



Organización de las Naciones  
Unidas para la Alimentación  
y la Agricultura

# ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

## METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de La Pampa

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

Nº 3



Ministerio de Energía y Minería  
Presidencia de la Nación



Ministerio de Agroindustria  
Presidencia de la Nación

# ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de La Pampa



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

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, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. 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 denominaciones empleadas en los mapas y la forma en que aparecen presentados los datos no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios o zonas marítimas, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

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 978-92-5-309510-0

© FAO, 2016

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO aprueba los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request) o a [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización ([www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org).

Fotografía de portada: © FAO

## AUTORIDADES



### Ministerio de Agroindustria

Ricardo Buryaile  
Ministro de Agroindustria

Néstor Roulet  
Secretario de Agregado de Valor

Mariano Lechardoy  
Subsecretario de BioIndustria

Miguel Almada  
Director de Agroenergía

---

### Ministerio de Energía y Minería

Juan José Aranguren  
Ministro de Energía y Minería

Alejandro Valerio Sruoga  
Secretario de Energía Eléctrica

Sebastián A. Kind  
Secretario de Energías Renovables

Maximilano Morrone  
Director Nacional de Promoción de Energías  
Renovables

---

### Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Jorge Meza  
Oficial Forestal Principal  
Oficina Regional América Latina

Francisco Yofre  
Oficial de Programas  
Oficina Argentina

### Autores

Celina Escartín  
Francisco Denaday  
Guillermo Parodi  
Juan Ignacio Paracca  
María Florencia Bonino  
Néstor Di Leo  
Yamila Barasch

Coordinación Colección  
Verónica González

Colaboración Colección  
Sofía Damasseno

# ÍNDICE

<b>Prólogo</b>	<b>vi</b>	5.3 Módulo de oferta indirecta	<b>42</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>viii</b>	5.4 Módulo de demanda	<b>42</b>
<b>Siglas, Acrónimos y Unidades de medida</b>	<b>x</b>	5.4.1 Demanda residencial	<b>45</b>
<b>Resumen Ejecutivo</b>	<b>xii</b>	5.4.2 Demanda industrial	<b>45</b>
		5.5 Módulo de integración	<b>45</b>
<hr/>			
<b>1.</b>		<b>6.</b>	
<b>Introducción</b>	<b>1</b>	<b>Módulo de oferta de biomasa húmeda</b>	<b>50</b>
<b>Ejecución de los WISDOM provinciales</b>	<b>2</b>	6.1 <i>Feedlots</i> bovinos	<b>53</b>
		6.2 Establecimientos porcinos	<b>53</b>
<hr/>		6.3 Establecimiento tamberos	<b>53</b>
<b>2.</b>	<b>4</b>		
<b>Bioenergía</b>		<hr/>	
		<b>7.</b>	
<hr/>		<b>Conclusiones</b>	<b>58</b>
<b>3.</b>			
<b>Marco de referencia geográfico y ambiental</b>	<b>10</b>	<hr/>	
		<b>8.</b>	
<hr/>		<b>Recomendaciones</b>	<b>60</b>
<b>4.</b>			
<b>Sistemas bioenergéticos y metodología WISDOM</b>	<b>14</b>	<hr/>	
		<b>Bibliografía</b>	<b>64</b>
<hr/>		<b>Anexo I. Marco normativo</b>	<b>66</b>
<b>5.</b>		<b>Anexo II. Clases de coberturas arbóreas adoptadas por el FRA 2000.</b>	<b>67</b>
<b>Módulos y resultados del WISDOM La Pampa</b>	<b>20</b>		
5.1 Unidad de análisis y resolución espacial	<b>20</b>		
5.2 Módulo de oferta directa	<b>20</b>		
5.2.1 Formaciones leñosas	<b>22</b>		
5.2.2 Cultivos	<b>33</b>		
5.2.I Accesibilidad física	<b>34</b>		
5.2.II Accesibilidad legal	<b>37</b>		
5.2.III Accesibilidad total	<b>39</b>		

## Índice de cuadros

Cuadro 1	Clasificación de las fuentes de biocombustibles.	6
Cuadro 2	Clases de cobertura arbórea consideradas en el análisis espacial.	23
Cuadro 3	Coefficientes utilizados en la ecuación alométrica.	24
Cuadro 4	Incremento medio anual y stock por estrato. Año 2015.	24
Cuadro 5	Valores de IMA por clase en tn/ha x año.	25
Cuadro 6	Valores de IMA de otras tierras forestales por clases en tn/ha x año.	26
Cuadro 7	Extracción de productos forestales por producto y departamento. Año 2012.	26
Cuadro 8	Biomasa disponible por formación leñosa.	27
Cuadro 9	Stock de biomasa por tipo de formación nativa.	29
Cuadro 10	Ajuste de picadas cortafuegos en función del ancho y de la unidad espacial de análisis(40 m).	29
Cuadro 11	Biomasa disponible estimada a partir de picadas cortafuegos (Ley N.º 1 354).	31
Cuadro 12	Picadas Defensa Civil y biomasa disponible por ancho de picada. Año 2015.	33
Cuadro 13	Especies implantadas en hectáreas. La Pampa, 1993-2008.	33
Cuadro 14	Coefficientes por tipo de red vial.	36
Cuadro 15	Coefficientes según OTBN.	37
Cuadro 16	Oferta directa accesible por fuente y departamento.	44
Cuadro 17	Consumo bioenergético del sector residencial y de la industria ladrillera.	46
Cuadro 18	Balance total por departamento (tn/año), Provincia de La Pampa.	48
Cuadro 19	Cálculo de biogás por tipo de producción animal.	53

Cuadro 20	Oferta potencial de biogás por fuente y departamento.	55
Cuadro 21	Coberturas y definiciones FAO (FRA 2000).	67

## Índice de mapas

Mapa 1	Oferta total de biomasa (considerando el IMA) de formaciones leñosas.	28
Mapa 2	Zonificación de picadas cortafuegos. Ley N.º 1 354, Decreto N.º 1 925.	30
Mapa 3	Picadas cortafuegos del Plan Integral de Prevención y Lucha Contra Incendios Rurales, Provincia de La Pampa (2011).	32
Mapa 4	Oferta directa total.	35
Mapa 5	Accesibilidad física.	38
Mapa 6	Accesibilidad legal.	40
Mapa 7	Accesibilidad total.	41
Mapa 8	Oferta directa accesible.	43
Mapa 9	Demanda residencial promedio y consumo de ladrilleras.	47
Mapa 10	Balance por radio censal.	49
Mapa 11	Potencial de generación bioenergético. Feedlots, tambos y porcinos.	54

## Índice de gráficos

Gráfico 1	Composición de la oferta interna de energía primaria en porcentajes. Argentina, 2014.	7
Gráfico 2	Modelo conceptual WISDOM La Pampa.	19
Gráfico 3	Incremento radial en la distribución diamétrica del rodal.	23

---

# Prólogo



© FAO

La matriz energética argentina está representada, en su gran mayoría, por combustibles fósiles. Esta situación presenta desafíos y oportunidades para el desarrollo de las energías renovables. Es así que, la gran disponibilidad de recursos biomásicos en todo el territorio nacional constituye una alternativa eficaz frente al contexto de crisis energética local e internacional. En este escenario, en 2015, la República Argentina promulgó la Ley N.º 27 191 –que modifica la Ley N.º 26 190–, con el objetivo de fomentar la participación de las fuentes renovables de energía hasta alcanzar un 20 % del consumo de energía eléctrica nacional, en 2025; y valorando a la biomasa como una fuente de alta relevancia.

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

La energía derivada de biomasa respeta y protege el ambiente, generando nuevos puestos de trabajo, integrando a comunidades energéticamente vulnerables, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero, convirtiendo residuos en recursos, ahorrando miles de pesos en combustibles fósiles, movilizandoinversiones y promoviendo agregado de valor y nuevos negocios.

No obstante, aún existen algunas barreras de orden institucional, legal, económico, técnico y sociocultural que se deben superar para incorporar a la bioenergía con una proporción mayor a la actual, y acorde a su potencial, en la matriz energética nacional.

En este marco, en 2012, el Ministerio de Agroindustria (antes Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca) y el Ministerio de Energía y Minería (antes Secretaría de Energía) solicitaron asistencia técnica a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), para formular y ejecutar el Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa – UTF/ARG/020/ARG (PROBIOMASA).

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 el logro de este objetivo, el Proyecto se estructura en tres componentes principales con objetivos específicos:

- Estrategias bioenergéticas: Asesorar y asistir, legal, técnica y financieramente, a proyectos bioenergéticos y a 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 para evaluar los recursos biomásicos disponibles, para la generación de energía aplicando la metodología WISDOM (Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles-Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping).
- 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 los estudios, investigaciones, manuales y recomendaciones elaborados por consultoras y consultores del Proyecto e instituciones parte, con el propósito de divulgar los conocimientos y resultados alcanzados y, de esta forma, contribuir al desarrollo de negocios y al diseño, formulación y ejecución de políticas públicas que promuevan el crecimiento del sector bioenergético en Argentina.





---

# Agradecimientos



---

La elaboración de esta publicación ha sido posible gracias a la cooperación de los siguientes organismos nacionales, cuyas denominaciones actuales establecidas en el Decreto N.º 13/2015 son: Ministerio de Agroindustria, Ministerio de Energía y Minería, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Educación y Deportes, Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas, Fondo Especial del Tabaco (FET), Instituto Geográfico Nacional (IGN), Programas de Servicios Agropecuarios (PROSAP), Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (RENSPA).

Del mismo modo, se agradece a las reparticiones provinciales, a saber: Secretaría de Energía, Secretaría de Asuntos Agrarios, Secretaría de Minería, Dirección General de Inmuebles, Ministerio de Ambiente y Producción Sustentable, Secretaría de Ambiente y Dirección General de Estadísticas.

A los mencionados, se les suman el INTA Centro Regional La Pampa-San Luis, la Universidad Nacional de La Pampa (Facultades de Agronomía y de Ciencias Exactas y Naturales), el Consorcio de Industrias Lácteas Pampeanas y Subsecretaría de Política Social.

Particularmente, se agradece a la Dra. Rosana Bertone, Punto Focal del Proyecto en la Provincia de La Pampa, y a la Administración Provincial de Energía. En especial, se reconoce la colaboración técnica de la Ing. Ana Larisa de la Barra Mussa y la Ing. Paola Leticia Aliaga quienes han trabajado mancomunadamente y con gran predisposición junto al equipo del Componente de Fortalecimiento Institucional.

---



---

**Siglas**

**Acrónimos**

**Unidades de medidas**

**APE:** Agencia Provincial de Energía

**BAHRA:** Base de Asentamientos Humanos de la República Argentina

**BEN:** Balance Energético Nacional

**CNPHyV:** Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas

**COSEGA:** Cooperativa de Servicios Eléctricos de General Acha

**DAP:** Diámetro a la altura del pecho

**DB:** Dirección de Bosques

**DEM:** Modelo digital de elevaciones

**DNP:** Dirección Nacional de Promoción, SE, MINEyM

**DPF:** Dirección de Producción Forestal

**DPV:** Dirección Provincial de Vialidad

**ENARSA:** Energía Argentina SA

**ETM+:** Enhanced Thematic Mapper Plus

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

**GEI:** Gases de efecto invernadero

**GENREN:** Generación de Energía Eléctrica a partir Fuentes Renovables

**HRVIR:** High-Resolution Stereoscopic

**IGN:** Instituto Geográfico Nacional

**IMA:** Incremento medio anual

**INDEC:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

**INTA:** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

**INTI:** Instituto Nacional de Tecnología Industrial

**IRS:** Indian Remote Sensing

**LISS:** Linear Imaging Self Scanning Sensor

**MAGyP:** Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación

**MEM:** Mercado Eléctrico Mayorista

**MinEyM:** Ministerio de Energía y Minería

**MinPlan:** Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios

**NBI:** Necesidades básicas insatisfechas

**OTBN:** Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo

**PERMER:** Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales

---

**PINBN:** Primer Inventario Nacional de Bosque Nativo  
**PROSAP:** Programa de Servicios Agrícolas Provinciales  
**RER:** Relevamiento de Escuelas Rurales  
**RSU:** Residuos sólidos urbanos  
**SADI:** Sistema Argentino de Interconexión  
**SAyDS:** Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable  
**SE:** Secretaría de Energía de la República Argentina  
**SEMA:** Secretaría de Estado de Medio Ambiente  
**SENASA:** Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria  
**SIG:** Sistema de Información Geográfica  
**SPOT:** Satellite Pour l'Observation de la Terre  
**UNAM:** Universidad Nacional de México  
**UMSEF:** Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal  
**UPE:** Unidad Provincial Ejecutora  
**WISDOM:** Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping

**ha:** hectárea/s  
**kcal:** kilocalorías  
**km<sup>2</sup>:** kilómetro/s cuadrado  
**ktep:** kilotonelada/s equivalente/s de petróleo  
**kW:** kilovatio/s  
**MJ/kg:** Megajulios kilogramo  
**mm:** milímetros  
**mm<sup>3</sup>:** milímetro/s cúbico  
**msnm:** metros sobre el nivel del mar  
**MW:** Megavatio/s  
**MWh:** Megavatio/s por hora  
**tce:** tonelada/s de combustible equivalente  
**tep:** tonelada/s equivalente/s de petróleo  
**tn:** tonelada/s  
**Wp:** vatiopico

---

# Resumen Ejecutivo

Este estudio tuvo como eje de trabajo identificar, localizar y cuantificar la disponibilidad y el consumo de los recursos biomásicos en la Provincia de La Pampa, con el fin de promover el desarrollo de la energía renovable. En este sentido, se realizó un diagnóstico provincial, siguiendo criterios de sustentabilidad, sobre la oferta y la demanda de combustibles derivados de la biomasa. De esta manera, se obtuvo un balance bioenergético a nivel provincial. Este balance fue desagregado a nivel departamental y de radio censal.

En virtud de ello, se construyó una base de datos geo-espacial con información brindada por diferentes organismos nacionales y provinciales, de carácter público y privado. En la Provincia de La Pampa, a fin de ejecutar las acciones del Proyecto, se constituyó la Unidad Provincial Ejecutora (UPE), con el objetivo de gestionar la información obrante en las diversas instituciones para la implementación de la metodología WISDOM (*Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles - Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*) y de institucionalizar el procedimiento de análisis espacial de los recursos biomásicos a través de la capacitación y transferencia metodológica a los expertos locales.

Las fuentes de oferta identificadas, localizadas y cuantificadas, en función de su origen, fueron las siguientes:



© FAO

- 
- Picadas perimetrales Ley N.º 1 354 (43,60 %)
  - Bosque nativo y otras formaciones leñosas (36,73 %)
  - Arbustales (16,88 %)
  - Forestaciones (1,50 %)
  - Frutales (0,52 %)
  - Picadas cortafuegos Defensa Civil (0,39 %)

Con respecto al consumo de biomasa con fines energéticos, los sectores demandantes considerados fueron: la industria ladrillera (92 %) y el sector residencial (8 %).

En resumen, y teniendo en cuenta todos estos componentes, se estimó que la oferta directa provincial accesible física y legalmente, es de 1 150 742 tn/año. Por su parte, la demanda actual estimada es de 5 113 tn/año. En consecuencia, el balance resultante entre la oferta potencial y el consumo actual estimado da un superávit de 1 145 629 tn/año de recursos biomásicos con fines energéticos.

Para enriquecer el análisis espacial provincial, se estimó el potencial de energía a partir de fuentes de biomasa húmeda provenientes de actividades ganaderas intensivas: bovinos (*feedlots* y tambos) y porcinos. La oferta potencial provincial es de 7 321 toneladas equivalentes de petróleo por año (tep/año), que se constituye por los correspondientes aportes de establecimientos porcinos (3 823 tep/año), *feedlots* bovinos (2470 tep/año) y tambos bovinos (1028 tep/año).

En conclusión, se confirma que la Provincia de La Pampa posee un gran potencial bioenergético debido al volumen y a la variedad de fuentes de biomasa seca y húmeda existente, susceptible de ser aprovechada para producir energía renovable. Este análisis espacial establece una base sólida a nivel provincial que permite avanzar en materia de estrategias bioenergéticas consistentes y precisas, promoviendo así la viabilidad de proyectos que utilicen energía derivada de biomasa.

---

# 1. INTRODUCCIÓN



---

---

## **La metodología WISDOM permite integrar y analizar información estadística y espacial sobre la producción (oferta) y consumo (demanda) de combustibles biomásicos.**

---

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 el 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.

En el año 2009, el Gobierno de la República Argentina publicó, conjuntamente con la FAO, el trabajo "Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina - WISDOM Argentina"<sup>1</sup> (FAO, 2009), en el cual se estimó espacialmente la oferta y la demanda de biomasa con fines energéticos a escala nacional. Esta situación confirmó a la Argentina como un país que cuenta con abundantes cantidades de biomasa apta y disponible para uso energético.

La metodología WISDOM (Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles - *Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*) fue desarrollada por FAO, en cooperación con el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como método para visualizar espacialmente las áreas prioritarias para el desarrollo de combustibles leñosos. La metodología WISDOM

está basada en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales permiten integrar y analizar información estadística y espacial sobre la producción (oferta) y consumo (demanda) de combustibles biomásicos (leña, carbón vegetal, residuos de cosecha, residuos de la foresto-agroindustria, entre otros). Esta técnica es accesible, fácil de aplicar y permite presentar los resultados del análisis espacial de manera comprensible, no sólo a especialistas del sector sino también a funcionarios y al público en general.

Las utilidades de esta herramienta son:

- Facilitar la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones, mediante la elaboración de mapas temáticos de oferta y demanda de biomasa para uso energético.
- Ofrecer información actualizada y homogeneizada del potencial de biomasa existente con fines energéticos según fuentes de aprovisionamiento. La información es provista por fuentes primarias (encuestas y censos) y secundarias (entes gubernamentales, organismos descentralizados y estudios científicos).
- Conocer la disponibilidad de recursos de biomasa, siendo de gran utilidad para promotores de proyectos de energías renovables.

---

1. Proyecto de Cooperación Técnica TCP/ARG/3103.



- Localizar la demanda de energía derivada de biomasa y su relación con la disponibilidad bajo sistemas de aprovechamiento sustentable.
- Orientar las investigaciones en tecnología de conversión energética en base al tipo de recurso y disponibilidad geográfica.

El componente de Fortalecimiento Institucional del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa tiene como principal tarea evaluar los recursos biomásicos disponibles para la generación de energía, aplicando la metodología WISDOM a escala provincial, tal como fue recomendado en el WISDOM Argentina (FAO, 2009). Por ello, se efectuó el correspondiente análisis de la información existente, permitiendo así alcanzar un mayor grado de certeza en vistas del planeamiento estratégico y operacional en el sector bioenergético a través de los diagnósticos provinciales.

#### **Ejecución de los WISDOM provinciales**

El análisis espacial de la oferta y la demanda de bioenergía en cada provincia fue el resultado de un largo proceso interinstitucional que generó conocimiento y redes de trabajo, indispensables en la formulación de políticas públicas y en la promoción de proyectos que hagan uso de los recursos biomásicos con fines energéticos. Para implementar la metodología WISDOM a escala provincial, en primer lugar, se firma una Carta de Intención entre

el Proyecto y cada gobierno provincial y, luego, se crea una Unidad Provincial Ejecutora (UPE). La función de la UPE es identificar y facilitar la recolección de la información necesaria y recibir la capacitación sobre la metodología, con el fin de poder replicarla y actualizarla. La UPE se conforma por un Punto Focal Institucional que actúa como nexo entre el Proyecto y los distintos organismos de la provincia, un Punto Focal Técnico y un Grupo de Apoyo Técnico de carácter multidisciplinario e interinstitucional.

De esta manera, la Provincia de La Pampa, a través de la Agencia Provincial de Energía (APE), y la FAO firmaron, en agosto de 2013, la Carta de Intención manifestando la voluntad de desarrollar acciones conjuntas para promover la energía derivada de biomasa en el territorio provincial. Posteriormente, en febrero de 2015, se creó la UPE, donde se designó al Administrador General de la APE, Ingeniero Carlos Sanz, como Punto Focal Institucional, y a la Doctora Rosana Bertone, como Punto Focal Técnico para implementar, monitorear y hacer el seguimiento de las actividades relacionadas con el Proyecto.

En este contexto, se desarrollaron diversas reuniones de trabajo con referentes provinciales en materia bioenergética, tanto del sector público como privado, donde se identificaron las principales actividades generadoras y consumidoras de biomasa con fines energéticos, así como las posi-

---

**El análisis espacial de la oferta y la demanda de bioenergía en cada provincia fue el resultado de un largo proceso interinstitucional que generó conocimiento y redes de trabajo indispensables en la formulación de políticas públicas y en la promoción de proyectos que hagan uso de los recursos biomásicos con fines energéticos.**

---

bles fuentes de información para incorporar al WISDOM La Pampa. Como resultado de este proceso, el *Componente de Fortalecimiento Institucional* desarrolló una versión preliminar del WISDOM La Pampa, para ser puesta a consideración de los especialistas provinciales, logrando una versión final enriquecida, corregida y consensuada que aquí se presenta. A fines de junio y principios de julio de 2015, se dictó en la ciudad de Santa Rosa el «Curso-Taller para la Implementación de la Metodología WISDOM en la Provincia de La Pampa». El mismo tuvo como objetivos: presentar a técnicos de instituciones de La Pampa la primer versión del Modelo de Oferta y Demanda de Biomasa de la Provincia de La Pampa; capacitar a los profesionales de la Provincia en la lógica y estructura de la metodología WISDOM y en el empleo de las aplicaciones informáticas utilizadas; consensuar y programar mejoras en el modelo.

Al curso asistieron técnicos de los siguientes organismos: INTA, INTI, SENASA, Dirección Provincial de Recursos Forestales, Dirección General de Estadística y Censos, Dirección General de Catastro, Dirección Provincial de Vialidad, Facultades de Ciencias Exactas y Naturales y de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, Unidad Peni-

tenciaria N.º 4 y Dirección General de Planificación. A cada uno de los participantes se le entregó un manual impreso, elaborado específicamente para dicho curso y como material de apoyo para la UPE, así como la información digital correspondiente.

A partir del modelo conceptual trabajado por el *Componente de Fortalecimiento Institucional*, que se materializó en la primera versión del WISDOM La Pampa, se repasaron entre todos los asistentes cada uno de los elementos que componen los módulos de la metodología adaptados a esta Provincia. Se identificaron elementos que no estaban siendo contemplados aún, así como otros que debían excluirse. Para cada componente, se mencionó la posible fuente de información, su nivel de detalle y grado de actualización. Asimismo, se consensuaron aquellos elementos que debían priorizarse en el modelo provincial y otros que sólo debían ser incorporados para estudios específicos, ya sea porque requieren relevamientos de campo complejos o porque superan el nivel de detalle pretendido para un WISDOM a escala provincial.

En el transcurso del año 2015, se incorporaron nuevos datos y las recomendaciones aportadas por las instituciones convocadas, obteniendo como resultado el presente documento.

