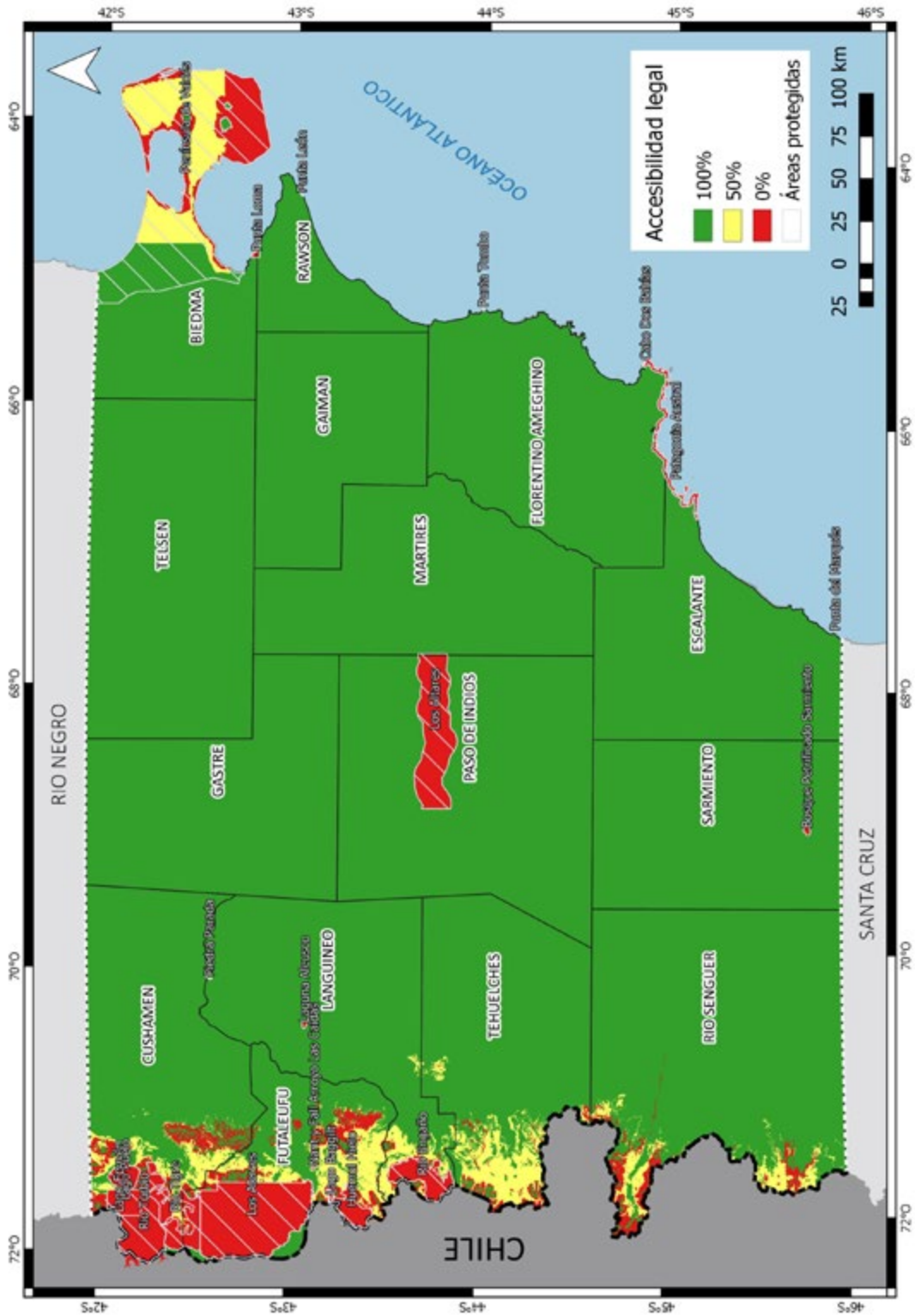
El mapa de accesibilidad total fue construido a partir de las restricciones físicas y legales observadas en la provincia del Chubut (Mapa 9). A modo de ejemplo, las áreas que no presentan restricciones

Cuadro 9. Oferta directa total y total accesible, por departamento

Departamento	Oferta directa total (t/año)	Oferta directa total accesible (t/año)
Biedma	42,01	41,95
Cushamen	202687,92	27997,57
Escalante	1,08	0,49
Florentino Ameghino	0	0
Futaleufú	418960,68	34260,56
Gaiman	2148,86	1870,84
Gastre	19,96	14,02
Languiñeo	91699,63	7452,21
Mártires	0	0
Paso de Indios	0	0
Rawson	931,76	827,80
Río Senguer	108626,55	10020,29
Sarmiento	674,34	576,92
Tehuelches	132643,33	20486,62
Telsen	0,56	0,19
Total	958436,68	103549,47

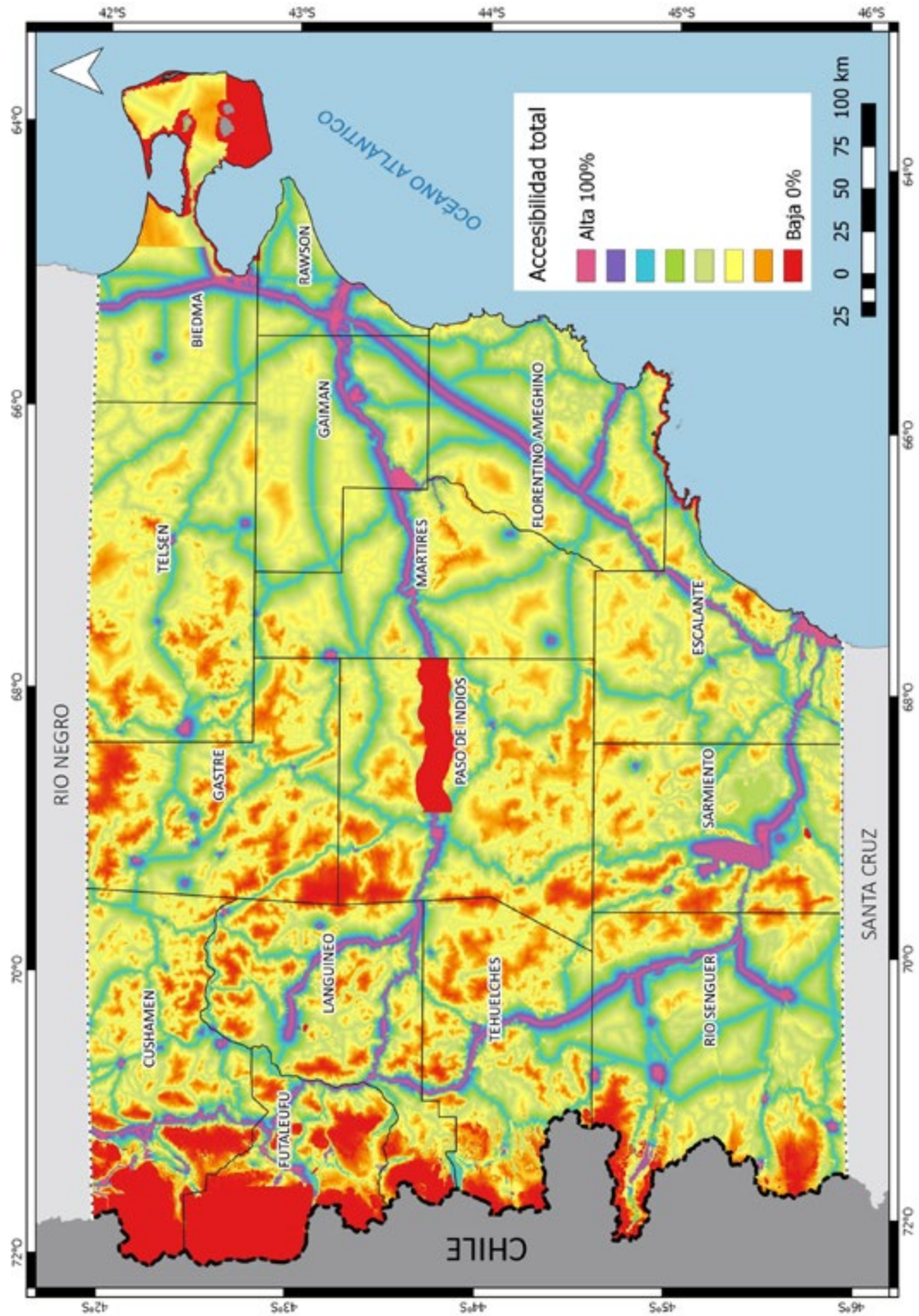
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 8. Accesibilidad legal



Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 9. Accesibilidad total



Fuente: Elaborado por los autores.

ni legales ni físicas cuentan con biomasa 100% accesible, mientras que en aquellas donde existe una restricción física o legal total, la biomasa fue considerada como inaccesible (0%).

En el Mapa 9 se observa que el máximo valor de accesibilidad corresponde a las regiones con mayor población y cercanas a las rutas nacionales. Los departamentos de Rawson, Gaiman, Florentino Ameghino y Mártires cuentan con mayor accesibilidad a la biomasa disponible, en comparación con los departamentos de la región cordillerana. La mayor accesibilidad concuerda con la presencia de rutas nacionales y los centros urbanos, donde se observa mayor porcentaje de la población total de la provincia del Chubut. En la región de la Meseta Central, los valores indican que la accesibilidad es muy baja en comparación con las regiones costeras y cordilleranas (a excepción de las áreas ubicadas en los parques nacionales).

Síntesis de oferta directa accesible

Del cálculo de la oferta directa total accesible surge que el volumen de biomasa potencialmente disponible para la provincia del Chubut asciende a 103549,47 t/año. En el Cuadro 9 y en el Mapa 10 se observa que la mayor cantidad se presenta en los departamentos de la Comarca Andina: Cushamen, Futaleufú, Tehuelches y Languiño, con 27%, 33%, 20% y 7%, respectivamente. El departamento de Río Senguer aporta cerca de un 10%, y los de la costa y sur de la provincia (Biedma, Gaiman, Rawson y Sarmiento) cuentan con un 3% de la biomasa provincial accesible.

En la región cordillerana, los bosques nativos, junto con los cultivos forestales, producen la mayor oferta directa de biomasa. En la región costera, el aporte está dado por los cultivos de macizos forestales, el aprovechamiento de residuos de cortinas rompeviento y la extracción de salicáceas de los caminos de servidumbre de paso de los canales de riego.

5.3 Módulo de oferta indirecta

Las fuentes de biomasa que surgen del proceso o transformación industrial se consideran oferta indirecta: Esta se caracteriza por estar concentrada en el espacio, a diferencia de la oferta directa.

Para el caso particular de Chubut, se identificaron cuatro fuentes de residuos con potencial bioenergético: los aserraderos, las carpinterías, la poda urbana y las algas, tanto las recolectadas de las playas, depositadas en las costas por arribazón, como las provenientes de la limpieza de canales de riego.

A diferencia de análisis previos (FAO, 2016b), la poda urbana ha sido aquí considerada como una fuente de oferta indirecta por estar concentrada en el espacio y ser un residuo que las comunas y municipalidades gestionan, ya sea a través de su disposición final junto con los RSU o de chipeo para distintos usos (viveros municipales, plazas y otros). También la inclusión de la biomasa obtenida a partir de algas es un ítem particular de este WISDOM provincial.

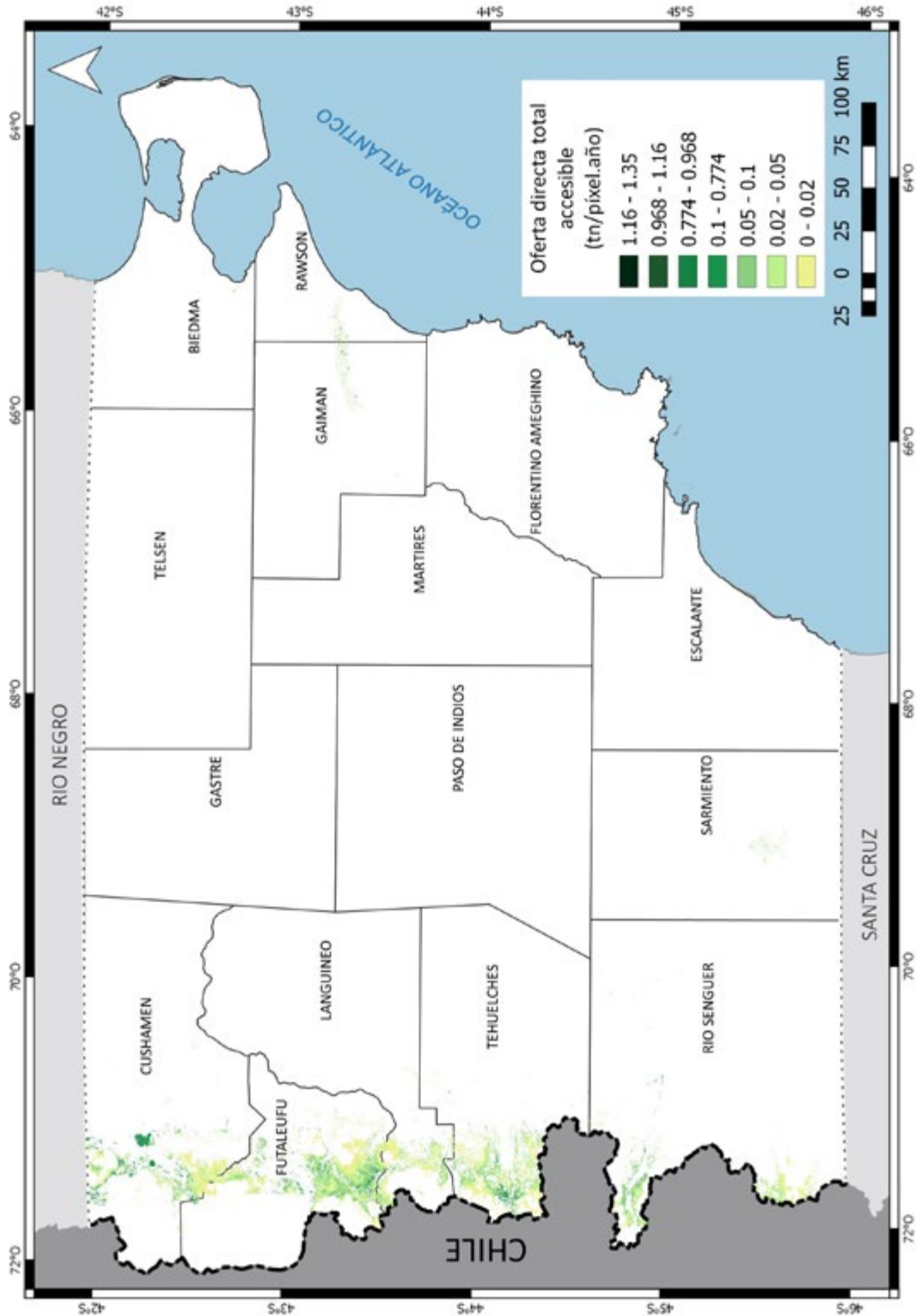
Como se considera que la accesibilidad a la biomasa de la oferta indirecta es total, no se afecta la disponibilidad por las restricciones impuestas para el módulo anterior.

