



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

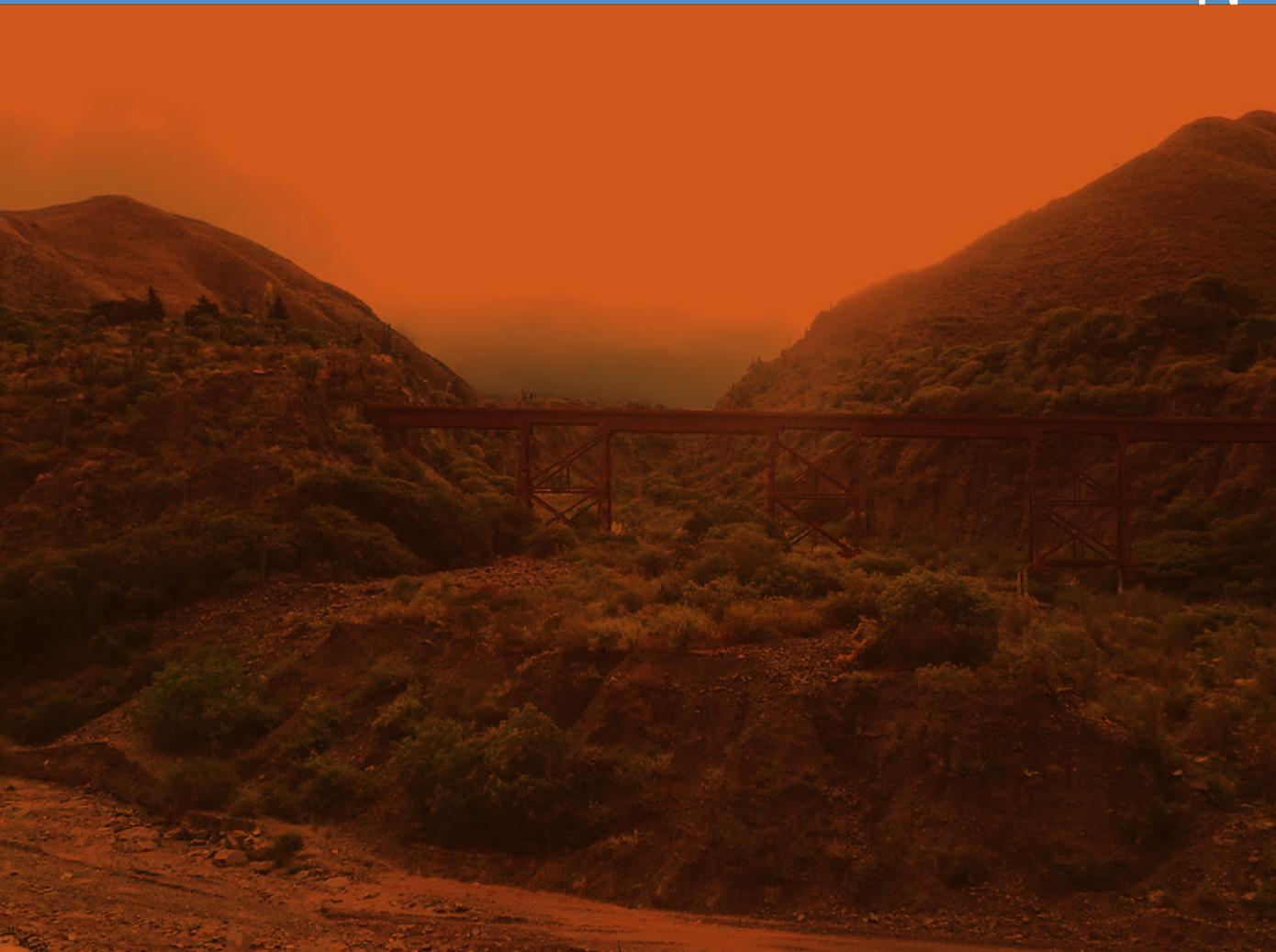
ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Salta

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

Nº 2



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 Salta



**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 978-92-5-309509-4

© FAO, 2016

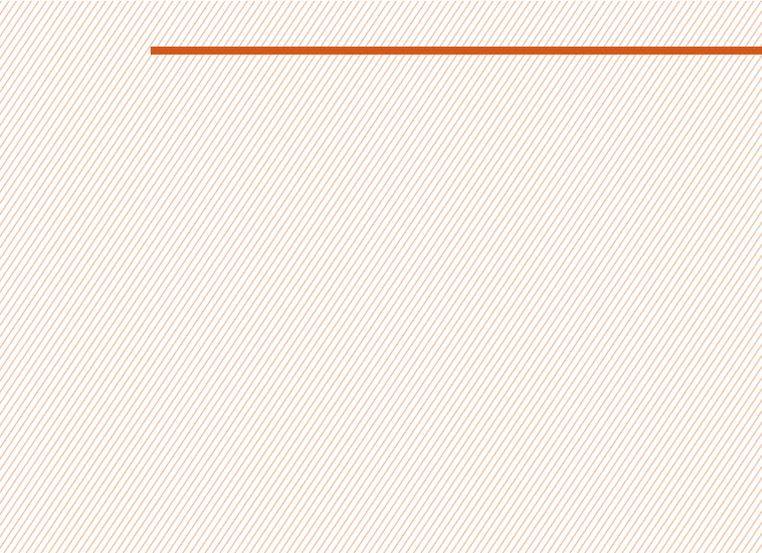
La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, 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 apruebe 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 o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a 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

| | | | |
|-----------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Prólogo | vi | | |
| Agradecimientos | viii | | |
| Siglas, Acrónimos y Unidades de medida | x | | |
| Resumen Ejecutivo | xii | | |
| <hr/> | | | |
| 1. | | | |
| Introducción | 1 | | |
| Ejecución de los WISDOM provinciales | 2 | | |
| <hr/> | | | |
| 2. | | | |
| Bioenergía | 4 | | |
| <hr/> | | | |
| 3. | | | |
| Marco de referencia geográfico y ambiental | 10 | | |
| <hr/> | | | |
| 4. | | | |
| Sistemas bioenergéticos y metodología WISDOM | 14 | | |
| <hr/> | | | |
| 5. | | | |
| Módulos y resultados del WISDOM Salta | 20 | | |
| 5.1 Unidad de análisis y resolución espacial | 21 | 5.3 Módulo de oferta indirecta | 42 |
| 5.2 Módulo de oferta directa | 21 | 5.3.1 Ingenios | 42 |
| 5.2.1 Bosque nativo | 22 | 5.3.2 Foresto-industria | 42 |
| 5.2.2 Cultivos | 25 | 5.3.3 Desmotadoras de algodón | 42 |
| 5.2.I Accesibilidad física | 32 | 5.3.4 Bodegas | 43 |
| 5.2.II Accesibilidad legal | 36 | 5.3.5 Acopiadores de tabaco | 43 |
| 5.2.III Accesibilidad total | 38 | 5.3.6 Procesadoras de Maní | 43 |
| | | 5.4 Módulo de demanda | 44 |
| | | 5.4.1 Demanda residencial | 44 |
| | | 5.4.2 Demanda industrial | 46 |
| | | 5.4.3 Demanda escuelas rurales | 46 |
| | | 5.5 Módulo de integración | 49 |
| | | <hr/> | |
| | | 6. | |
| | | Módulo de oferta de biomasa húmeda | 54 |
| | | 6.1 <i>Feedlots</i> bovinos | 56 |
| | | 6.2 Establecimientos porcinos | 56 |
| | | 6.3 Establecimiento tamberos | 57 |
| | | 6.4 Ingenios | 57 |
| | | <hr/> | |
| | | 7. | |
| | | Conclusiones | 64 |
| | | <hr/> | |
| | | 8. | |
| | | Recomendaciones | 66 |
| | | <hr/> | |
| | | Bibliografía | 70 |
| | | Anexo I. Marco normativo | 72 |
| | | Anexo II. Clases de coberturas arbóreas adoptadas por el FRA 2000. | 73 |

Índice de cuadros

| | | |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1 | Clasificación de las fuentes de biocombustibles. | 6 |
| Cuadro 2 | IMA considerado por cobertura de bosque y por provincia fitogeográfica. | 23 |
| Cuadro 3 | Extracción forestal por tipo de producto, 2012. | 23 |
| Cuadro 4 | Géneros y superficies implantadas en Salta. | 27 |
| Cuadro 5 | Oferta directa total por departamento. | 33 |
| Cuadro 6 | Coeficientes por tipo de red vial. | 34 |
| Cuadro 7 | Coeficientes asignados a las categorías del OTBN. | 36 |
| Cuadro 8 | Coeficientes para las áreas naturales protegidas. | 36 |
| Cuadro 9 | Valores estimados de oferta directa accesible. | 40 |
| Cuadro 10 | Oferta indirecta por departamento. | 45 |
| Cuadro 11 | Demanda de biomasa con fines energéticos por sector y departamento. | 47 |
| Cuadro 12 | Balance total por departamento. | 51 |
| Cuadro 13 | Estimación de potencial de generación de biogás por tipo de animal. | 57 |
| Cuadro 14 | Cálculo biogás a partir de la vinaza. | 58 |
| Cuadro 15 | Oferta potencial de biogás por fuente y departamento. | 60 |
| Cuadro 16 | Coberturas y definiciones FAO. | 73 |

Índice de mapas

| | | |
|---------|---------------------------------------------------------------|----|
| Mapa 1 | Oferta de bosque nativo. | 24 |
| Mapa 2 | Oferta directa total por cultivos. | 29 |
| Mapa 3 | Oferta directa total por cultivos. Zona de Orán. | 30 |
| Mapa 4 | Oferta directa total. | 31 |
| Mapa 5 | Accesibilidad física. | 35 |
| Mapa 6 | Accesibilidad legal. | 37 |
| Mapa 7 | Accesibilidad total. | 39 |
| Mapa 8 | Oferta directa accesible. | 41 |
| Mapa 9 | Demanda total promediada. | 48 |
| Mapa 10 | Balance promedio focalizado. | 50 |
| Mapa 11 | Balance por radio censal. | 52 |
| Mapa 12 | Potencial de generación bioenergético por tipo de producción. | 62 |

Índice de gráficos

| | | |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 | Composición de la oferta interna de energía primaria en porcentajes. | 7 |
| Gráfico 2 | Potencia instalada por tipo de combustible (en porcentajes). Salta, 2014. | 8 |
| Gráfico 3 | Modelo conceptual WISDOM Salta. | 19 |
| Gráfico 4 | Aporte relativo por provincias de caña de azúcar. Zafra 2014. | 26 |

Prólogo

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.