---

## 2. BIOENERGÍA



---

---

**La gran diversidad de materiales que comprende el término bioenergía, convierte a esta última en una fuente de energía versátil, a partir de la cual pueden obtenerse combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.**

---

El término bioenergía hace referencia a la energía generada a partir de combustibles biomásicos. Se considera biomasa a toda la materia orgánica de origen vegetal o animal, no fósil, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial. Desde el punto de vista de su aprovechamiento energético, en este documento, sólo se considerará biomasa a aquellos productos que son susceptibles de ser utilizados de manera sostenible, es decir, por debajo de su tasa de renovación natural (Secretaría de Energía, 2009).

La gran diversidad de materiales que comprende el término bioenergía, convierte a esta última en una fuente de energía versátil, a partir de la cual pueden obtenerse combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, utilizando procesos más o menos sofisticados y para diversas aplicaciones. Sin embargo, esta misma diversidad genera un panorama complejo, que adquiere matices propios en función del contexto socio-cultural, económico, político-institucional y ambiental, de un sitio dado, en un momento histórico determinado (Manrique *et al*, 2011).

Es necesario tener en cuenta que la biomasa es una fuente de baja densidad energética, que se encuentra ampliamente dispersa y posee una alta dependencia geográfica. Esto hace que el costo de transporte constituya una parte significativa del

costo total de producción, del 33 al 50 % (Sultana y Kumar, 2012), por ello es indispensable conocer espacialmente su disponibilidad, para lo cual las herramientas de Sistemas de Información Geográfica son particularmente apropiadas.

A nivel global, durante los últimos años, el empleo de biomasa con fines energéticos ha ido ganando espacio en las agendas públicas de todos los países. El estímulo a las energías limpias renovables, por parte de los gobiernos nacionales y locales, se ha convertido en prioridad, si se tiene en cuenta no sólo la dependencia de los combustibles fósiles en la matriz energética actual, sino también las externalidades negativas, tanto ambientales, sociales y económicas, derivadas de su utilización. En este sentido, la utilización de este tipo de energías presenta diversas ventajas, tales como:

- Agregado de valor al sector agropecuario, forestal y foresto-agroindustrial.
- Generación de empleo.
- Disponibilidad local.
- Aumento de la eficiencia productiva.
- Conversión de pasivos ambientales (residuos, efluentes) en materia prima energética.

**Cuadro 1**

Clasificación de las fuentes de biocombustibles.

**Fuente**

Adaptado en base a FAO (2004).

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

- Redistribución de ingresos hacia el sector rural.
- Facilidad de conservación y almacenamiento.

La Tabla 1 muestra la clasificación de los biocombustibles de acuerdo a sus características, donde los “dendrocombustibles” se circunscriben a las fuentes de biomasa leñosa, los “agrocombustibles” se relacionan con la biomasa herbácea, de frutas y semillas, y la categoría “varios-mezclas” se corresponde con los subproductos de la actividad agropecuaria.

En relación a su humedad, la biomasa puede clasificarse en dos grandes grupos. Aquella que puede obtenerse en forma natural con un tenor de humedad menor al 60 %, como la leña y el residuo agrícola de cosecha (RAC), se la denomina biomasa seca, y es utilizada energéticamente mediante procesos termo-químicos o físico-químicos, que producen directamente energía térmica o productos secundarios en la forma de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. Por otro lado, se designa

biomasa húmeda a la que supera el 60 % de humedad, siendo en su mayoría residuos animales y efluentes industriales, los cuales son tratados mediante procesos biológicos, obteniéndose principalmente combustibles gaseosos.

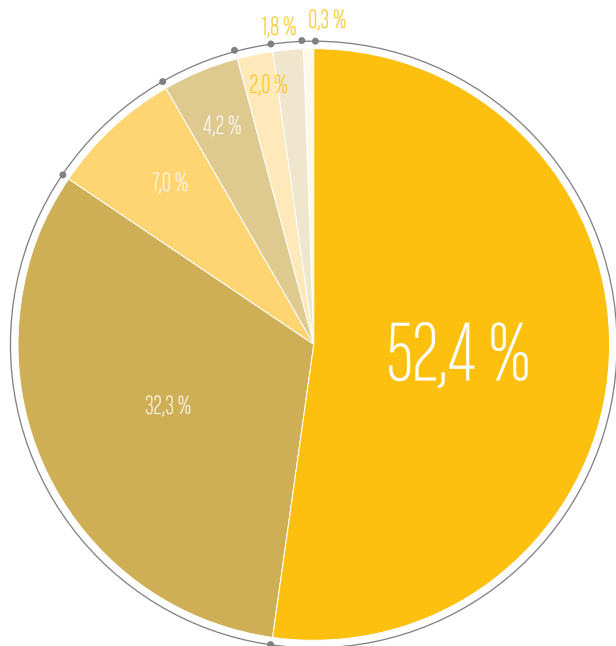
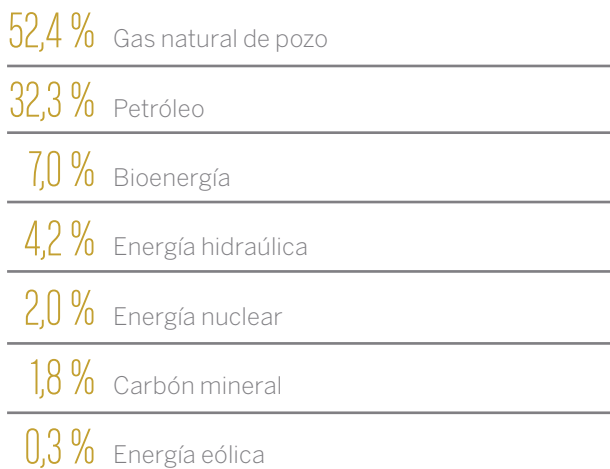
El uso de la bioenergía tiene una significativa participación en la matriz energética mundial (10%), aunque la distribución difiere marcadamente entre las distintas regiones del globo (IEA, 2009). En la República Argentina, según las cifras del Balance Energético Nacional (BEN), del año 2014, las fuentes bioenergéticas aportan un 7 % de la matriz energética nacional. De ese porcentaje, el 3,3 % corresponde a leña (1,4 %), bagazo (1,4 %) y otros subproductos primarios (0,5 %), como cáscara de girasol y de arroz, licor negro, marlo de maíz y residuos pecuarios. Las energías hidráulica, nuclear, eólica y solar representan un 6,5 % de la oferta total de energía primaria del país, mientras que los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) alcanzan

**Gráfico 1**

Composición de la oferta interna de energía primaria en porcentajes. Argentina, 2014.

**Fuente**

Ex Secretaría de Energía. Ex Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.



---

**En la Provincia de La Pampa existe una gran oferta energética potencial, a partir de fuentes renovables como la biomasa y las energías eólica, solar e hidroeléctrica, que podría desplazar parcialmente a los combustibles fósiles.**

---

el 86,5 %, lo que indica todavía una fuerte predominancia de este tipo de combustible en la composición de la matriz energética nacional (Gráfico 1).

En la Provincia de La Pampa existe una gran oferta energética potencial, a partir de fuentes renovables como la biomasa y las energías eólica, solar e hidroeléctrica, que podría desplazar parcialmente a los combustibles fósiles utilizados e implica un aporte relevante a la sustentabilidad de las actividades productivas agropecuarias y agroindustriales y a la preservación del medio ambiente.

La totalidad de la energía disponible, en 2014, fue de 849 065 MWh; mientras que la energía comprada al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) se registró en 841 495 MWh y la generada en 7 569,5 MWh. Si bien la cantidad producida sólo representa el 0,9 % del total consumido, establece enormes posibilidades de desarrollo, a partir de fuentes renovables, en especial, para la energía derivada de biomasa y la energía eólica y solar fotovoltaica.

Específicamente, de la fracción generada con fuentes alternativas, el 90 % proviene de la Central Hidroeléctrica "Los Divisaderos"; mientras que, el 10 % restante procede del Parque Eólico de la Co-

operativa de Servicios Eléctricos de General Acha (COSEGA), que tiene una capacidad instalada de 1,8 MW. En esta línea, existen otros proyectos como "La Banderita", que planea generar 50 MW de energía eólica para aportar al Sistema Argentino de Interconexión (SADI).

Con respecto a la energía solar, durante 2005, la Provincia acordó con la Secretaría de Energía de la Nación ejecutar el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER), para suministrar energía eléctrica a 750 puestos rurales individuales, mediante la instalación de sistemas de generación solar (paneles fotovoltaicos de 120 Wp). Posteriormente, en una segunda etapa, se sumaron otras 112 unidades (APE, 2016).

Con relación a la biomasa seca, existen excelentes oportunidades de aprovechamiento de energía derivada de fuentes como la proveniente del manejo del bosque nativo y arbustales, de bosques de caldén quemados y de la utilización de residuos provenientes de la limpieza y apertura de picadas cortafuegos enmarcadas en la Ley Provincial N.º 1354. Adicionalmente, la Provincia cuenta con oferta biomásica generada a partir del manejo de las forestaciones y de los frutales.

En cuanto a la oferta de biomasa húmeda, los efluentes resultantes de la actividad tambera, del engorde en confinamiento del ganado bovino (*feedlots*), de la producción avícola y de los establecimientos porcinos, brindan un gran potencial de generación de biogás. Esta oferta se encuentra concentrada en el noreste provincial, ofreciendo la oportunidad de ejecutar proyectos donde participen distintos tipos de productores. En este sentido, vale destacar la producción de biogás que, desde 2013, se genera en el criadero de cerdos de *Lartirigoyen y Cía.*, en la localidad de Dorila, departamento de Maracó. Este criadero cuenta con una capacidad de producción promedio, por año, de 1 000 madres en gestación y 25 000 capones.





---

# 3. MARCO DE REFERENCIA GEOGRÁFICO Y AMBIENTAL



---

**En la actualidad, la economía provincial se basa en el desarrollo del sector agropecuario y los servicios relacionados con esta actividad. Las actividades agrícolas y ganaderas se llevan a cabo principalmente en el NE, centro y SE de La Pampa.**

---

La Provincia de La Pampa tiene una superficie de 143 440 km<sup>2</sup>, que representa el 6 % del total nacional. Administrativamente, se divide en 22 departamentos y, según el Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda (CNPHyV), en el año 2010, la Provincia contaba con una población de 314 749 habitantes (INDEC, 2010). La densidad poblacional es de 2,21 habitantes por km<sup>2</sup>, con una marcada concentración en los centros urbanos del este de la Provincia, principalmente, en Santa Rosa (Capital), General Pico (departamento de Maracó) y General Acha (departamento de Utracán). Los departamentos con menor densidad de población son Lihuel Calel, con 0,04 hab/km<sup>2</sup>, y Limay Mahuida, con 0,05 hab/km<sup>2</sup> (Anuario estadístico de La Pampa, 2011).

La población con necesidades básicas insatisfechas (NBI), para el año 2010, alcanzaba un 5,7 %, siendo la tasa de pobreza estructural más baja del país. El 97,9 % de los hogares tiene acceso a la energía eléctrica de red y el 87,5 %, a la de gas (MECON, 2015).

Gran parte del territorio provincial forma parte de la llanura pampeana, caracterizada por un relieve llano ligeramente ondulado con presencia de un sistema de sierras y mesetas en el centro-oeste y una zona de transición hacia la región cuyana, con una altitud promedio de 600 msnm. La Provincia presenta un clima templado y semiárido, con una tem-

peratura media anual que oscila entre 14° y 16°C. La amplitud térmica anual es pronunciada, con una variación de 16°C, reflejando su carácter continental que se incrementa hacia el oeste, donde las temperaturas mínimas absolutas pueden alcanzar los -12°C. Las variaciones de temperatura presentan un gradiente predominante en sentido norte-sur, con influencia de la altitud en el extremo occidental (INTA, 2004).

La Provincia de La Pampa se ubica en una zona de transición entre los regímenes de precipitación subhúmedo seco al NE, con registros históricos cercanos a la isohieta de 700 mm, y árido al SO, con precipitaciones cercanas a los 200 mm, con una región semiárida intermedia (Secco *et al*, 2012). Asimismo, presenta un régimen estival que se extiende entre octubre y marzo. La variabilidad de las precipitaciones mensuales y anuales es muy grande, siendo ésta una característica de las regiones áridas y semiáridas. El balance entre la evapotranspiración y las precipitaciones muestra que, en toda la extensión de la Provincia, hay un marcado déficit hídrico. La velocidad promedio anual del viento oscila entre 10 y 15 km/h, la estación de mayor intensidad es la primavera, coincidiendo con el período de menores precipitaciones, por lo que aumenta el riesgo de erosión eólica (INTA, 2004).

Desde el punto de vista fitogeográfico, La Pampa se divide en tres regiones ecológicas condicionadas

---

### A fin de prevenir los incendios y facilitar las tareas de extinción, en la Provincia de La Pampa, la Ley N.° 1 354/1991 establece la obligatoriedad de apertura y mantenimiento de picadas perimetrales en los establecimientos rurales.

---

por el gradiente climático NE-SO. Hacia el NE, se desarrolla la provincia fitogeográfica Pampeana, donde la vegetación dominante es la estepa de gramíneas, principalmente, de carácter cespitoso. En el extremo SO, se encuentra la región comprendida por la provincia fitogeográfica del Monte, que se caracteriza por una estepa arbustiva o matorrales, con predominio de especies de *Larrea* y *Prosopis*. Entre ambas provincias fitogeográficas, en el centro del territorio provincial, se halla el Distrito del Caldén, que se corresponde a la provincia fitogeográfica del Espinal (Cabrera, 1971).

La vegetación de la región central se caracteriza por un estrato arbóreo caducifolio y xerófilo, cuya especie dominante es el caldén (*Prosopis caldenia*), acompañado por el algarrobo (*Prosopis flexuosa* var. *flexuosa*), el chañar (*Geoffroea decorticans*) y el molle (*Schinus fasciculatus* var. *arenicola*); además de un estrato arbustivo, representado por el piquillín (*Condalia microphylla*), la jarilla (*Larrea divaricata*), el alpataco (*Prosopis flexuosa* var. *depressa*) y el tomillo (*Acantholippia seriphoides*); y un estrato herbáceo compuesto por especies gramíneas (Lell, 2005). En el norte de la región, los caldenes son de mayor porte, alcanzando entre 10 y 12 m de altura, mientras que, hacia el sur, los ejemplares son más bajos, están ramificados a

menor altura y se encuentran restringidos a las áreas deprimidas.

El bosque de caldén se extiende entre las isohietas de 400 y 600 mm. Este límite natural, se encuentra modificado por las actividades agropecuarias, como los cultivos o la ganadería extensiva, donde amplias superficies del caldenal han sido modificadas (Adema y Rucci, 2005). Como consecuencia de este proceso antrópico, se ha producido una arbustización del caldenal inducida por la expansión de la cría de bovinos y las prácticas de los fuegos de retaceo, en la segunda mitad del siglo XX. El pastoreo extensivo y la alta frecuencia de fuegos (utilizados como una herramienta sistemática para estimular el rebrote de gramíneas), favorecen la reproducción vegetativa, colonizando nuevas áreas y modificando las relaciones alométricas del caldén (Risio Allione *et al.*, 2013). Las fisonomías resultantes son las de montes muy cerrados y, a veces, impenetrables, enriquecidas por arbustos como el piquillín, el molle y el chañar, denominados localmente fachinales (Dussart *et al.*, 2011).

En la actualidad, la economía provincial se basa en el desarrollo del sector agropecuario y los servicios relacionados con esta actividad (INTA, 2004). Las actividades agrícolas y ganaderas se llevan a cabo principalmente en el NE, centro y SE de La Pampa, en áreas con precipitaciones medias anuales mayores a 500 mm.

La actividad agrícola ocupa pequeñas superficies en las que alterna, frecuentemente, con la explotación ganadera intensiva sostenida a base de pasturas artificiales, como alfalfa, centeno, sorgo, entre otras; y, en menor medida, de pasturas naturales. En el oeste pampeano, la actividad que se realiza es la ganadería extensiva de cría, mientras que la agricultura se desarrolla bajo riego en zonas del valle aluvial del río Colorado (Anuario Estadístico de La Pampa, 2014). En las zonas donde se practica agricultura de secano, existe una gran variedad de cultivos de cosecha y forrajeros. Esto se relaciona con la rotación en los usos de los suelos con el propósito de mantener la fertilidad, donde se alterna la actividad agrícola con la ganadera. Entre las principales especies de cosecha, se destacan los cereales y pasturas de invierno –trigo, avena,

centeno, cebada y alfalfa– y los cereales y oleaginosas de verano –maíz, sorgo, girasol y soja– (Dirección Nacional de Relaciones con las provincias, La Pampa, 2013).

La producción de petróleo y gas, como también la producción de sulfato de sodio y la extracción de cloruro de sodio, son las actividades mineras que se destacan (Dirección Nacional de Relaciones con las Provincias, La Pampa, 2013).

Un factor de relevancia en la Provincia es la frecuencia e intensidad de los incendios. El fuego es un factor ecológico natural en el caldenal, que ha tenido influencia en la composición y estructura de las comunidades vegetales. Históricamente, los fuegos naturales en el caldenal ocurrían entre diciembre y marzo, época de tormentas eléctricas, cuando disminuía el contenido de humedad de las especies autóctonas, cuyas gramíneas eran preponderantemente de ciclo invernal, y aumentaba la acumulación de material combustible. Sin embargo, el régimen natural de fuegos, su alcance espacial e intensidad, ha sufrido modificaciones a partir de los cambios socio-económicos que se dieron en la región, a fines del siglo XIX (Risio Allione, *et al* 2013).

El sobrepastoreo favorece el desarrollo de leñosas en alta densidad y, en zonas de pastizales, ha permitido el dominio de especies fibrosas que aportan mayor cantidad de combustible fino, disminuyendo la disponibilidad de gramíneas y herbáceas bajas. En consecuencia, los productores ganaderos emplean con frecuencia quemadas controladas o prescritas, con el objeto de controlar la regeneración de leñosas y aumentar la productividad de los pastizales, favoreciendo el rebrote de las gramíneas como fuente de forraje invernal o para disminuir el riesgo de incendios.

En la actualidad, la ocurrencia de fuegos es muy frecuente debido a causas naturales, por negligencia o por incendios intencionales. Generalmente ocurren en verano, con temperaturas altas, humedad relativa baja y vientos intensos, de forma coincidente con el período anual de mayor déficit hídrico y de mayor acumulación de material combustible en los estratos inferiores del bosque.

La alta intensidad y recurrencia en los fuegos en la región del cardenal, en el presente, contribuyen a

la modificación de la estructura y composición de los bosques y tienen como consecuencia una pérdida de superficie, en especial cuando es seguida por un cambio en el uso de la tierra. Los fuegos pueden provocar la extinción local de poblaciones de especies de animales por detrimento del hábitat, disminución en el banco de semillas, pérdida del suelo y de sus nutrientes y afectar la recarga de los acuíferos, desencadenando procesos erosivos (Menéndez y La Rocca, 2007).

A fin de prevenir los incendios y facilitar las tareas de extinción, en la Provincia de La Pampa, la Ley N.º 1 354/1991 establece la obligatoriedad de apertura y mantenimiento de picadas perimetrales en los establecimientos rurales. De acuerdo con el Decreto N.º 1 925/2000, que aprueba la reglamentación de la Ley N.º 1 354, se categorizó el territorio provincial en función del riesgo de ocurrencia de incendios y las condiciones ecológicas.

Asimismo, a partir del año 2008, en el marco del Plan Integral de Prevención y Lucha contra Incendios en Zonas Rurales, comenzaron a ejecutarse obras en nueve departamentos de la Provincia (Chalileo, Loventué, Utracán, Curacó, Lihuel Calel, Limay Mahuida, parte de Caleu-Caleu, Chical-Có y Puelén), con el propósito de disminuir la ocurrencia e incidencia de los incendios rurales y minimizar las pérdidas que ocasionan en las explotaciones agropecuarias. Las obras incluyeron la apertura y reapertura de picadas cortafuego y el establecimiento de brigadas móviles operativas. Como resultado, se ha verificado, a partir de la temporada 2009/2010, la reducción en el tiempo promedio del control de incendios y la disminución de la superficie afectada por los siniestros (PROSAP, 2011).

---

# 4. SISTEMAS BIOENERGÉTICOS Y METODOLOGÍA WISDOM



---

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, de la distribución y del consumo de combustibles biomásicos.

De acuerdo con estudios locales y nacionales, una particularidad de los sistemas bioenergéticos es su carácter heterogéneo, que se evidencia en ciertas 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, la geografía, entre otras.
- Especificidad geográfica: la oferta de recursos biomásicos presenta una disponibilidad variada y una extensa distribución a lo largo del territo-

rio. A su vez, se caracteriza por una baja oferta en superficie, si se la compara con centros altamente concentrados 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, la necesidad de comprender a los sistemas bioenergéticos en diferentes escalas, poniendo énfasis en los estudios sitio-específicos.

- Heterogeneidad en las fuentes de oferta de biomasa<sup>2</sup>: 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, el estiércol pecuario, entre las más importantes. Conocer la disponibilidad y el tipo de recurso a 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, hallamos grandes consumidores industriales que

---

2. Vale señalar que, además de los recursos dendroenergéticos en el análisis espacial provincial, se han tenido en cuenta diferentes residuos de origen vegetal.

**Características de los sistemas bioenergéticos:**

Multisectorialidad

Interdisciplinarietà

Especificidad geográfica

Heterogeneidad en las fuentes de oferta de biomasa

Heterogeneidad en los sectores de demanda de biomasa

Adaptabilidad de los usuarios



© FAO

producen energía para su propia producción y 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. La gran diversidad de materiales que comprende el término bioenergía convierte a ésta última en una fuente de energía versátil, a partir de la cual pueden obtenerse, mediante procesos de diversa complejidad, combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, utilizados en múltiples aplicaciones.

Otro rasgo distintivo de los sistemas bioenergéticos tradicionales es su alto grado de informalidad, con la consecuente dispersión y falta de información. Entre los diferentes recursos biomásicos con fines energéticos, históricamente se ha destacado la leña, ya que ha sido la primera fuente en abastecer usos energéticos tales como la cocción y la calefacción, necesarios para la alimentación y la protección frente a las inclemencias climáticas. Debido a que aún existen regiones no abastecidas por fuentes modernas de distribución comercial, como la electricidad, los combustibles fósiles o las tecnologías alternativas, el uso tradicional de la leña continúa constituyendo un elemento vital para la satisfacción de necesidades energéticas diarias, de más de 2000 millones de personas en los países en desarrollo (FAO, 2010).

Asimismo, un aspecto crítico de los sistemas bioenergéticos, 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 a ser transportados generen altos costos logísticos y, por ello, es importante contemplar su accesibilidad.

Como consecuencia de las diversas características mencionadas, y dada la complejidad de la generación de energía a partir de biomasa, surgió la necesidad de contar con herramientas metodológicas que sirvan de apoyo para aunar políticas energéticas, forestales y agropecuarias, que generen proyectos sustentables y perdurables a largo plazo. En este sentido, el Programa de Dendroenergía de FAO<sup>3</sup> 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 entre los mismos.

Si bien la metodología WISDOM presentaba inicialmente un enfoque que sólo contemplaba la evaluación de la biomasa leñosa proveniente del bosque nativo, de las forestaciones y de la foresto-industria, la misma ha sido ampliada para considerar otros tipos de biomasa no leñosa, como los residuos y subproductos agrícolas y agroindustriales. Esta versión "extendida" es la que se utilizó para realizar el WISDOM Argentina (FAO, 2009).