Aserraderos

El procesamiento de la madera genera residuos biomásicos que pueden ser utilizados para la generación de energía. En Chubut, la industria de los aserraderos se encuentra muy atomizada y con baja incorporación tecnológica, lo que redundaría en una baja productividad (Loguercio *et al.*, 2008). A su vez, producto de la infraestructura insuficiente para hacer un uso integral de la madera, se dificulta la comercialización de la de baja calidad y del aserrín, lo que determina que se destinen a la quema (Bava y González, 2014) o sean vendidos a empresas avícolas, a caballerizas, o para la fabricación de ladrillos, o como leña (Loguercio *et al.* 2008).

Para la georreferenciación de los aserraderos y el cálculo de la biomasa disponible se utilizaron datos de dos fuentes: la cantidad de residuo biomásico de aserraderos de la región cordillerana, por año y por localidad (Loguercio *et al.*, 2008), y datos de residuos de un aserradero de la localidad de Telsen (suministrados por la Comuna de esta localidad). Dado que Loguercio *et al.* (2008) han estimado el volumen potencial de residuos en función de nueve escenarios, para el cálculo de la

Mapa 10. Oferta directa total accesible



Fuente. Elaborado por los autores.

oferta indirecta se ha utilizado la estimación para un grado intermedio, tanto de oferta de residuos como de intensidad de manejo forestal (ya que el volumen para aserrar estará en función de la disponibilidad de madera en el campo, que se verá afectada por el manejo forestal que reciba). Por otra parte, como el trabajo presenta los datos por nodo, para calcular el volumen de residuos producido por aserradero se dividió el total estimado en cada región por el total de aserraderos allí reportado. Así, se georreferenciaron los establecimientos en función de las localidades en las que se encuentran.

Según Loguercio *et al.* (2008), los aserraderos en la Comarca Andina son 44; los departamentos de Cushamen, Futaleufú y Languiño albergan el 69%, 22% y 7%, respectivamente (Cuadro 10). En cuanto al volumen aserrado, 15 625,50 m³ de la materia prima proviene de especies nativas, y 31 724,50 m³, de especies exóticas. Surge del análisis que la biomasa disponible por año en la provincia es de 9 327 t, y el departamento de Cushamen es el que mayor porcentaje aporta.

Carpinterías

Otra fuente de biomasa identificada es la proveniente de los residuos de carpinterías. Para el cálculo de su disponibilidad se consultó a los municipios y comunas de la provincia, y se obtuvo información oficial de la Municipalidad de Puerto

Madryn. Para el resto de las localidades, se determinó la cantidad de carpinterías, y sus residuos se estimaron sobre la base de los datos de Puerto Madryn, que registran en promedio 2 400 kg de residuos/mes/comercio (a excepción de un comercio, que solo reportó 100 kg/mes). En el Cuadro 11 se observa que el departamento de Rawson contribuye con un 73,13% de las 433,2 t de residuos biomásicos estimadas en total por año.

Poda urbana

Solo dos localidades en la región costera (Trelew y Puerto Madryn) y una de la Meseta Central contaban con información disponible sobre la cantidad de residuos de poda urbana generada en el ejido. En ambos casos, esos residuos se producen durante tres meses del año, de diciembre a marzo. Se estimó que los departamentos de Biedma y Rawson generan un total de 2 100 t de residuos de poda por año, y el de Telsen, 6 t/año.

Algas

En las ciudades costeras como Puerto Madryn y Rada Tilly pueden observarse distintas especies de macroalgas (exóticas y nativas) que, por arribazón, quedan depositadas en las playas. Predominan las especies *Undaria pinnatifida* y *Codium vermilara* (Eyras y Sar, 2003). El volumen que se acumula durante la temporada de verano tiene un impacto negativo sobre la actividad turística, por lo que los

Cuadro 10. Número de aserraderos y biomasa proveniente de sus residuos

Región	Cantidad de aserraderos	Departamento	Biomasa total disponible (t/año)
El Hoyo	29	Cushamen	6 352
El Maitén	1	Cushamen	263
Cholila	1	Cushamen	63
Esquel	10	Futaleufú	2 352
Corcovado	3	Languiño	279
Telsen	1	Telsen	18
Total	45	-	9 327

Fuente: Elaborado por los autores sobre la base de Loguercio *et al.* (2008).

Cuadro 11. Número de carpinterías y biomasa proveniente de sus residuos

Departamento	Carpinterías	Biomasa total disponible (t/año)
Biedma	4	87,60
Rawson	11	316,80
Gaiman	1	28,80
Total	16	433,20

Fuente: Elaborado por los autores.

municipios costeros se ven obligados a retirarla y darle disposición final, con un gasto de importancia (Dellatorre *et al.*, 2014; Piriz *et al.*, 2003). Por ello, utilizar este residuo como materia prima para generar energía permitiría agregar valor a algo que actualmente solo genera costos.

Para determinar la biomasa disponible se consultó a los municipios costeros el volumen que extraen de las playas por año, y se le descontó el peso correspondiente a la cantidad de arena contenida, producto de la recolección. Se generaron los puntos de acopio de Puerto Madryn y Rada Tilly, con el fin de georreferenciar los sitios de colecta de algas que reportaron. Se calculó la biomasa seca como un 14% del peso total reportado como biomasa (Eyra y Sar, 2003). Del análisis, surgió que, para el departamento de Biedma, la biomasa disponible durante tres meses del año (enero, febrero y marzo) es de 5 045,04 t, y para el departamento de Escalante, de 50,96 t.

En los departamentos de Gaiman y Rawson, la Compañía de Riego del VIRCh realiza tareas de limpieza de algas en los canales de riego, ya que dificultan la correcta circulación del agua. Se calcula que de la limpieza de 344,20 km de canales no cementados se remueven 11 000 m³ de algas, que también representan un gasto para los regantes. De esa cantidad, se estima, quedan 2 310 t disponibles de biomasa.

En total, sumando las dos fuentes de algas, la oferta de biomasa es de 7 406 t/año.

Síntesis de oferta indirecta

En Chubut, la oferta indirecta se concentra en cuatro fuentes, dos que provienen de los desperdicios

de la transformación de la madera, y dos procedentes de la limpieza o recolección de residuos, como la poda urbana y la remoción de algas. De las 19 272 t totales disponibles por año (Mapa 11), el 50,64% proviene del procesado de la madera, de lo que el departamento de Cushamen aporta el 68,42%, seguido de Futaleufú, con el 24,09% (Cuadro 12). La poda urbana aporta un 10,93% del total, y Rawson y Biedma son los departamentos con mayor contribución. El 38,42% del volumen corresponde a la biomasa de algas, de la que Biedma aporta el 68,12%.

Oferta total accesible

En Chubut, la oferta total accesible de biomasa es de 121 951,5 t/año. Los departamentos de Futaleufú, Cushamen y Tehuelches realizan el mayor aporte, con un total de 91 117,53 t/año (74,72%). Del Cuadro 13 surge que la principal contribución a la oferta total accesible de biomasa es la oferta directa y, en menor proporción, la indirecta. En Cushamen, el 82,30% de la oferta accesible de biomasa proviene de las fuentes directas. Algo similar sucede en Futaleufú, donde la oferta directa aporta el 93,57% de la oferta accesible (Mapa 12).

5.4 Módulo de demanda

Para determinar el balance de energía de biomasa se requiere conocer la demanda, tanto en las zonas rurales como en las urbanas (Drigo *et al.*, 2002). En la actualidad, su uso a nivel global se da en regiones donde la leña es la única materia prima disponible para cubrir las necesidades básicas de calefacción y cocción. Este es el caso de Chubut, donde según el CNPHYV 2010, más de un 2% de la

Cuadro 12. Oferta indirecta, por fuente y departamento

Departamento	Fuente				Biomasa total disponible (t/año)
	Aserraderos	Carpinterías	Poda urbana	Algas	
Biedma	0	87,60	1600,00	5045,04	6 732,64
Cushamen	6 678,00	0	0	0	6 678,00
Escalante	0	0	0	50,96	50,96
Futaleufú	2 352,00	0	0	0	2 352,00
Gaiman	0	28,80	0	1 621,62	1 650,42
Languiño	279,00	0	0	0	279,00
Rawson	0	316,80	500,00	688,38	1 504,98
Telsen	18,0	0	6	0	24,00
Total	9 327,00	433,20	2 106,00	7 406	19 272,20

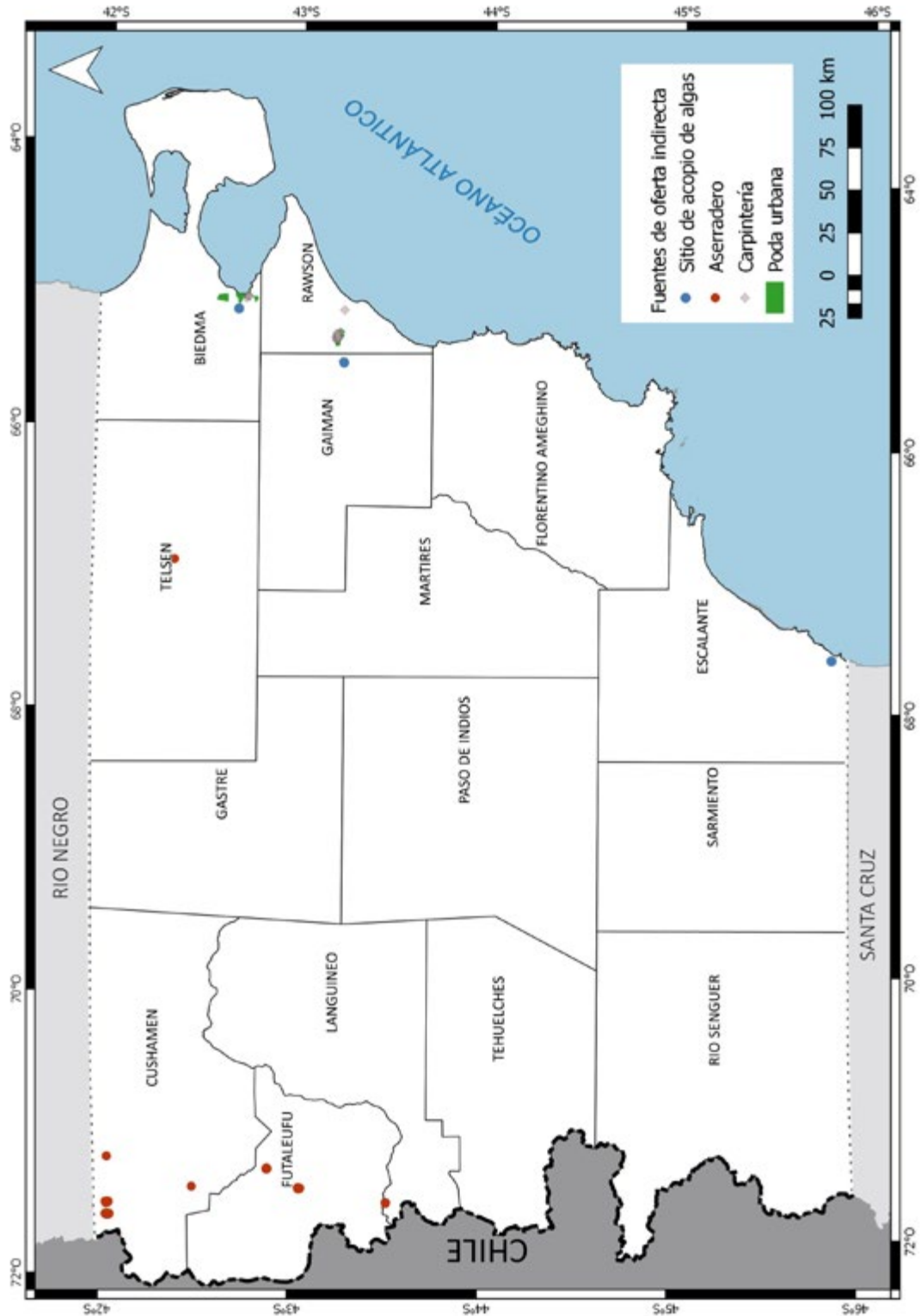
Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 13. Oferta directa accesible y oferta total (directa e indirecta) accesible