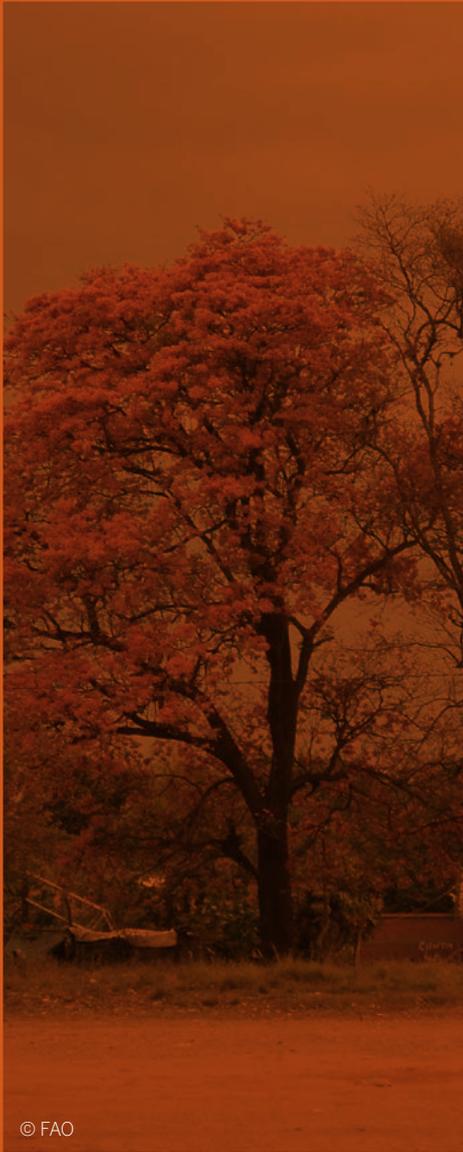
La biomasa es una de las fuentes de energía renovable más confiable, es constante y se puede almacenar, facilitando la generación de energía térmica y eléctrica. En virtud de sus extraordinarias condiciones agroecológicas, y las ventajas comparativas y competitivas de su sector agroindustrial, Argentina,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



© FAO

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 Instituto de Investigaciones en Energías no Convencionales de la Universidad Nacional de Salta, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Salta y Jujuy, el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV), la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán, la Cooperativa de Productores Tabacaleros de Salta Limitada, la Asociación Mutual de Seguros, la Cámara del Tabaco, el Centro de Obrajeros del Norte y la Asociación de Empresarios Madereros y Afines (ADEMA), Industrias Clark SRL, Terre Environnement Aménagement.

Se agradece a la Secretaría de Energía, especialmente al Ing. Jorge Giubergia, Jefe del Programa de Energía Eléctrica y a la Ing. Gisela Gallucci, Jefe del Programa de Energías No Convencionales, quienes han trabajado mancomunadamente y con gran predisposición junto al equipo de trabajo del Componente de Fortalecimiento Institucional.



SIGLAS

ACRÓNIMOS

UNIDADES DE MEDIDAS

ADEMA: Asociación de Empresarios Madereros y Afines

BAHRA: Base de Asentamientos Humanos de la República Argentina

BEN: Balance Energético Nacional

BID: Banco Interamericano de Desarrollo

BM: Banco Mundial

BN: Bosques Nativos

CAA: Centro Azucarero Argentino

CAMMESA: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico SA

CETyHAP-UNT: Centro de Estudios Sobre Territorio y Hábitat Popular-Universidad Nacional de Tucumán

CNPHyV: Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda

CON: Cámara de Obreros del Norte

COPROTAB: Cooperativa de Productores Tabacaleros de Salta Limitada

CPN: Contador Público Nacional

DAP: Diámetro a la altura del pecho

DEM: Modelo digital de elevaciones

DGE: Dirección General de Estadísticas de Salta

DNP: Dirección Nacional de Promoción-SE-MINEyM

DQO: Demanda química de oxígeno

EEAOC: Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres

ENRESP: Ente Regulador de Servicios Públicos de Salta

ENARSA: Energía Argentina SA

FAIMA: Federación Argentina de la Industria Maderera y Afines

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

FEDERCITRUS: Federación Argentina del Citrus

FET: Fondo Especial del Tabaco

FODER: Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables

GENREN: Generación de energía eléctrica a partir fuentes renovables

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
INV: Instituto Nacional de Vitivinicultura
ISAP: Informe Sintético de Actividad de las Provincias
MAGyP: ex Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación
MECON: Ministerio de Economía
MEM: Mercado Eléctrico Mayorista
MINEyM: Ministerio de Energía y Minería
MINPLAN: ex Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios
NOA: Noroeste Argentino
OTBN: Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo
PERMER: Proyecto de Energía Renovable en Mercados Rurales
PRECOP: Proyecto de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos
RAC: Residuo agrícola de cosecha
RSU: Residuos sólidos urbanos
SADI: Sistema Argentino de Interconexión
SAYDS: ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
SE: Secretaría de Energía de la República Argentina
SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
SIG: Sistema de información geográfica
SRL: Sociedad de responsabilidad limitada
SUMICLI: Asociación Mutual de Seguros-Cámara del Tabaco de Salta
TEREA: Terre Environnement Aménagement
UMSEF: Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal
UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México
UNSA: Universidad Nacional de Salta
UPE: Unidad Provincial Ejecutora
WISDOM: Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping

GWh: Gigavatio hora
ha: hectárea
kcal: kilocaloría
km²: kilómetro cuadrado
ktep: kilo tonelada equivalente de petróleo
l: litro
mm: milímetro
msnm: metros sobre el nivel del mar
MW: Megavatio
tep: tonelada/s equivalente/s de petróleo
tn: tonelada

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 Salta, 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 Salta, 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

-
- **Oferta directa:** bosque nativo (94,55 %), caña de azúcar (3,76 %), algodón (0,61 %), tabaco Virginia, banana, forestaciones, vid, cítricos y olivos (1,08 % en total).
 - **Oferta indirecta:** ingenios (89,83 %), foresto-industrias (8,83 %), desmotadoras de algodón (0,89 %), bodegas, acopiadores de tabaco y maní (0,44 % en total).

Con respecto al consumo de biomasa con fines energéticos, los sectores demandantes considerados fueron la industria azucarera (81,99 %), el sector residencial (14,95 %), secado de tabaco (2,89 %) y las escuelas rurales (0,16 %).

En resumen, y teniendo en cuenta todos estos componentes, se estimó que la oferta directa provincial accesible, física y legalmente, es de 4 599 636 tn/año. Mientras que la oferta indirecta es de 730 856 tn/año. Por su parte, la demanda actual estimada es de 800 704 tn/año. En consecuencia, el balance resultante entre la oferta potencial y el consumo actual estimado da un superávit de 4 529 788 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 (*feedlots*, tambos, cría de porcinos) y de la vinaza (subproducto de la industria azucarera). La oferta potencial provincial estimada es de 17 318 tep/año, que se constituye por los aportes de *feedlots* bovinos (8 061 tep/año), vinaza (6 987 tep/año), porcinos (2 377 tep/año) y tambos bovinos (209 tep/año).

En conclusión, se confirma que la Provincia de Salta posee un gran potencial bioenergético debido al volumen y a la amplia 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 permitirá 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"¹ (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 Salta, a través de la Secretaría de Energía, 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 noviembre de 2014, se creó la UPE donde se designó al Secretario de Energía de la Provincia, al Contador Público Nacional Flavio Aguilera, como Punto Focal Institucional; y al Ingeniero Jorge Giubergia y a la Ingeniera Gisela Gallucci, como Puntos Focales Técnicos 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 posibles fuentes de información para incorporar al WISDOM Salta. Como resultado de este proceso, el Componente de Fortalecimiento Institucional desarrolló una versión preliminar del WISDOM Salta, para ser puesta a consideración de los especialistas provinciales, logrando una versión final enriquecida, corregida y consensuada que aquí se presenta. En noviembre de 2015, se dictó en la ciudad de Salta el «Curso-Taller para la Implementación de la Metodología WISDOM en la Provincia de Salta». El mismo tuvo como objetivos: presentar a técnicos de instituciones de la Provincia la primera versión del Modelo de Oferta y Demanda de Biomasa de Salta; capacitar a los profesionales de la Provincia en la lógica y en la estructura de la metodología WISDOM y en el empleo de las aplicaciones informáticas utilizadas; y consensuar y programar mejoras en el modelo.

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.

Al curso asistieron técnicos de organismos públicos, académicos y del ámbito privado: Secretaría de Energía, Dirección de Estadísticas, Secretaría de Ambiente, INTA, Instituto de Investigaciones en Energías no Convencionales (UNSA), INTI de Salta y Jujuy, CETyHAP-UNT, COPROTAB y TEREА. A la discusión de resultados del último día, se sumaron representantes de SUMICLI, Cámara del Tabaco e Industrias Clark SRL. A cada uno de los participantes se le entregó un manual impreso 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 Salta, 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, obteniéndose 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 desmonte | 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 produc-

tos 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.

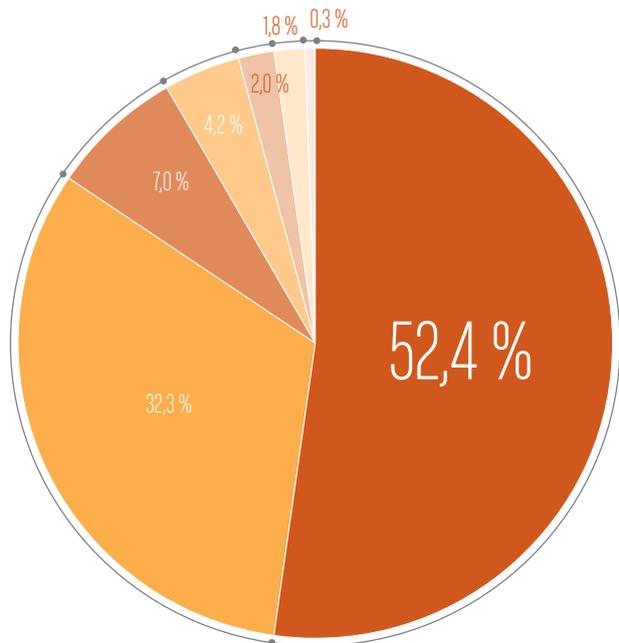
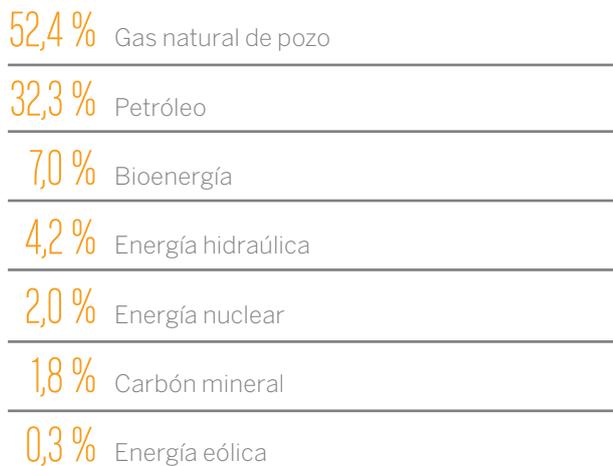
El uso de la bioenergía tiene una significativa participación en la matriz energética mundial (10%), aunque la distribución difiere marcadamente entre las distintas regiones del globo (IEA, 2009). En la República Argentina, según las cifras del Balance Energético Nacional (BEN), del año 2014, las fuentes 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,

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.



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

De la potencia instalada en la Provincia –que, en 2014, era de 1269 MW (Gráfico 2)–, un 86,6 % se genera a partir de fuentes fósiles; un 10,1 %, de energía hidráulica; un 3,2 %, de biomasa; y, un 0,1 %, de energía solar (DGE, 2014). Con respecto a esta última, en el año 2001, la Provincia suscribió el acuerdo con la Secretaría de Energía de la Nación (hoy, Ministerio

de Energía y Minería) para implementar el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PER-MER), con el objetivo de suministrar energía eléctrica fuera del Sistema Argentino de Interconexión (SADI). Para el año 2013, el Proyecto abastecía a un total de 5 482 usuarios con sistemas dispersos y a 1 583 usuarios con mini redes, en su mayoría, a partir de módulos fotovoltaicos. De los primeros, 5 087 eran familias; 304, escuelas; 57, puestos sanitarios; y 34 pertenecían a otros servicios públicos.