3. En su primera formulación, WISDOM surgió como resultado de la colaboración entre el Programa de Dendroenergía de FAO y el Instituto de Ecología de la UNAM.

**La baja densidad energética de la biomasa y su alta dispersión geográfica hacen que los grandes volúmenes a ser transportados generen altos costos logísticos y, por ello, es importante contemplar su accesibilidad.**



## Un componente innovador en el WISDOM La Pampa ha sido el Módulo de Oferta de Biomasa Húmeda, que estima el potencial productivo de biogás en toneladas equivalente de petróleo (tep) para establecimientos bovinos (*feedlots* y *tambos*) y porcinos.

Un componente innovador en el WISDOM La Pampa ha sido el Módulo de Oferta de Biomasa Húmeda, que estima el potencial productivo de biogás en toneladas equivalentes de petróleo (tep) para establecimientos bovinos (*feedlots* y *tambos*) y porcinos.

El “Mapeo de 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 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 La Pampa, se utilizaron di-

versos *software* de código abierto: *R*, *Quantum Gis* y *Dinamica 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 los datos a formato ráster (los que no estuvieran aún en ese formato), y para homogeneizar y estandarizar la base de datos completa<sup>4</sup>; el *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, el *Dinamica EGO*, se utilizó 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 la metodología de análisis WISDOM a nivel provincial, implicó cuatro pasos analíticos principales:

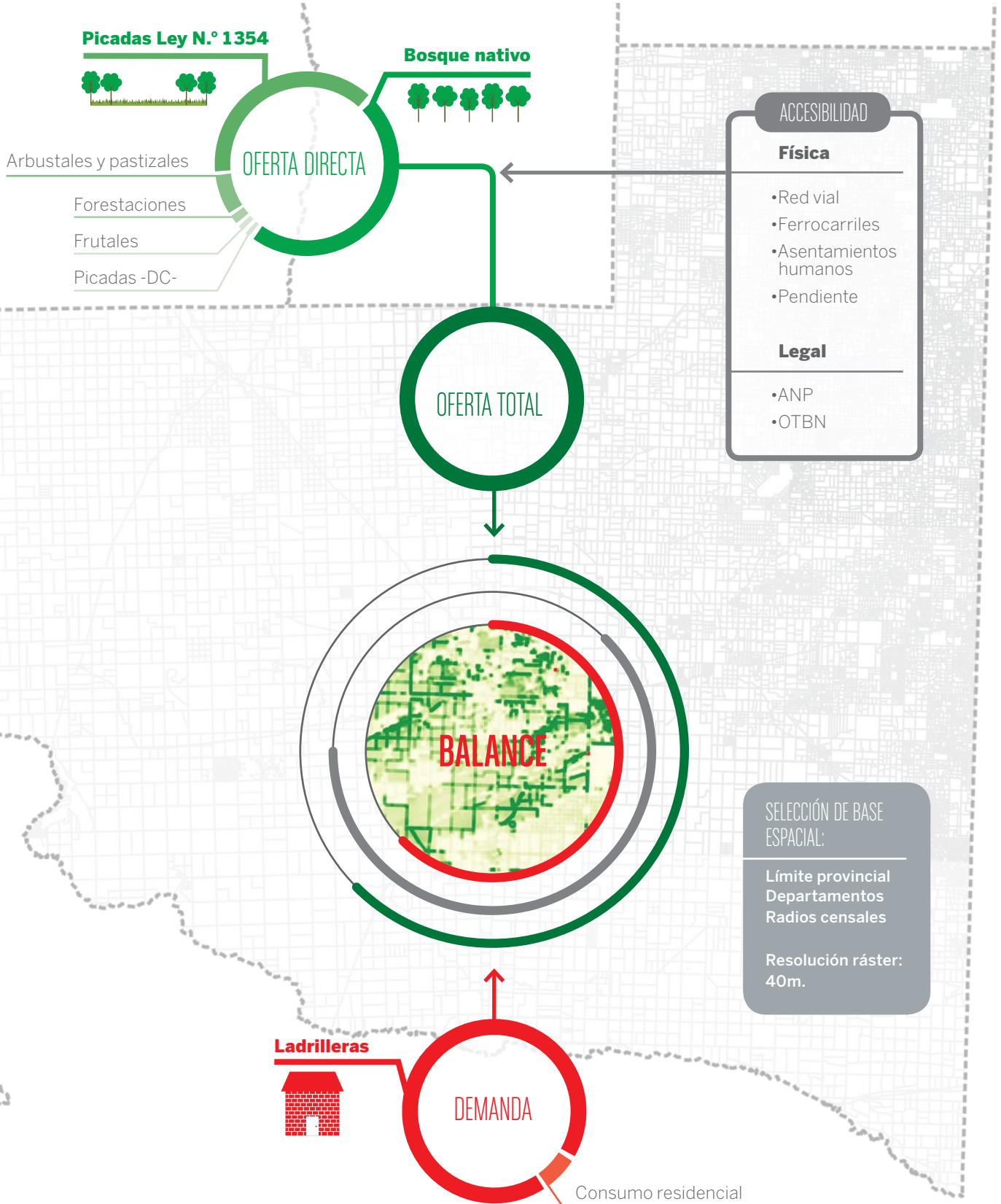
1. Definición de la unidad administrativa-espacial mínima de análisis.
2. Desarrollo del módulo de oferta.
3. Desarrollo del módulo de demanda.
4. Desarrollo del módulo de integración.

Adicionalmente, se desarrolló un quinto módulo sobre oferta de biomasa húmeda.

En el Gráfico 2, se muestra de manera ilustrativa los módulos y las principales capas utilizadas.

4. Esto se realiza, para que todos los ráster con los que opere el *Dinamica EGO* tengan la misma extensión y tamaño de celda y el mismo número de filas y columnas, y que las celdas de las diferentes capas coincidan en el espacio.

Gráfico 2. Modelo Conceptual WISDOM La Pampa.



---

# 5. MÓDULOS Y RESULTADOS DEL WISDOM LA PAMPA

- 
- 5.1 Unidad de análisis y resolución espacial
  - 5.2 Módulo de oferta directa
  - 5.3 Módulo de oferta indirecta
  - 5.4 Módulo de demanda
  - 5.5 Módulo de Integración



---

---

**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 detalle y garantizar la correspondencia con los datos del CNPhyV.**

---

La metodología de análisis espacial WISDOM se aplicó en la Provincia de La Pampa con el objetivo de calcular el balance de energía derivada de biomasa. De esta manera, y siguiendo el mismo procedimiento que el ejecutado en la elaboración del WISDOM Argentina (FAO, 2009), se desarrollaron los principales pasos analíticos que son explicados 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 detalle y garantizar la correspondencia con los datos del CNPhyV (INDEC, 2010). No obstante, se trabajó a escala departamental cuando la información y datos estadísticos se encontraban disponibles a este nivel de detalle. De esta manera, la estructura administrativa considerada presenta 775 radios censales y 22 departamentos.

En cuanto la unidad de análisis ráster, la resolución espacial empleada fue de 40 m (0,16 ha) mejorando de esta manera el nivel de detalle del WISDOM Argentina, donde se utilizó una resolución espacial de 250 m (6,25 ha). En la mayoría de los casos, la información disponible se encuentra expresada en toneladas de biomasa seca por hectárea. Para adaptar estos valores a la resolución uti-

lizada, todas las capas se multiplicaron por un valor constante de 0,16, el cual representa la superficie en hectáreas de cada píxel.

El sistema de coordenadas empleado fue Gauss Krüger Faja 3 POSGAR 94 WGS84. El límite provincial y departamental se confeccionó a partir de los límites de los radios censales correspondiente a la cartografía del CNPhyV (2010).

### **5.2 Módulo de oferta directa**

Se entiende por oferta directa a la biomasa que se encuentra en campo. Una de las características de la oferta directa es su dispersión territorial. Entre las fuentes directas de biomasa potencialmente disponibles para usos energéticos en la Provincia de La Pampa, se consideraron: el IMA del manejo del bosque nativo y de los arbustales, el residuo biomásico generado en la apertura y limpieza de las picadas cortafuegos, la biomasa resultante de la poda, raleo y residuos de cosecha de las plantaciones forestales y la poda o renovación de plantas proveniente del manejo frutihortícola.

En relación a los cultivos agrícolas extensivos, como la soja, el maíz, el trigo o el girasol relevados en la Provincia, los residuos de cosecha no han sido considerados para usos energéticos. Esto se debe a que bajo la práctica del sistema de siembra directa, los residuos se mantienen sobre el suelo para conservar su fertilidad y estructura. De esta manera se

evita la voladura de los suelos con elevada composición de arena.

Es relevante señalar que, para el análisis espacial, en los casos en que existía superposición entre distintas capas geográficas, se priorizaron aquéllas que presentaban mayor resolución y ajuste espacial.

### Formaciones leñosas

#### Bosque nativo y otras tierras forestales

El uso dendroenergético del bosque nativo se contempló bajo fuertes consideraciones de sustentabilidad, entre las que se destaca el Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo (OTBN)<sup>5</sup> y el cálculo de biomasa disponible, teniendo en cuenta únicamente el crecimiento anual del bosque con el fin de evitar extraer más de lo que crece.

La información necesaria para la cuantificación de la biomasa disponible para generar energía a partir del bosque nativo, debe recolectarse teniendo en cuenta el nivel de detalle objetivo. La precisión de dichos resultados tendrá una enorme influencia en la posible instalación de proyectos dendroenergéticos. Para la estimación de la biomasa, actualmente se recurre a técnicas que funcionan a diferentes escalas, desde inventarios de campo realizados a escala local hasta estimaciones mediante teledetección efectuadas a escala nacional o subregional.

Con el fin de estimar el Incremento Medio Anual (IMA)<sup>6</sup> del bosque en función de su composición florística y estructural, se trabajó a partir de las capas de cobertura de bosque nativo correspondientes al Informe Regional Espinal, Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (PINBN), otorgadas por la Dirección de Bosques (DB) de la ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS, 2007). Asimismo, se actualizó la cobertura con la pérdida de bosque al año 2012, dato otorgado por la Unidad de Manejo del Sistema de Evalua-

ción Forestal (UMSEF), de la DB. Debido a que la información obtenida se encuentra dividida por provincias fitogeográficas, en el análisis espacial de la Provincia de La Pampa, se unificaron las capas correspondientes al Monte y al Espinal. Se descartaron, luego, las clases cuerpos de agua y tierras con construcciones y sin vegetación, obteniéndose seis clases de cobertura arbórea basadas principalmente en la cobertura de copas, continuidad y características fisonómicas (Tabla 2).

A fin de caracterizar dendrológicamente cada clase de bosque, se utilizó la base de datos de las parcelas de campo<sup>7</sup> del PINBN Región del Espinal, donde la principal especie de porte arbóreo es el caldén. Las especies acompañantes son *Prosopis flexuosa* var. *flexuosa* (algarrobo dulce), *Geoffroea decorticans* (chañar), *Schinus fasciculatus* (molle negro) y *Jodina rhombifolia* (peje o sombra de toro). Como la proporción de las mismas es muy baja, las estimaciones se realizaron solamente para el caldén. Estos datos de campo se obtuvieron únicamente para los estratos correspondientes a la clase tierras forestales.

#### Cálculo del incremento de biomasa

El crecimiento de los árboles resulta de un aumento de la longitud y espesor de los tallos (ejes). Este crecimiento puede variar según las características genéticas del individuo, la capacidad reproductiva de los tejidos (edad), las condiciones ambientales, causas antrópicas como la modificación del medio ambiente o por podas y raleos. En síntesis, el crecimiento es el aumento de la masa forestal en el tiempo y, debido a que la tasa de crecimiento no es lineal, se utilizan métodos para estandarizar su valor.

Para estimar el IMA de un individuo, la bibliografía hace referencia a variables como el diámetro a

5. Determina áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad según la Ley N.º 26 331 de Presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos (Anexo I).

6. El valor de Incremento Medio Anual (IMA) es el promedio anual del crecimiento (diámetro del fuste o biomasa) para una edad determinada. Se obtiene dividiendo el tamaño total acumulado por la edad.

7. Generalmente, cuando se busca predecir el volumen o la biomasa de un rodal con la ayuda de un modelo de biomasa, no es posible medir la variable para todos los árboles del rodal. Las variables sólo pueden medirse para un grupo de individuos previamente seleccionados de árboles, es decir, se utiliza una muestra. El volumen o la biomasa de los árboles de esta muestra se calcula con la ayuda de ecuaciones alométricas y, luego, se extrapola a todo el rodal (Parresol, 1999).

la altura del pecho (DAP), volumen o altura, en relación con la edad del ejemplar. Con el fin de estimar el incremento en biomasa del caldén, se adoptaron los valores de incremento radial por individuo mencionados por Dussart *et al.* (2011), donde el autor presenta valores de IMA radial mínimos y máximos, correspondientes a valores obtenidos antes y después de realizar raleos. Estos valores son similares a los registrados en San Luis, por Bogino y Villalba (2008) y por Alcalde (2014).

Como lo que concierne a este trabajo es el incremento de biomasa forestal, se convirtió el valor de incremento radial en términos de biomasa. Para ello, se estratificaron las parcelas del PINBN, según las clases de cobertura arbórea consideradas (Tabla 2) y se utilizaron los datos de caracterización dendrológica obtenidos en ese momento ( $t_0$ ). Posteriormente, se le aplicó el IMA radial a la variable diámetro de cada individuo de la parcela, es decir, "se lo hace crecer de manera ficticia", lo que permite obtener la caracterización del bosque al año ( $t_{0+1}$ ) (Gráfico 3).

Luego, para estimar el volumen de biomasa de ambos momentos ( $t_0$  y  $t_{0+1}$ ), se compartimenta

### Cuadro 2

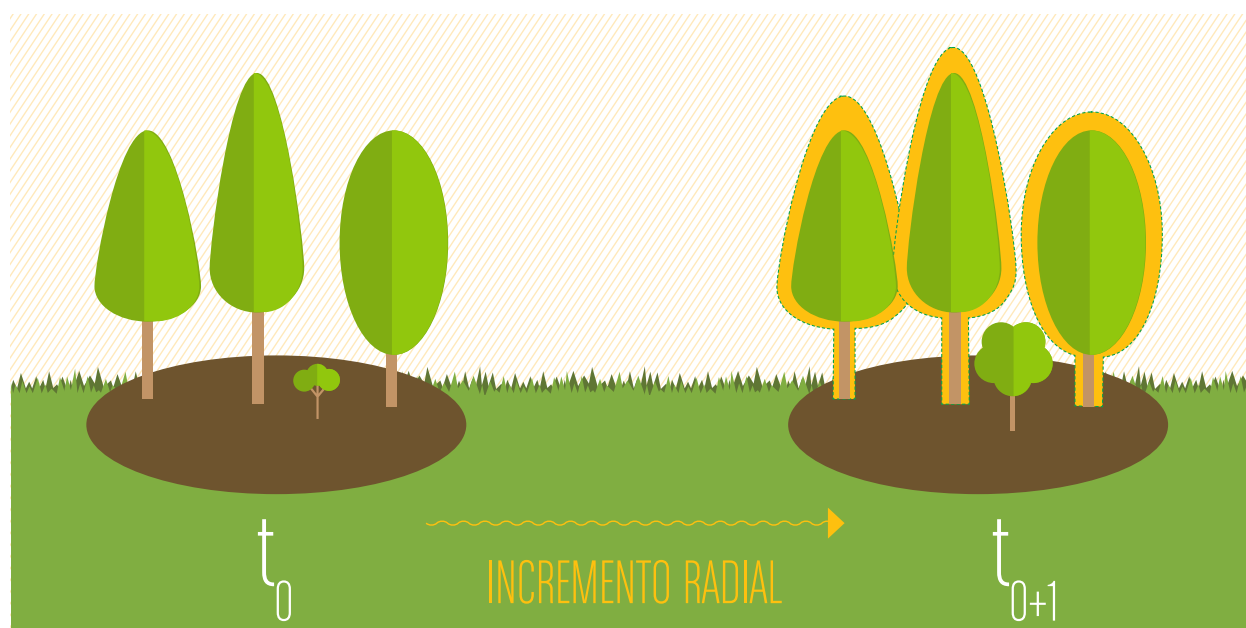
Clases de cobertura arbórea consideradas en el análisis espacial.

### Fuente

Dirección de Bosques (ex SAyDS, 2007).

Uso de la tierra	Clases de cobertura arbórea
Tierras forestales	Caldén abierto con arbustos
	Caldén abierto con pastos
	Caldén cerrado
Otras tierras forestales	Otras tierras forestales: arbustivo herbácea
	Otras tierras forestales: otras especies
	Arbustales
	Caldén tipo parque

**Gráfico 3.** Incremento radial en la distribución diamétrica del rodal.



el árbol en ramas de 2 a 7 cm, de más de 7 cm y el fuste<sup>8</sup>. Hay que tener en cuenta que la biomasa foliar, el compartimento de ramas menores a 2 cm, el tocón y las raíces contienen un gran porcentaje de nutrientes, por lo que se recomienda dejarlos en campo a fin de favorecer el ciclo biogeoquímico; la extracción de estas fracciones provoca un impacto edáfico muy grande, además de resultar compleja y costosa.

El cálculo de la biomasa de un árbol se basa en el principio de que, a escala poblacional, existe una relación estadística entre las diferentes medidas de un individuo. Así, las proporciones entre altura y diámetro, entre tamaño de copa del árbol y diámetro, entre biomasa y diámetro, obedecen a una regla que es la misma para todos los árboles que viven en las mismas condiciones, desde el más pequeño al más grande. Esta relación se formaliza de manera cuantitativa mediante ecuaciones alométricas<sup>9</sup> (Picard *et al.*, 2012).

En el presente trabajo se utilizó la relación que existe entre la biomasa y el área basal (AB) y la altura (H) de un individuo. El cálculo de biomasa (peso seco) para cada compartimento, se realizó mediante la siguiente ecuación ajustada para caldén (Risio Allione, 2012).

$$P_s = \beta \times AB^2 + \alpha \times H_t$$

$P_s$ : es el peso de la biomasa seca (kg),  $AB$ : área basimétrica (cm<sup>2</sup>),  $H_t$ : es la altura total (m). Los valores que toman los coeficientes  $\beta$  y  $\alpha$  para cada compartimento analizado, se presentan en la Tabla 3.

8. Para los estudios de biomasa se suelen dividir los árboles en partes o compartimentos homogéneos: la madera del fuste, la corteza, las ramas vivas, las ramas muertas, las hojas, las raíces gruesas y medianas y, por último, las raíces finas.

9. Es importante tener en cuenta que la predicción del volumen o de la biomasa de un rodal conlleva dos fuentes de variabilidad: una, asociada a la predicción individual mediante el modelo; y, la otra, asociada al muestreo de los árboles dentro del rodal (Parresol, 1999). Para los modelos que usan la altura como variable de entrada, cuando no se dispone de esa información, como es el caso de algunos datos faltantes en la base de datos del PINBN, se puede utilizar un modelo secundario que predice la altura en función de las entradas disponibles (típicamente un modelo de la relación altura-diámetro). Vale aclarar que esto introduce una fuente de error adicional.

### Cuadro 3

Coefficientes utilizados en la ecuación alométrica.

#### Fuente

Risio Allione (2012).

Compartimentos analizados	$\beta$	A
Ramas entre 2 y 7 cm	0,000045	1,068399
Ramas mayores a 7 cm	0,000070	1,150017
Fuste	0,000109	1,787550
<b>Total</b>	<b>0,000366</b>	<b>7,558194</b>

Esta ecuación se utilizó para calcular la biomasa de todos los individuos de cada una de las parcelas de campo del PINBN.

Una vez obtenida la biomasa con destino energético para cada tiempo ( $t_0$  y  $t_{0+1}$ ), se calculó el incremento en biomasa realizando la siguiente resta:

$$IMA_{biomasa} = t_{0+1} - t_0$$

De esta manera, se obtuvo el IMA en términos de biomasa y se promediaron los valores de aquellas parcelas que se encuentran en un mismo estrato. Se discriminó para cada estrato el  $IMA_{mín}$ ,  $IMA_{med}$  e  $IMA_{máx}$ . A su vez, se calculó el total de biomasa de la parcela -stock- (Tabla 4).

### Cuadro 4

Incremento medio anual y stock por estrato. Año 2015.

IMA (tn/ha)			Stock (tn/ha)	Estrato
Mín	Med	Máx		
1,2	1,7	1,9	37,4	Caldén cerrado
0,4	0,5	0,7	15,5	Caldén abierto con pastos
0,4	0,5	0,7	14,5	Caldén abierto con arbustos

Con el objetivo de mejorar la precisión del análisis y a fin de evitar distribuir los valores del IMA de biomasa de manera homogénea en cada estrato, se basó la distribución en las capas de cobertura ar-

bórea de *Tree Cover*<sup>10</sup>, *Loss year* y *Gain*, elaboradas por Hansen *et al.* (2013). La capa *Tree Cover* contiene estimaciones del porcentaje de cobertura de la vegetación leñosa mayor a 5 m de altura, respecto de cada píxel de 30 m de terreno horizontal, para el año 2000. Esta capa fue actualizada con la pérdida anual de cobertura arbórea, hasta el año 2012, mediante la capa *Loss year*; mientras que la regeneración del bosque (reclutamiento), en el mismo período, se incorporó con la capa *Gain*.

Superponiendo los mapas de cobertura obtenidos del PINBN y del *Tree Cover* se presentan tres situaciones:

- A: zonas de bosque nativo, incluidas dentro de PINBN, que se superponen con píxeles de *Tree Cover*.
- B: zonas de bosque nativo, incluidas dentro del PINBN, que no presentan datos de *Tree Cover*.
- C: zonas donde el *Tree Cover* presenta datos y que no fueron incluidas como bosque nativo por el PINBN.

La situación A corresponde a áreas de bosque nativo donde las formaciones de caldén presentan alturas mayores a 5 m, en estos casos se utilizó el  $IMA_{máx}$  (Tabla 4), asumiendo que estas superficies

10. La información de esta capa fue generada a partir de una colección de imágenes *Landsat*, del año 2000, realizada por el Departamento de Ciencias Geográficas de la Universidad de Maryland y la NASA (Hansen *et al.*, 2013). El producto deriva de las siete bandas de los satélites *Landsat-5 Thematic Mapper (TM)* y *Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)*.

se corresponden con un índice de sitio alto. Se distribuyó el valor de  $IMA_{máx}$  del estrato correspondiente, entre los píxeles de *Tree cover*, con un porcentaje de cobertura promedio. Luego, se extrapoló el valor del  $IMA_{máx}$ , según el porcentaje de cobertura arbórea de cada píxel dado por la capa de *Tree cover*.

La situación B se explica porque existen grandes superficies en las que la altura promedio de las formaciones de caldén no supera los 5 m. Esto es así, debido a que presentan fustes tortuosos y, en la mayoría de los casos, muy ramificados. Por tal condición, las zonas de bosque nativo, donde la capa *Tree Cover* no presenta datos, fueron tratadas de manera uniforme con los valores de  $IMA_{mín}$  correspondientes a cada estrato (Tabla 4).