Departamento	Oferta directa accesible (t/año)	Oferta total accesible (t/año)
Biedma	41,95	6 718,37
Cushamen	27 997,57	34 018,35
Escalante	0,49	51,45
Florentino Ameghino	0	0
Futaleufú	34 260,56	36 612,56
Gaiman	1 870,84	4 180,84
Gastre	14,02	14,02
Languiño	7 452,21	7 638,21
Mártires	0	0
Paso de Indios	0	0
Rawson	827,80	1 609,69
Río Senguer	10 020,29	10 020,29
Sarmiento	576,92	576,92
Tehuelches	20 486,62	20 486,62
Telsen	0,19	24,18
Total	103 549,47	121 951,50

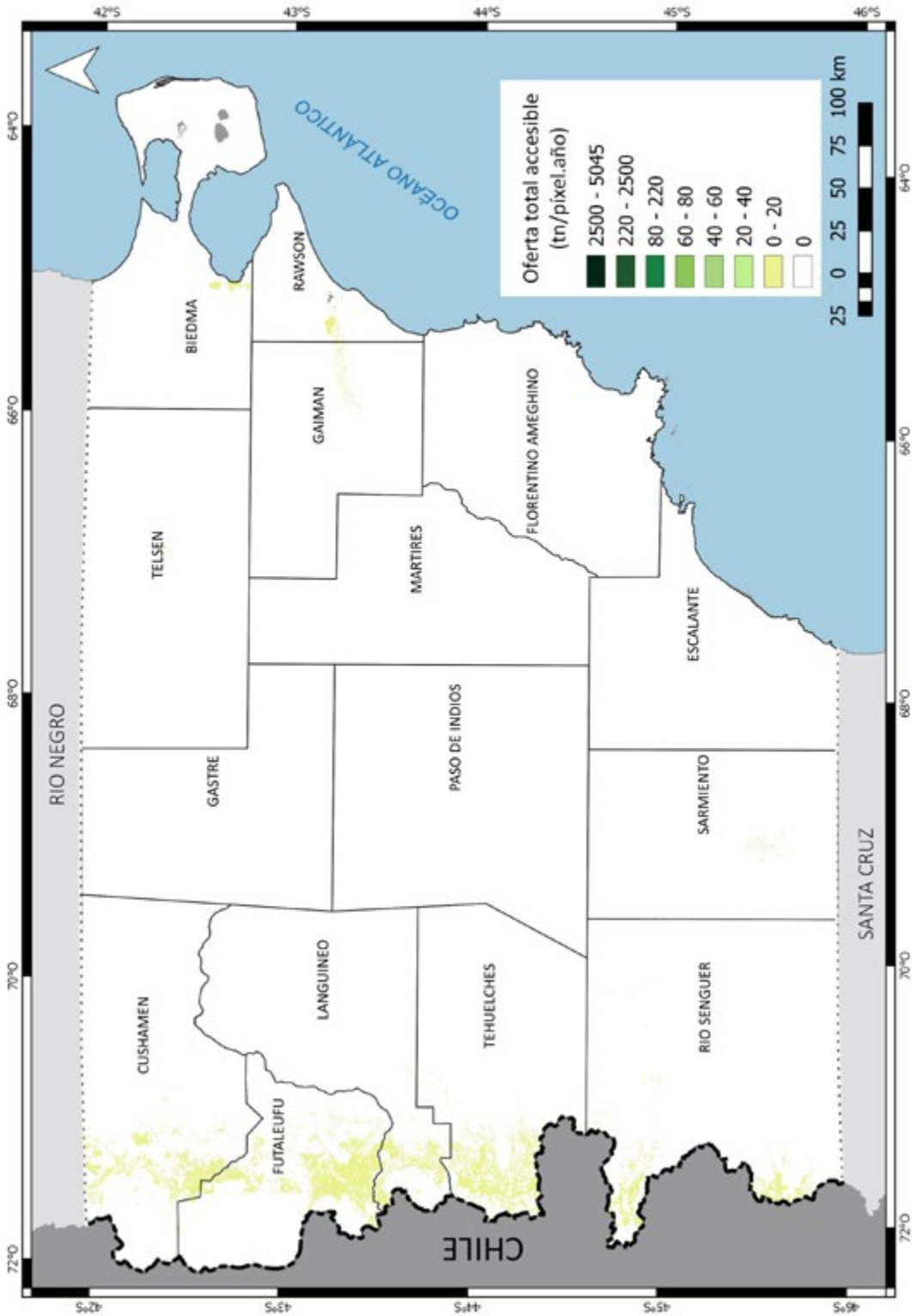
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 11. Oferta indirecta



Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 12. Oferta total accesible



Fuente: Elaborado por los autores.

población solo utiliza biomasa para cocinar alimentos. Al igual que en otras provincias de la Patagonia, esto se debe a la necesidad de los pobladores rurales, que no tienen acceso a otras fuentes energéticas, como gas natural o electricidad (Arre *et al.*, 2015; Cardoso *et al.*, 2013). Es por ello que, en particular para las poblaciones de la Meseta Central de la provincia, la provisión de leña se torna vital para combatir las severas condiciones climáticas. Cabe destacar que, en muchos de los parajes, comunas y escuelas rurales de la provincia, las rutas de ripio se tornan inaccesibles para los pobladores durante los meses de invierno.

En Chubut se han detectado cinco sectores que demandan biomasa para la generación de energía: el residencial, el comercial, el industrial, las escuelas rurales y el programa denominado Plan Calor. En el sector comercial, se identificaron cuatro actividades que consumen leña: las panaderías, las parrillas y/o parripollos, las cabañas destinadas al turismo y los hoteles. Al igual que para las fuentes del módulo de oferta, para el módulo de demanda también se ha solicitado la información necesaria relacionada con la ubicación de los establecimientos y el consumo de leña durante un año. Del sector comercial no se han obtenido registros oficiales, por lo que no se ha incluido en el análisis.

Sector residencial

Para el cálculo se utilizaron los datos registrados en el CNPhyV 2010, donde se describe la cantidad de hogares que utilizan leña para la cocción de alimentos en Chubut, discriminada por localidad y

zona rural. En el Cuadro 14 se puede observar que el 87,9% de los hogares chubutenses usa gas de red para cocinar sus alimentos y, como se indicó, solo 2,2% emplea biomasa. Como no se cuenta con registros oficiales, se estimó que el consumo familiar de leña es de 4 000 kg por año, en función de estudios realizados para la provincia de Río Negro (Cardoso *et al.*, 2013) y la localidad de Esquel, en Chubut (Arre *et al.*, 2015).

En el Cuadro 15 se presentan los valores estimados de consumo de leña por municipio, comuna o zona rural. Los departamentos con mayor demanda son Cushamen, cuya zona rural absorbe el 13% del total de leña consumido por la provincia; Futaleufú, con 17%; Río Senguer, con 6%, y Languiñeo, con 10%. En tres de los cuatro departamentos el mayor consumo se observa en la zona rural, excepto en Futaleufú, donde el mayor porcentaje se presenta en la ciudad cordillerana de Trevelin. Se estima que la demanda total residencial de biomasa asciende a 13 900 t/año.

Plan Calor

Otra fuente de demanda identificada fue la de los municipios y comunas de la provincia (Cuadro 16), que reciben fondos del Ministerio de Familia de Chubut para comprar leña, que distribuyen a los hogares más vulnerables para cubrir sus necesidades energéticas durante los meses de invierno. Según datos oficiales, el mayor porcentaje (29%) de los pobladores que reciben leña se encuentra en la comarca de la Meseta Central, región que presenta inviernos con temperaturas muy bajas. En total, se demandan

Cuadro 14. Combustibles principalmente utilizados para cocción, en hogares

	Gas red	Gas granel	Gas tubo	Gas garrafa	Electricidad	Leña	Otros	Total hogares
Número de hogares	138097	991	1659	12599	207	3475	138	157166
Porcentaje (%)	87,90	0,60	1,10	8	0,10	2,20	0,10	100

Fuente. Adaptado del CNPhyV (INDEC, 2010).

Cuadro 15. Leña consumida, por localidad

Municipios, comunas y zonas rurales	Leña demandada (t/año)
Zona rural del departamento Biedma	128
Puerto Madryn	92
Puerto Pirámides	4
Zona rural del departamento Cushamen	1780
Cholila	236
El Hoyo	200
El Maitén	256
EpuYén	432
Lago Puelo	256
Gualjaina	420
Cushamen centro	132
Zona rural del departamento Escalante	184
Comodoro Rivadavia	600
Rada Tilly	8
Zona rural del departamento F. Ameghino	60
Camarones	-
Zona rural del departamento Futaleufú	328
Corcovado	128
Esquel	752
Trevelin	944
Cerro Centinela	220
Zona rural del departamento Gaiman	16
Dolavon	100
Gaiman	124
28 de Julio	16
Dique Florentino Ameghino	-
Zona rural del departamento Gastre	616
Gastre	48
Lagunita Salada	116
Zona rural del departamento Lanquiño	724
Tecka	184

Aldea Epulef	204
Carrenleufú	140
Colan Conhue	72
Paso del Sapo	96
Zona rural del departamento Mártires	124
Las Plumas	16
Zona rural del departamento Paso de Indios	360
Paso de Indios	40
Los Altares	76
Zona rural del departamento Rawson	56
Rawson	40
Trelew	144
Zona rural del departamento Río Senguer	832
Alto Río Senguer	336
Río Mayo	100
Alda Beleiro	132
Dr. Ricardo Rojas	136
Facundo	24
Lago Blanco	116
Aldea Apeleg	84
Zona rural del departamento Sarmiento	100
Sarmiento	104
Buen Pasto	20
Zona rural del departamento Tehuelches	120
Gobernador Costa	304
José de San Martín	104
Río Pico	340
Viglione	32
Zona rural del departamento Telsen	452
Gan Gan	68
Telsen	24
Total	13900

Fuente: Elaborado por los autores.

9 308 t/año. Como para calcular la demanda residencial se contabilizaron los requerimientos de leña por familia, para evitar una duplicación del valor no se ha incluido el consumo por Plan Calor.

Cuadro 16. Leña entregada a los beneficiarios del Plan Calor

Comuna	Leña entregada (m ³)
Aldea Apeleg	233
Aldea Beleiro	144
Aldea Epulef	386
Atilio Viglione	160
Buen Pasto	187
Carrenleufú	160
Cerro Centinela	192
Colan Conhue	540
Cushamen	127
Dique F. Ameghino	135
Facundo	326
Gan Gan	1100
Gastre	1600
Lago Blanco	480
Lagunita Salada	790
Las Plumas	456
Los Altares	312
Paso del Sapo	588
Ricardo Rojas	600
Telsen	792
Total	9 308

Fuente: Elaborado por los autores.

Demanda industrial

Ladrilleras

Para el cálculo de la demanda de biomasa del sector de producción de ladrillos se contó con información de las ladrilleras del ejido de Trelew, que fueron georreferenciadas. Como no se disponía de datos oficiales del consumo de leña del sector, se

estimó, según bibliografía, que cada ladrillera consume, en promedio, 35 000 kg por año (Ambiental, 2011). En el departamento de Rawson se registraron 17 establecimientos, que en conjunto demandan 595 t de biomasa anuales.

Escuelas rurales

Según registros del Ministerio de Educación de la provincia, solo cuatro escuelas requieren leña durante el ciclo lectivo para llevar adelante sus actividades, de las que tres reportaron su consumo anual: 1,6 t/año en el departamento de Cushamen, 2,4 t/año en Río Senguer, y 16 t/año de residuos de carpintería en Futaleufú. El total de biomasa demandado por este sector es de 20 t/año.