Durante el año 2010, la Provincia firmó un Convenio de Cooperación Técnica con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que dio lugar al Programa de Desarrollo Integral de Energías Alternativas –energía solar y biocombustibles– en las provincias de Salta y Buenos Aires. Ese mismo año, adhirió a la Ley Nacional N.º 25 019 de Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar; y, en 2011, a la Ley Nacional N.º 26 093 de Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles (ex Secretaría de Energía, 2014).

Gráfico 2

Potencia instalada por tipo de combustible (en porcentajes). Salta, 2014.

Fuente

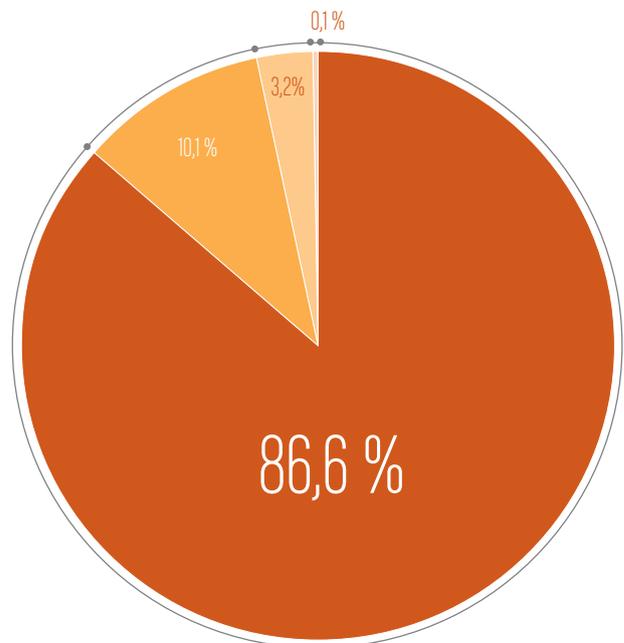
Secretaría de Energía, Provincia de Salta.

86,6 % Combustibles fósiles

10,1 % Energía hidráulica

3,2 % Biomasa

0,1 % Energía solar



La Provincia de Salta fue pionera en el país en implementar una ley sobre energías renovables, a través de la Ley Provincial N.º 7 823/2014 de Régimen de Fomento para las Energías Renovables, enmarcada en un Plan Provincial de Energías Renovables. El propósito de esta Ley es promover el aprovechamiento, producción, investigación, desarrollo, procesamiento y uso sustentable de las energías renovables, los biocombustibles y otras fuentes de energía limpia, que fomenten el ahorro y la eficiencia energética. El objetivo es facilitar y estimular la realización de proyectos energéticos a partir de fuentes renovables de energía en el territorio provincial.

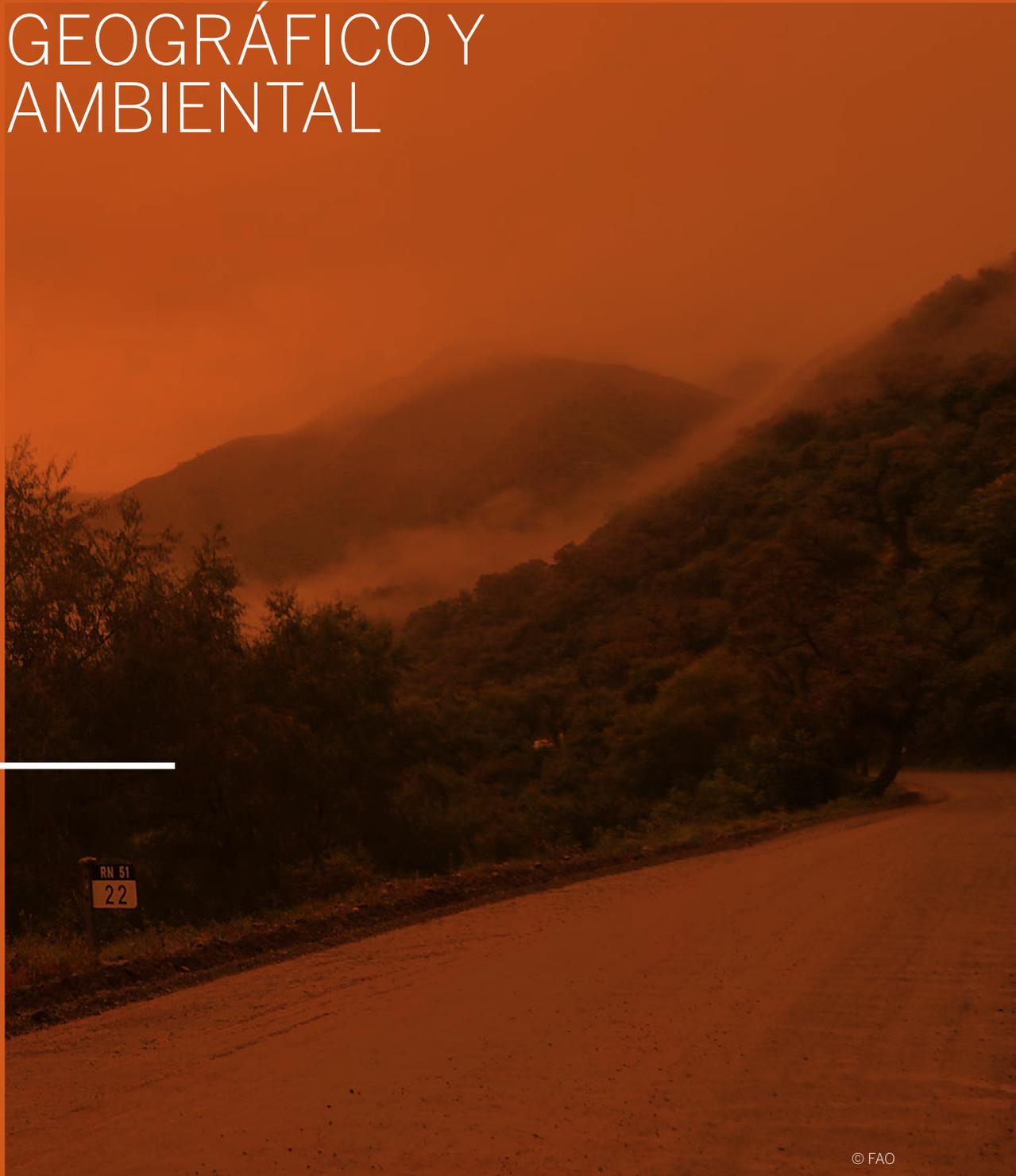
Otro hecho a destacar es que la Provincia también fue la primera en implementar una legislación –Ley Provincial N.º 7 824/2014 de Balance Neto. Generadores Residenciales, Industriales y/o Productivos– que permite a los usuarios generar energía eléctrica con fuentes renovables conectadas a la red de baja tensión y compensar los consumos con la generación. En caso de contar con excedentes, éstos se re-

muneran a una tarifa promocional. Dicha Ley tiene por objetivo establecer las condiciones administrativas, técnicas y económicas para la aplicación de la modalidad de suministro de energía eléctrica con “Balance Neto”, es decir, el consumo instantáneo o diferido de la energía eléctrica que hubiera sido producida en el interior de la red desde un punto de suministro o instalación de titularidad de un usuario y que estuviera destinada al consumo propio.

En cuanto al desarrollo de proyectos bioenergéticos, cabe mencionar que el Ingenio San Martín del Tabacal posee una planta de cogeneración, a partir de bagazo, que entró en funcionamiento en 2011, con una potencia de 40 MW y una generación de 144,2 GWh/año, abasteciendo a 41 437 hogares. Durante 2014, esta planta generó 59,35 GWh y, hasta agosto de 2015, había alcanzado 61,88 GWh (CAM-MESA, 2015).



3. MARCO DE REFERENCIA GEOGRÁFICO Y AMBIENTAL



Salta presenta diversas potencialidades agroeconómicas de las que derivan las diferentes cadenas productivas. Esto se debe a la heterogeneidad de ambientes productivos que tiene la Provincia.

La Provincia de Salta tiene una superficie de 155 488 km², que representa el 5,6 % del total nacional. Administrativamente, se divide en 23 departamentos y, según el Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda (CNPHyV), del año 2010, contaba con una población de 1 214 441 habitantes y una densidad poblacional de 7,8 habitantes por km² (INDEC, 2010).

En cuanto a su distribución, existe una marcada concentración poblacional en los centros urbanos, principalmente en el Aglomerado Gran Salta, con 554 125 habitantes (un 45 % de la población provincial). Asimismo, a lo largo de la Ruta Nacional 34, existen importantes aglomeraciones, como Orán, Tartagal y General Mosconi, mientras que, en zonas aledañas a la Capital, se localizan otras localidades de importancia, como General Güemes, San José de Metán y Rosario de la Frontera.

Para el año 2010, la población urbana representaba el 87 % del total provincial (INDEC, 2010). La misma fuente indica que, de un universo de 299 822 hogares, un 92 % se encontraba conectado a la red eléctrica. Del 8 % restante, un 6 % no poseía electricidad; y, el otro 2 % se abastecía por generación propia. Por su parte, un total de 36 595 hogares, es decir, el 12 % de la población, utilizaba leña o carbón vegetal para cocinar; mientras que, el servicio de gas de red alcanzaba a un 42 % de la población, integrado por 125 294 hogares. Hacia el año 2013, el Proyecto de Energías Renovables en

Mercados Rurales (PERMER) alcanzaba a 7 065 hogares.

Las precipitaciones constituyen la principal fuente de alimentación de los cursos de agua que drenan la vertiente oriental de la sierra y de las cuencas subterráneas. Durante el verano, las intensas lluvias provocan crecidas súbitas de los cursos de agua que escurren por diversos cauces, mientras que, en el invierno, al disminuir las precipitaciones, el escurrimiento es fundamentalmente hipodérmico. El régimen de precipitaciones es de tipo monzónico, donde el máximo de lluvias coincide con las máximas temperaturas. Aproximadamente, el 85 % de las precipitaciones anuales se concentra durante el semestre cálido de octubre a marzo. En los últimos años, en la región semiárida de la Provincia, las lluvias se encuentran entre un 20 y un 30 % por encima del promedio histórico.

La Provincia de Salta posee formaciones leñosas correspondientes a las provincias fitogeográficas Chaqueña, de las Yungas y del Monte. La vegetación responde a un gradiente altitudinal asociado, a su vez, con diferencias en los niveles de precipitación. La provincia fitogeográfica Chaqueña comprende las llanuras del este de la Provincia y una importante extensión del Chaco Serrano. Se trata de un bosque²

2. Entre las principales especies forestales de esta formación, pueden nombrarse: *Schinopsis lorentzii*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Ziziphus mistol* y *Prosopis spp.*

estacionalmente seco con una estación lluviosa de verano, con un promedio de precipitaciones anuales que van de los 500 a los 900 milímetros (mm). Las Yungas se ubica en los faldeos de las sierras, entre los 400 y 2 000 metros sobre el nivel del mar (msnm), con un rango de precipitaciones entre 700 y 2 000 mm, y alberga, junto con la provincia fitogeográfica de la Selva Paranaense, el 50 % de la biodiversidad del país. Tradicionalmente, la región ha sido reconocida por sus recursos forestales, con más de 200 especies de árboles, de los cuales 15 son de interés forestal³. Por último, la región del Monte se extiende en sentido norte-sur en el área de los Valles Calchaquíes⁴, con precipitaciones que oscilan entre los 100 y los 250 mm (ex SAyDS, 2002).