La situación C corresponde a las zonas donde se observa la existencia de cobertura arbórea (a través de la capa *Tree Cover*) por fuera de las clases de bosque nativo del PINBN, en general, superficies pequeñas de bosque, inmersas dentro de una matriz agrícola o urbana, como pueden ser cortinas forestales, cascós rurales o pequeños parches dispersos de bosque nativo. A estas superficies se les asignó un incremento denominado  $IMA_{tc}$ . El  $IMA_{tc}$  refiere a una ponderación entre el incremento en biomasa del bosque nativo y el incremento correspondiente a forestaciones en la Provincia de La Pampa (FAO, 2009).

Los valores de incremento en biomasa finalmente utilizados para las clases de cobertura arbórea y para cada situación considerada, se resumen en la Tabla 5.

En el caso de otras tierras forestales, los valores de incremento en biomasa fueron obtenidos de FAO

## Cuadro 5

Valores de IMA por clase en tn/ha x año.

Uso de la tierra	Clases de cobertura arbórea	Situación A	Situación B	Situación C
Tierras forestales	Caldén cerrado	1,9	1,2	
	Caldén abierto con arbustos	0,7	0,4	
	Caldén abierto con pastos	0,7	0,4	
	$IMA_{tc}$			1,1



**Cuadro 6**

Valores de IMA de otras tierras forestales por clases en tn/ha x año.

Uso de la tierra	Clases de cobertura arbórea	Situación A	Situación B
Otras tierras Forestales	Otras formaciones arbóreas	0,8	0,6
	Caldén tipo parque	0,4	0,3

**Cuadro 7**

Extracción de productos forestales por producto y departamento. Año 2012.

**Fuente**

Dirección de Bosques (ex SAyDS, 2012).

Extracciones en tn/año	Productos extraídos en el año 2012			
	Leña	Postes alambrado	Rollizos	Varillas
Departamento				
Atreucó	8			
CaleuCaleu				
Capital	937	26	36	
Catrilo				
Chalileo	1136	5		
Chapaleufú				
Chical Co				
Conhelo	1669	40	8	
Curacó				
Guatraché	171			
Hucal	196	8		
LihuelCalel				
Limay Mahuida				
Loventué	2631	28		5
Maracó				
Puelén				
QuemúQuemú				
Rancul	1189	10		
Realicó				
Toay	846	41		
Trenel				
Utracán	5854	34		
<b>Total general</b>	<b>14 637</b>	<b>192</b>	<b>44</b>	<b>5</b>

(2009) y se les dio el mismo tratamiento correspondiente a las situaciones A y B. Los valores de incremento finalmente utilizados, se resumen en la Tabla 6.

Para no generar conflictos con otros usos maderables del bosque, del mapa de IMA se dedujeron los volúmenes correspondientes a las extracciones forestales de bosque nativo registrados por la DB (ex SAyDS), como se observa en la Tabla 7. Los mismos totalizaron 14 878 tn de productos forestales en diez departamentos de la Provincia, siendo la leña el principal producto obtenido con un 98,4 %. Los departamentos donde se registró mayor extracción de leña fueron: Utracán (40 %), Loventué (18 %) y Conchelo (11 %).

Finalmente, se afectó al valor de IMA un Factor de Fracción Dendroenergética, a fin de descontar el porcentaje de biomasa que cumple la función de protección del suelo, como una práctica de manejo sustentable. Se adoptaron dos factores: uno, para formaciones densas (0,88); y, otro, para formaciones abiertas (0,83) (FAO, 2009). Los resultados finales se presentan en el Mapa 1 y en la Tabla 8.

### Arbustales

Para determinar el IMA de las clases arbustales, se utilizaron las estimaciones realizadas por Gonzá-

lez y Roglich (2014), que otorgan a esta clase, definida como plantas leñosas de menos de 3,2 m de altura, un *stock* medio de 21,78 tn/ha.

Debido a que no se dispone de información del IMA de arbustales, éste se estimó teniendo en cuenta que, en su composición florística, existe una predominancia de caldén. De esta manera, se calculó la relación entre el  $IMA_{med}$  y el *stock* del bosque de caldén para las tres clases de la Tabla 4. A partir del promedio de estas tres relaciones, se obtuvo un coeficiente de 3,83 % y se aplicó este coeficiente *al stock* del arbustal, obteniendo un IMA de 0,83 tn/ha. Con este *stock* y la cobertura de la clase arbustales, se estimó la biomasa disponible con fines energéticos en 194 259 tn/año (Tabla 8).

### Síntesis de oferta directa de formaciones leñosas

El IMA sustentable de biomasa leñosa disponible para usos energéticos proveniente de formaciones leñosas se concentra en la zona central de la Provincia (Mapa 1), principalmente en los departamentos de Utracán (106 271 tn/año), Loventué (105 988 tn/año) y Caleu Caleu (102 856 tn/año). En el sector noreste, la disponibilidad de biomasa correspondiente a bosques y arbustales se presenta dispersa en una matriz de pastizales, mientras que, en el

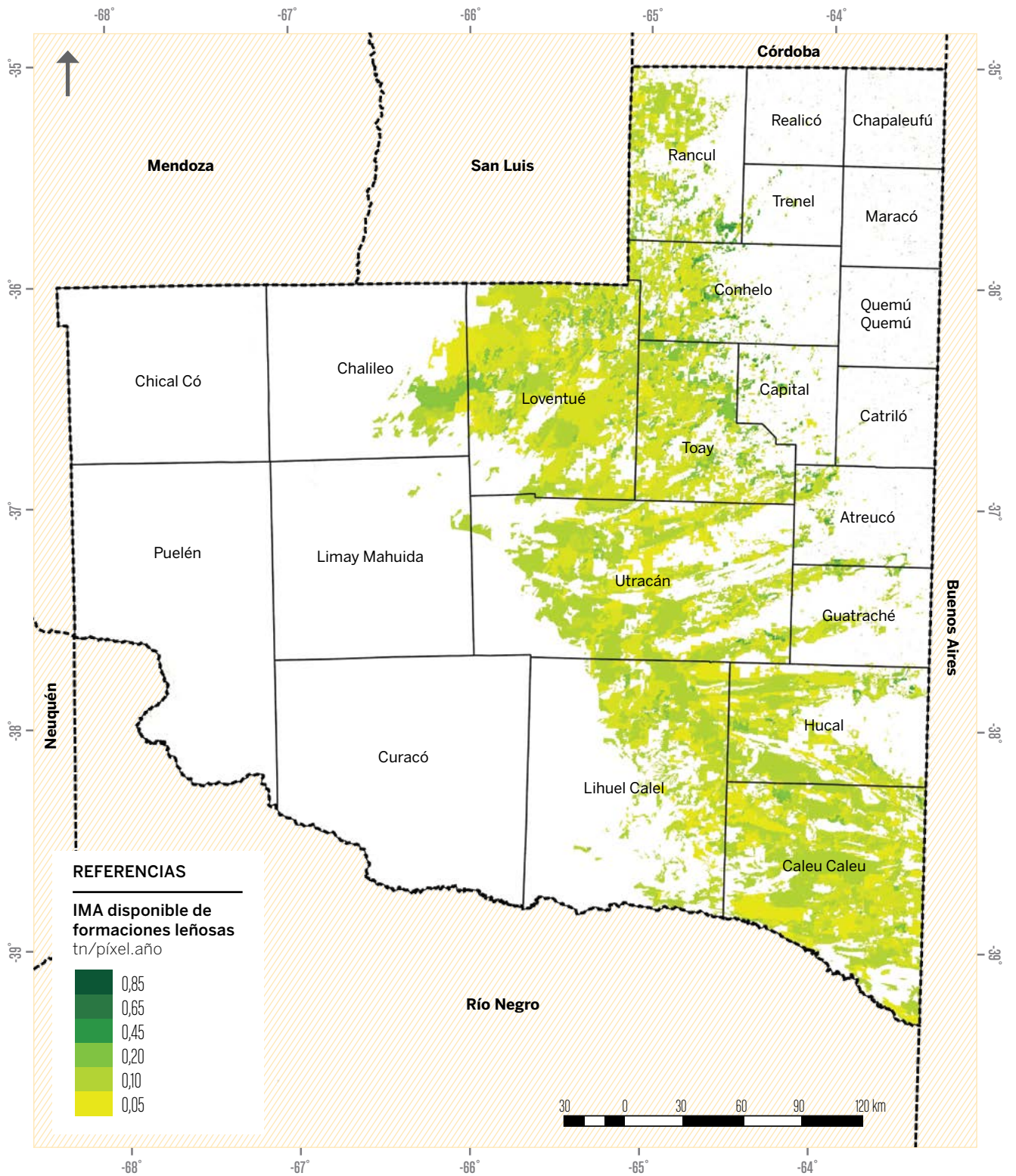
## Cuadro 8

Biomasa disponible por formación leñosa.

Clases de coberturas consideradas	Biomasa disponible (tn/año)
Arbustal	194 259
Bosque de caldén abierto con arbustos	150 685
Bosque de caldén abierto con pastos	99 606
Bosque de caldén cerrado	121 038
Bosque de caldén tipo parque	37 670
Formación de otras especies arbóreas	755

**Mapa 1.** Oferta total de biomasa (considerando el IMA) de formaciones leñosas.

**Fuente:** Elaborado por Barasch, Yamila; Denaday, Francisco; Di Leo, Néstor; Escartín, Celina; Parodi, Guillermo, FAO, 2016.



oeste provincial la oferta es limitada, con valores cercanos a cero.

Con respecto a las distintas clases de cobertura analizadas, el arbustal aportaría la mayor oferta de biomasa con fines energéticos, alcanzando 194 259 tn/año, debido a que se distribuye en una mayor extensión. Dentro de las formaciones boscosas, el caldenal abierto con arbustos y el bosque de caldén cerrado son las clases que mayor biomasa disponible presentan (Tabla 8).

### Picadas cortafuegos

Las picadas cortafuegos son franjas libres de vegetación, de ancho variable, que impiden la propagación horizontal del fuego y, al mismo tiempo, facilitan la llegada de los brigadistas al lugar del incendio con mayor rapidez y permiten la ejecución de tareas de contrafuego con mayor seguridad (Defensa Civil).

En la Provincia de La Pampa, la Ley N.º 1354/1991 establece la obligatoriedad de apertura y mantenimiento de picadas perimetrales de los establecimientos rurales a cargo de los propios productores (propietario, arrendatario, usufructuario, aparcero).

De acuerdo con el Decreto N.º 1 925/2000, que aprueba la reglamentación de la Ley N.º 1354, se categorizó el territorio provincial en función al riesgo de ocurrencia de incendios y en base a las condiciones ecológicas. Por ello, el Plan provincial de picadas cortafuegos divide al territorio en tres zonas (Mapa 2), donde se obliga a la apertura de picadas cortafuegos perimetrales del siguiente modo:

- Zona Este: de realización optativa.
- Zona Centro: plazo de hasta 24 meses, para abrir o limpiar las picadas cortafuegos.
- Zona Oeste: plazo de hasta 10 años, para abrir o limpiar las picadas cortafuegos.

Para cuantificar la oferta potencial de biomasa, y dado que no se dispone de información actualizada sobre el estado de las picadas perimetrales, se consideró que las mismas nunca fueron limpiadas (apertura o mantenimiento). En este sentido, en el análisis espacial realizado para los cuatro tipos de bosques y para el arbustal, se consideró su *stock* total. Para esto, se emplearon los valores de *stock*

## Cuadro 9

Stock de biomasa por tipo de formación nativa.

Clase	Stock (tn/ha)
Caldén cerrado	37,4
Caldén abierto con pastos	15,5
Caldén abierto con arbustos	14,5
Bosque caldén tipo parque	0,4
Arbustal	21,8

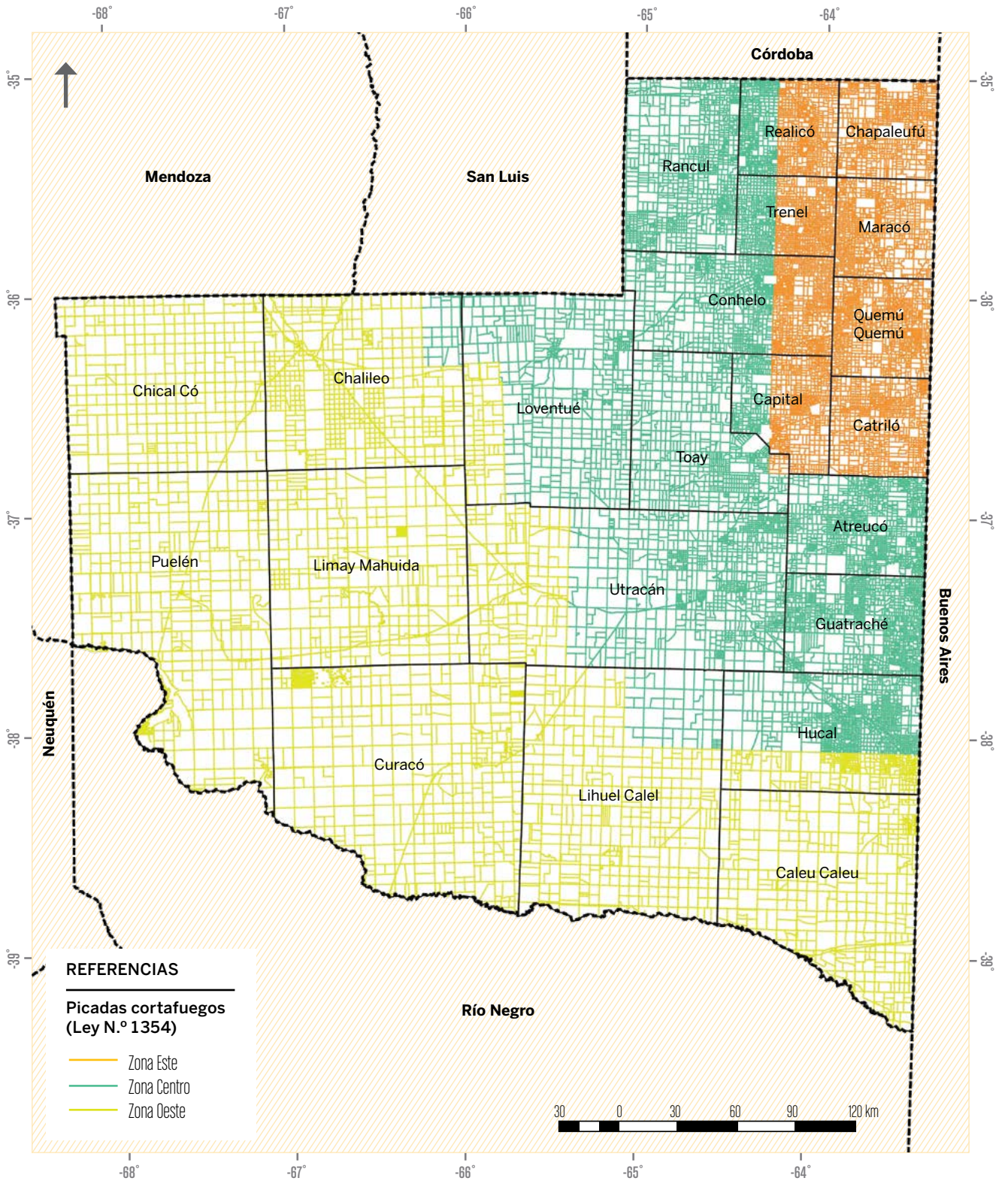
## Cuadro 10

Ajuste de picadas cortafuegos en función del ancho y de la unidad espacial de análisis (40 m).

Zona	Ancho total de picadas (m)	Coefficiente
Este	10	0,2
Centro	20	0,5
Oeste	10	0,2

**Mapa 2.** Zonificación de picadas cortafuegos (Ley N.º 1354, Decreto N.º 1925).

**Fuente:** Elaborado por Barasch, Yamila, et al., *ibíd.*



(Tabla 9) determinados en la sección de bosque nativo y otras formaciones leñosas y arbustales, respectivamente.

Para estimar la oferta proveniente de pastizales, se utilizó el índice de productividad (IP) de suelos del INTA, una capa de precipitación media anual (PPMA) y valores de productividad mínimos y máximos obtenidos en la bibliografía disponible sobre el tema. Se tomó como valor mínimo anual de productividad, el presentado en el trabajo de Butti, *et al* (2012), para el año 2003, el cual fue de 373,4 kg/ha; y, el máximo adoptado, fue de 5 080 kg/ha (Wysiecki, 1993). Este rango fue dividido en seis clases iguales, de las cuales se eliminó la inferior, debido a que la extracción de biomasa de esos ambientes es riesgosa por la degradación del ambiente. Por ello, se adoptó como clase inferior 1 157,8 kg/ha x año. También, se clasificó en seis clases la capa de IP del INTA y se le asignó el valor de productividad correspondiente. Con el propósito de correlacionar los valores mínimos y máximos de productividad con las precipitaciones acumuladas anualmente, se realizó una regresión lineal.

Estos valores fueron ajustados considerando la unidad espacial de análisis (40 m). Adicionalmente, de acuerdo al ancho total de cada tipo de picada, se aplicaron los siguientes coeficientes, con el fin de ajustar las picadas al tamaño de cada píxel (Tabla 10).

De esta manera, dependiendo de la categoría de formación vegetal a la que pertenece cada píxel de picada, se asignó el valor correspondiente de biomasa disponible.

A fin de enriquecer el estudio, la Provincia aportó datos sobre aquellas picadas perimetrales e inter-

nas, correspondientes a los años 2013, 2014 y 2015, que fueron limpiadas, por lo que a las picadas de dichas unidades catastrales no se les asignó una oferta de biomasa.

Como resultado, el total de biomasa con fines energéticos se estimó en 506193 tn/año. En la Tabla 11, se puede observar la oferta de biomasa disponible desagregada por zona.

Vale aclarar que, al calcular la disponibilidad de biomasa proveniente de la limpieza o apertura de picadas, utilizando la capa geográfica brindada por la Dirección General de Catastro, posiblemente se haya sobrestimado el volumen de la misma. Esto se debe a que la capa geográfica compartida tiene como unidad la parcela catastral y, en la práctica, la limpieza se realiza en la picada perimetral de la empresa agropecuaria o establecimiento productivo. No obstante, esa posible sobreestimación puede estar parcialmente compensada por la superficie de picadas internas, que no son obligatorias, pero a las cuales se les realiza un mantenimiento periódico.

Además de considerar las picadas cortafuegos contempladas en la Ley N.º 1354, se analizaron las picadas cortafuegos del Plan Integral de Prevención y Lucha Contra Incendios Rurales, ejecutado por la Dirección General de Defensa Civil, en el año 2011. Este Plan Integral tuvo como objetivo principal disminuir la ocurrencia e incidencia de los incendios rurales y minimizar las pérdidas materiales que ocasionan los mismos en las explotaciones agropecuarias relacionadas a la oferta forrajera, a la muerte de animales y a las pérdidas en infraestructura, traslados de rodeos y afectación de los recursos forestales (PROSAP, 2011).

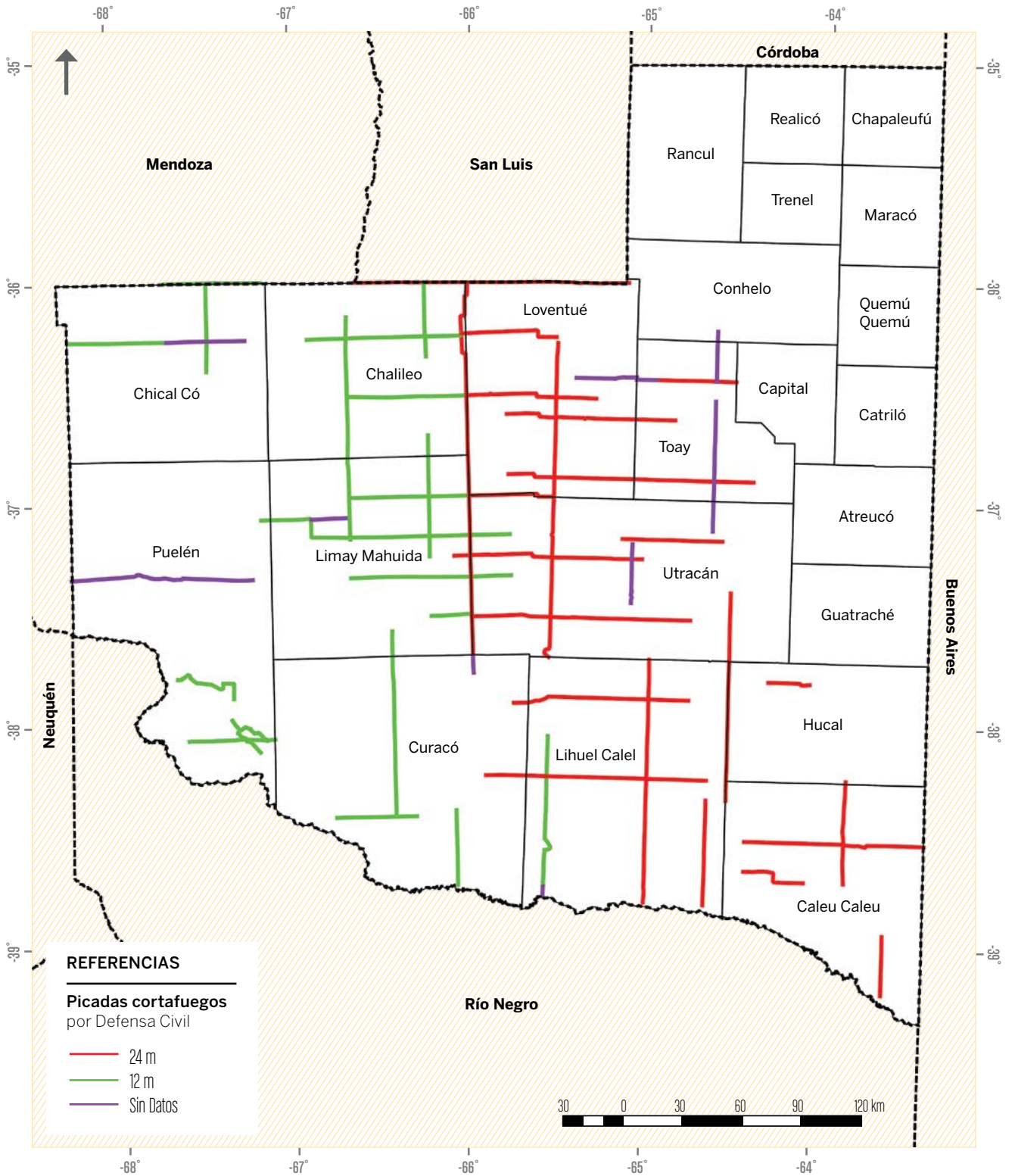
### Cuadro 11

Biomasa disponible estimada a partir de picadas cortafuegos (Ley N.º 1354).

Zona	Biomasa disponible (tn/año)
Este	19 721
Centro	407 454
Oeste	79 018

**Mapa 3.** Picadas cortafuegos del Plan Integral de Prevención y Lucha Contra Incendios Rurales, Provincia de La Pampa (2011).

**Fuente:** Elaborado por Barasch, Yamila, *et al.*, *ibíd.*



Para analizar espacialmente estas picadas cortafuegos, se complementó la capa geográfica de Defensa Civil con la brindada por INTA (Mapa 3). Si bien esta última no poseía datos sobre el ancho de las picadas, se asignó el valor de 18 m. Este valor surge del promedio de los valores presentados por la cobertura de picadas de Defensa Civil, es decir, 12 y 24 m respectivamente.