Síntesis del módulo demanda

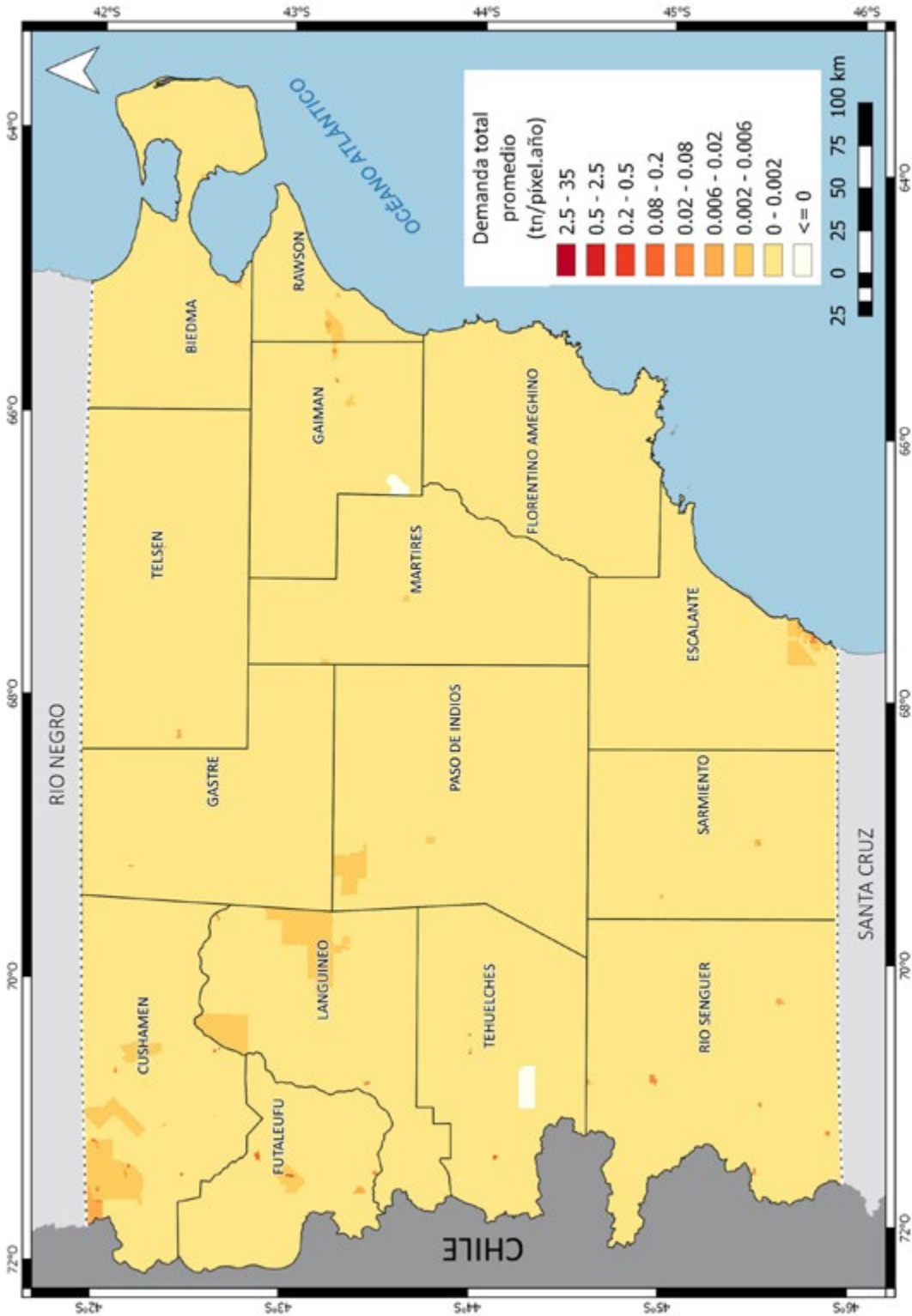
Como se puede observar en el Cuadro 17 y el Mapa 13, la demanda provincial se concentra en cuatro departamentos de la región cordillerana, que acumulan el 63,96% del total. Cushamen registra

Cuadro 17. Demanda de biomasa, por departamento

Departamento	Demanda (t/año)
Biedma	224
Cushamen	3 714
Escalante	792
Florentino Ameghino	60
Futaleufú	2 388
Gaiman	256
Gastre	780
Languiñeo	1 420
Mártires	140
Paso de Indios	476
Rawson	835
Río Senguer	1 762
Sarmiento	224
Tehuelches	900
Telsen	544
Total	14 515

Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 13. Demanda total promedio de biomasa



Fuente: Elaborado por los autores.

el mayor volumen, con 26% del total consumido, seguido de Futaleufú, con 16%, y Río Senguer, con 12%. En la región de la Meseta Central se consume el 13% del total de biomasa demandada. El mayor consumo se observa en las zonas con menor número de habitantes, no así en las más pobladas, como la región costera.

5.5 Módulo de integración

Cuando se integran los módulos de oferta potencial total y de demanda de biomasa se puede determinar cuáles son las regiones que presentan un déficit del recurso, y cuáles, un superávit. De esta forma, se pueden localizar las áreas con una presión mayor sobre las fuentes de biomasa utilizadas para la generación de energía (Drigo *et al.* 2002). El balance energético se obtuvo restando, al mapa de la oferta total accesible, el mapa de la demanda total, a nivel de pixel. También se realizó un balance promedio por departamento,

en el que los valores comprendidos en ventanas de 20 pixeles de lado (64 ha) fueron promediados (Mapa 14).

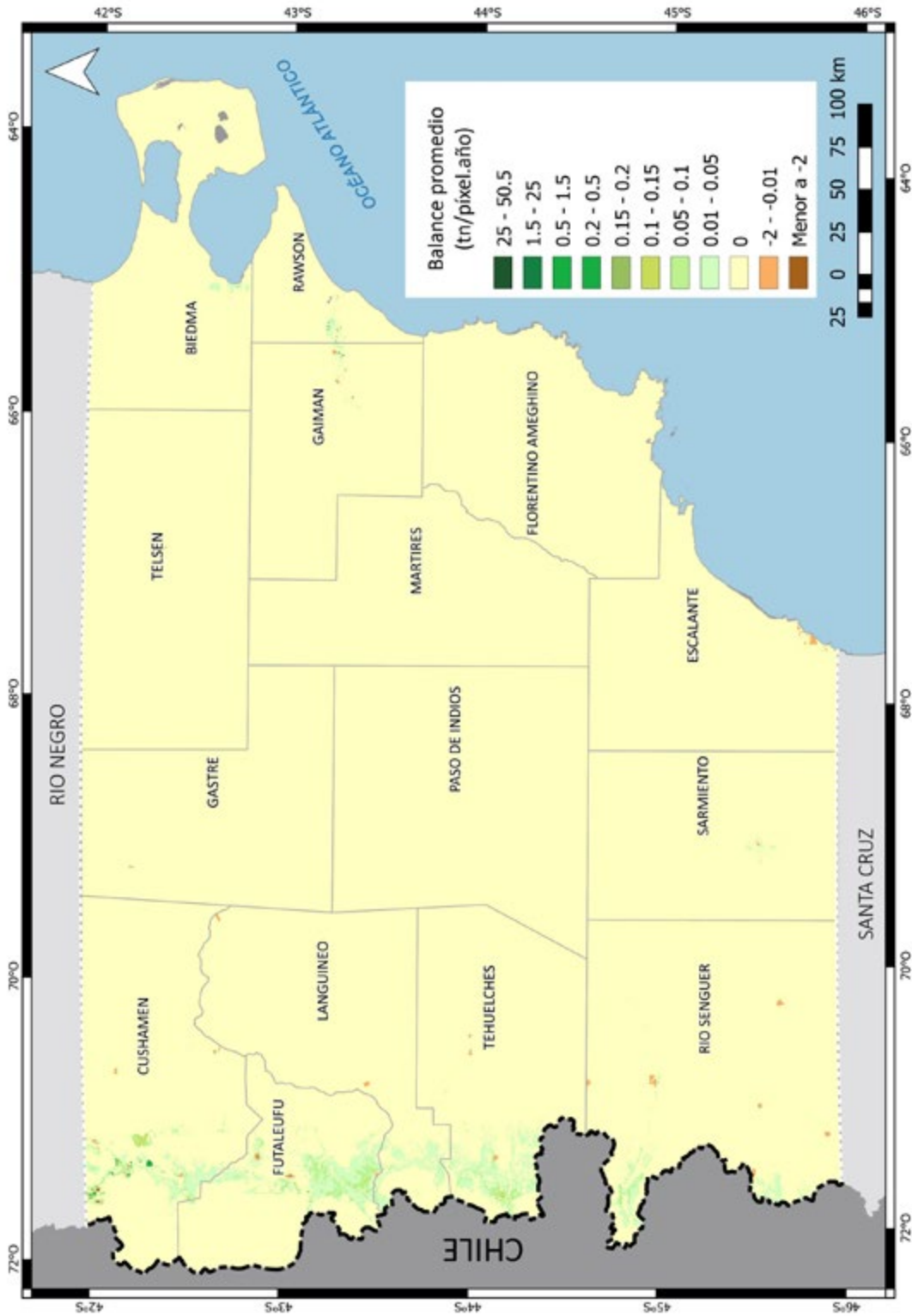
En el Cuadro 18 y en los mapas 15 y 16 se observa que los departamentos del oeste de Chubut (Cushamen, Futaleufú, Languiño, Tehuelches y Río Senguer, aquellos donde hay mayores precipitaciones) tienen balances positivos. La principal fuente de biomasa allí fueron los residuos de bosques nativos, con un aporte a la oferta total superior al 85%. Los departamentos que presentaron un balance negativo fueron cuatro, dos correspondientes a la comarca de la Meseta Central, y dos, a la región costera. En tres de ellos, la oferta total accesible fue de cero. En los departamentos deficitarios se observa que el componente con mayor peso está dado por la demanda residencial (95,76%), mientras que los otros sectores consumidores, como las escuelas (0,14%) o las ladrilleras (4,10%), tienen poco impacto.

Cuadro 18. Balance por departamento

Departamento	Oferta total accesible (t/año)	Demanda (t/año)	Balance (t/año)
Biedma	6 718,37	224	6 494,37
Cushamen	34 018,35	3 713,60	30 304,75
Escalante	51,45	792	-740,55
Florentino Ameghino	0	60	-60
Futaleufú	36 612,56	2 388	34 224,56
Gaiman	4 180,84	256	3 924,84
Gastre	14,02	780	-765,98
Languiño	7 638,21	1 420	6 218,21
Mártires	0	140	-140
Paso de Indios	0	476	-476
Rawson	16 09,69	835	774,69
Río Senguer	10 020,29	1 762,40	8 257,89
Sarmiento	576,92	224	352,92
Tehuelches	20 486,62	900	19 586,62
Telsen	24,18	544	-519,82
Total	121 951,50	14 515	107 436,50

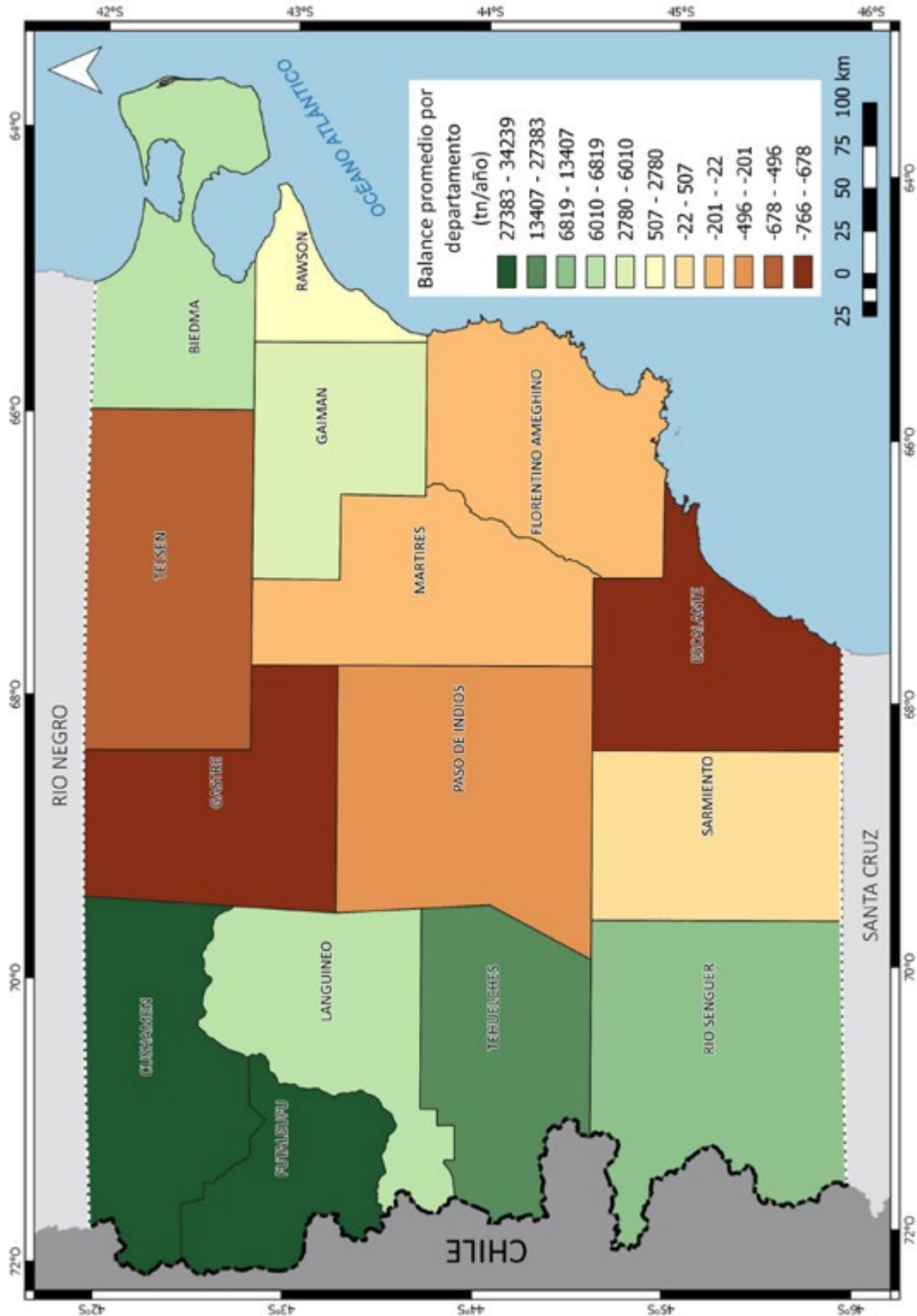
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 14. Balance promedio