Salta presenta diversas potencialidades agro-económicas de las que derivan las diferentes cadenas productivas. Esto se debe a la heterogeneidad de ambientes productivos que tiene la Provincia. En la región noreste, caracterizada por altas temperaturas y abundantes precipitaciones, se desarrollan principalmente cultivos industriales, como caña de azúcar, algodón y poroto; frutales, como banana y cítricos; y hortalizas de primicia.

En el área de quebradas, valles áridos y de altura, como los Valles Calchaquíes, donde se registran precipitaciones menores a 200 mm anuales, las prácticas agrícolas se realizan bajo riego, desarrollándose cultivos hortícolas, como ajo, cebolla, comino y pimentón, y el cultivo de la vid, para la producción vitivinícola (fundamentalmente, en la zona de Cafayate). También, en esta región, se destaca la producción caprina y ovina.

En la región de los valles de Lerma y Sianca, caracterizada por ser una zona templada con precipitaciones estivales que oscilan entre los 400 y 1 000 mm anuales, se destaca la explotación inten-

siva de la tierra, principalmente, con los cultivos de tabaco Virginia y hortalizas de primicia y de época; localizándose la producción de hortalizas de hoja, en los cinturones verdes de las ciudades. En el Valle de Sianca, se destaca el cultivo de caña de azúcar.

Por último, en la región cercana a las sierras, donde se registran precipitaciones entre 700 y 900 mm anuales, la economía se orienta a la producción de granos. Se destacan los cultivos de secano, como soja, poroto y maíz. La ganadería bovina se concentra en la cría e internada, fundamentalmente en las zonas de riego (Anuario Estadístico Salta, 2014).

El potencial productivo y la localización de las distintas actividades se correlacionan con las condiciones agroecológicas de los diferentes ambientes de la Provincia.

En relación a la disponibilidad de recursos biomásicos con fines energéticos en la Provincia, se destacan los residuos o subproductos generados por el manejo de las forestaciones, del bosque nativo (únicamente, en el marco de planes de manejo aprobados por la autoridad local de aplicación y del aprovechamiento del incremento medio anual –IMA–), de la cosecha de la caña de azúcar (RAC), del tabaco y del algodón y por la poda de viñedos, olivares y frutales. También, la Provincia cuenta con disponibilidad bioenergética proveniente de la transformación primaria de la materia prima, como el bagazo y la vinaza en los ingenios, los orujos en las bodegas, los efluentes de las procesadoras de cítricos, los residuos de la foresto-industria y la industria olivícola, los acopiadores de tabaco y maní y las desmotadoras de algodón. Adicionalmente, dispone de una importante cantidad de desechos provenientes de tambos y *feedlots* bovinos y establecimientos porcinos que poseen un potencial para su conversión en biogás.

3. Algunas de las especies forestales de importancia, son: *Cedrela illoii*, *Juglans australis*, *Alnus acuminata*, *Anadenanthera colubrina*, *Blepharocalyx gigantea*, *Phoebe porphyria*, *Myrcianthes pungens*, *Podocarpus parlatorei*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Tipuana tipu*, *Pisonia zapallo*, *Handroanthus impetiginosus*, *Patagonula americana*, *Jacaranda mimosifolia* y *Myroxylon peruiferum*, entre otras.

4. La vegetación, en general, corresponde a pastizales y arbustales de jarilla (*Larrea spp.*), con algunos bosques de *Prosopis spp.* y *Salix humboldtiana* en los bordes de salinas y márgenes de ríos.

SALTA

RECURSOS BIOMÁSICOS

Oferta directa de biomasa
con destino energético

- FORESTACIONES / TABACO / ALGODÓN / ORUJOS /
PODA DE VIÑEDOS, OLIVARES Y FRUTALES.

Oferta indirecta de biomasa
con destino energético

- BAGAZO / ORUJOS / RESIDUOS DE:
FORESTO-INDUSTRIA, INDUSTRIA OLIVÍCOLA,
ACOPIADORES DE TABACO, MANÍ
Y DESMOTADORAS DE ALGODÓN.

Oferta de biomasa húmeda

- TAMBOS / FEEDLOTS BOVINOS / VINAZA /
EFLUENTES DE LAS PROCESADORAS DE CÍTRICOS /
ESTABLECIMIENTOS PORCINOS.



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 biomasa⁵: 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

5. 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

Interdisciplinariedad

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 FAO⁶ 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 los agroindustriales. Esta versión "extendida" es la que se utilizó para realizar el WISDOM Argentina (FAO, 2009).

6. 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.

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.

Un componente innovador en el WISDOM Salta 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), porcinos y para la vinaza (efluente residual orgánico de la industria azucarera).

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 energéti-

cos de la Provincia de Salta, se utilizaron diversos 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 completa⁷; 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:

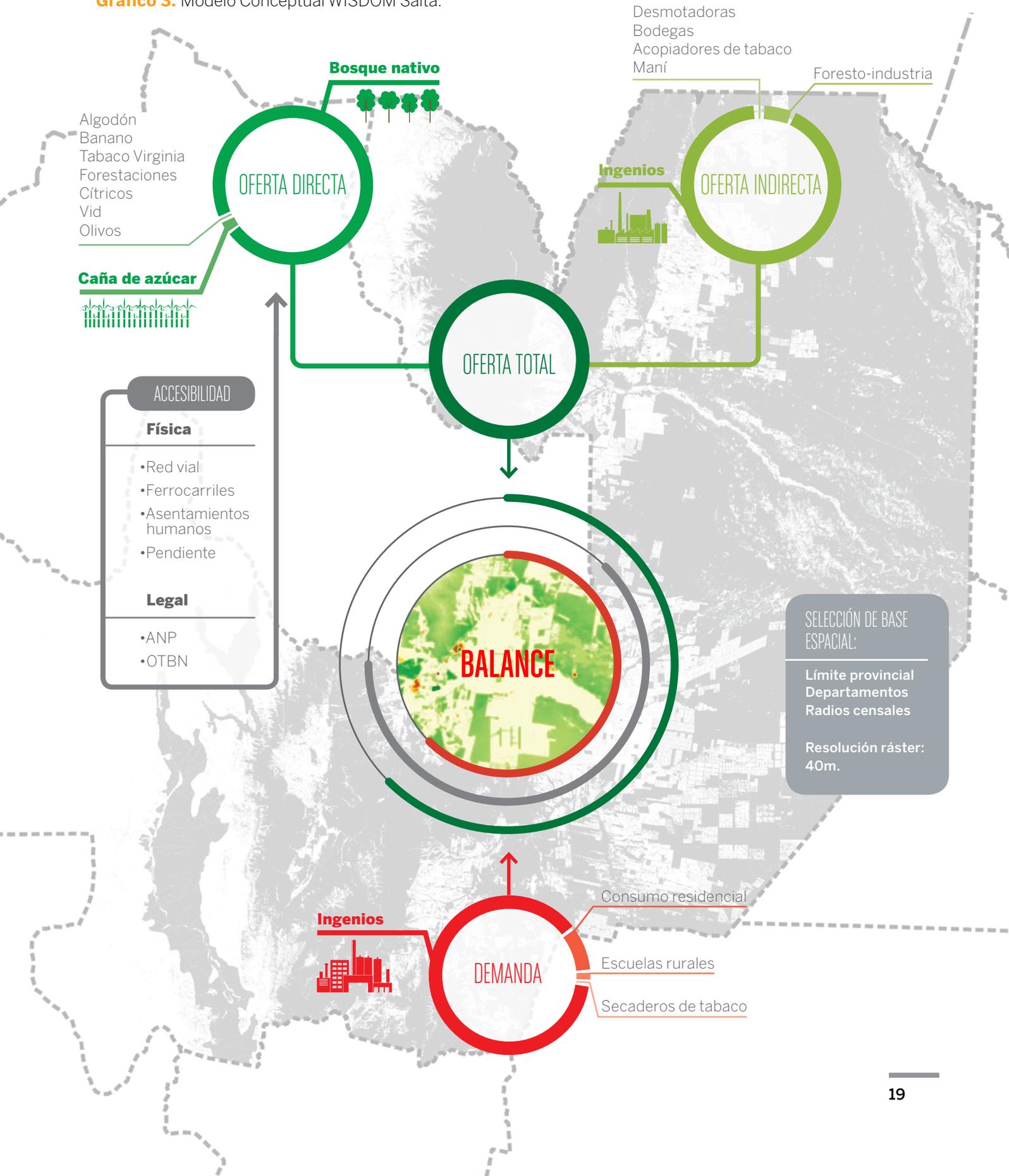
1. Definición de la unidad administrativa-espacial mínima de análisis.
2. Desarrollo del módulo de oferta.
3. Desarrollo del módulo de demanda.
4. Desarrollo del módulo de integración.

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

En el Gráfico 3, se muestra de manera ilustrativa los módulos y las principales capas utilizadas.

7. 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 3. Modelo Conceptual WISDOM Salta.



5. MÓDULOS Y RESULTADOS DEL WISDOM SALTA

-
- 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 Salta 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 23 departamentos con 1358 radios censales.

En cuanto a 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 utilizada, 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 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. En este módulo, referido a la Provincia de Salta, se consideraron y analizaron las coberturas correspondientes al bosque nativo y a las producciones agropecuarias, como caña de azúcar, algodón, banana, forestaciones, cítricos, vid y olivos, con el objetivo de calcular la disponibilidad de recursos biomásicos.

En relación a los cultivos agrícolas extensivos relevados en la Provincia, como soja, maíz, trigo o girasol, 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.

Es relevante señalar que, para el análisis espacial, en los casos en los que existía superposición entre distintas capas geográficas, se priorizaron

aquéllas que presentaban mayor resolución y mejor ajuste espacial.

5.2.1 Bosque nativo

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)⁸ y el cálculo de biomasa disponible, teniendo en cuenta únicamente el crecimiento anual del bosque con el objetivo 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. Estas mediciones recurren actualmente a técnicas que funcionan a diferentes escalas, desde inventarios de campo realizados a escala local hasta estimaciones mediante teledetección que funcionan a escala nacional o subregional.

Para conocer la superficie de bosque nativo de la Provincia, se recurrió a las capas correspondientes al Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (PINBN), otorgada por la Dirección de Bosques (DB), de la ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (ex SAYDS). Dicha cobertura contiene información relevada hasta el 2005, siendo la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal de dicha Dirección, la que lleva adelante la actualización y el registro de pérdida de bosque nativo, al año 2012. Las distintas categorías se basaron, principalmente, en la cobertura de copas, continuidad y características fisonómicas. Se utilizó la clasificación adoptada por la DB, según la FAO, mediante el FRA 2010 (Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales, al año 2010), adaptada a las características y particularidades de la Argentina (Anexo II, Tabla 16).