A fin de calcular el stock de biomasa proveniente de los cuatro tipos de bosques (caldén cerrado, caldén abierto con pastos, caldén abierto con arbustos y bosque de caldén tipo parque), se multiplicó el IMA de bosque nativo –resultante del análisis espacial del bosque nativo– por la constante 4 –4 años–, dado que estas picadas fueron limpiadas en el año 2011. Los pastizales fueron estipulados de igual manera que para las picadas cortafuegos de la Ley N.º 1354.

Con el propósito de ajustar espacialmente el stock de los bosques y arbustales y el incremento anual de los pastizales, al ancho de la picada se lo multiplicó por los coeficientes 0,3, 0,45 y 0,6, según correspondieran a los anchos de picadas 12, 18 y

24 m, respectivamente. En la Tabla 12, se muestran los resultados alcanzados según ancho de picadas.

Es necesario mencionar que a los mapas calculados, para ambos tipos de picadas cortafuegos, en el análisis espacial solamente se los restringió parcialmente con el mapa de accesibilidad física y totalmente en las áreas protegidas y la Categoría I (Rojo) del OTBN. De esta forma, no se la restringió por la Categoría II (Amarillo) del OTBN, como sí se hizo con el resto de la oferta directa.

### 5.2.2 Cultivos Forestaciones

Las actividades de poda y raleo y los residuos de cosecha de las plantaciones forestales representan una oferta importante de biomasa utilizable con fines energéticos. Para determinar el volumen del rodal, es necesario conocer su ubicación y superficie. Además, para su cuantificación, se requiere que la superficie del rodal se encuentre acompañada de otros atributos, tales como edad, especie, densidad y, si es posible, diámetro cuadrático medio. Para

#### Cuadro 12

Picadas Defensa Civil y biomasa disponible por ancho de picada. Año 2015.

Picadas cortafuegos / Defensa Civil	Biomasa disponible (tn/año)
24 m de ancho	3590
18 m de ancho	356
12 m de ancho	531

#### Cuadro 13

Especies implantadas en hectáreas. La Pampa. 1993-2008.

#### Fuente

Dirección de Recursos Naturales (2015).

Especies	1993-2000	2001-2008	Total
Coníferas	318	303,0	621,0
Eucaliptos	366	457,5	823,5
Salicáceas	2168	390,0	2558,0
Otras	39	0,0	39,0
<b>Total</b>	<b>2891</b>	<b>1150,5</b>	<b>4041,5</b>



conocer la ubicación y superficie de esta fuente biomásica, se utilizó la información espacial brindada por la Dirección de Producción Forestal (DPF), perteneciente al ex Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (ex MAGyP).

En la Provincia de La Pampa, según la Dirección de Recursos Naturales, entre 1993 y 2008, se forestaron 4 041,5 ha, principalmente de salicáceas (65 %). En la Tabla 13, se pueden observar estos datos en dos series de ocho años cada uno. Las salicáceas (álamos y sauces) fueron plantadas mayormente durante 1993, para ser utilizadas como cortinas forestales cortavientos en zonas de cultivos.

Un aspecto a destacar, es la adhesión de la Provincia a través de la Ley N.º 1 883/00 a la Ley N.º 25 080/99 de Inversiones de Bosques Cultivados, que impulsó la implantación de distintas especies en el territorio provincial.

Con el fin de calcular la oferta potencial bioenergética derivada de las forestaciones, se empleó la información provista por la DPF, que consta de dos capas: una, correspondiente a los planes aprobados bajo el régimen de promoción forestal (Ley N.º 25 080); y, la otra capa, que posee parcelas que no necesariamente corresponden a ese régimen (planes no pagados) y predios digitalizados por fotointerpretación. El tratamiento de ambos insumos consistió en integrar la geometría de ambas capas así como sus atributos. En los casos donde hubo datos faltantes, correspondientes al DAP o altura, éstos fueron estimados a partir de curvas de regresión.

Además de la información brindada por la DPF, se incorporó al análisis la capa geográfica correspondiente al relevamiento de especies exóticas a cargo de la Dirección Provincial de Vialidad (DPV). Dicho relevamiento fue realizado sobre algunos tramos de las rutas provinciales RP1, RP14 y RP18. Las especies detectadas fueron: olmos, pinos, eucaliptus, gualaguay, acacias, además de la vegetación nativa existente.

A ambos insumos, se les asignó el valor de IMA correspondiente a las plantaciones de *Populus spp* y *Salix spp*, para la zona centro del país: 15,4 tn/ha x año (Drigo *et al.*, 2009).

Los resultados de este análisis indican que el sector forestal de la Provincia aportaría 16 451 tn/ año de

recursos biomásicos con fines energéticos. Éstos se concentran, principalmente, en los departamentos de Puelén, Atreucó, Capital, Utracán, Catrilo y Conhelo.

### Frutales

La oferta de biomasa seca del cultivo de frutales proviene de los residuos de poda o reemplazo de plantas. Dado que no se contó con una capa geográfica oficial con la distribución de los cultivos de frutales en la Provincia de La Pampa, estos predios se digitalizaron manualmente utilizando Google Earth, y se los ubicó únicamente en el departamento de Puelén. Para la estimación de biomasa seca potencialmente disponible con fines energéticos, se consideraron 5,4 tn/ha x año (Drigo *et al.*, 2009).

De tal manera, la oferta se concentró territorialmente en el departamento Puelén, alcanzando unas 5 953 tn/año de biomasa seca disponible.

### Síntesis de oferta directa total

El Mapa 4 presenta la oferta biomásica directa total, que incluye la oferta directa estimada para formaciones leñosas y para cultivos. Este mapa complementa el Mapa 1, al incorporar la oferta proveniente de la limpieza o apertura de picadas cortafuegos<sup>11</sup>. A diferencia del Mapa 1, los valores de *stock* establecidos en el Mapa 4 para los bosques de caldén incrementan la oferta máxima por píxel. De esta forma, en la zona central de la Provincia, que se corresponde con el Distrito del Caldén, se concentra la mayor oferta de recursos. En el este provincial, debido a la presencia de cultivos extensivos y a que la apertura de picadas no es obligatoria, la oferta biomásica con fines energéticos es sustancialmente inferior a la oferta de la zona central. Por su parte, en el oeste provincial, la oferta de biomasa es baja, exceptuando el sudoeste provincial donde se desarrollan los cultivos de frutales y forestaciones.

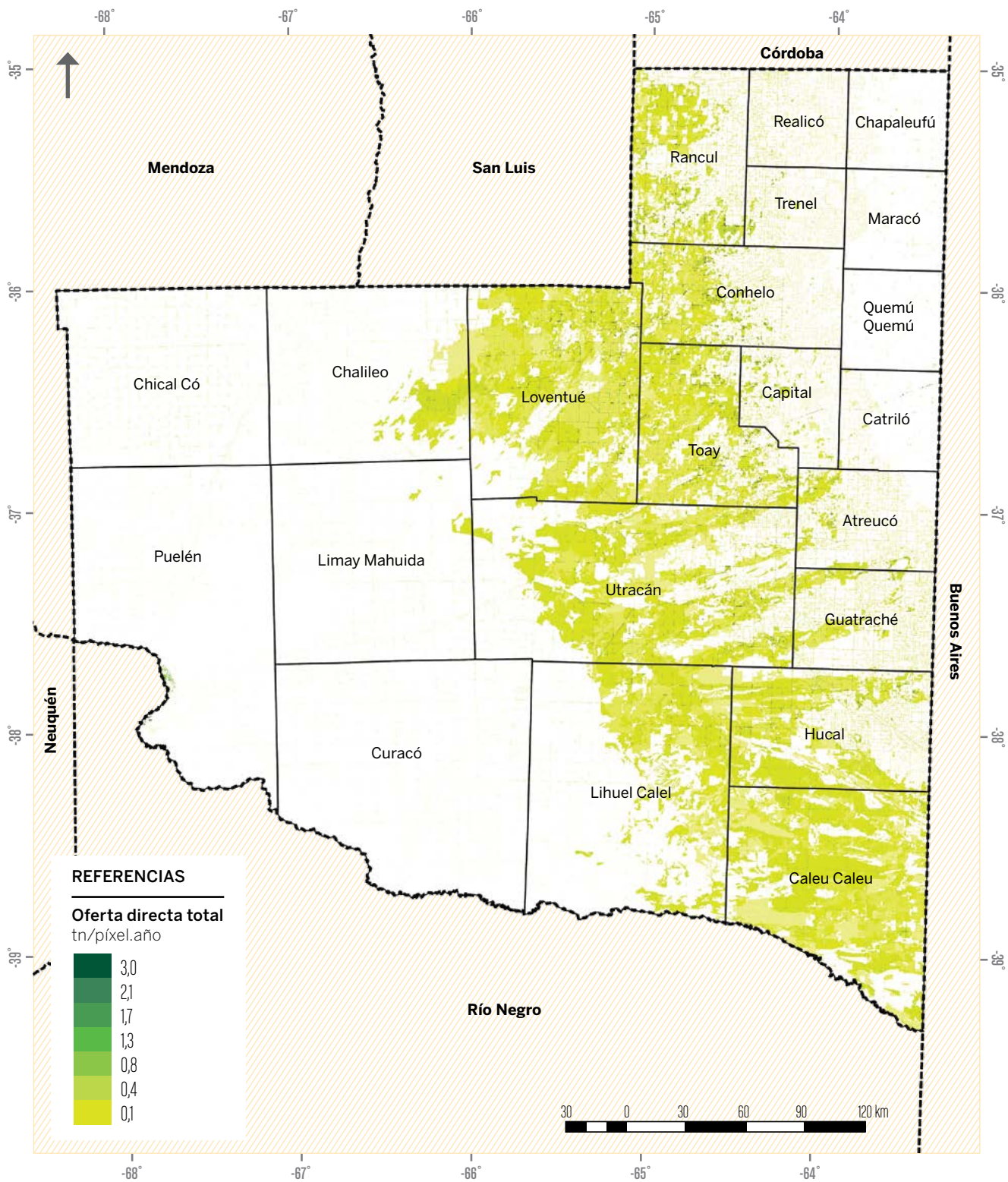
### 5.2.1 Accesibilidad física

La metodología WISDOM contempla la incorporación de una variable limitante, que tiene relación

11. Por la escala utilizada no se llega a apreciar el volumen de biomasa estimado correspondiente a las picadas.

**Mapa 4.** Oferta directa total.

**Fuente:** Elaborado por Barasch, Yamila, *et al.*, *ibíd.*



con la topografía y la distancia que existe entre un lugar poblado o vía de comunicación y la localización del recurso biomásico analizado. Esencialmente, la metodología propone aplicar esta restricción o limitante a la oferta directa de biomasa proveniente del bosque nativo y de los arbustales, de la limpieza o apertura de picadas cortafuegos, del manejo de las plantaciones forestales y de la poda o reemplazo de frutales, dado que estos recursos se encuentran dispersos en el territorio. El desplazamiento entre dos puntos del espacio implica una fricción que puede expresarse en términos de costos económicos y energéticos (combustible, mano de obra) y de tiempo de traslado, en función de la distancia y pendientes que separan a estos puntos.

La accesibilidad física es un parámetro espacial que define la posibilidad de acceder a un determinado recurso biomásico, en relación a la distancia que lo separa del lugar más cercano y a un factor de costo, basado en características del terreno (FAO, 2009). De esta manera, para calcular la accesibilidad al recurso biomásico, se incorporaron al análisis las capas de las redes vial y ferroviaria y de los centros poblados (con sus respectivas ponderaciones), en función del Modelo Digital de Elevaciones (DEM, por sus siglas en inglés). En este caso, el costo expresa la resistencia a la posibilidad de desplaza-

miento ofrecida por un medio físico en un punto concreto. Las superficies de fricción contienen valores de costo, que expresan la resistencia que presenta una celda a ser recorrida.

Por esta razón, se creó un mapa de accesibilidad que contempla los factores mencionados en relación con el mapa de fricción. A diferencia del WISDOM Argentina, donde se divide en 20 categorías discretas la accesibilidad (de 100 % accesible, 95 %, 90 % hasta alcanzar el 0), en el análisis espacial realizado con *Dinamica EGO*, no se categorizó el mapa de costo acumulado sino que se realizó usando valores continuos. Así, un píxel 58,7 % accesible, tendrá un 58,7 % de su IMA potencial utilizable con fines bioenergéticos.

Otra diferencia, es que la función que transforma el costo acumulado para llegar a un determinado píxel no es lineal, tal como se usó en el WISDOM Argentina. En este análisis espacial, se aplicó una función exponencial donde los píxeles experimentan un rápido incremento del costo acumulado a medida que se alejan del "lugar de origen", sea red vial, ferroviaria o centro poblado. En otras palabras, los píxeles muy accesibles conservarían una fracción significativa de su IMA, mientras que los píxeles medianamente o poco accesibles tendrían bajo IMA disponible para utilizar.

#### Cuadro 14

Coeficientes por tipo de red vial.

#### Fuente

Adaptado en base al Banco Mundial (2010).

Red vial		
Tipo	Clase	Coefficiente
Todos	Pavimentado	1
Todos	Consolidado	0,72
Rutas	Todas las que no sean pavimentadas o consolidadas	0,72
Camino	Tierra	0,46
Huella, senda o picada	Todos	0,36

### 5.2.I.a Red vial

La capa vectorial de la red vial utilizada fue brindada por el INTA. Esta capa resulta de la modificación y complementación de la capa correspondiente al SIG250 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). La misma fue codificada en base a bibliografía específica sobre relaciones entre el tipo de calzada y la dificultad de desplazamiento (Banco Mundial, 1995). De este modo, para realizar el análisis espacial se ponderó la accesibilidad en función de las características de la red vial y, considerando los atributos de la capa, se asignaron cuatro coeficientes tal como se detalla en la Tabla 14.

### 5.2.I.b Ferrocarriles

En relación a los ferrocarriles, la capa vectorial que se utilizó fue suministrada por el INTA. La ponderación otorgada a las vías férreas activas fue de 0,72 (72 % de accesibilidad), de igual forma que la otorgada a los caminos consolidados y las rutas que no son de clase pavimentadas ni consolidadas, mientras que a las vías férreas inactivas o que no contaban con información se les asignó una ponderación de 0,46 (46 % de accesibilidad), equivalente a una calzada de tipo camino y de clase tierra.

### 5.2.I.c Ejidos urbanos

La capa de centros poblados urbanos se generó a partir de la selección de los radios censales de tipo "urbano" del CNPhyV, del año 2010 (INDEC, 2010). En el análisis espacial, se consideró que la accesibilidad a los recursos biomásicos en los ejidos urbanos es del 100 % (coeficiente 1).

### 5.2.I.d Parajes rurales

Con el objetivo de complementar la capa de ejidos urbanos, se recurrió a la Base de Asentamientos Humanos de la República Argentina (BAHRA), de modo de incorporar al análisis aquellos parajes rurales a los que se les asignó una accesibilidad del 100 %.

### 5.2.I.f Pendiente del terreno

Se creó un mosaico a partir de 26 escenas correspondientes al DEM provistas por el IGN. El DEM fue utilizado como insumo para realizar un mapa de pendientes (mapa de fricción o impedancia) y, a su

vez, éste se utilizó para calcular el costo acumulado de una variable en el espacio (red vial, ferrocarriles, ejidos urbanos y parajes rurales).

Como se puede observar en el Mapa 5, los valores altos de accesibilidad física están relacionados estrechamente con las redes viales provinciales y nacionales. Los principales ejes de accesibilidad coinciden con las rutas nacionales: RN188 y RN5, al noroeste, y RN35 y RN154, en el eje meridional del sector este provincial, complementado por rutas provinciales. Así, determinan una región con alta accesibilidad en los departamentos de Chapaleufú, Realicó, Trenel, Maracó, Conhelo, Quemú Quemú, Capital, Catrilo, Atreuco, Guatraché y, en menor medida, Hucal y Caleu Caleu. En el eje este-oeste, la accesibilidad está determinada por la RP10, al norte, y las RN152, RN143 y RP20, hacia el sur.

En contraposición a lo mencionado, gran parte de la Provincia presenta sectores de accesibilidad inferiores al 50 %, particularmente los departamentos ubicados en el centro y oeste provincial. En los mismos, los focos de alta accesibilidad física se corresponden con centros poblados urbanos y rurales.

## 5.2.II Accesibilidad legal

Este es un parámetro espacial que define la accesibilidad a un determinado recurso biomásico en relación a las restricciones legales a las que está sujeta su aprovechamiento y su gestión comercial. Estas restricciones están impuestas sobre las áreas protegidas para la conservación de la naturaleza, tal como fue considerado en el WISDOM Argentina (FAO, 2009). Adicionalmente, en el desarrollo del WISDOM provincial se incluyó el OTBN. En este

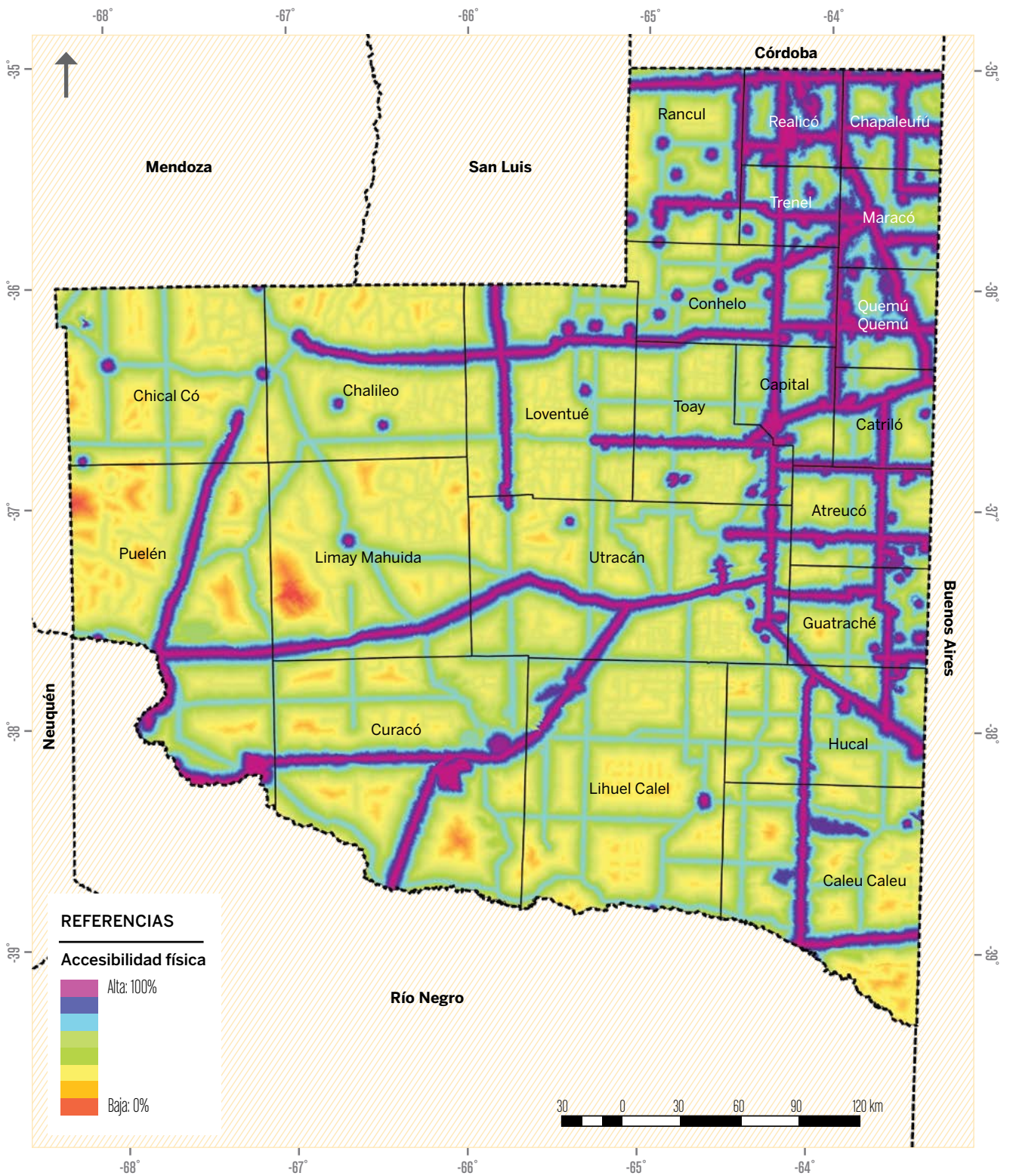
### Cuadro 15

Coeficientes según OTBN.

Categoría	Coeficiente
Rojo	0
Amarillo	0,5
Verde	1

Mapa 5. Accesibilidad física.

Fuente: Elaborado por Barasch, Yamila, et al., *ibíd.*



sentido, el mapa de “accesibilidad legal” correspondiente a la disponibilidad de los recursos biomásicos se constituyó integrando las distintas categorías de las áreas protegidas y del OTBN, con sus respectivas ponderaciones.

### 5.2.II.a Ordenamiento territorial de bosque nativo

Según la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos N.º 26 331/07, se establece la necesidad de realizar el Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos. En dicho ordenamiento, se definen tres categorías de conservación de la biodiversidad (Anexo I).

En este sentido, a las categorías del OTBN de la Provincia se les asignó las ponderaciones de accesibilidad presentadas en la Tabla 15. Esta capa provincial fue otorgada por la Dirección de Bosques (ex SAyDS).

La Categoría Rojo, que circunscribe sectores de muy alto valor de conservación que no pueden transformarse, ha sido restringida totalmente en el análisis espacial. En cuanto a la Categoría Amarillo, debido a que admite un aprovechamiento sostenible del recurso, se le asignó una disponibilidad del 50 % del IMA. Mientras que, para la Categoría Verde se determinó una disponibilidad del 100 % de accesibilidad legal, ya que comprende sectores de bajo valor de conservación y pueden transformarse parcial o totalmente dentro de los criterios de la Ley.

Vale señalar que, para hacer un aprovechamiento del bosque nativo en áreas definidas como Amarillo, debe contarse con un plan de manejo forestal aprobado por la autoridad local de aplicación. También, de acuerdo con la Ley, para hacer uso del bosque nativo en zona Verde, se deberá cumplir con el procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

### 5.2.II.b Áreas protegidas

Para generar la capa de restricción legal correspondiente a las áreas protegidas, se utilizó la capa de áreas protegidas provista por el INTA, asignándoles a las mismas un valor 0, equivalente a una restricción total al recurso biomásico. El Sistema de Áreas Protegidas Provinciales está constituido por ocho reservas:

- Reserva Natural Parque Luro
- Reserva Natural Laguna de Guatraché
- Reserva Natural Limay Mahuida
- Reserva Natural La Reforma
- Reserva Natural Pichi Mahuida
- Reserva Natural La Humada
- Reserva Natural Casa de Piedra
- Parque Provincial Ñochilei-Co

Además, existe un Área Protegida Municipal, la Reserva Natural Chidilauquen, y un Área Protegida Nacional, el Parque Nacional Lihuel Calel. Por último, se tomó en consideración el área estimada de la posible Reserva Provincial Salitral Encantado, proyecto de área protegida que se encuentra en etapa de evaluación.