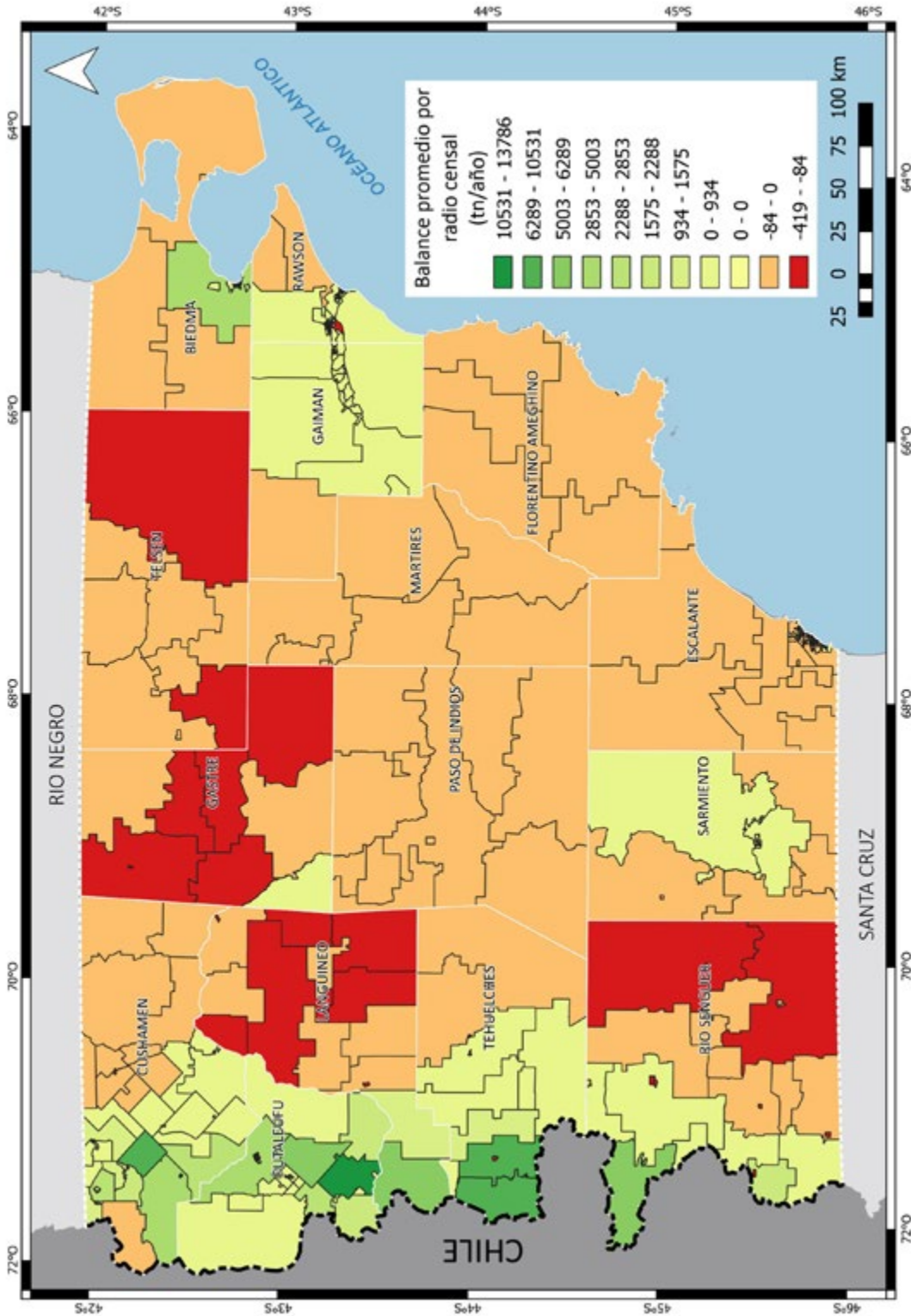
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 15. Balance promedio por departamento



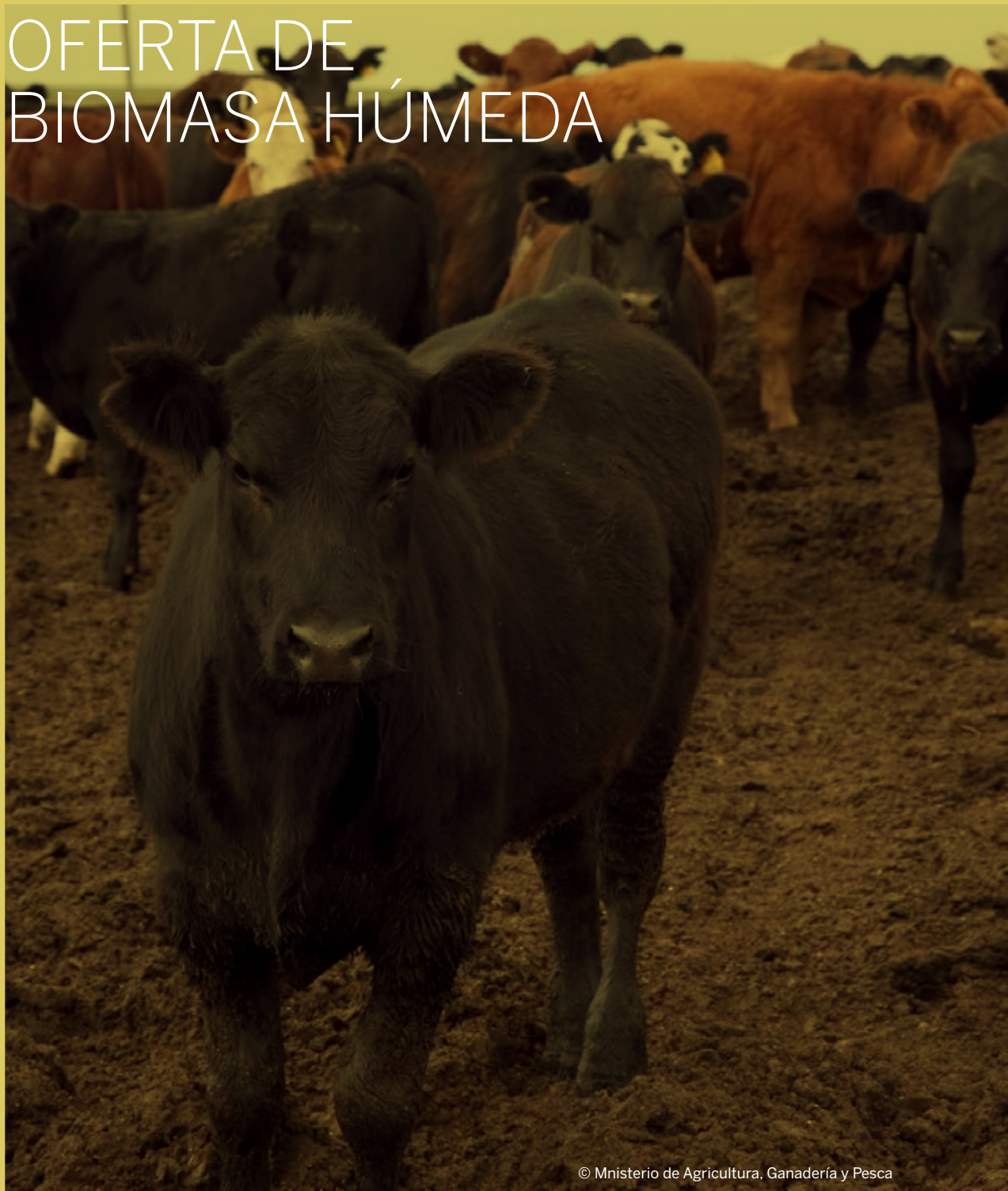
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 16. Balance promedio por radio censal



Fuente: Elaborado por los autores.

6. MÓDULO DE OFERTA DE BIOMASA HÚMEDA



La biomasa húmeda con potencial energético de Chubut proviene tanto de los residuos sólidos urbanos como de los de origen pecuario, y se concentra en los departamentos de Biedma, Escalante y Gaiman.

La biomasa húmeda incluye los residuos y efluentes del procesamiento de animales que se generan en plantas de faena y procesamiento; las excretas y efluentes de criaderos intensivos de animales, y la fracción orgánica de los RSU.

La fracción orgánica de la biomasa húmeda puede ser transformada en biogás a través de su descomposición biológica. Este biogás está compuesto por nitrógeno, dióxido de carbono, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno y metano (Hilbert, 2011). Su valor energético depende principalmente del contenido de metano, que varía entre 50 y 75%. Del proceso de digestión anaeróbica de la biomasa húmeda se obtiene también un efluente denominado digestato, que puede destinarse a la producción de biofertilizantes, ya que contiene macronutrientes de interés agronómico, como nitrógeno, fósforo y potasio. En el caso de los RSU, el proceso físico-químico de generación de biogás es similar: por el tipo de disposición (rellenos sanitarios y/o basurales a cielo abierto), predomina la descomposición anaeróbica, pero solo se utiliza la fracción gaseosa (biogás), y se descartan para otros usos los líquidos y sólidos remanentes.

Los beneficios de la correcta gestión de la biomasa húmeda para la generación de energía son múltiples:

- producción de energía renovable;
- reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero;
- reducción de la contaminación de cuerpos de agua y de la proliferación de vectores de enfermedades, con la consiguiente mejora de las condiciones higiénicas y sanitarias de la zona;
- independencia en el abastecimiento de energía, al reemplazar total o parcialmente los combustibles fósiles;
- fomento del desarrollo regional, mediante nuevas actividades y técnicas agropecuarias;
- aprovechamiento de los subproductos derivados de la producción agroalimentaria;
- beneficios económicos para productores locales e inversores;

- contribución al arraigo de las poblaciones rurales al promover nuevas actividades económicas;
- generación de infraestructuras y servicios para satisfacer las necesidades básicas de los productores y habitantes;
- especialización de la mano de obra;
- mejora de la sustentabilidad de los sistemas productivos.

En el análisis de la oferta de biomasa húmeda realizado para Chubut se identificaron dos fuentes principales: la proveniente de residuos de la producción pecuaria y la proveniente de los RSU generados en municipios y comunas.

De la primera fuente se recabaron datos correspondientes a *feedlots*, establecimientos porcinos y avícolas. También se identificaron residuos ictícolas: se registraron tres empresas pesqueras en Trelew, ocho en Rawson y doce en Puerto Madryn. En la provincia del Chubut, la mayor parte de esta industria está relacionada con la pesca del langostino (*Pleoticus muelleri*) y, en menor medida, del calamar (*Loligo sp*) y la merluza (*Merluccius merluccius*). El volumen de residuos generado es de 42 t diarias, por lo que su tratamiento resulta de suma importancia. La temporada alta es de cuatro meses, de noviembre a febrero, en la que se produce la mayor cantidad. A pesar del gran volumen de residuos de esta actividad, desde el punto de vista técnico, no se recomienda su utilización como fuente de biomasa para la generación de energía (Ramírez y Gigena, 2017).

Para los residuos de la producción pecuaria, los datos provienen de las capas de información brindadas por el SENASA, que incluyen la localización y el número de cabezas por establecimiento, y se actualizaron con información del MAyCDS, municipalidades y comunas. Con esta información, se ha podido calcular, en función de la cantidad y tipo de animales, el residuo que se genera en un año en cada establecimiento, cifra que se utilizó para estimar el volumen de biogás que se podría obtener a partir de este (FAO, 2016a).

6.1 Feedlots bovinos

En Chubut, los *feedlots* bovinos se concentran en los valles (VIRCh y Sarmiento) y en la región cordillerana (Mapa 17). Para estimar el residuo potencial disponible como biomasa húmeda se utilizó la metodología descrita en FAO (2016b), que toma en cuenta el estiércol producido por cabeza y por día (23,9 kg) para animales en confinamiento. Así, el estiércol fresco total producido por animal asciende a 8 723 kg/año. Para el cálculo del biogás se utilizó como factor de conversión 31,5 m³/t de estiércol, donde 1 m³ equivale a 5 500 kcal y 1 tonelada equivalente de petróleo (tep), a 10⁷ kcal.

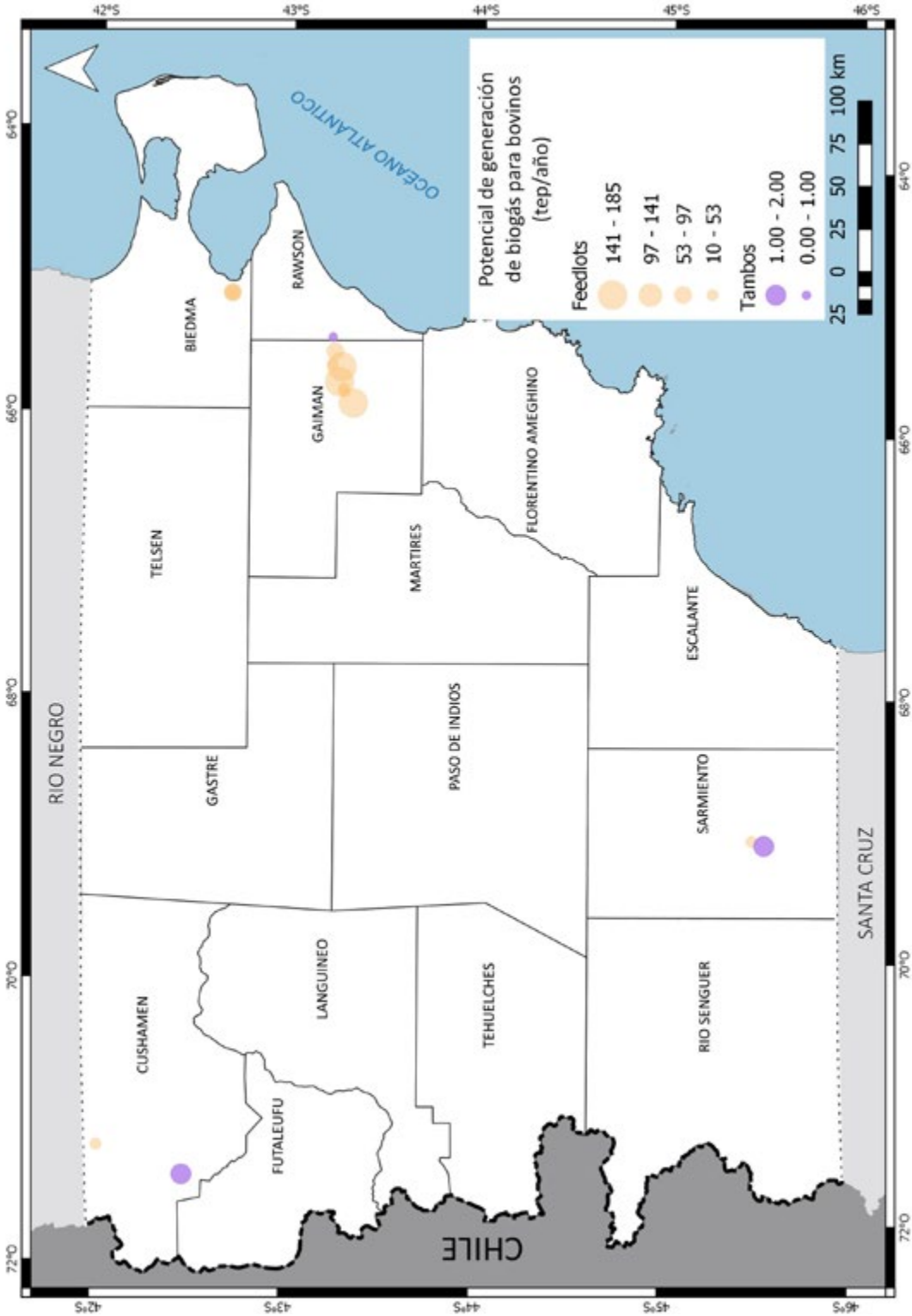
El departamento con mayor participación resultó Gaiman, donde podrían generarse 680,99 tep/año, lo que equivale al 74% del total a nivel provincial, mientras que la región cordillerana podría producir el 3,04%. En total, el potencial energético de la actividad asciende a 922,83 tep/año para la provincia del Chubut (Cuadro 19).