Los valores de IMA adoptados son los presentados en el WISDOM Argentina para cada una de las clases de cobertura de bosque consideradas. Asi-

mismo, para evitar distribuir los valores de IMA de manera homogénea en cada estrato, y con el objetivo de mejorar la precisión del análisis, se distribuyó el IMA utilizando las capas de cobertura arbórea *Tree Cover*⁹, *Lossyear* y *Gain*, generadas por Hansen *et al.* (2013). Esta distribución se realizó teniendo en cuenta que el IMA considerado representa valores medios de cobertura arbórea. 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 *Lossyear*, mientras que la regeneración del bosque o reclutamiento, en el mismo período, se incorporó con la capa *Gain*.

En la Tabla 2, se observan los valores de IMA utilizados para cada clase de cobertura de bosque. El valor de IMA_{tc} (IMA donde hay *Tree Cover*) se utilizó exclusivamente en las zonas en las que la capa de bosque nativo y la capa *Tree Cover* tienen valores, y el IMA_{min} se aplicó en aquellas zonas en las que existe la cobertura de bosque pero no hay valores de *Tree Cover*, es decir, se identificó cobertura leñosa pero ésta no supera los 5 m de altura.

Para no generar conflictos con otros usos maderables del bosque, del mapa de IMA se dedujeron los volúmenes correspondientes a las extracciones registradas por la Dirección de Bosques (ex SAYDS).

En la Tabla 3, se muestran los productos extraídos para el año 2012, donde el rollizo es la principal explotación con un 83,1%, siendo también significativos los aportes de leña (12,4%) y carbón vegetal (3,6%). Los departamentos de los que se extrajo la mayor cantidad de producto, fueron: General San Martín, con alrededor de 24,5%; Anta, 8,2%; Rivadavia, 5,1%; Metán, 4,9%; y, Rosario de la Frontera, 3,3%. Por su parte, hubo un 46,3% de extracción que no está determinado espacialmente.

8. 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).

9. La información de esta capa fue generada a partir de una colección de imágenes *Landsat* del año 2000, realizadas 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-t Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)*.

Cuadro 2

IMA considerado por cobertura de bosque y por provincia fitogeográfica.

Fuente

Adaptado en base a FAO (2009) y UMSEF (2012).

| Provincia fitogeográfica | Primer nivel | Segundo nivel | IMA _{tc} (tn/ha) | IMA _{min} (tn/ha) | |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|------|
| Yungas | Tierras forestales | No presenta | 3,8 | 2,28 | |
| | Otras tierras forestales | | 1 | 0,6 | |
| Chaqueña | Tierras forestales | | 2,4 | 1,44 | |
| | Otras tierras forestales | | 0,6 | 0,36 | |
| Monte | Otras tierras forestales | | Vegetación herbácea hidrófila con árboles | 0,5 | 0,3 |
| | | | Vegetación herbácea hidrófila sin árboles | 0,3 | 0,18 |
| | | Estepa arbustiva o herbácea | 0,2 | 0,12 | |

Cuadro 3

Extracción forestal por tipo de producto, 2012.

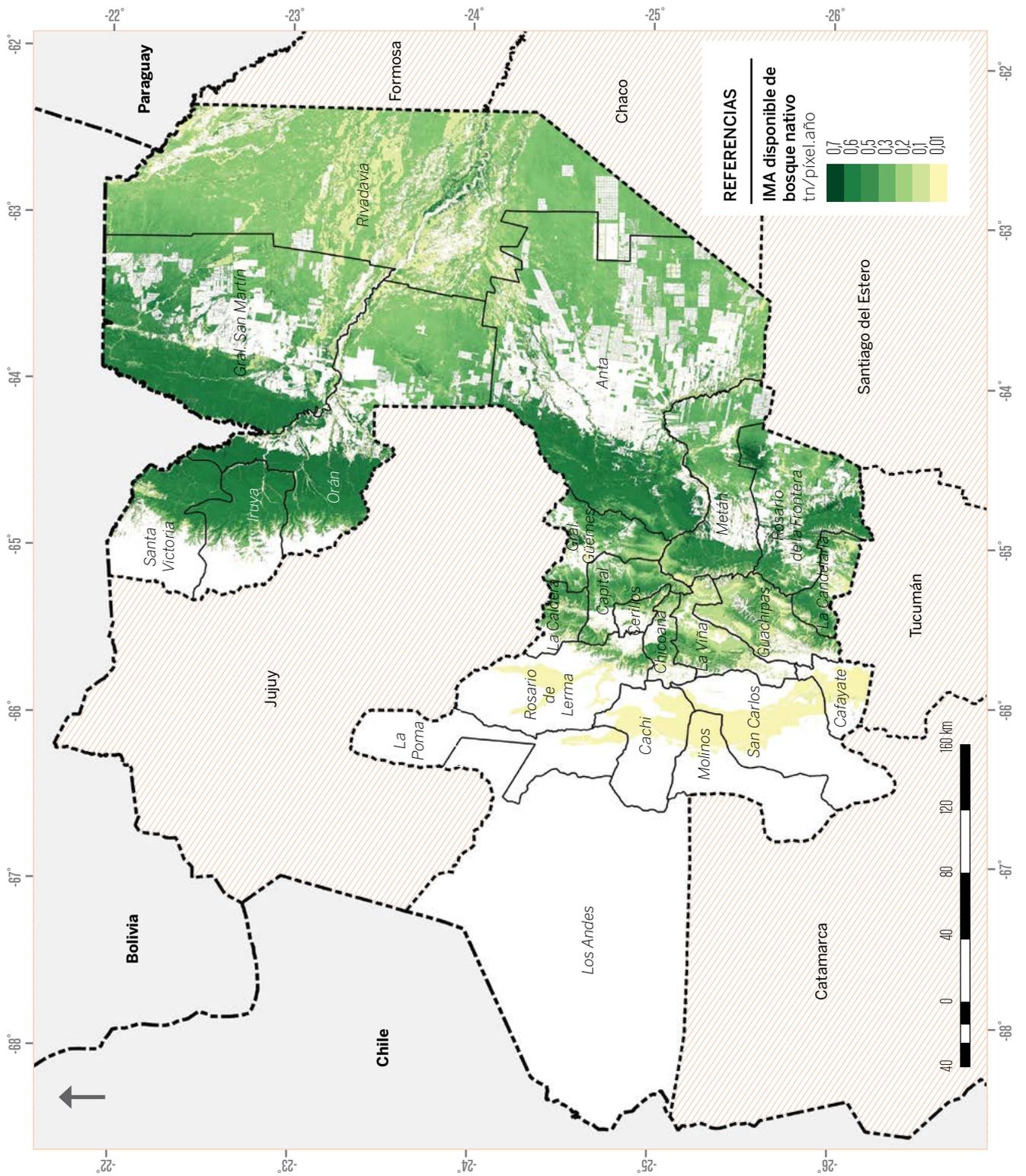
Fuente

Dirección de Bosques, ex SAyDS (2012).

| Producto | Toneladas | Aporte relativo (%) |
|----------------------|---------------|---------------------|
| Rollizos | 90313 | 83,1 |
| Leña | 13523 | 12,4 |
| Carbón vegetal | 3925 | 3,6 |
| Postes alambrado | 720 | 0,7 |
| Rodrigones | 169 | 0,0 |
| Puntales | 35 | 0,0 |
| Varillas | 18 | 0,0 |
| Total general | 108703 | 100 |

Mapa 1. Oferta de bosque nativo.

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



Finalmente, se afectó al valor de IMA un “Factor de Fracción Dendroenergética”, que contempla el porcentaje de biomasa que se deja en campo, para que cumpla las funciones 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).

El resultado de la estimación del potencial de IMA disponible de bosque nativo con fines energéticos se presenta en el Mapa 1. Como era de esperar, los valores más altos se registraron en la zona que coincide con la provincia fitogeográfica de la Yunga; los valores intermedios, con la provincia fitogeográfica Chaqueña; y, los valores más bajos, con la provincia fitogeográfica del Monte. Asimismo, se observa la ausencia de valores en zonas de cultivos y centros urbanos.

Hacia el oeste de la Provincia, la oferta estimada de bosque nativo es baja o nula debido a las condiciones adversas de esa región, tales como temperaturas muy bajas, escasas precipitaciones y procesos avanzados de erosión

5.2.2 Cultivos

Caña de azúcar

La caña de azúcar es un cultivo plurianual, que tiene un ciclo de rotación de 5 a 7 años. En la Provincia de Salta, se desarrolla en los departamentos de General Güemes, Capital y Orán, debido a que presentan un clima propicio, con ausencia casi total de heladas y con disponibilidad de riego para la superficie cultivada.

El sector productivo se caracteriza por tener una integración vertical de la actividad primaria e industrial y un alto grado de concentración en los agentes productivos. En este sentido, la caña procesada por los ingenios proviene, casi en su totalidad, de sus propios cultivos.

Las labores culturales y la industrialización de la caña de azúcar permiten la transformación de sus residuos y subproductos, como RAC, bagazo y vinaza, para generar energía térmica o eléctrica o co-generar ambas. La cantidad teórica de energía que puede obtenerse de una tonelada de caña de azúcar, utilizando el bagazo, el RAC, el alcohol y la vina-

El uso dendroenergético del bosque nativo se contempló bajo fuertes consideraciones de sustentabilidad, teniendo en cuenta únicamente el crecimiento anual del bosque con el objetivo de evitar extraer más de lo que crece.

za, es equiparable a la energía que puede obtenerse de un barril de petróleo (EEAOC, 2011).

La Provincia de Salta aportó el 11,5 % de la producción nacional de azúcar, en 2014, según el Centro Azucarero Argentino -CAA- (Gráfico 4). En ese año, se registró una producción total de azúcares blancos y crudos de 233 340 tn en los dos ingenios localizados en el territorio provincial. Mientras tanto, la Provincia de Tucumán, la mayor productora de caña de azúcar, contribuyó con un 64,5 % de la producción; y, la Provincia de Jujuy, con un 23,2 %. Vale destacar que, estas tres provincias del NOA producen el 99 % del total nacional.

El volumen de RAC de caña factible de recolección por hectárea de caña de azúcar cultivada, depende del rendimiento, la tecnología empleada y las necesidades edáficas de la zona¹⁰. Por recomendación de expertos locales, se empleó un potencial de recolección del residuo de 5 tn/ha x año.

A los fines del análisis espacial de la oferta potencial de biomasa de este cultivo, el INTA brindó una capa geográfica elaborada a partir de un relevamiento realizado, en 2012, con las parcelas implantadas con caña de azúcar. Se consideró una disponibilidad de RAC de 5 tn/ha x año.

10. En aquellos suelos que sufrieron varias rotaciones del cultivo de caña es recomendable dejar entre el 60 y el 70 % del RAC en el suelo, para permitir la recuperación de nutrientes, mientras que en la en las zonas nuevas, se recomienda dejar un 30 %.

La oferta total anual estimada para este cultivo es de 274 240 tn, representando el 74 % del total estimado para cultivos.

Algodón

En la Provincia, el cultivo de algodón se realiza bajo riego durante gran parte del ciclo y, en seco, en el período de lluvias. Los altos rendimientos del algodón salteño y la particular longitud de su fibra, así como el hecho de tratarse de una zona libre de picudo (*Anthonomus grandis*), son las razones que llevan a los pobladores locales a adoptar este cultivo.