El Mapa 6 presenta áreas de total restricción, zonas rojas, que se corresponden con las áreas naturales protegidas y la Categoría Rojo del OTBN. La zona central de la Provincia, comprendida por la provincia fitogeográfica del Espinal (Distrito del Caldén), presenta valores medios de accesibilidad fijados por la Ley N.º 26 331. Vale recalcar que para hacer un aprovechamiento del bosque nativo en áreas definidas como Amarillo, se debe aprobar un plan de manejo forestal por la autoridad local de aplicación. Las zonas Verdes no tienen ninguna restricción legal y se puede hacer uso de los recursos biomásicos con la presentación de una evaluación de impacto ambiental.

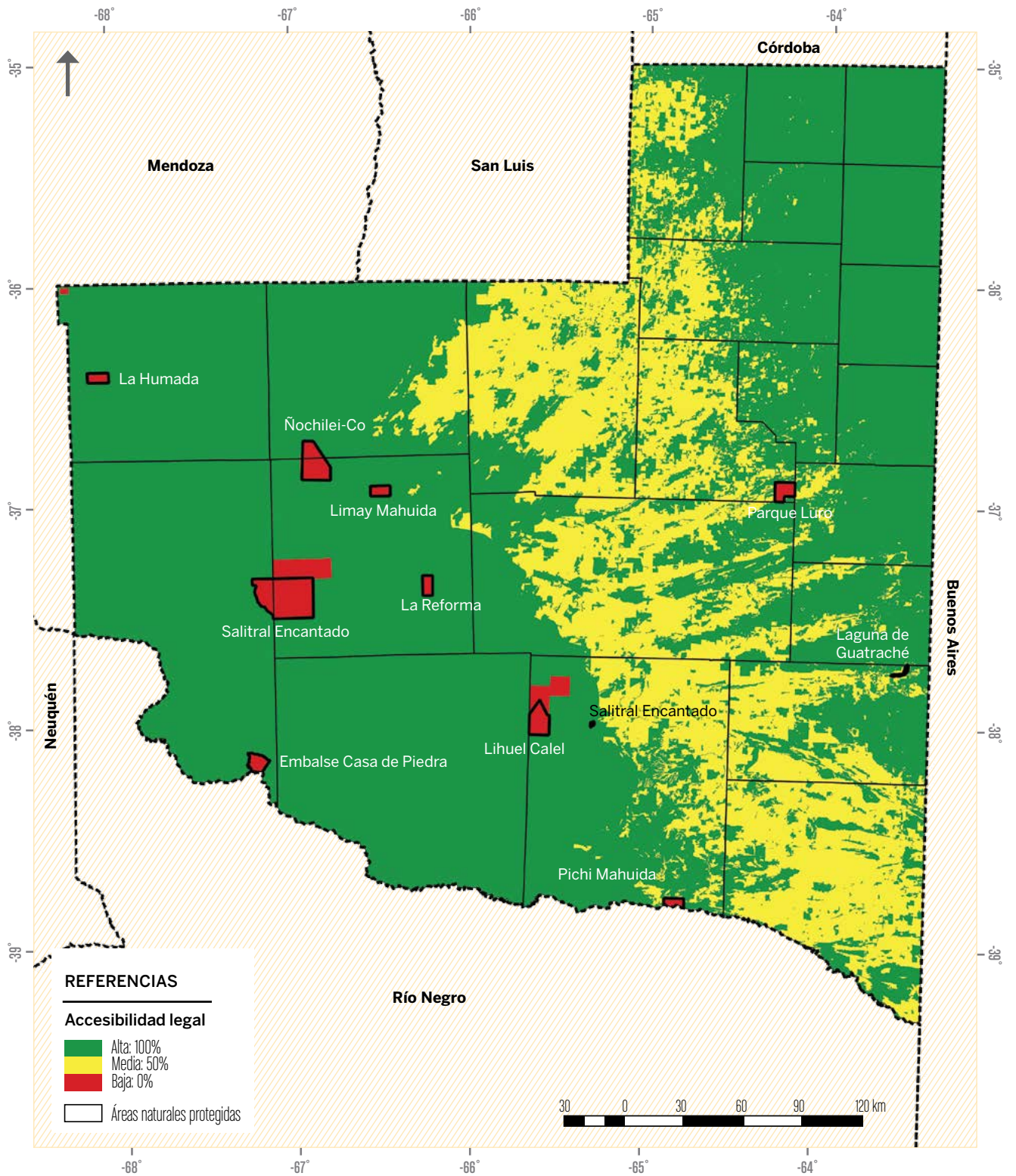
### 5.2.III Accesibilidad total

A partir de la conjunción de las restricciones físicas y legales, se multiplicaron los mapas de coeficientes, a los efectos de construir el mapa de accesibilidad total de modo de incluir todas las limitaciones. En este sentido, las áreas que no son restringidas por ninguno de estos parámetros aparecen en el mapa con valores de accesibilidad del 100 %, mientras que las áreas donde la restricción es total fueron consideradas de accesibilidad nula.

El Mapa 7 presenta la integración de los dos mapas de accesibilidad. En el mismo, se puede observar cómo el área comprendida bajo la Categoría Amarillo del OTBN, reduce fuertemente la accesibilidad en la diagonal boscosa del territorio provincial.

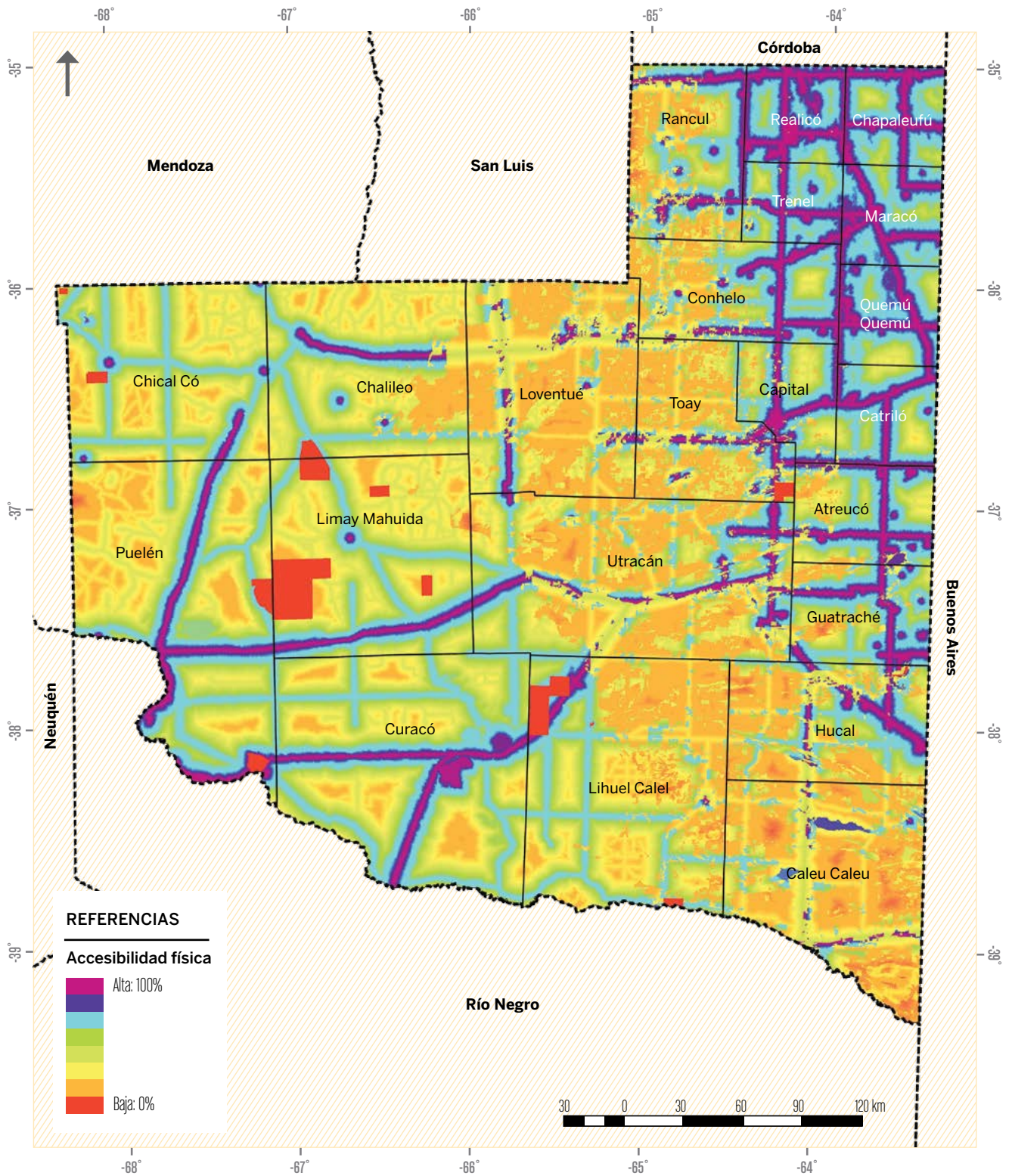
**Mapa 6.** Accesibilidad legal.

**Fuente:** Elaborado por Barasch, Yamila, *et al.*, *ibíd.*



**Mapa 7.** Accesibilidad total.

**Fuente:** Elaborado por Barasch, Yamila, *et al.*, *ibíd.*





Asimismo, la Categoría Rojo del OTBN y las áreas naturales protegidas anulan la disponibilidad de recursos biomásicos. Los mayores valores de accesibilidad se concentran en el NE provincial, determinados por el entramado de redes viales y centros poblados.

### **Oferta directa accesible**

En el Mapa 8, se muestra la oferta directa accesible en tn/año x píxel para la Provincia, de acuerdo a las restricciones de accesibilidad mostradas en los mapas precedentes. Aquí, se tuvieron en cuenta los cultivos analizados, las forestaciones y las formaciones leñosas, que ven reducida su disponibilidad en relación a las condiciones de accesibilidad.

La llanura central de la Provincia posee buenas condiciones de conectividad, tiene una escasa pendiente y presenta una abundante oferta biomásica. Estas condiciones se sintetizan en elevados niveles de oferta de biomasa accesible. En tanto, las restricciones físicas y legales generan zonas de baja accesibilidad, especialmente en el oeste provincial. No obstante, en el sudoeste se dispone de oferta biomásica en forma concentrada proveniente del manejo de cultivos.

Por otra parte, en el noreste provincial, si bien la accesibilidad a los recursos es alta, la oferta de recursos biomásicos es baja, debido a que no es obligatorio limpiar y mantener picadas, y a la existencia de cultivos como la soja y el maíz, que no dejan residuos aprovechables con fines energéticos en campo de manera sostenible.

El Mapa 8 y la Tabla 16 presentan la distribución de la oferta de biomasa accesible que coincide con las formaciones vegetales nativas, en su gran mayoría, y con las plantaciones forestales y de frutales, en el límite con el Río Colorado (al SO). Se puede observar que la disponibilidad de biomasa a partir del bosque nativo se redujo a la mitad por la influencia del OTBN (Categoría Amarillo). Los mayores valores representan la oferta de picadas que, como se aclaró oportunamente, no fueron restringidos por la Categoría II del OTBN.

### **5.3 Módulo de oferta indirecta**

Se entiende por oferta indirecta a la biomasa que resulta de un proceso de transformación industrial.

Este residuo o subproducto, a diferencia de la biomasa considerada como oferta directa, se encuentra concentrado espacialmente. Para la Provincia de La Pampa, no se desarrolló este módulo debido a la dificultad de acceder a la información necesaria para georreferenciar y estimar dicha oferta. Tal es el caso de los residuos de la foresto-industria, donde sólo se contaba con una planilla con los nombres de los aserraderos pero no aportaba datos de su ubicación y, tampoco, de la producción. De dicha industria se pueden aprovechar costaneros, despuntes, virutas, aserrín, corteza y astillas.

### **5.4 Módulo de demanda**

La biomasa como recurso energético ha sido utilizada a lo largo de la historia por diversos sectores y con diferentes fines. Este uso responde tanto a patrones tradicionales como a factores ecosistémicos, socioeconómicos y técnicos. Asimismo, la falta de acceso a las redes eléctrica y de gas natural y la irregularidad en el aprovisionamiento de gas envasado licuado y su alto costo, entre otros factores, hacen de su empleo una necesidad fundamental, ya que es una de las fuentes energéticas más accesible. La forma más generalizada de utilización de esta fuente es la combustión directa.

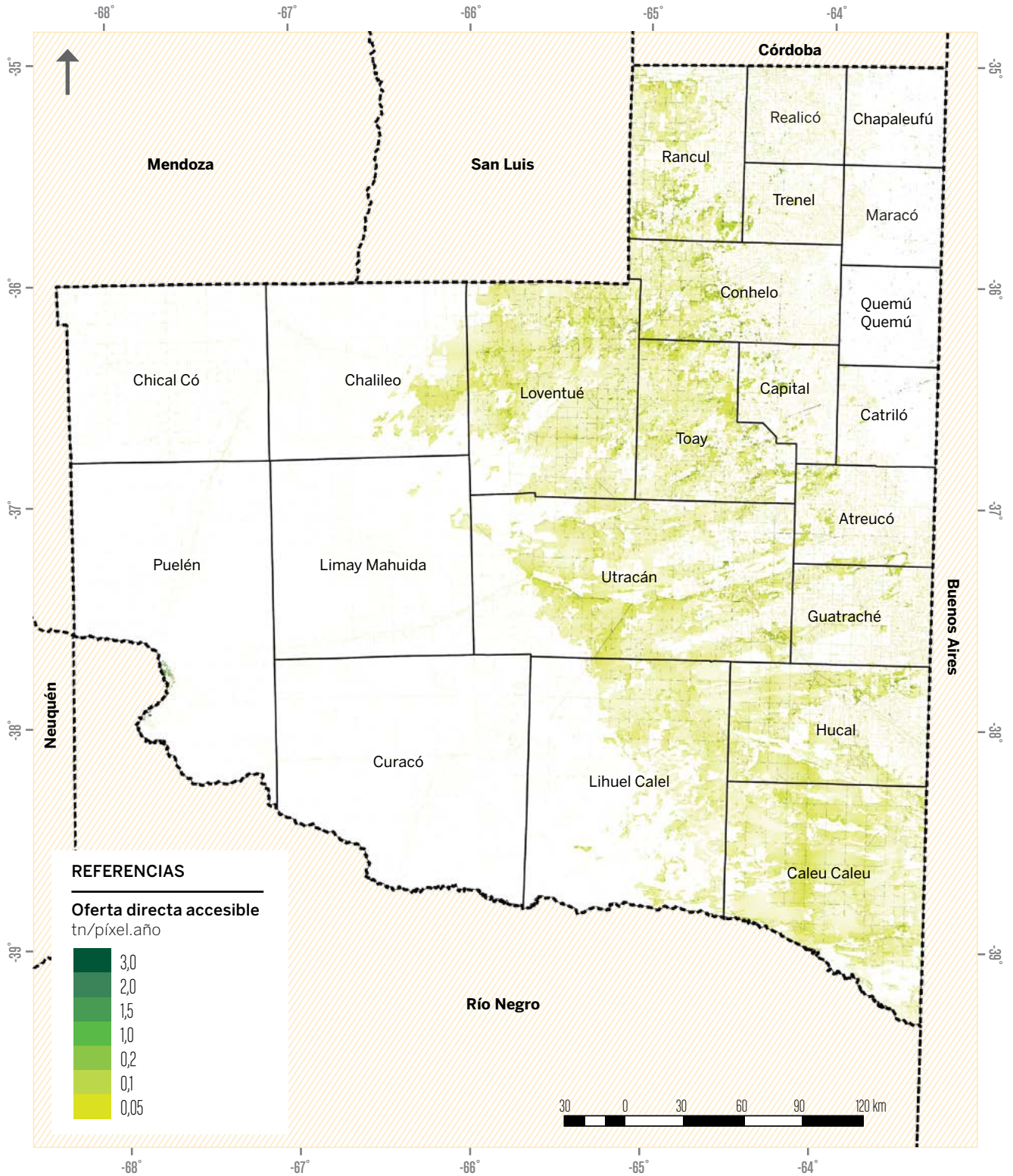
Históricamente, en el sector doméstico se utilizó la biomasa con fines energéticos para hacer frente a las condiciones climáticas, cocinar los alimentos, calentar el agua e iluminar. Con respecto al sector industrial, los recursos biomásicos han tenido diversas finalidades, de acuerdo a la actividad productiva desarrollada. Particularmente, en la Provincia de La Pampa, la única industria considerada fue la ladrillería, que utiliza leña o carbón vegetal como recurso energético durante la etapa de cocción del ladrillo.

Con respecto al consumo de biomasa con fines energéticos en el sector comercial (panaderías, parrillas, restaurantes), no se tuvo acceso a información oficial sobre la ubicación y cantidad de establecimientos, por lo que no se pudo cuantificar el consumo de leña o carbón vegetal de este sector.

El consumo de biomasa en el sector público está representado por las escuelas rurales, que utilizan leña para satisfacer las necesidades de cocción de alimentos del comedor escolar. El Relevamiento de Escuelas Rurales (RER), realizado por el Ministerio

**Mapa 8.** Oferta Directa Accesible.

**Fuente:** Elaborado por Barasch, Yamila, *et al.*, *ibíd.*



**Cuadro 16**

Oferta directa accesible por fuente y departamento.

Departamento	Oferta Directa tn/año					
	Bosque Nativo	Arbustal	Picadas -DC-	Picadas Ley N.° 1354	Forestaciones	Frutales
Atreucó	12,9	63	0,0	17,6	3,6	0,0
Caleu Caleu	53,4	49,5	567	36,8	0,0	0,0
Capital	6,6	4	0,0	11,3	2,0	0,0
Catriló	1,3	75	0,0	2,31	1,5	0,0
Conhelo	38,3	904	13	48,2	1,3	0,0
Curacó	0,0	0,0	82	1,9	0,0	0,0
Chalileo	11,5	5,1	304	6,0	0,0	0,0
Chapaleufú	1,2	0,0	0,0	882	0,0	0,0
Chical Co	22	0,0	106	1,8	0,0	0,0
Guatraché	8,5	1,1	0,0	20,4	3	0,0
Hucal	28,0	21,0	203	45,9	635	0,0
Lihuel Calel	24,2	31,2	554	19,2	0,0	0,0
Limay Mahuida	6	982	194	1,6	0,0	0,0
Loventué	91,1	14,8	959	81,9	0,0	0,0
Maracó	1,21	0,0	0,0	967	0,0	0,0
Puelén	224	0,0	86	2,1	4,7	5,9
Quemú Quemú	906	0,0	0,0	107	194	0,0
Rancul	33,5	6,7	0,0	49,0	0,0	0,0
Realicó	1,0	11	0,0	7,6	270	0,0
Toay	60,2	1,9	465	57,4	956	0,0
Trenel	3,2	0,0	0,0	8,7	300	0,0
Utracán	45,4	61,0	944	79,8	1,6	0,0
<b>Subtotales</b>	<b>422,7</b>	<b>194,2</b>	<b>4,5</b>	<b>501,7</b>	<b>17,2</b>	<b>5,9</b>
<b>Totales</b>	<b>1 150,7</b>					

de Educación, que consultó a cada establecimiento: “¿Cuál es el combustible utilizado para cocinar?”, reveló que, en la Provincia, ninguna escuela rural utiliza biomasa con fines energéticos.

#### 5.4.1 Sector residencial

En el sector residencial, los usos finales de la biomasa como combustible, se corresponden con la cocción de alimentos, provisión de agua caliente para uso sanitario, calefacción y, en menor medida, iluminación.

En la actualidad, el servicio de gas de red, en la Provincia, obtuvo una variación intercensal positiva, entre 2001 y 2010, de un 15,3 %, que representó la incorporación de 25 826 nuevos hogares a la red. Se registró un notable incremento porcentual en el departamento Capital (de 10 puntos porcentuales), que representa la inclusión de 8 728 hogares a la red de gas. Cabe destacar la ausencia del servicio en los departamentos de Curacó, Lihuel Calel y Limay Mahuida.

En el análisis del consumo residencial, a cada radio censal de tipo urbano y centro poblado del BAHRA de la Provincia de La Pampa, se le asignó el dato de cantidad de habitantes que viven en hogares que emplean leña o carbón vegetal como combustible principal para cocinar (CNPHyV, 2010). La ausencia de datos del volumen de biomasa consumida, obligó a estimar el consumo de leña (y el equivalente de biomasa en carbón vegetal). Así, se adoptó la cifra empleada en el WISDOM Argentina (FAO, 2009), donde se consideró que una persona consume un total de 0,75 tn/año. Este coeficiente contempla el total de hogares que utilizan biomasa para cocinar y calefaccionarse.

Como resultado de estas estimaciones, se registró un consumo de 405 toneladas anuales de recursos biomásicos.

#### 5.4.2 Sector industrial

##### Ladrilleras

La producción de ladrillos en la Provincia de La Pampa se localiza, principalmente, en los departamentos Capital, Toay y Chalileo. Las formas de producción del ladrillo pueden realizarse mediante métodos artesanales, basados en el trabajo manual o por procedimientos mecanizados. En ambos mé-

todos de producción, la etapa de cocción del ladrillo se realiza en hornos cuyo insumo principal es la leña. Durante el proceso de fabricación de ladrillos, la cocción es un paso muy importante, ya que se le confiere a las piezas las propiedades deseadas. En esta etapa, se expone el material a temperaturas extremas (de 90°C a 1000°C), comprobando la resistencia de la pieza que se ha logrado en los estadios precedentes (preparación, moldeo y secado) (COLCIENCIAS, 2016).

Para esta industria, se consideraron los datos brindados por la Provincia, que dan cuenta de la existencia de nueve ladrilleras, con un consumo anual de 4 708 toneladas de leña o carbón vegetal con fines energéticos.

#### Síntesis de demanda

En la Tabla 17 y en el Mapa 9, se exhibe una concentrada demanda de biomasa con fines energéticos por la industria ladrillera en el área periurbana del Aglomerado Gran Santa Rosa-Toay, donde se reúne la mayor cantidad de ladrilleras, alcanzando un consumo de 4 708 tn/año. El consumo residencial de biomasa como combustible para cocinar, calefaccionar o calentar agua con fines sanitarios, se concentra en los centros poblados, sin tener una correlación directa con el número de habitantes. Se observa que el uso de la biomasa con fines energéticos es marginal, esto puede deberse a que la Provincia de La Pampa cuenta con redes de gas natural y eléctricas que alcanzan a un gran porcentaje de la población.

#### 5.6 Módulo de integración

El balance entre la oferta potencial y el consumo actual estimado de biomasa, permite obtener un mapa de disponibilidad de recursos biomásicos que facilita la identificación de áreas deficitarias y zonas de superávit. Esta zonificación bioenergética es útil para la formulación de políticas públicas y para la planificación energética.

Como se observa en la Tabla 18, la Provincia exhibe un gran potencial de oferta biomásica con fines energéticos. La totalidad de los departamentos muestra un balance positivo, donde se destacan los departamentos Loventué, Utracán, Caleu Caleu y Toay. Asimismo, Hucal, Rancul, Conhelo y Lihuel

Calel presentan, en menor medida, un fuerte superávit bioenergético. El volumen de oferta presentado por todos estos departamentos está determinado por la disponibilidad de biomasa a partir del aprovechamiento sustentable del bosque nativo y de otras formaciones leñosas y por la biomasa disponible por el mantenimiento de picadas cortafuegos.