6.2 Tambos bovinos

Los residuos húmedos que podrían utilizarse a partir de la actividad tambera son aquellos que se producen en el corral de espera, ya que los animales no se encuentran confinados como en el caso de los establecimientos de engorde a corral. Por ello, para calcular el biogás que se podría obtener de esta actividad, se ha seguido la metodología descrita en FAO (2016b), donde se toma en cuenta el total de estiércol producido por cabeza y por día (3 kg) con los animales en confinamiento solo al momento del ordeño. Así, el estiércol fresco total producido por animal se estima en 1 095 kg/año. Para el cálculo del biogás se utilizó el factor de conversión comentado en el apartado anterior.

De la información brindada por el SENASA y actualizada por los técnicos participantes surgió que el 77% de la actividad de tambos bovinos en Chubut se concentra en los valles, y el 23% restante, en el departamento de Cushamen, en la región cordillerana (Cuadro 19). El potencial energético de esta actividad es de 5,63 tep/año (Mapa 17).

Mapa 17. Potencial de biogás proveniente de residuos de *feedlots* y tambos bovinos



Fuente: Elaborado por los autores.

6.3 Establecimientos porcinos

Para calcular el volumen de biogás que podría obtenerse de los residuos de la producción porcina, también se utilizó la metodología descrita (FAO, 2016b), con la información recabada en los municipios y las capas brindadas por el SENASA. Considerando el estiércol producido por animal y por día (3,4 kg), el total producido por año asciende a 1 241 kg por animal. Para el cálculo del biogás se utilizó como factor de conversión 49,5 m³/t de estiércol, donde 1 m³ equivale a 5 500 kcal y 1 tep a 10⁷ kcal. A diferencia de la producción bovina, los establecimientos porcinos se encuentran dispersos en ocho departamentos: Biedma, Rawson, Gaiman, Telsen, Escalante, Paso de Indios, Futaleufú y Cushamen (Mapa 18). El departamento con mayor potencial energético es Gaiman, con un 67% del total provincial (Cuadro 19). El volumen total de biogás que se podría obtener de estos residuos es de 605,02 tep/año.

6.4 Establecimientos avícolas

Para el cálculo del aporte energético de residuos de la actividad avícola se utilizaron datos oficiales suministrados por los técnicos de las municipalidades de Gaiman y Puerto Madryn. Se consideró que el excremento producido por animal por día es de 0,06 kg (Hilbert, 2011). Se estimó que, en promedio, por

cada kilogramo de estiércol se generan 450 litros de biogás, del que el 60% corresponde a metano.

Siguiendo la metodología descrita en FAO (2016b), se consideró que 1 m³ de metano equivale a 9 000 kcal y que 1 tep equivale a 10⁷ kcal. De los cálculos surgió que el 99,89% del biogás podría generarse en el departamento de Gaiman (Cuadro 19), que junto con Biedma son los que aportan esta biomasa húmeda (Mapa 19), y que, a nivel provincial, esta actividad podría producir 455,68 tep/año.

6.5 Residuos sólidos urbanos

Los RSU también se estimaron como fuente de energía (Cuadro 20 y Mapa 20). Desde 2009, Chubut ha comenzado el cierre de basurales a cielo abierto y la gestión de los residuos en plantas de separación y transferencia y centros de disposición final. A raíz de esta gestión, del total de 46 municipios y comunas, se conoce el volumen generado en 13 localidades (28%).

Para calcular los metros cúbicos de biogás que se podrían obtener de los RSU se han utilizado distintos criterios:

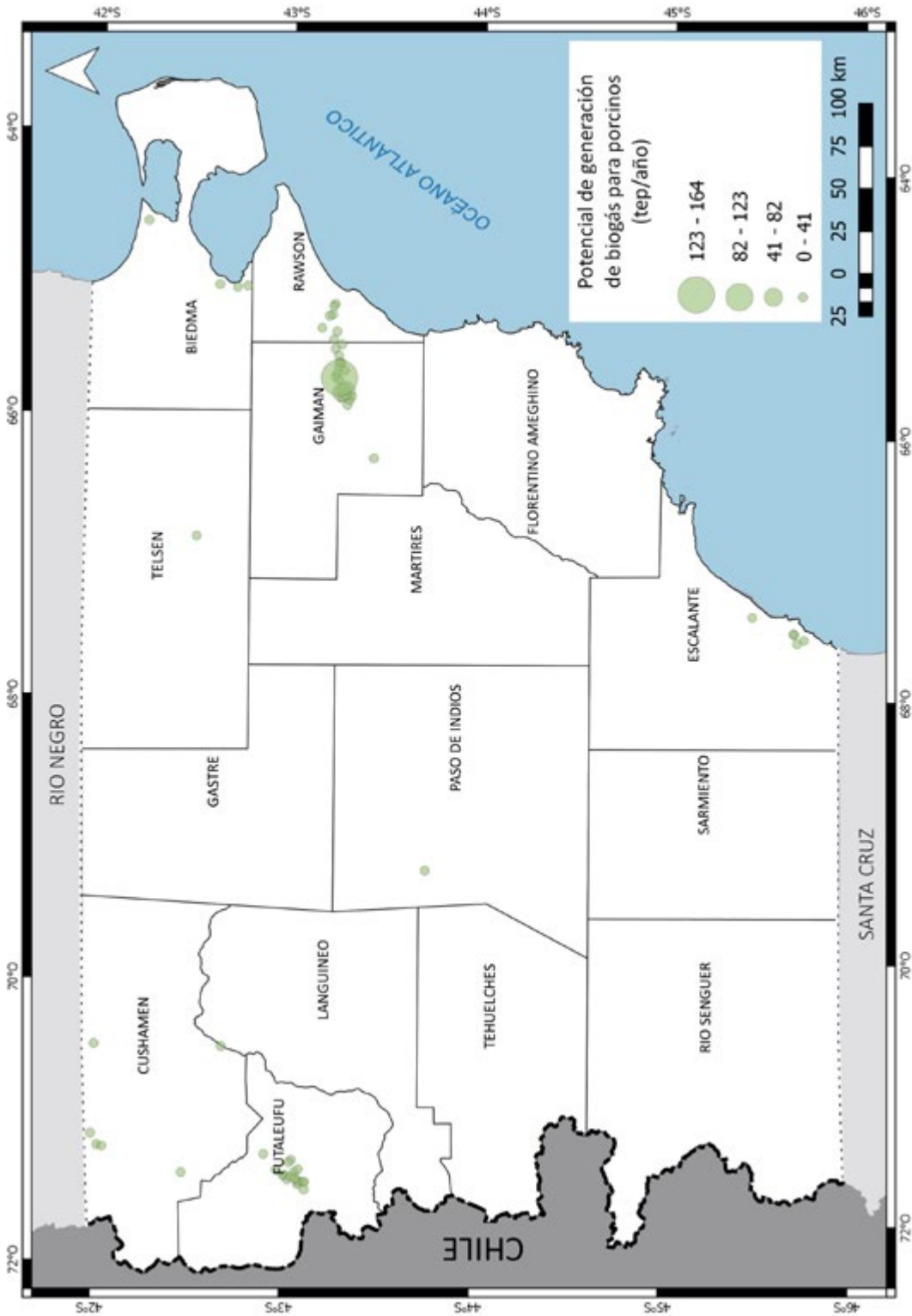
a) Para las localidades donde se contaba con el dato de la generación total de residuos en toneladas por año, se aplicó el valor de referencia (Mc Bean *et al.*, 1995), donde la tasa de generación de gas de un relleno sanitario es de 0,032 m³ por kilogramo seco por año.

Cuadro 19. Oferta potencial de biogás de residuos de la actividad pecuaria

Departamento	Actividad pecuaria (tep/año)			
	Feedlot bovino	Tambo bovino	Porcinos	Avícola
Biedma	165,65	0	54,78	0,54
Cushamen	28,06	1,31	19,50	0
Escalante	0	0	18,22	0
Futaleufú	0	0	57,25	0
Gaiman	680,99	2,07	404,44	455,14
Paso de Indios	0	0	7	0
Rawson	0	0,97	35,08	0
Sarmiento	48,13	1,29	0	0
Telsen	0	0	8,75	0
Total	922,83	5,63	605,02	455,68

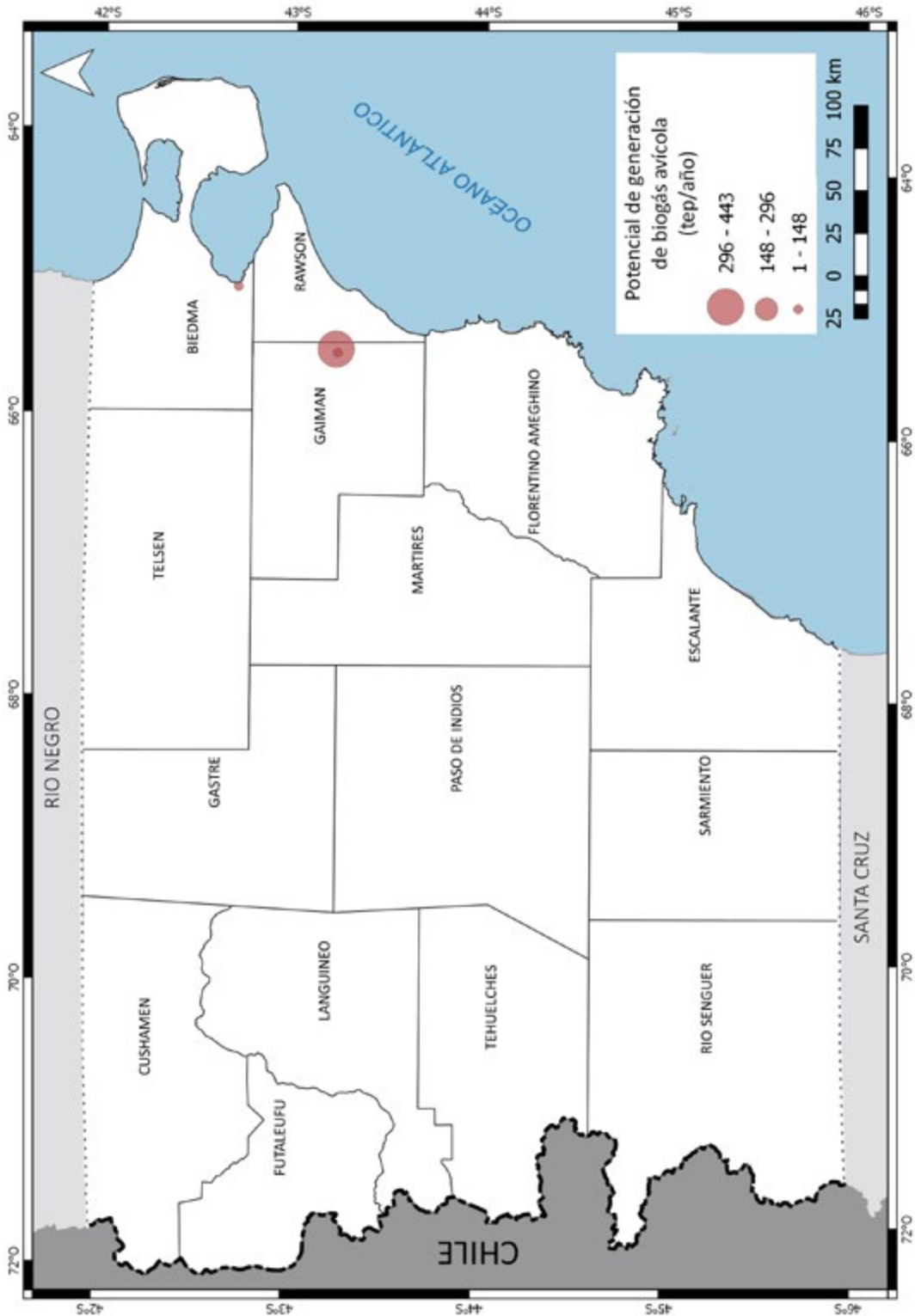
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 18. Potencial de biogás proveniente de residuos de establecimientos porcinos