Según la información sobre superficie cultivada con algodón brindada por el INTA, actualizada al año 2013, la producción algodonera se desarrolla en su totalidad en el departamento de Anta. Se consideró que la biomasa potencialmente disponible proveniente del cultivo de algodón asciende a 2,5 tn/ha x año (FAO, 2009).

Como resultado, se estimó una oferta total de biomasa de 34 382 tn/año, concentradas en el departamento de Anta.

Banano

En Argentina, el cultivo del banano se desarrolla en áreas subtropicales, con baja probabilidad de heladas. En invierno, cuando la temperatura desciende por debajo de los 12°C, los tejidos de hojas y frutos experimentan daños. Alrededor de la mitad de la producción nacional se realiza en Salta.

La superficie cultivada con bananos se obtuvo a partir de la interpretación de imágenes satelitales. Si bien existe una pequeña superficie plantada con bananos en el norte de la Provincia, este cultivo tiene un alto potencial de aprovechamiento bioenergético por las posibilidades que brinda el uso de sus residuos (Núñez Camargo, 2012; Ferreira y Proença, 2011; Soto Ballesteros, 1995; Vargas *et al*, 2013). El valor de residuos disponible para ser aprovechado asciende a 89,38 tn/ha x año (Soto Ballesteros, 1995).

La oferta provincial total anual estimada es de 23 539 tn y se localiza en el departamento de Orán, representando el 6,3 % del total estimado para cultivos. La disponibilidad de la biomasa se encuentra

Gráfico 4

Aporte relativo por provincias de caña de azúcar. Zafra 2014.

Fuente

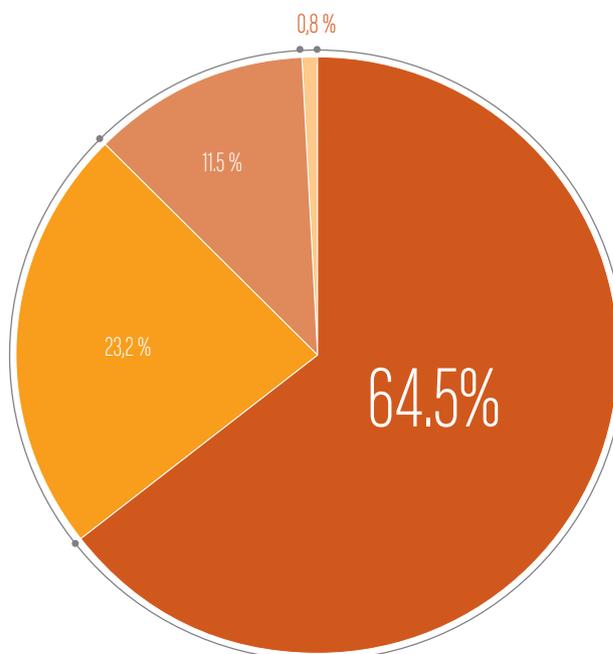
Centro Azucarero Argentino (CAA, 2014).

64,5 % Tucumán

23,2 % Jujuy

11,5 % Salta

0,8 % Litoral



temporalmente distribuida en dos momentos del año, coincidiendo con los períodos en los que se realizan las podas.

Tabaco

La actividad tabacalera, en Argentina, se concentra principalmente en las provincias de Salta, Jujuy, Misiones, Tucumán, Chaco, Corrientes y Catamarca. En el caso de las dos primeras provincias, predomina el cultivo de la variedad Virginia y, en las restantes, la producción se concentra en las variedades Burley y Criollos.

El cultivo de la variedad Virginia se desarrolla en áreas templadas del centro de la Provincia, principalmente en la zona del Valle de Lerma. Los principales departamentos productores de tabaco son Cerrillos y Chicoana, seguidos por Rosario de Lerma y General Güemes, concentrando el 70 % de la producción provincial. Esta variedad de tabaco deja residuos en el terreno que pueden ser aprovechados para la generación de energía.

El Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios otorgó la información de superficie cultivada por departamento, actualizada a octubre de 2014. De esta manera, se estimó la oferta total por departamento, asignando un valor de residuo disponible para fines energéticos de 0,95 tn/ha x año (Manrique y Franco, 2012; Rodríguez Faraldo y Zilocchi, 2012; Tedesco et al., 2011; Manrique et al., 2008). No obstante, esta información no pudo ser espacializada debido a que su distribución espacial no alcanzó el nivel de resolución mínimo utilizado.

Los residuos totales en campo se estimaron en 19 005 tn anuales, donde los departamentos que presentaron una mayor oferta de biomasa son: Cerrillos (5 989 tn/año), Chicoana (3 894 tn/año), Rosario de Lerma (3 869 tn/año) y General Güemes (3 455 tn/año).

Forestaciones

Las actividades de poda, despunte y raleo de las plantaciones forestales representan una oferta importante de biomasa utilizable con fines energéticos. Para la determinación espacial del volumen del rodal es necesario conocer su ubicación, superficie

y atributos tales como edad, especie, densidad y, si es posible, diámetro cuadrático medio.

Para determinar la ubicación y superficie de esta fuente biomásica, se utilizó la información espacial brindada por la Dirección de Producción Forestal (DPF). A partir de dicha información se contabilizaron 21 especies forestales, con un total de 1779,8 ha plantadas, para el año 2014, siendo predominante el eucaliptus (37 %) y otras especies latifoliadas (47 %). En la Tabla 4, se pueden observar las superficies de plantaciones que se registraron en la capa de cobertura de la DPF para la Provincia.

Para el cálculo de oferta de biomasa a partir del aprovechamiento forestal, se empleó un valor de IMA de 16,2 tn/ha x año, para los eucaliptus; y, de 9,4 tn/ha al x año, para las coníferas (FAO, 2009).

En cuanto a la información espacial, se integraron dos capas recibidas por la DPF: una, correspondiente a los planes aprobados bajo el régimen de promoción forestal, según la Ley N.º 25 080; y, otra capa, que posee parcelas que no necesariamente corresponden a ese régimen (por ejemplo, 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. Para correlacionar el valor de IMA con cada rodal analizado, se utilizó el atributo DAP y al-

Cuadro 4

Géneros y superficies implantadas en Salta.

Fuente

Dirección de Producción Forestal (SAGPyA).

| Géneros | Superficie (ha) |
|--------------------|-----------------|
| <i>Eucalyptus</i> | 665,5 |
| Otras latifoliadas | 849,8 |
| <i>Pinus</i> | 50,9 |
| Otras coníferas | 213,6 |
| Total provincial | 1779,8 |

tura. En aquellos casos donde hubo datos faltantes de los atributos DAP o altura, éstos se estimaron a partir de curvas de regresión. De este modo, se obtuvo una tabla con el valor en toneladas por hectárea generadas por año para cada rodal.

Los resultados de este análisis indican que el sector forestal de la Provincia aportaría un total de 11 154 tn/año de recursos biomásicos con fines energéticos. Las plantaciones forestales se distribuyen, principalmente, en los departamentos de Orán y Anta.

Cítricos

En Argentina, se destacan las zonas cítricas del NOA (Tucumán, Jujuy, Salta, Catamarca y Santiago del Estero), que comprenden el 61 % de la producción nacional; y, la región del NEA (Entre Ríos, Corrientes, Misiones y Buenos Aires), con el 39 % de la producción restante. La producción cítrica en la Provincia de Salta se concentra, principalmente, en los departamentos de Orán y Anta.

El cultivo de cítricos, en la Provincia de Salta, representa aproximadamente un 7 % de la superficie cultivada para la Argentina, con especial énfasis en la producción de limón, naranja y pomelo (FEDER-CITRUS, 2015).

La oferta de biomasa seca del cultivo de cítricos proviene de los residuos de poda y reemplazo de plantas. El valor de residuo biomásico, a partir de la poda de cítricos, se determinó en 3 tn/ha x año (Rosúa y Pasadas, 2012; FAO, 2009; Valentini y Arroyo, 2003). La superficie cultivada de cítricos, se obtuvo digitalmente a partir de la interpretación visual de imágenes del *Google Earth*.

La oferta total de residuos biomásicos procedente de la poda y el reemplazo de plantas alcanza 4 262 tn/año y se localiza, principalmente, en los departamentos de Orán y Anta; y, en menor medida, en Metán, General Güemes, Cafayate y Rosario de la Frontera.

Vid

El cultivo de la vid, en la Provincia, se desarrolla en valles bajo sistemas de irrigación artificial, entre los 1 000 y 2 000 msnm. La principal limitación para el desarrollo de viñedos son las precipitaciones, que no deben superar los 600 mm anuales. La Provin-

cia representa el 1,35 % de la producción nacional de vid, con 3 000 ha y 256 viñedos, que se localizan principalmente en Cafayate y San Carlos (INV, 2014).

El tipo de conducción predominante en los viñedos de la Provincia es el espaldero alto (Secretaría de Asuntos Agrarios de la Provincia de Salta). De acuerdo a datos provistos por el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV), este tipo de conducción deja un residuo por poda de sarmientos, equivalente a 1,7 tn/ha x año. Este valor se utilizó para estimar la oferta de biomasa con fines energéticos proveniente de los cultivos de vid. Para identificar la superficie cultivada de vid, ésta se digitalizó a partir de la interpretación visual de imágenes del *Google Earth*.

Se estimó una oferta total anual de 3 960 tn, concentrada en los departamentos de Cafayate y San Carlos.

Olivos

El cultivo de olivos, en la Provincia de Salta, no está difundido y se concentra en el Valle Calchaquí, en la localidad de Cafayate. El residuo biomásico de los cultivos de olivos proviene de la poda.

El valor que se consideró para estimar estos residuos fue de 2,5 tn/ha x año (FAO, 2009; Skolou y Zabanitou, 2007). A partir de este valor se estimó una oferta total anual de 68 tn de residuos biomásicos.