Un aspecto a destacar es la marcada asimetría, en todos los departamentos, entre la oferta y demanda de biomasa para usos energéticos. Esta característica permite vislumbrar, por un lado, el potencial bioenergético pasible de ser utilizado, y, por el otro, la escasa utilización actual del recurso y la dispersión de registros oficiales.

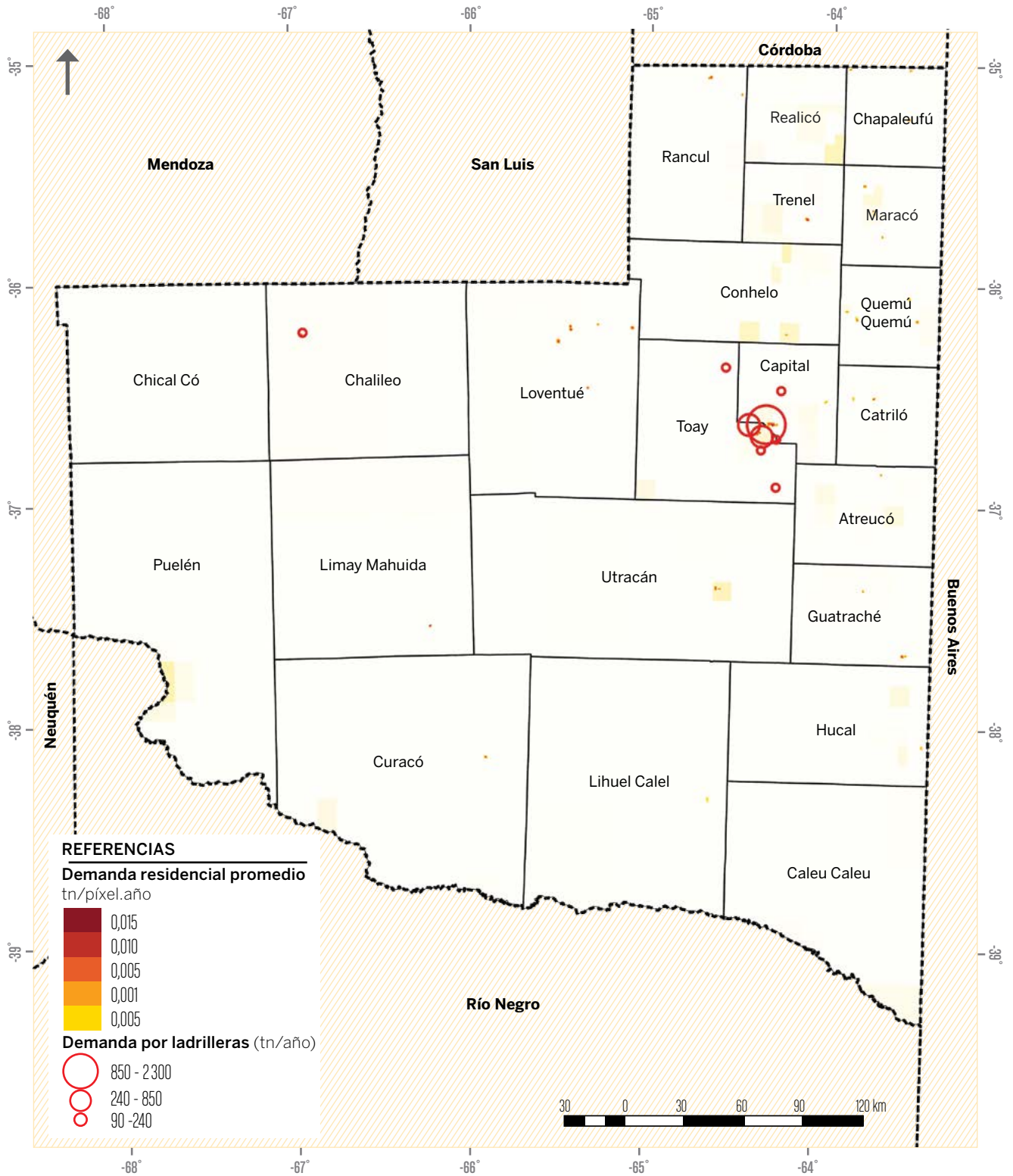
### Cuadro 17

Consumo bioenergético del sector residencial y de la industria ladrillera

Departamento	Demanda tn/año	
	Residencial	Ladrilleras
Atreucó	14	0
Caleu Caleu	18	0
Capital	22	2312
Catrilo	5	0
Conhelo	25	0
Curacó	22	0
Chalileo	36	96
Chapaleufú	4	0
Chical Co	12	0
Guatraché	16	0
Hucal	8	0
Lihuel Calel	20	0
Limay Mahuida	33	0
Loventué	37	0
Maracó	10	0
Puelén	22	0
Quemú Quemú	8	0
Rancul	8	0
Realicó	19	0
Toay	15	2300
Trenel	17	0
Utracán	34	0
Subtotales	405	4708
<b>Totales</b>		<b>5113</b>

**Mapa 9.** Demanda residencial promedio y consumo de ladrilleras.

**Fuente:** Elaborado por Barasch, Yamila, *et al.*, *ibíd.*



El resultado final del análisis espacial por radio censal se presenta en el Mapa 10. En el mismo, se verifica un marcado superávit en la región central, correspondiéndose a la diagonal constituida por la cobertura boscosa del caldén, por los arbustales y por el stock de las formaciones vegetales de picadas cortafuegos. La Provincia presenta un balance positivo en la mayoría de los radios censales, siendo 77 309 tn/año la oferta del radio con mayor disponibilidad correspondiente al departamento de Caleu

Caleu. Por otra parte, si bien muchos radios censales exhiben balances positivos el valor neto no es significativo. Esto se debe a una exigua y dispersa oferta biomásica que no se ve contrarrestada por la demanda.

Los valores netos deficitarios conciernen a aquellos radios censales que concentran la demanda bioenergética para la producción de ladrillos y el consumo residencial, que se efectúa en los centros poblados urbanos.

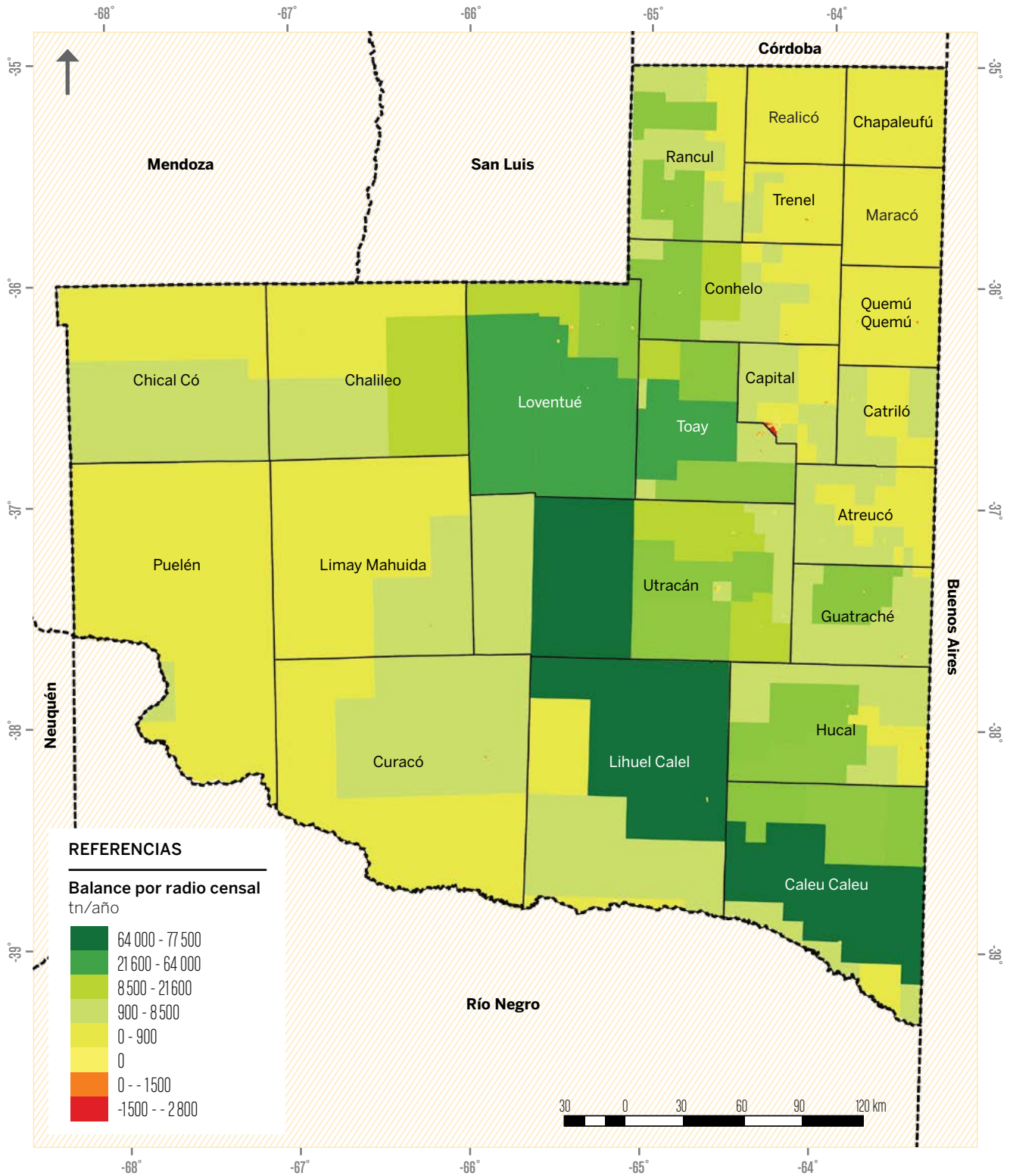
### Cuadro 18

Balance total por departamento (tn/año), Provincia de La Pampa.

Departamento	Oferta	Demanda	Balance
Atreucó	34220	14	34206
Caleu Caleu	140847	18	140829
Capital	19936	2334	17602
Catrilo	5264	5	5258
Conhelo	88684	25	88659
Curacó	2128	22	2106
Chalileo	23278	132	23147
Chapaleufú	2103	4	2099
Chical Co	2091	12	2080
Guatraché	29978	16	29961
Hucal	95911	8	95904
Lihuel Calel	75704	20	75684
Limay Mahuida	2961	33	2927
Loventué	189864	37	189827
Maracó	2179	10	2169
Puelén	13102	22	13081
Quemú Quemú	1206	8	1199
Rancul	89209	8	89202
Realicó	8909	19	8890
Toay	121421	2315	119105
Trenel	12151	17	12134
Utracán	189596	34	189561
<b>Totales</b>	<b>1150742</b>	<b>5113</b>	<b>1145629</b>

**Mapa 10.** Balance por radio censal.

**Fuente:** Elaborado por Barasch, Yamila, *et al.*, *ibíd.*





---

# 6. MÓDULO DE OFERTA DE BIOMASA HÚMEDA

- 
- 6.1 *Feedlots* bovinos
  - 6.2 Establecimientos porcinos
  - 6.3 Establecimiento tamberos



---

Para llevar a cabo este análisis, se consideró como biomasa húmeda a los efluentes de origen orgánico resultantes de actividades agropecuarias.

La fracción orgánica de la biomasa húmeda se transforma a partir de un proceso natural de descomposición biológica, que se da en presencia de oxígeno (aeróbico) o en ausencia de éste (anaeróbico). A partir de este último proceso, se puede obtener bioenergía, mediante la utilización del metano ( $\text{CH}_4$ ) producido. La digestión anaeróbica es un proceso biológico que puede ser utilizado para la recuperación de la energía y los nutrientes contenidos en la materia orgánica. En éste interviene un grupo de microorganismos, que transforma la materia orgánica en una mezcla de gases, fundamentalmente  $\text{CH}_4$  y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), conocida como biogás, y en un afluente denominado digestato, que contiene macro y micronutrientes (N, P, K, Ca, entre otros). El valor energético del biogás depende principalmente del contenido de  $\text{CH}_4$ , el cual varía entre un 50 y 75 %. El digestato obtenido puede utilizarse como biofertilizante, ya que presenta excelentes características agronómicas, permitiendo el aumento de la fertilidad química de los suelos y, por lo tanto, la sustitución de algunos agroquímicos de origen sintético.

El proceso de digestión anaeróbica se realiza en contenedores herméticamente cerrados, denominados reactores, biodigestores o fermentadores.

La digestión anaeróbica es un proceso que puede ocurrir en residuos ganaderos y agrícolas, así como en residuos provenientes de las industrias de transformación de productos agropecuarios. Por su diseño y funcionamiento, los biodigestores permiten la co-digestión con otras materias primas, como pueden ser los recursos biomásicos provenientes de cultivos bioenergéticos, garantizando de esta manera, el suministro de combustible bioenergético a la planta de generación. Este tratamiento permite aprovechar la complementariedad de las composiciones de los distintos sustratos con el fin de lograr perfiles de procesos eficientes.

La implementación de la biodigestión anaeróbica surge como alternativa a la disposición inadecuada de los efluentes de actividades pecuarias, ya que un manejo inadecuado de los mismos, puede producir la contaminación del suelo, del aire y de los cuerpos de agua. Durante el proceso de descomposición de estos residuos, se liberan  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$  a la atmósfera, y el vertido de los efluentes a los cuerpos de agua produce contaminación por la alta carga orgánica de los mismos. Los microorganismos que participan en el proceso de descomposición de la materia orgánica utilizan el oxígeno ( $\text{O}_2$ ) disuelto, afectando al resto del ecosistema acuático. Asimismo, por la composición química que suele tener este tipo de sustratos (alto contenido de sales minerales y en especial de nitrógeno), al

**Si se tienen en cuenta los sectores productivos más relevantes de la Provincia de La Pampa, las materias primas que se podrían considerar para la producción de biogás son: efluentes de las actividades de cría y explotación de ganado y de las industrias láctea y alimenticia, entre otros.**

degradarse la materia orgánica, se forman compuestos volátiles como  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ . El resultado son altas concentraciones de nitrógeno en el agua que genera una elevada proliferación de algas, favoreciendo la eutrofización. El proceso de biodigestión es muy versátil debido a la variedad de fuentes de biomasa que se puede utilizar durante el mismo. Una aplicación estándar de estos sistemas puede contribuir a la generación de energías limpias y, en algunos casos, al autoabastecimiento energético de muchas actividades productivas.

La generación de energía a través de la gestión apropiada de la biomasa húmeda tiene innumerables beneficios ambientales, económicos y sociales:

- Uso de energía sustentable renovable.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ ).
- Reducción de la contaminación de cuerpos de agua y de la proliferación de vectores de enfermedades. Mejora las condiciones higiénicas y sanitarias de la zona.
- Independencia en el abastecimiento de energía, reemplazando total o parcialmente a 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.

Si se tienen en cuenta los sectores productivos más relevantes de la Provincia de La Pampa, las materias primas que se podrían considerar para la producción de biogás son: efluentes de las actividades de cría y explotación de ganado y de las industrias láctea y alimenticia, entre otros.

Cabe destacar que, para el presente análisis, solamente se han tenido en cuenta los residuos ganaderos bovinos (*feedlots* y tambos) y porcinos, por ser la fuente oficial de información disponible. Asimismo, para el caso de las producciones ganaderas, se aplicó una restricción de carácter estructural para el análisis espacial, dada por el tipo de producción, ya que el mismo tiene incidencia directa en la disposición del residuo o recurso. Por tal motivo, se consideró únicamente la forma de producción intensiva, porque simplifica las tareas de recolección del estiércol, purines y efluentes, garantizando el abastecimiento continuo del sustrato en los biodigestores.

Las estimaciones se llevaron a cabo a partir de información brindada por el SENASA, actualizada a octubre 2015. Esta información contemplaba la localización de cada establecimiento y el número de cabezas, lo que permitió realizar los cálculos de la oferta por tipo de actividad, en bovinos (*feedlot* y tambo) y porcinos. Para estimar los residuos generados por cabeza y por tipo de producción, se utilizó el criterio aplicado por Flores *et al.* (2009).

### 6.1 Feedlots bovinos

Para los *feedlots* bovinos se estimó un residuo potencial de 23.9 kg de estiércol fresco/animal x día, que al multiplicarlo por la cantidad de días que posee un año resulta en 8 708 kg de estiércol fresco/animal x año.

### 6.2 Establecimientos porcinos

En el caso de los establecimientos porcinos, se calculó un residuo potencial de 3,4 kg de estiércol fresco/animal x día, que al multiplicarlo por la cantidad de días que posee un año resulta en 1241 kg de estiércol fresco/animal x año.

### 6.3 Establecimientos tamberos

En tanto que para los establecimientos tamberos se contemplaron 3 kg de estiércol fresco/animal x día, ya que sólo se considera la cantidad de residuo que puede ser recolectado cuando la vaca se encuentra en el proceso de ordeño. El valor estimado fue de 1095 kg de estiércol fresco/animal x año.

En la Tabla 19, se pueden observar los valores obtenidos para cada tipo de establecimiento. Se adoptó como poder calorífico del biogás 5 500 kcal/m<sup>3</sup> y

para el factor de conversión a toneladas equivalentes de petróleo (tep), se utilizó 10<sup>7</sup> kcal por cada tep.

En la Tabla 20, se muestran los valores por departamento en tep/año para cada actividad productiva.

La mayor oferta de residuo pasible de aprovechamiento energético es generada por la producción porcina. Le siguen, en orden de importancia, los *feedlots* bovinos y la actividad tambera (Tabla 20).

Como se observa en el Mapa 11, en relación a los establecimientos porcinos, los departamentos que presentan una mayor oferta potencial de bioenergía son: Capital, Conhelo, Maracó, Trenel, Realicó, Rancul, Chapaleufú, Guatraché, Quemú Quemú, Atreucó, Toay y Catriló. Se puede observar así, que la oferta de biomasa en este caso se encuentra mayormente concentrada a lo largo del sector este de la provincia.

En cuanto a los *feedlots* bovinos, la mayor oferta se encuentra en cuatro departamentos: Maracó, Quemú Quemú, Conhelo y Trenel.

Con respecto a la actividad tambera, la ubicación de la oferta sigue el mismo patrón espacial de los *feedlots*, siendo los departamentos más importantes: Guatraché, Atreuco, Catriló, Chapaleufú y Trenel.

## Cuadro 19

Cálculo de biogás por tipo de producción animal.

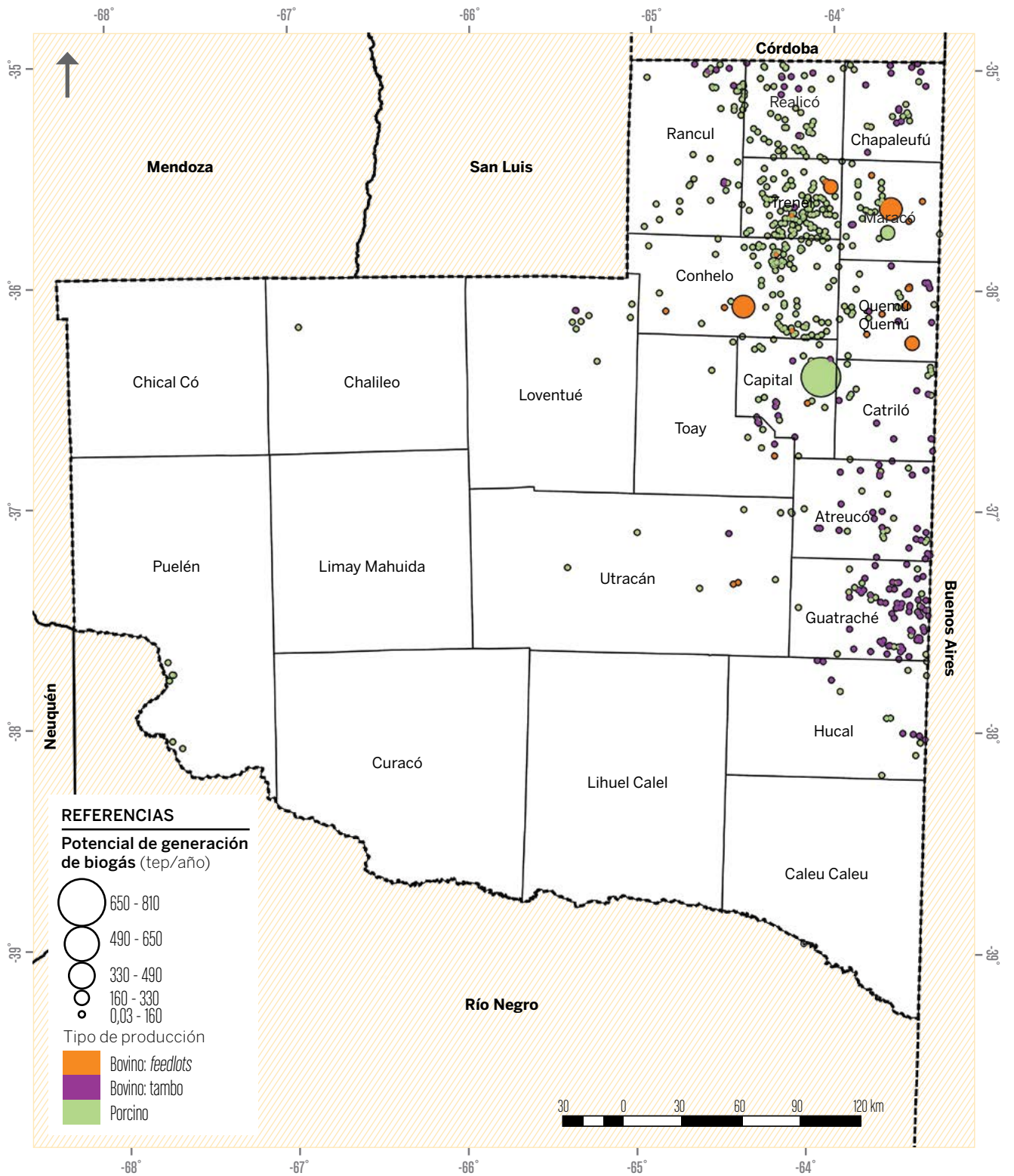
### Fuente

Adaptado por Mariano Butti, INTA, en base a Flores *et al.* (2009) y Hilbert (2008).

	Feedlot	Porcino	Tambo
Biogás (m <sup>3</sup> /kg de estiércol fresco)	0,0315	0,0495	0,0315
Biogás (m <sup>3</sup> /animal x año)	274,30	61,45	34,49
Energía (kcal/animal x año)	1508627	337962	189709
Energía (tep/animal x año)	0,1509	0,0338	0,0190

**Mapa 11.** Potencial de generación bioenergético. *Feedlots*, tambos y porcinos.

**Fuente:** Elaborado por Barasch, Yamila, et al., *ibíd.*



**Cuadro 20**

Oferta potencial de biogás por fuente y departamento.