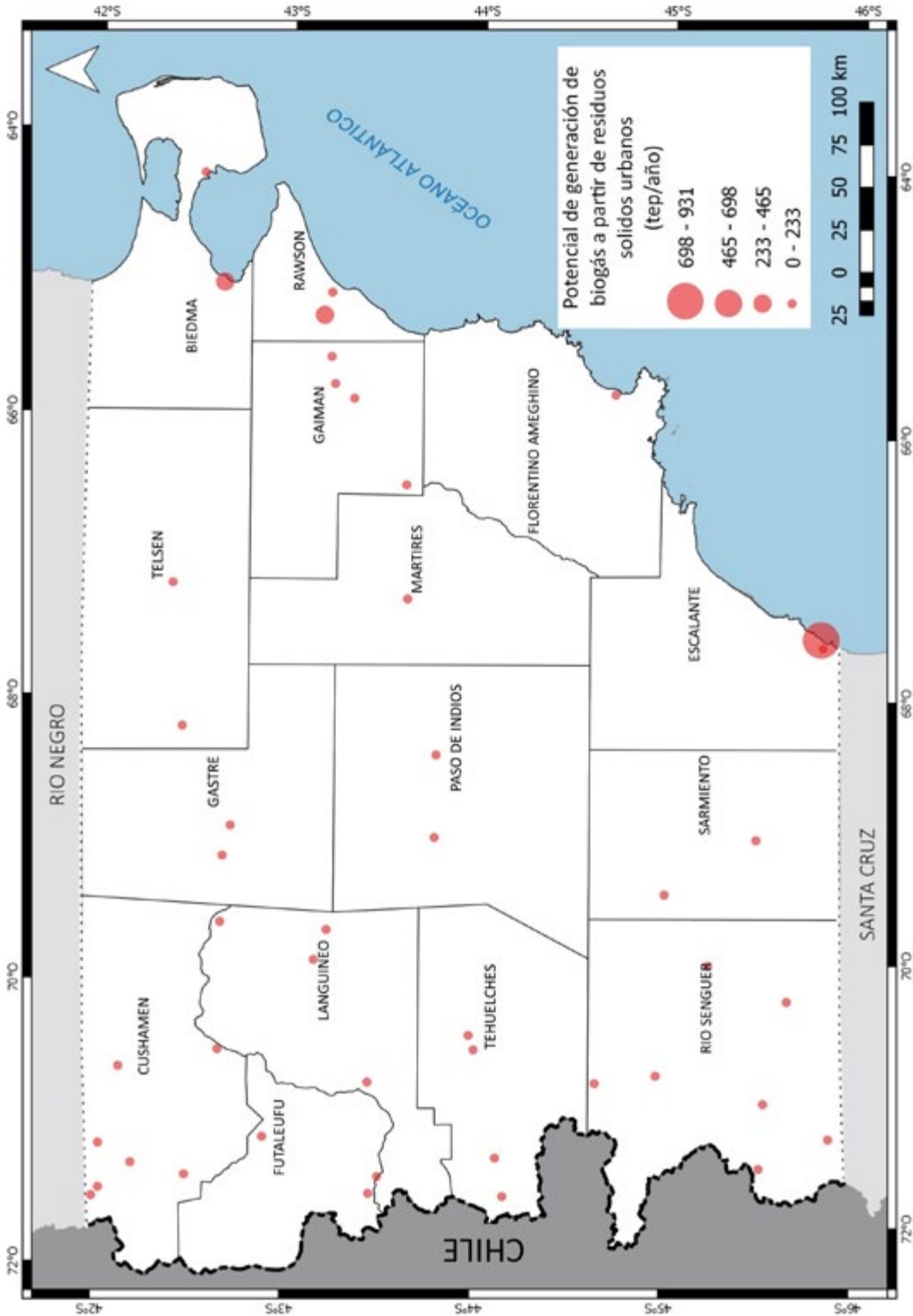
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 19. Potencial de biogás proveniente de residuos de establecimientos avícolas



Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 20. Potencial de biogás proveniente de residuos sólidos urbanos



Fuente: Elaborado por los autores.

b) Para las localidades donde no se contaba con el dato exacto, la generación de residuos se calculó en toneladas por año en función de la cantidad de habitantes, dato obtenido de la Dirección General de Estadística y Censos de Chubut. Se utilizó como parámetro en municipios una generación de 1 kg/hab/día, y en comunas, de 0,6 kg/hab/día. Al valor de residuos totales se le aplicó la fórmula mencionada en el ítem a).

Cabe destacar que los cálculos estimados según la fórmula presentada en Mc Bean *et al.* (1995) fueron cotejados con el método del IPCC, para verificar que los resultados fueran similares.

A partir de 85 461 252,8 t de RSU que se generan anualmente en Chubut, se estimó un volumen potencial de biogás de 4 636 230,5 m³, de los cuales 2 427 886,5 m³ corresponden a metano. Los departamentos con mayor potencial son Escalante, con 978,34 tep/año, y Rawson, con 425,35 tep/año, de un total provincial calculado en 2 164,69 tep/año (Cuadro 20).

6.5 Síntesis de oferta de biomasa húmeda

De la suma de oferta húmeda de origen pecuario y de los RSU, surge que el mayor potencial de generación de biogás de biomasa húmeda se encuentra en tres de los quince departamentos: Biedma, Escalante y Gaiman (Cuadro 21). En Gaiman y Telsen, la fuente que contribuye en mayor proporción es el biogás de residuos pecuarios. En Escalante, Biedma, Futaleufú y Rawson, la mayor contribución corresponde a los RSU.

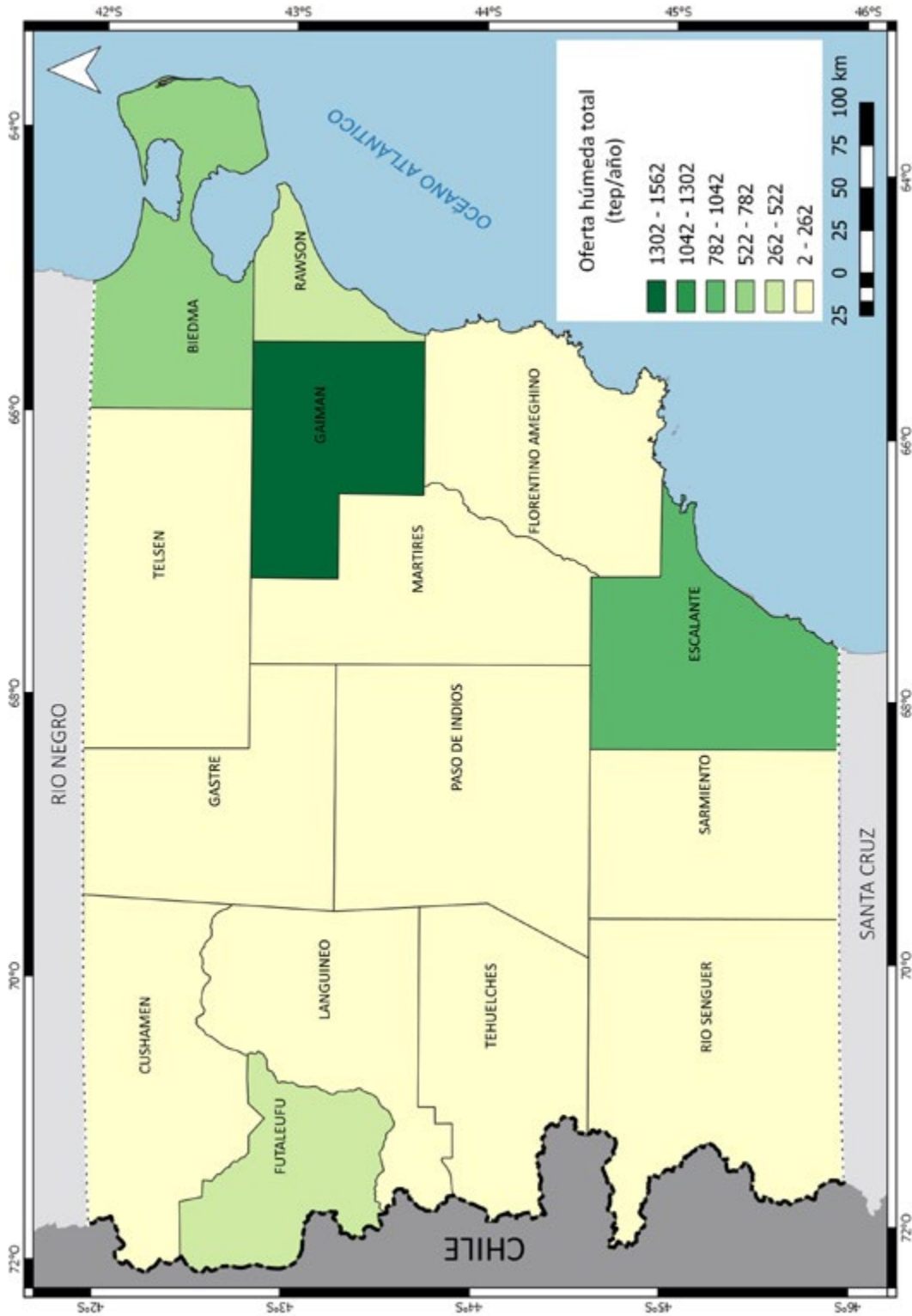
La oferta total de biomasa húmeda en Chubut es de 4 153,85 tep/año (Cuadro 21), con mayor concentración en Gaiman (Mapa 21), debido a la actividad pecuaria (37,13% del total provincial).

Cuadro 20. Oferta potencial de biogás de residuos sólidos urbanos

Departamento	Potencial de energía de RSU (tep/año)
Biedma	315,27
Cushamen	99,92
Escalante	978,34
F. Ameghino	6,81
Futaleufú	210,50
Gaiman	19,38
Gastre	2,79
Languiñeo	6,18
Mártires	1,51
Paso de Indios	0,73
Rawson	425,35
Río Senguer	26,66
Sarmiento	58,80
Tehuelches	8,63
Telsen	3,80
Total	2 164,69

Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 21. Oferta potencial total de biomasa húmeda



Fuente: Elaborado por los autores.

Cuadro 21. Oferta potencial total de biogás, por fuente y departamento

Departamento	Potencial de energía (tep/año)		
	Residuos pecuarios	RSU	Total
Biedma	220,97	315,27	536,24
Cushamen	48,87	99,92	148,79
Escalante	18,22	978,34	996,56
F. Ameghino	0	6,81	6,81
Futaleufú	57,25	210,50	267,75
Gaiman	1542,64	19,38	1562,02
Gastre	0	2,79	2,79
Languiñeo	0	6,18	6,18
Mártires	0	1,51	1,51
Paso de Indios	7	0,73	7,73
Rawson	36,05	425,35	461,40
Río Senguer	0	26,66	26,66
Sarmiento	49,42	58,80	108,21
Tehuelches	0	8,63	8,63
Telsen	8,75	3,80	12,55
Total	1989,16	2164,69	4153,85

Fuente: Elaborado por los autores.



© Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

7. CONCLUSIONES



El superávit bioenergético de Chubut es enorme: la demanda de biomasa podría satisfacerse solo con la proveniente de la oferta indirecta, mientras que la oferta directa de los bosques es 50 veces superior.

En el análisis realizado en Chubut, se observa un carácter superavitario de recursos biomásicos para ser utilizados con fines energéticos. A nivel departamental, surge que, de los 15 departamentos que componen la provincia, el 40% son deficitarios, no solo por la demanda sino también por una baja o nula oferta de biomasa. En el 60% restante, el superávit está dado por el aporte de residuos del uso sustentable de los bosques nativos.

En la evaluación de potenciales recursos biomásicos, se han identificado cuatro fuentes de oferta directa, que podrían aportar 961 254,93 t/año. La principal es el uso sustentable del bosque nativo, con un potencial de 918 092,84 t/año (95,51%), seguida de los residuos de cultivos forestales (mázcas de pinos, salicáceas y cortinas rompeviento), que representa un 4,33% del total.

Como oferta indirecta se identificaron otras cuatro fuentes: aserraderos, carpinterías, podas y limpieza de playas y canales (algas), con bajo aporte relativo (19 272,2 t/año). Ello se debe no solo al escaso volumen que estas actividades producen en comparación con los bosques nativos, sino también a la falta de información oficial a nivel local respecto del sector comercial e industrial, lo cual subestima sus aportes. En general, se ha observado falta de registros oficiales relacionados con los residuos producidos por actividad.

En cuanto a los residuos de biomasa húmeda, se estimó un aporte potencial de 4 153,85 tep/año,

principalmente por los RSU, con un 52,11% del total, y los *feedlots*, con un 22,22%.

Respecto de la demanda, estuvo compuesta por cuatro sectores: el comercial, el industrial, el residencial y las escuelas rurales. El sector comercial presentó la misma dificultad que la oferta indirecta para la recopilación de la información, ya que no se pudieron obtener datos oficiales sobre la demanda de leña del sector. Por ello, solo se han incluido las ladrilleras, el consumo residencial y el consumo de las escuelas rurales en el módulo de demanda.

El consumo total de biomasa con fines energéticos en la provincia se estimó en 14 515 t/año, con el mayor requerimiento dado por el consumo residencial, que representa un 95,76% del total. La actividad industrial, a través de las ladrilleras, demanda un 4,10% del total, lo que demuestra que, pese a ser importante, su demanda es muy inferior a la de los habitantes de la provincia, que utilizan el recurso biomásico para suplir sus necesidades de energía térmica para calefaccionar sus casas y cocinar sus alimentos, ya que no cuentan con acceso a otras fuentes de energía.