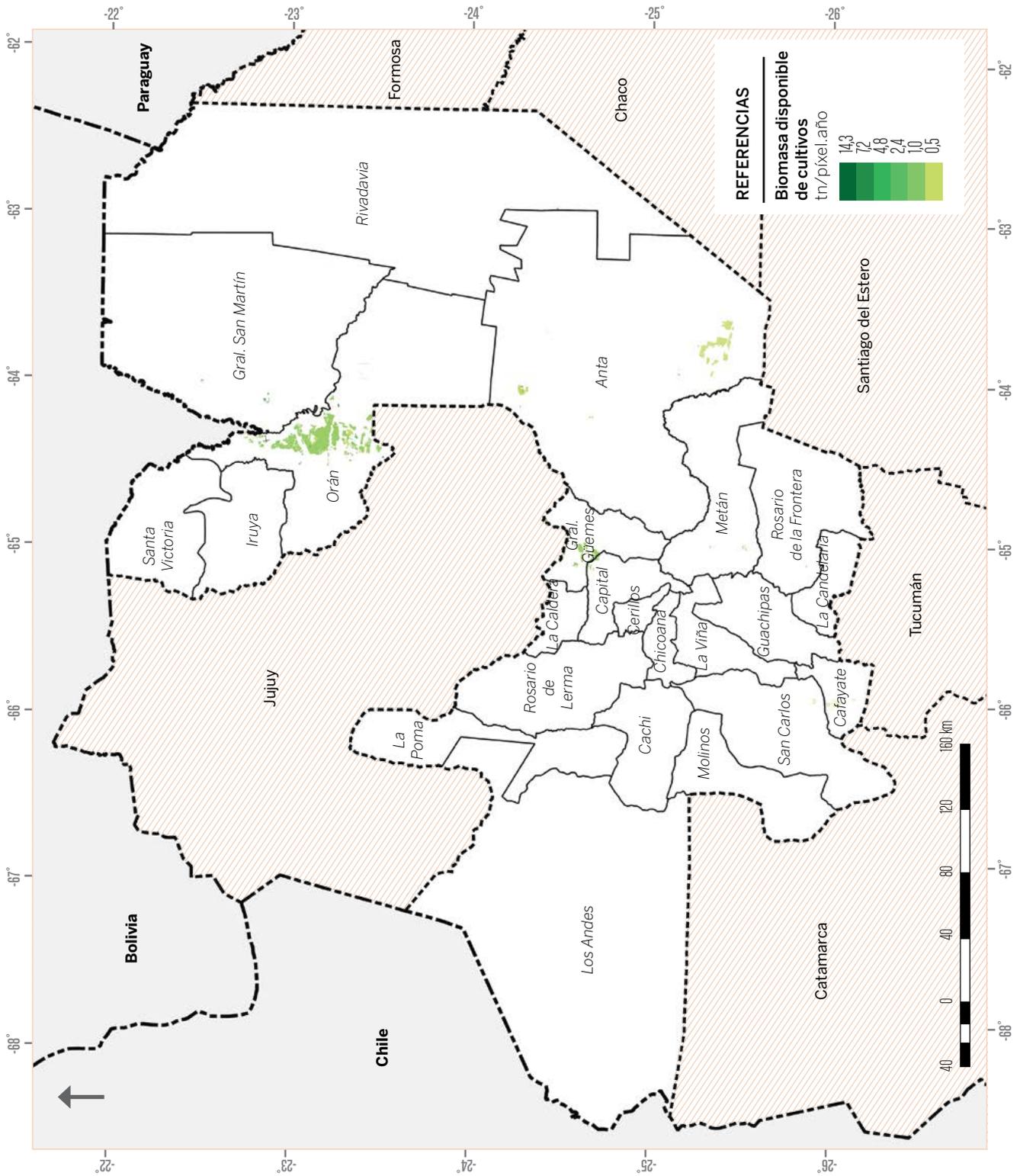
Síntesis oferta directa total de cultivos

El Mapa 2 muestra la integración de las estimaciones de residuos pasibles de aprovechamiento energético correspondiente a los cultivos de caña de azúcar, banano, algodón, tabaco, forestaciones, cítricos, vid y olivos. El cultivo de la caña de azúcar es el que presenta la mayor superficie entre los cultivos analizados distribuidos principalmente en los departamentos de Orán y General Güemes (Mapa 3). Asimismo, este cultivo es el que exhibe la mayor oferta directa total con potencial biomásico, a partir de los residuos de cosecha (RAC), alcanzando 274 240 tn anuales (Tabla 5).

El departamento de Orán, con producción de caña de azúcar, banano, forestaciones y cítricos, es el que presenta la mayor oferta de biomasa a partir de cultivos. En segundo lugar, se ubica el departamento de Anta, donde se cultiva principalmente algodón, cítricos y forestaciones.

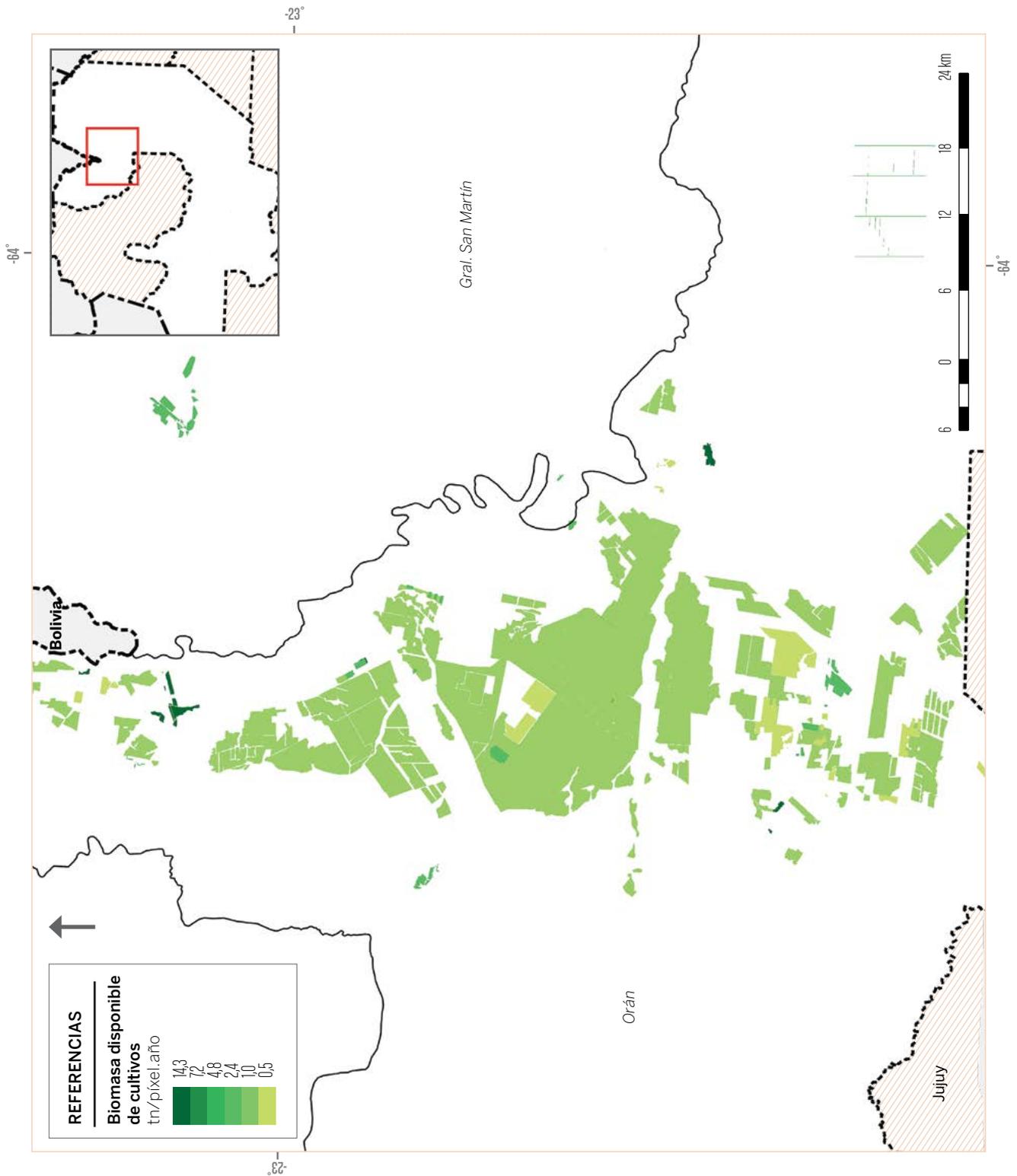
Mapa 2. Oferta directa total por cultivos.

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



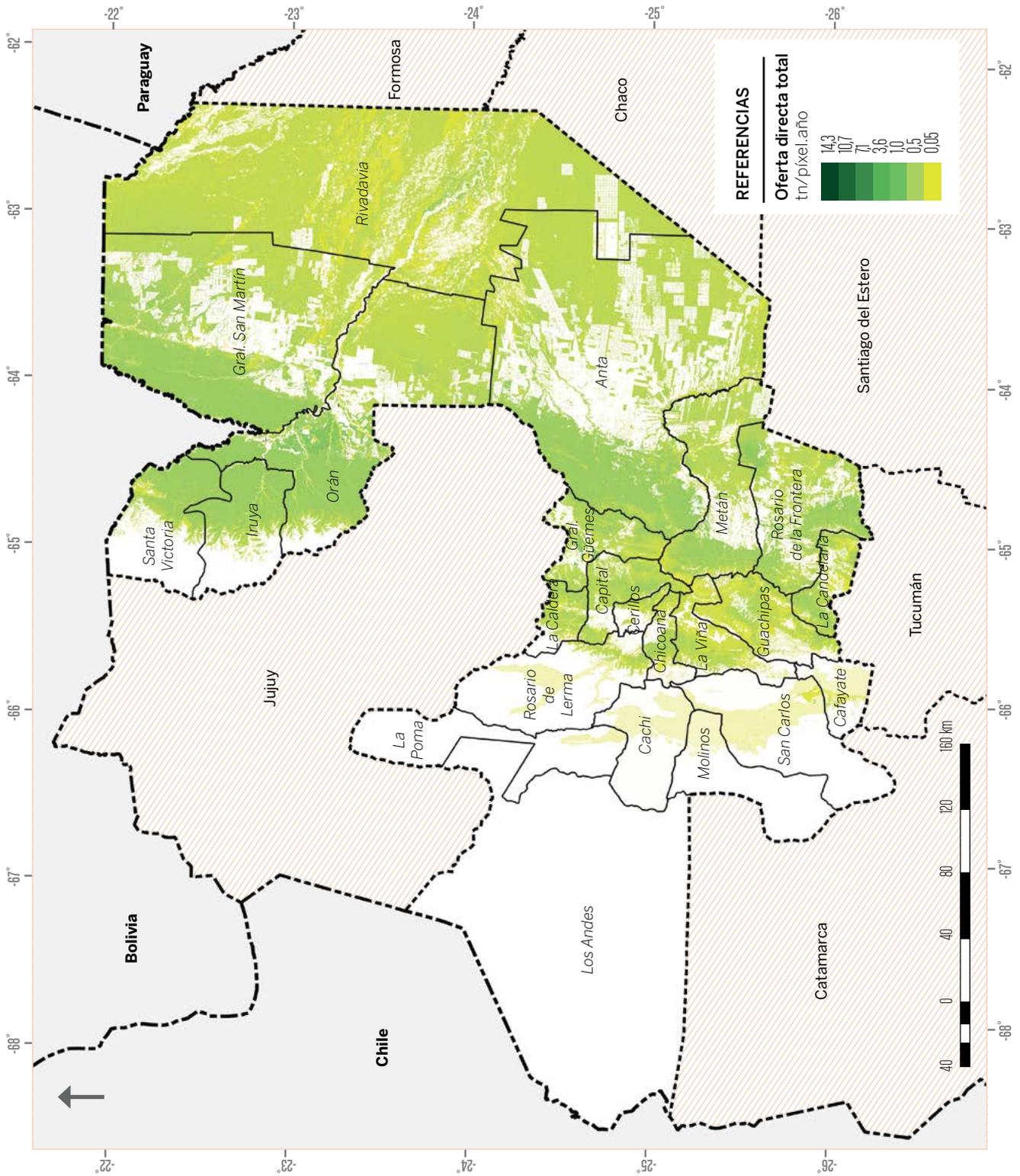
Mapa 3. Oferta directa total por cultivos. Zona de Orán.

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



Mapa 4. Oferta directa total.

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



Es importante señalar que, el cultivo de tabaco no fue analizado espacialmente, por lo que no se encuentra representado en los mapas de este informe.

Síntesis oferta directa total

En el Mapa 4, se observa la integración de la distribución espacial de la oferta directa total, estimada a partir de la biomasa de cultivos y de bosque nativo. La disponibilidad de biomasa se concentra en las zonas del centro y norte de la Provincia, comprendiendo las provincias fitogeográficas de las Yungas y Chaqueña. Los valores máximos alcanzados por píxel corresponden al cultivo de banano (14,3 tn/píxel x año).