**S/D**

Sin datos

Departamento	Biogás tep/año		
	Tambos	Porcinos	Feedlots
Atreucó	162,3	63,3	S/D
Caleu Caleu	S/D	113,4	S/D
Capital	24,9	917,7	0,3
Catriló	151,5	33,3	S/D
Conhelo	S/D	542,9	472,5
Curacó	S/D	S/D	S/D
Chalileo	S/D	2,704	S/D
Chapaleufú	123,8	172,9	S/D
Chical Co	S/D	S/D	S/D
Guatraché	300,0	146,0	S/D
Hucal	30,5	104,5	S/D
Lihuel Calel	S/D	S/D	S/D
Limay Mahuida	S/D	S/D	S/D
Loventué	1,0	38,3	S/D
Maracó	4,3	472,7	776,9
Puelén	S/D	18,723	S/D
Quemú Quemú	34,9	79,7	642,2
Rancul	35,9	226,6	S/D
Realicó	40,2	255,2	S/D
Toay	25,9	36,8	75,7
Trenel	90,4	449,8	373,2
Utracán	2,3	147,9	129,3
<b>Subtotales</b>	<b>1028</b>	<b>3823</b>	<b>2470</b>
<b>Totales</b>	<b>7321</b>		

# 7.



## Conclusiones

Los resultados del presente análisis refuerzan la noción de que la Provincia de La Pampa posee un gran potencial bioenergético, debido al volumen y a la diversidad de fuentes de biomasa seca y húmeda existentes, susceptible de producir energía renovable.

El análisis espacial realizado constituye un insumo esencial para la toma de decisiones en políticas públicas y en la planificación y formulación de estrategias bioenergéticas. Este trabajo constituye la línea de base para la promulgación de proyectos bioenergéticos de diferentes escalas, con la posibilidad de producir diferentes vectores energéticos (biogás, electricidad, calor) de manera sustentable.

Para ello, se profundizó y enriqueció, tal como se recomendaba en el WISDOM Argentina, la metodología a nivel provincial, considerando no sólo el incremento medio anual del bosque nativo, sino también los recursos provenientes de la apertura y limpieza de picadas cortafuegos, los residuos de cosecha de forestaciones y los originados por el manejo de los cultivos. Estos recursos fueron analizados con un mayor nivel de detalle (mayor resolución espacial) y con información actualizada otorgada por la Provincia. Adicionalmente, se consideró la oferta de biomasa húmeda generada en establecimientos bovinos (*tambos* y *feedlots*) y porcinos.

Las actividades llevadas a cabo por el Proyecto para la Promoción de la Energía Derivada de Biomasa (PROBIOMASA) y la Unidad Provincial Ejecutora de La Pampa, permitieron arribar en forma consensuada a esta versión final del análisis espacial del balance energético derivado de biomasa, aplicando la metodología WISDOM. En este sentido, se conformó un grupo técnico consultivo interinstitucional e interdisciplinario, promoviendo sinergias entre los organismos provinciales. Se capacitó a este grupo en la aplicación de la metodología WISDOM y, de esta manera, se logró institucionalizar el análisis espacial en la Provincia, a fin de que sean los expertos locales los que actualicen y profundicen el mismo. Siguiendo esta línea de trabajo, se desarrolló un manual técnico específico para La Pampa, denominado "Curso introductorio acerca del software Dinamica EGO e implementación de la metodología WISDOM". Este manual se utilizó en el dictado del Curso-Taller, llevado a cabo en Santa Rosa, entre fines de junio y principios de julio de 2015.

---

Considerando los recursos biomásicos existentes, aproximadamente el 55 % de la oferta directa accesible se distribuye a lo largo de la diagonal boscosa de la Provincia, en los departamentos de Loventué, Utracán, Caleú Caleú y Toay. Adicionalmente, los departamentos Hucal, Rancul y Conhelo concentran el 24 % de la oferta seca de biomasa. Dicha oferta se deriva, fundamentalmente, del aprovechamiento del bosque nativo y los arbustales y de la biomasa generada en el mantenimiento de las picadas perimetrales cortafuegos.

En relación a las condiciones deficitarias, la concentración del consumo de biomasa con fines energéticos tiene lugar en el área periurbana del Aglomerado Gran Santa Rosa-Toay, debido a la localización de productores de ladrillos. Por otro lado, la demanda residencial se registra en núcleos urbanos que son abastecidos con biomasa de zonas aledañas. Para las regiones con un balance con escasa oferta biomásica, se recomienda evaluar la utilización de otras fuentes de energía renovables de disponibilidad local, tales como la solar o la eólica.

Paralelamente, en este estudio se avanzó en la evaluación del potencial de biogás derivado del aprovechamiento de las deyecciones de la ganadería bovina (tambos y *feedlots*) y porcina. Dicho potencial, que se encuentra concentrado en el noreste provincial, incidiría sosteniblemente en las prácticas productivas de estos establecimientos, ya que se podría favorecer el desplazamiento de energía derivada de fuentes fósiles por una de fuente renovable y, al mismo tiempo, a través de una gestión adecuada de los residuos, se podría evitar un pasivo ambiental y producir biofertilizantes.

La metodología WISDOM ha sido adaptada a las condiciones particulares que inciden sobre las formaciones leñosas nativas, la cadena de valor agropecuaria y la demanda energética de biomasa de la Provincia de La Pampa. Ello ha sido posible gracias a la estrecha colaboración de los miembros de la Unidad Provincial Ejecutora de la Provincia y al marco de intercambio generado en este ámbito.



# 8.



## Recomendaciones

Considerando la gran diversidad de fuentes de biomasa con destino energético y la multiplicidad de instituciones y centros de investigación que abarcan diversos temas e intereses, pero que se relacionan en su quehacer con los aspectos referentes a la oferta y el consumo de dentro y agroenergía, se refuerza la necesidad de contar con un grupo técnico multidisciplinario para el análisis de la información. Por lo tanto, se recomienda la continuidad de la UPE de La Pampa para otorgar un marco institucional a la actualización del WISDOM de la Provincia, enriqueciendo el análisis espacial a través de la incorporación de fuentes que no fueron consideradas en este estudio. Es menester contemplar siempre la protección de ecosistemas y la renovabilidad del recurso.

Debido a la dificultad de acceder a información oficial en temas relacionados al cálculo de la biomasa, resultará de interés que los organismos nacionales y provinciales puedan, en forma conjunta, instrumentar mecanismos necesarios para generar y sistematizar la información, a la hora de generar nuevas actualizaciones. Resulta importante que las actividades sean llevadas a cabo con una visión holística de la temática.

Se recomienda la integración del presente análisis espacial con variables socio-económicas, para posibilitar la comprensión de las dinámicas propias de los sistemas bioenergéticos. En este sentido, el desarrollo de escenarios futuros, el análisis de biocuentas de abastecimiento, junto con estudios sobre la ubicación óptima de plantas consumidoras de biomasa con fines energéticos, facilitarán la formulación de políticas públicas y estrategias energéticas.

Con respecto al análisis espacial, se realizan las siguientes recomendaciones:

---

- **Oferta directa:**

- Replantear los sistemas de cosecha, determinar la humedad del residuo, su transporte y las formas de densificación.

- Bosque nativo: se recomienda la instalación de parcelas permanentes, distribuidas en todos los estratos identificados para cotejar los valores de IMA utilizados y realizar mediciones a campo de biomasa, de manera de constatar los resultados obtenidos mediante ecuaciones alométricas. Incorporar la estimación del volumen de la fracción ramas menores a 10 cm de diámetro, en la realización del segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos.

- Arbustales: mejorar la distribución de la formación leñosa y realizar mediciones a campo con el fin de estimar el stock y la productividad anual, vinculando con variables como índice verde, precipitación media anual, entre otros. Incorporar estos ítems en el segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos.

- Picadas cortafuegos: digitalizar las picadas perimetrales de las tres zonas establecidas por la Ley N.º 1 354, en particular, aquellas que son obligatorias. Asimismo, realizar un relevamiento sistemático con imágenes satelitales para conocer el estado de las mismas.

Relevar las picadas internas de los establecimientos agropecuarios. Determinar el volumen de residuo biomásico, generado a partir de la limpieza o apertura de las picadas cortafuegos y su disposición final.

- Pastizales: mejorar la distribución de esta formación herbácea y realizar mediciones en campo con el propósito de determinar su productividad. Asimismo, estimar la carga animal a nivel predial para correlacionarla con los índices de productividad herbácea.

- Cultivos: constatar en campo los valores asignados de productividad por cultivo y provincia fitogeográfica; relevar e incorporar información perteneciente a todos aquellos cultivos que generan residuos potencialmente utilizables con fines energéticos.

- Forestaciones: actualizar el estado actual de las forestaciones y determinar el volumen de residuo generado en las tareas de poda, raleo y corta final. Asimismo, relevar para cada rodal: especie, densidad, diámetro cuadrático medio y edad de la plantación (si es posible, incorporar las tareas culturales realizadas). También, desarrollar ecuaciones alométricas para aquellas especies de las que no se cuenta con información.

- Frutales: digitalizar los predios, discriminar por tipo de cultivo y determinar, con mediciones en campo, el volumen de residuos biomásicos generados. En la misma línea, determinar el uso final de los residuos de poda o reemplazo que realiza cada establecimiento.
- Poda urbana: localizar la distribución del arbolado urbano, estimar e incluir el volumen anual y composición (proporción de hojas y ramas, humedad, especie) de los residuos de poda urbana por localidad.

- **Módulo de oferta indirecta:**

- Foresto-industria: localizar todos los establecimientos de la primera y segunda transformación de la madera. Cuantificar el volumen de residuo generado o, en su defecto, la producción anual. Analizar la disposición final del residuo.

- **Accesibilidad física:**

- Ferrocarriles: consensuar una mayor desagregación de esta ponderación, en función del uso actual de las vías (vías muertas, empleo de zorras) y mejorar la calidad geométrica de la traza.

- Red vial: se sugiere mejorar la calidad geométrica de la traza y discutir la ponderación asignada.

- BAHRA: revisar la precisión de la ubicación de los asentamientos, especialmente aquellas localidades que no son urbanas.

- Ejidos urbanos: digitalizar los aglomerados urbanos de toda la Provincia.

- Ejidos rurales: digitalizar los ejidos rurales para incorporarlos en este análisis.

- **Accesibilidad legal:**

- Áreas protegidas: investigar sobre los usos y manejos que se llevan a cabo dentro de las áreas protegidas (zonificación, forestaciones implantadas dentro del área, pobladores que consuman leña) y la pertinencia de incorporar otras áreas de importancia biológica que no poseen actualmente una figura de protección formal, como, por ejemplo, las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS).

- OTBN: se propone discutir la restricción que debiera asignarse a la Categoría Amarillo.

- 
- **Módulo de demanda:** se propone realizar una encuesta de consumo que brinde datos más precisos sobre la demanda real de biomasa en los distintos sectores analizados.
    - Ladrilleras: ampliar y mantener actualizado el listado y el consumo anual de leña con fines energéticos.
    - Residencial: dado que no existen datos sistemáticos sobre el consumo residencial de leña y carbón vegetal en la Provincia, se optó por estimarlo. Por ello, resulta imprescindible verificar las estimaciones realizadas. Releva las comunidades rurales que consumen biomasa con fines energéticos y cuantificar el volumen consumido. Ampliar el relevamiento, incluyendo el consumo para calefacción y para calentar agua con fines sanitarios.
    - Parrillas, panaderías y hotelería (cabañas): releva todos los comercios que utilizan biomasa con fines energéticos y cuantificar el volumen de leña y carbón vegetal consumido.
    - Escuelas rurales: releva las escuelas rurales que consumen biomasa con fines energéticos y cuantificar el volumen consumido. Ampliar el relevamiento, incluyendo el consumo para calefacción y para calentar agua con fines sanitarios.
  - **Módulo de oferta de biomasa húmeda:** medir *in situ* la cantidad de estiércol generado y realizar pruebas del potencial de producción de biogás. Asimismo, se recomienda la incorporación al modelo del volumen de residuos provenientes de la producción avícola.
-

## Bibliografía

- Banco Mundial. 1995. Vehicle operating cost (VOC). Versión 3.0. HDM III The highway design and maintenance standards model. Washington.
- Banco Mundial. 2015. Importaciones de energía, valor neto (porcentaje del uso de energía). Consultado en: <http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.IMPCONS.ZS>
- Bogino, S. y Villalba, R. 2008. Radial growth and biological rotation age of *Prosopis caldenia* Burkart in Central Argentina. *Journal of Arid Environments* (72): 16-23.
- Butti, L., Campos, S., Babinec, F. y Adema, E. 2012. *Mejoramiento de pastizales mediante la incorporación de nutrientes en el semiárido de La Pampa*. EEA INTA Anguil, La Pampa.
- Cabrera, Á. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, (1-2): 1-42.
- COLCIENCIAS. 2016. Etapas y equipos del proceso de fabricación de ladrillos. [http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/369102/369102\\_ee.htm](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/369102/369102_ee.htm)
- Drigo R., Trossero M., Carballo S., Flores Marco N. y Beaumont E. 2009. *Análisis del balance de energía derivada de biomasa en argentina*. FAO, INTA, Secretaría de Energía, Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. Roma.
- Dussart, E., Peinetti, R. y Boninsegna, J. 1997. Análisis del crecimiento de *Prosopis caldenia* (L) Burk. en relación con parámetros ambientales y fuego. *Actas de la XVIII Reunión Argentina de Ecología*. Buenos Aires.
- Dussart, E.; Chirino, C.; Morici, E. y Peinetti, R. 2011. Reconstrucción del paisaje del caldenal pampeano en los últimos 250 años. *Quebracho*, (19): 54-65.
- FAO. 2004. *Terminología Unificada sobre la Bioenergía (TUB)*. Terminología de los dendrocombustibles sólidos. Departamento Forestal Dendroenergía. Roma.
- FAO. 2009. Análisis espacial de la producción y consumo de biocombustibles aplicando la metodología de "Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles" (*Woodfuel Integrated Supply / Demand Overview Mapping*). Buenos Aires.
- FAO. 2010. What woodfuels can do to mitigate climate change? Roma.
- Flores Marco, N; Hilbert, J.; Carballo, S.; Anschau, A.. Potencial de producción de biogás en la Provincia de Santa Fe. Versión inédita.
- Gobierno de La Pampa, Dirección General de Estadísticas y Censos, Instituto de Promoción Productiva, Ministerio de la Producción. 2011. *Anuario Estadístico de La Pampa 2011*.
- Gobierno de La Pampa, Dirección General de Estadísticas y Censos, Instituto de Promoción Productiva, Ministerio de la Producción. 2014. *Anuario Estadístico de La Pampa 2014*.
- González-Roglich, M., Swenson, J., Jobbágy, E. y Jackson, R. 2014. Shifting carbon pools along a plant cover gradient in woody encroached savannas of central Argentina. *Forest Ecology and Management*, (331): 71-78. Falta cita en texto
- Hansen, M; Thau, D; Stehman, S; Goetz, S; Loveland, T; Kommareddy, A; Egorov, A; Chini, L; Potapov, V; Moore, R; Hancher, H; Turubanova, S; Tyukavina, A; Justice, C; Townshend, J. 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, (342): 850-853.
- Hilbert, J. 2011. *Manual para la producción de biogás*. Instituto de Ingeniería Rural. INTA Castelar. Buenos Aires.
- IEA. 2009. *Bioenergy-a sustainable and reliable energy source: a review of status and prospects*. International Energy Agency. Paris.
- INDEC. 2010. *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas*. MECON. Buenos Aires
- INTA. 2004. *Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa*. INTA, Gobierno de La Pampa y UNLPam (editores), Buenos Aires.
- ISAP. 2015. *Informe Sintético de Actividad de las Provincias*. Primer Trimestre. Federico Muñoz & asociados. Buenos Aires.

- Jové Alcalde, G. 2014. *Respuesta individual de Prosopis caldenia a las variables climáticas en los bosques de la región semiárida de Argentina*. «Tesis de maestría». Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias Universidad de Valladolid, España.
- Lell, J.D. 2005. El Caldenal: una visión panorámica del mismo enfatizando en su uso. En: *Ecología y manejo de bosques de Argentina*. Goya J. F., Frangi J. L., Arturi M. F. (editores). 1-18 pp.
- Luna, E. 2010. *Estudio Exploratorio del Uso de la Leña en Escuelas Rurales de la Provincia de Santiago del Estero*. «Trabajo final de graduación». UNSE, Argentina.
- Manrique, S., Franco, J., Núñez, V. y Seghezzi, L. 2011. Propuesta metodológica para la toma de decisiones sobre bioenergía en un contexto complejo y diverso. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* (12): 06.39-06.47. ASADES, Ciudad de Salta.
- Menéndez J. y M. La Rocca. 2007. *Primer inventario nacional de bosques nativos, segunda etapa. Inventario de campo región espinal, distritos del caldén y ñandubay. Informe regional espinal segunda edición*. Dirección de Bosques, Coordinación Bosques Nativos. Buenos Aires.
- MECON. 2015. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo. Ficha Provincial. La Pampa. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, Dirección Nacional de Relaciones Económicas con las Provincias (DINREP), La Pampa, 2013.
- NAMA PROBIOMASA. 2015. *NAMA Para la Promoción de la Energía Derivada de Biomasa*. PROBIOMASA-FAO, SE, MAGyP. Buenos Aires.
- Parresol, B. 1999. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. *Forest Science*, 45 (4): 573–593.
- Piazza, M. 2012. *Estimación satelital de la productividad primaria neta aérea de la vegetación herbácea del Caldenal*. «Trabajo final de graduación». Facultad de Agronomía, UBA.
- PROSAP. 2011. Plan integral de prevención y lucha contra los incendios rurales. Provincia de La Pampa. Informe de cierre. Préstamo BID899/OC-AR 1.
- Risio Allione, L. 2012. *Cuantificación de biomasa y carbono en bosques de Prosopis caldenia (Burkart) en La Pampa semiárida, Argentina*. «Tesis de maestría». Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias Universidad de Valladolid, España.
- Risio Allione L., Herrero C., Bogino S.M. y Bravo F. 2013. Estimación de biomasa aérea y subterránea en bosques nativos de *Prosopis caldenia* en la pampa semiárida Argentina. 6° Congreso Forestal Español.
- Roberto, Z., Adema, R. y Rucci T. 2005. Relevamiento fisonómico de la vegetación del área del caldenal. Publicación técnica N° 60. EEA INTA Anguil.
- SAyDS. 2006. *Estado de Conservación del Distrito Caldén*. Citado en Dussart et al (2011). Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable. Buenos Aires.
- SAyDS. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 2007. *Primer inventario nacional de bosques nativos: informe regional espinal, segunda parte*.- 1ª ed. Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 154 p.
- Secretaría de Energía. 2009. *Energías Renovables. Diagnóstico, barreras y propuestas*. Área de Energías Renovables, Dirección Nacional de Promoción, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Buenos Aires.
- Secco, N. 2012. *Análisis de la respuesta hidrológica en distintos ambientes pampeanos a la dinámica espacio temporal de la precipitación*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa.
- Sultana, A. y Kumar A. 2012. Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors. *Biomass and Bioenergy*, (39): 344-355.
- Picard, Nicolas, Saint-André, Laurent, Henry, Matieu. 2012. *Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles. Del trabajo de campo a la predicción*. FAO, Rome y CIRAD, Montpellier, 223 p. E-ISBN 978-92-5-307347-4.
- Wysiecki, M. L. 1993. *Productividad primaria neta de un pastizal natural de la provincia de La Pampa, Argentina*. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. (69): 23-29. (<http://www.ape.lapampa.gov.ar/ejes-de-la-pagina-de-inicio/72-cuarta-novedad.html>) [consulta: 24 de agosto de 2016].
- ([http://www.defensacivillapampa.gov.ar/index.php?option=com\\_content&task=view&id=123&Itemid=8](http://www.defensacivillapampa.gov.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=123&Itemid=8)) [consulta: 24 de agosto de 2016].

---

# Anexo I

## Marco normativo

---

La Ley N.º 26331/2007 (Decreto Reglamentario 91/2009) de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, conocida como “Ley de Bosques”, establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos y de los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad.

La aplicación de la “Ley de Bosques” se ordena, a nivel local, a través de la Ley Provincial N.º 2624/2011, con su Decreto Reglamentario N.º 1026/2012. Según el artículo tercero de la norma, se establecen tres categorías, a saber:

- **Categoría I (Rojo):** Sectores de muy alto valor de conservación que no deben transformarse. Incluye áreas que por sus ubicaciones relativas a reservas, su valor de conectividad, la presencia de valores biológicos sobresalientes y la protección de cuencas que ejercen, ameritan su persistencia como bosque a perpetuidad, aunque estos sectores puedan ser hábitat de comunidades indígenas y ser objeto de investigación científica. No pueden estar sujetas a aprovechamiento forestal, pero se podrán realizar actividades de protección, mantenimiento, recolección y otras que no alteren los atributos intrínsecos, incluyendo la apreciación turística respetuosa, las cuales deberán desarrollarse a través de Planes de Conservación. También podrá ser objeto de programas de restauración ecológica ante alteraciones o disturbios antrópicos o naturales.
- **Categoría II (Amarillo):** Sectores de mediano valor de conservación, que pueden estar degradados pero que, a juicio de la Autoridad de Aplicación, con la implementación de actividades de restauración pueden tener un valor alto de conservación y que podrán ser sometidos a los siguientes usos: aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica. Los mismos deberán efectuarse a través de Planes de Conservación o Manejo Sostenible, según corresponda.
- **Categoría III (Verde):** Sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad, aunque dentro de los criterios de la presente Ley.

# Anexo II

## Clases de coberturas arbóreas adoptadas por el FRA 2000.

Clasificación propuesta por la FAO, mediante el FRA 2000 (Evaluación de los Recursos Forestales, al año 2000), adaptada a las características y particularidades de la Argentina, definiéndose los siguientes tipos de coberturas de la tierra:

### Cuadro 21

Coberturas y definiciones FAO (FRA 2000).

Clase de cobertura de la tierra	Definición
Tierras forestales	Tierra con una cubierta de copa (o su grado equivalente de espesura) de más del 20 % del área y una superficie superior a 10 ha. Los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 7 m a su madurez <i>in situ</i> . Puede consistir en formaciones forestales cerradas, donde los árboles de diversos tamaños y sotobosque cubren gran parte del terreno.
Otras tierras forestales	Tierras donde la cubierta de copa (o su grado de espesura equivalente) tiene entre 5 y 20 % de árboles capaces de alcanzar una altura de 7 m a su madurez <i>in situ</i> ; o tierras con una cubierta de copa de más del 20 % (o su grado de espesura equivalente) en la que los árboles no son capaces de alcanzar una altura de 7 m a su madurez <i>in situ</i> (árboles enanos o achicados); o aquellas donde la cubierta arbustiva abarca más del 20 %.
Bosques rurales	Remanentes de bosque natural en un paisaje agrícola menores a 1 000 ha.
Otras tierras	Tierras no clasificadas como forestales u otras tierras forestales (especificadas más arriba). Incluye tierras agrícolas, praderas naturales y artificiales, terrenos con construcciones y tierras improductivas.



# ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de La Pampa

---

N° 3

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

---

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

Buenos Aires, Argentina.  
[www.fao.org](http://www.fao.org)

ISBN 978-92-5-309510-0



9 7 8 9 2 5 3 0 9 5 1 0 0

I6458ES/1/11.16