En función de lo anterior, se observa que los departamentos que presentan déficit en el balance son los de Escalante, Florentino Ameghino, Gastre, Mártires, Paso de Indios y Telsen, que deberían ser considerados prioritarios para el desarrollo de proyectos tendientes a incrementar la oferta del recurso.

8. RECOMENDACIONES



En los departamentos que tienen déficit de energía de biomasa, se puede estimular que los productores implanten bosques energéticos.

En el análisis se identificaron distintas fuentes de biomasa, de las que solo pudieron incorporarse aquellas de las cuales se tenían registros oficiales. Surge como recomendación armar un equipo técnico multidisciplinario que pueda impulsar, en forma permanente, los trabajos necesarios para recabar o generar la información necesaria para llevar adelante la metodología WISDOM. A través de este equipo, se podrá contar, en el futuro, con una actualización periódica de la información aquí presentada. Uno de los logros del presente trabajo ha sido la articulación lograda entre las instituciones y organismos nacionales, provinciales, municipales y comunales para la puesta en común de la información oficial disponible. La interacción con la UNTF ha permitido contar con técnicos especializados en SIG, ampliando el recurso humano capacitado en otras provincias. Es por ello que se recomienda que el equipo conformado reciba el apoyo necesario para poder continuar tanto con la generación como con la sistematización de la información requerida para aplicar la metodología WISDOM en Chubut y Tierra del Fuego.

Con el fin de completar el análisis realizado, se proponen las siguientes recomendaciones específicas, por módulo:

Oferta directa

- Determinar, para la región del VIRCh, el volumen de residuo por especie frutal, en particular, de la cereza, que es el cultivo con mayor superficie implantada en los valles de la provincia.
- Determinar el aporte de la extracción de especies exóticas, como el mimbrote negro y la rosa mosqueta.

Oferta indirecta

- Determinar el volumen de residuos de los establecimientos que no cuentan con un registro.
- Actualizar los registros de residuos provenientes de aserraderos y carpinterías.
- Localizar los establecimientos en todas las comunas y municipios mediante la participación del equipo técnico.

Demanda

- Promover encuestas de demanda residencial en zonas donde se observa un mayor consumo de biomasa por falta de acceso a gas de red.
- Promover un registro de ladrilleras en todos los municipios y comunas, y determinar su consumo de biomasa a nivel local.
- Promover el registro de comercios que demandan biomasa determinando el consumo de cada uno.

Para los departamentos que registran un déficit en el balance de energía de biomasa (Escalante, Florentino Ameghino, Gastre, Mártires, Paso de Indios y Telsen), una propuesta factible consiste en estimular la implantación de bosques energéticos en los predios de productores. Desde la EEA INTA Chubut se está fomentando la práctica a través del trabajo de extensión realizado por los técnicos, y del desarrollo de cultivos bioenergéticos adaptados a las condiciones agroecológicas de la costa y de la Meseta Central de la provincia, a partir de la domesticación de especies nativas con potencial bioenergético (Palomeque *et al.*, 2016b; Palomeque, 2018 y 2019).

Bibliografía

- Ambiental.** 2011. *Evaluación y diagnóstico integral de la actividad ladrillera artesanal en la República Argentina. Informe Final. Resultados Nacionales.* Buenos Aires. Secretaría de Minería de la Nación.
- Amico, I.** 2002. *Viverización y cultivo de álamos y sauces.* Esquel. INTA (disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/viverizacion-y-cultivo-de-alamos-y-sauces-en-el-no-de-chubut>).
- Amico, I. y J. Bava.** 2009. "Determinación del volumen de madera de cortinas rompeviento de álamo negro". *Forestal* N.º 18 (disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_forestal18_alamos_cortinas.pdf).
- Arre, J., S. Molares, A. Ladio, y A. Kutschker.** 2015. "Etnobotánica de las plantas leñateras y su circuito comercial en una ciudad de la Patagonia Argentina". *Gaia Scientia* Vol. 9 N.º 3. Universidad Federal de Paraíba.
- Bava, J. y M. González.** 2014. *Prácticas forestales en los bosques nativos de la República Argentina.* Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- Burg, P., V. Masan, M. Dusek, P. Zemanek y K. Rutkowski.** 2017. "Review of energy potential of the wood biomass of orchards and vineyards in the Czech Republic". *RAE* Vol. 63 (disponible en <https://doi.org/10.17221/30/2017-RAE>).
- Cardoso, M.B., A.H. Ladio y M. Lozada.** 2012. "The use of firewood in a Mapuche community in a semi-arid region of Patagonia, Argentina". *Biomass and Bioenergy* Vol.46. Elsevier.
- Cardoso, M.B., A.H. Ladio y M. Lozada.** 2013. "Fuelwood consumption patterns and resilience in two rural communities of the northwest Patagonian steppe, Argentina". *Journal of Arid Environments* Vol. 98 (disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.09.013>).
- CIEFAP-MAyCDS.** 2016. *Actualización de la clasificación de tipos forestales y cobertura del suelo de la región Bosque Andino Patagónico.* Informe final. CIEFAP (disponible en <https://drive.google.com/open?id=0BxfNQUtfxxeaUHNcQm9IYmk5RnM>).
- CIEFAP-UCAR.** 2017. *Inventario de cortinas y macizos bajo riego en Patagonia* (disponible en <https://ciefap.org.ar/index.php/noticias-ultimas/bibliografia/431-publicacion-inventario-nacional-de-plantaciones-cortinas-y-macizos-forestales-bajo-riego-en-patagonia>).
- CIEFAP.** 2018. *Cuencas de la Provincia del Chubut. Una mirada forestal* (disponible en: <https://ciefap.org.ar/index.php/component/phocadownload/category/66-resultados?download=280:informe-final-chubut>).
- Dellatorre F., R. Amoroso, J. Saravia y J. Orensanz.** 2014. "Rapid expansion and potential range of the invasive kelp *Undaria pinnatifida* in the Southwest Atlantic". *Aquatic Invasions* Vol. 9, N.º 4. REABIC.
- Dirección General de Estadística y Censos de Chubut.** 2017. *Anuario Estadístico 2017* (disponible en: http://www.estadistica.chubut.gov.ar/home/archivos/Anuario_2017.pdf).
- Dirección General de Estadística y Censos de Chubut.** 2018. "Producción de petróleo y gas, 2.º cuatrimestre 2018". *Panorama Estadístico*, Edición 2018, N.º 35 (disponible en: http://www.estadistica.chubut.gov.ar/home/archivos/PANORAMAS/35Panorama_Petroleo_Gas_2_Trim.2018.pdf).
- Eyras M.C. y E. Sar.** 2003. "Arribazones estivales en Puerto Madryn, Argentina, como materiales para la obtención de compost". *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* N.º 38.
- Drigo R., O.R. Maserá y M.A. Trossero.** 2002. "WISDOM: una representación cartográfica de la oferta y la demanda de combustibles leñosos". *Unasylva* 211, Vol. 53.
- Elissalde N., G. Buono, J.M. Escobar, V. Nakamatsu, S. Behr y E. Llanos.** 2008. *Disponibilidad de forraje para el ganado ovino de los pastizales naturales de las zonas áridas y semiáridas del Chubut.* INTA.
- FAO.** 2004. *Terminología unificada sobre bioenergía*

- (TUB)". *Terminología de los dendrocombustibles sólidos*. Roma (disponible en <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2008426579>).
- FAO**. 2008. *Bosques y energía. Cuestiones clave*. Estudio FAO: Montes 154. Roma (disponible en <http://www.fao.org/3/i0139s/i0139s00.htm>).
- FAO**. 2009. *Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina*. WISDOM Argentina. Informe final. Buenos Aires.
- FAO**. 2016a. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Tucumán*. Buenos Aires (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Tucuman_baja.pdf).
- FAO**. 2016b. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Salta*. Buenos Aires (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Salta_baja.pdf).
- FAO**. 2016c. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de La Pampa*. Buenos Aires (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_la_Pampa_baja.pdf).
- FAO**. 2017a. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Mendoza*. Buenos Aires (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Mendoza_FAO-%20Final%20170904.pdf).
- FAO**. 2017b. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Córdoba*. Buenos Aires (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Cordoba_FAO-Final%20170904.pdf).
- FAO**. 2018a. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Corrientes*. Buenos Aires (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Corrientes_11-7.pdf).
- FAO**. 2018b. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Santa Fe*. Buenos Aires (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_SantaFe_interior-web.pdf).
- FAO**. 2018c. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Chaco*. Buenos Aires (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Chaco.pdf).
- FAO**. 2018d. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Buenos Aires*. Buenos Aires.
- FAO**. 2018e. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Entre Ríos*. Buenos Aires.
- FAO**. 2019a. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Misiones*. Buenos Aires (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/DT13-WISDOM-Misiones-19-09-16.pdf).
- González C.** 2015. "Inventario forestal de *Salix sp.* sobre el valle de Trevelin". *Mesa de Leñosas Invasoras de la OGAF*. Trevelin (Argentina). Facultad de Ingeniería Forestal, UNPSJB.
- Hansen, M., D. Thau, S. Stehman, S. Goetz, T. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, V. Potapov, R. Moore, H. Hancher, S. Turubanova, A. Tyukavina, C. Justice y J. Townshend.** 2013. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change". *Science* Vol. 342 (disponible en <https://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>).
- Hilbert, J.** 2009. "Bioenergía". *Revista IDIA XXI*, Año IX, N.º 12. Buenos Aires.
- Hilbert, J.** 2011. *Manual para la producción de biogás*. Buenos Aires. INTA (disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/manual-para-la-produccion-de-biogas>).
- Junta de Andalucía.** 2008. *Potencial energético de la biomasa residual agrícola y ganadera en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca (disponible en <https://www.juntadeandalucia.es/servicios-publicaciones/detalle/77867.html>).
- Kummamuru, B.** 2017. *WBA Global Bioenergy Statistics 2017* (disponible en: <https://worldbioenergy.org/>).
- Loguercio G.A., A. Jovanovsky, J.C. Molina y P. Pantaenius.** 2008. "Residuos de biomasa de forestaciones y aserraderos de la región andina de las provincias de Neuquén y Chubut". *CIEFAP N.º 34*. Esquel (Argentina). CIEFAP – JICA.
- Loguercio G., M.C. Frugoni y F. Letourneau.** 2015.

"La calidad de sitio". *Manual de buenas prácticas para el manejo de plantaciones forestales en el noroeste de la Patagonia* (L. Chauchard, M.C. Frugoni y C. Nowak eds.). Buenos Aires.

Mc Bean E., F.A. Rovers y G.J. Farquhar. 1995. *Solid waste landfill engineering and design*. Upper Saddle River (Estados Unidos). Prentice Hall.

Menoyo, H., O. Mombelli y N. Jones. 1993. "Estudio de las masas naturales del género *Salix* en dos zonas de la Provincia de Chubut". *Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*. Relatorios y Trabajos Voluntarios. Paraná (Argentina).

MAGyP y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2015. *Segundo reporte de Argentina al proceso de Montreal* (disponible en <https://www.montrealprocess.org/documents/publications/general/2015/SegundoReporteProcesodeMontrealArgentina.pdf>).

Ministerio de Agroindustria. 2017. *2017: Año de las Energías Renovables* (disponible https://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/prensa/folletos_digitales/contenido/triptico_energias_renovables.pdf).

Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. 2015. *Chubut. Ficha provincial octubre 2015* (disponible en http://www.mecon.gov.ar/peconomica/dnper/fichas_provinciales/Chubut.pdf).

Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. 2017. *Plan Estratégico de Infraestructura. Chubut* (disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_estrategico_de_infraestructura_de_chubut.pdf).

Moreno Casco, J., R. Moral Herrero, J. García Morales, J. Pascual Valero y M. Bernal Calderón. 2014. *De Residuo a Recurso. Un camino hacia la sostenibilidad. Residuos Agrícolas*. Madrid. Ediciones Muni-Prensa.

Palomeque, L. M. Cárcamo y A. Galer. 2016a. *¿Qué es la Bioenergía?* INTA (disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/que_es_la_bioenergia.pdf).

Palomeque, L. M. Cárcamo y A. Galer. 2016b. *Bos-*

ques energéticos. INTA (disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/bosques-energeticos>).

Palomeque, L. 2018. *Desarrollo de cultivos bioenergéticos derivados de especies nativas adaptados a zonas áridas y semiáridas*. INTA (disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/desarrollo-de-cultivos-bioenergeticos-derivados-de-especies-nativas-adaptados-a-zonas-aridas-y-semiaridas>).

Palomeque, L. 2019. *Desarrollo de cultivos bioenergéticos a partir de la flora nativa*. INTA (disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/desarrollo-de-cultivos-bioenergeticos-a-partir-de-la-flora-nativa>).

Piriz, M.L., M.C. Eyra y C. Rostagno. 2003. "Changes in biomass and botanical composition of beach-cast seaweeds in a disturbed coastal area from Argentine Patagonia". *Journal of Applied Phycology* Vol. 15. Springer Nature.

Ramírez, M. y M. Gigena. 2017. *Tratamientos alternativos para residuos orgánicos de pesqueras y mataderos*. Dirección de Control Ambiental, MAyCDS.

Secretaría de Bosques. 2014. *Movimiento forestal según especie. Año 2014*. Dirección de Aprovechamiento Forestal. Departamento Área Cordillera. Gobierno del Chubut.

Secretaría de Energía de la Nación. 2019. *Balance Energético Nacional 2018*. Buenos Aires.

Sultana, A. y A. Kumar. 2012. "Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors". *Biomass and Bioenergy* Vol. 39. Elsevier.

ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia del Chubut

N.º 22

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

www.fao.org

ISBN 978-92-5-133202-3



9 789251 332023

CB0716ES/1/09.20