El bosque nativo representa el 93,7 % del total de biomasa para fines energéticos, y su distribución se extiende tanto en el centro como en el norte y este de la Provincia. Los departamentos que presentan la mayor oferta de bosque nativo son Rivadavia, Anta y General San Martín, con un total de 3676838 tn/año (Tabla 5).

Los cultivos analizados se encuentran concentrados, principalmente, en los departamentos de Orán (269 390 tn/año), Anta (38 677 tn/año) y General Güemes (33642 tn/año), representando el 6,3 % del total de la oferta de biomasa directa total (Tabla 5).

5.2.1 Accesibilidad física

La metodología WISDOM contempla la incorporación de una variable limitante, que tiene relación con la topografía y la distancia que existe entre un

lugar poblado o vías 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, caña de azúcar, plantaciones forestales, etc., dado que estos recursos se encuentran dispersos en el territorio. El desplazamiento entre dos puntos del espacio implica una fricción, que se expresa en términos de costos económicos y energéticos (combustible, mano de obra) y de tiempo de traslado, dependiendo de la distancia y pendientes que separan a estos puntos.

La accesibilidad física es un parámetro espacial que define la accesibilidad de 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 de Elevación Digital (DEM). En este caso, el costo expresa la resistencia a la posibilidad de desplazamiento 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 (desde 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 disponible con fines bioenergéticos.

En este análisis espacial, se aplicó una función exponencial para calcular el costo acumulado para llegar a un determinado píxel, a diferencia de la función lineal utilizada en el WISDOM Argentina (FAO, 2009). Con esta función exponencial, 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

La metodología WISDOM contempla la accesibilidad física como una variable limitante, en referencia a la topografía y la distancia existente entre un lugar poblado o vías de comunicación y la localización del recurso biomásico.

Cuadro 5

Oferta directa total por departamento.

| Departamento | Oferta Directa (tn/año) | | | | | | | | | | Total por departamento |
|------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|-------------|-----------------|------------|------------------------|
| | Bosque nativo | Caña de azúcar | Algodón | Banano | Forestaciones | Cítricos | Vid | Olivos | Tabaco Virginia | | |
| Anta | 1295354,1 | 0,0 | 34382,8 | 0,0 | 2935,4 | 1358,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1334031,2 |
| Cachi | 3073,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3073,5 |
| Cafayate | 4128,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 13,0 | 3295,8 | 67,6 | 0,0 | 0,0 | 7505,1 |
| Capital | 77281,9 | 7092,1 | 0,0 | 0,0 | 141,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 134,6 | 0,0 | 84650,2 |
| Cerrillos | 9904,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5989,9 | 0,0 | 15894,4 |
| Chicoana | 21752,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3894,5 | 0,0 | 25647,1 |
| General Güemes | 133167,7 | 30154,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 32,2 | 0,0 | 0,0 | 3455,9 | 0,0 | 166810,2 |
| General San Martín | 887891,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 573,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 888464,7 |
| Guachipas | 45037,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 215,6 | 0,0 | 45253,5 |
| Iruya | 35275,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 35275,2 |
| La Caldera | 37326,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 23,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 190,9 | 0,0 | 37540,7 |
| La Candelaria | 63838,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 580,0 | 0,0 | 64418,0 |
| La Poma | 754,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 754,8 |
| La Viña | 36495,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 591,6 | 0,0 | 37086,8 |
| Los Andes | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 121,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 122,0 |
| Metán | 344823,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 670,7 | 153,1 | 0,0 | 0,0 | 82,5 | 0,0 | 345729,9 |
| Molinos | 1273,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1273,3 |
| Orán | 571156,7 | 236993,6 | 0,0 | 23539,1 | 6154,4 | 2702,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 840546,7 |
| Rivadavia | 1493592,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 76,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1493669,3 |
| Rosario de la Frontera | 387816,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 457,0 | 1,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 388275,1 |
| Rosario de Lerma | 14669,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3869,9 | 0,0 | 18538,9 |
| San Carlos | 7628,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 663,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 8292,6 |
| Santa Victoria | 12360,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 12360,0 |
| Subtotales | 5484602,7 | 274240,1 | 34382,8 | 23539,1 | 11154,1 | 4261,9 | 3959,5 | 67,6 | 19005,4 | 0,0 | 5855213,2 |

píxeles medianamente o poco accesibles tendrían poco IMA disponible para utilizar.

5.2.1.a Red vial

El análisis de la red vial se realizó empleando la capa vectorial correspondiente del SIG250 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). La misma fue codificada en base a bibliografía específica sobre relaciones entre el tipo de calzada de los caminos 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 6.

5.2.1.b Ferrocarriles

En relación a los ferrocarriles, la capa geográfica que se utilizó fue suministrada por la Dirección Provincial de Vialidad. La ponderación otorgada a las vías férreas fue de 0,72 (72% de accesibilidad), equivalente a una calzada de tipo camino consolidado.

5.2.1.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).

5.2.1.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%.

5.2.1.e Pendiente del terreno

Se creó un mosaico a partir de 27 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).

En el Mapa 5, se observa que los valores altos de accesibilidad física están relacionados estrechamente con la presencia de redes viales nacionales y provinciales, centros poblados y pendientes suaves. Por estos motivos, los valores máximos se establecen en el este provincial, a lo largo de las rutas

Cuadro 6

Coeficientes por tipo de red vial.

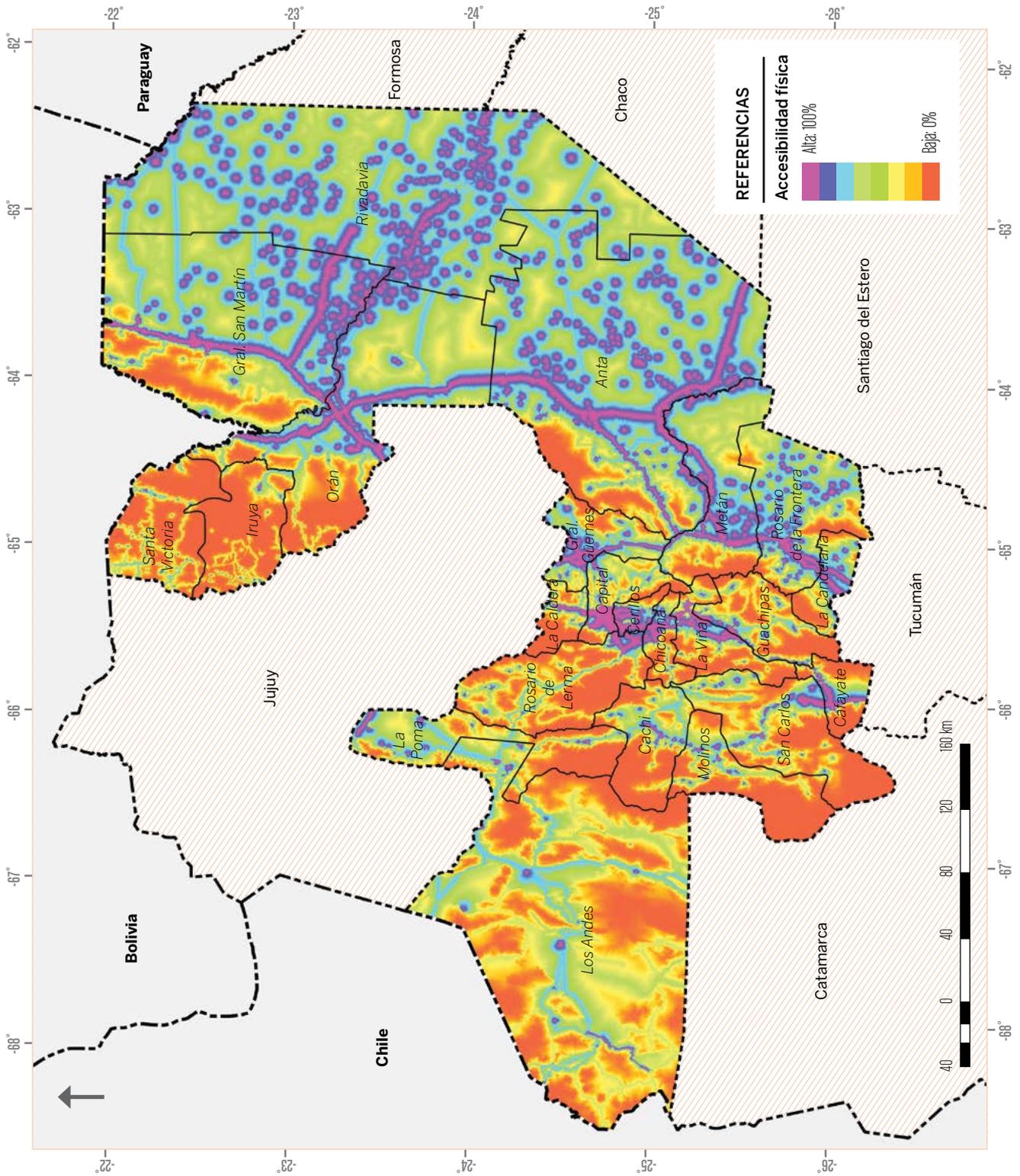
Fuente

Adaptado en base al Banco Mundial (2010).

| Red vial | | |
|------------------------|---------------------------------------------------|-------------|
| Tipo | Clase | Coeficiente |
| 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 |

Mapa 5. Accesibilidad física.

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



nacionales, RN34, RN68, RN51, RN9, RN16, RN81, RN50; de las rutas provinciales, RP5 y RP30; y en los centros poblados, que se ubican en las zonas intersticiales. En esta región, la pendiente no condiciona la accesibilidad al recurso, como sí lo hace en el oeste provincial donde se presentan los valores más bajos de accesibilidad. Estos niveles de accesibilidad disminuyen en virtud del predominio de fuertes pendientes y una baja densidad de centros poblados y de vías de comunicación.

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 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, Ley N.º 26 331/07, se establece la necesidad de realizar el OTBN, el cual define tres categorías de conservación de la biodiversidad (Anexo I), reglamentadas mediante la Ley Provincial N.º 7 543.

En este sentido, se siguieron las categorías del OTBN de Salta, asignando ponderaciones de accesibilidad, y se agregó una cuarta categoría, Categoría Azul, propuesta por la misma Provincia. Las ponderaciones asignadas se indican en la Tabla 7. La capa del OTBN de la Provincia fue provista por la ex SAyDS.

En el análisis espacial, la Categoría Rojo ha sido restringida totalmente, ya que circunscribe sectores de muy alto valor de conservación que no pueden transformarse y la oferta de biomasa en ese sector es nula. En las áreas correspondientes a las categorías Amarillo y Azul, la oferta se restringió a un 20 % del crecimiento anual del bosque, lo que permitía recuperar áreas degradadas o contemplar errores de estimación del IMA de biomasa. Por último, a la Categoría Verde se le asignó una disponibilidad del 100 % de accesibilidad legal, ya que comprende sectores de bajo valor de conservación, que 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,

Cuadro 7

Coeficientes asignados a las categorías del OTBN.

| Categoría | Coeficiente |
|-----------|-------------|
| Rojo | 0 |
| Amarillo | 0,8 |
| Verde | 1 |
| Azul | 0,8 |

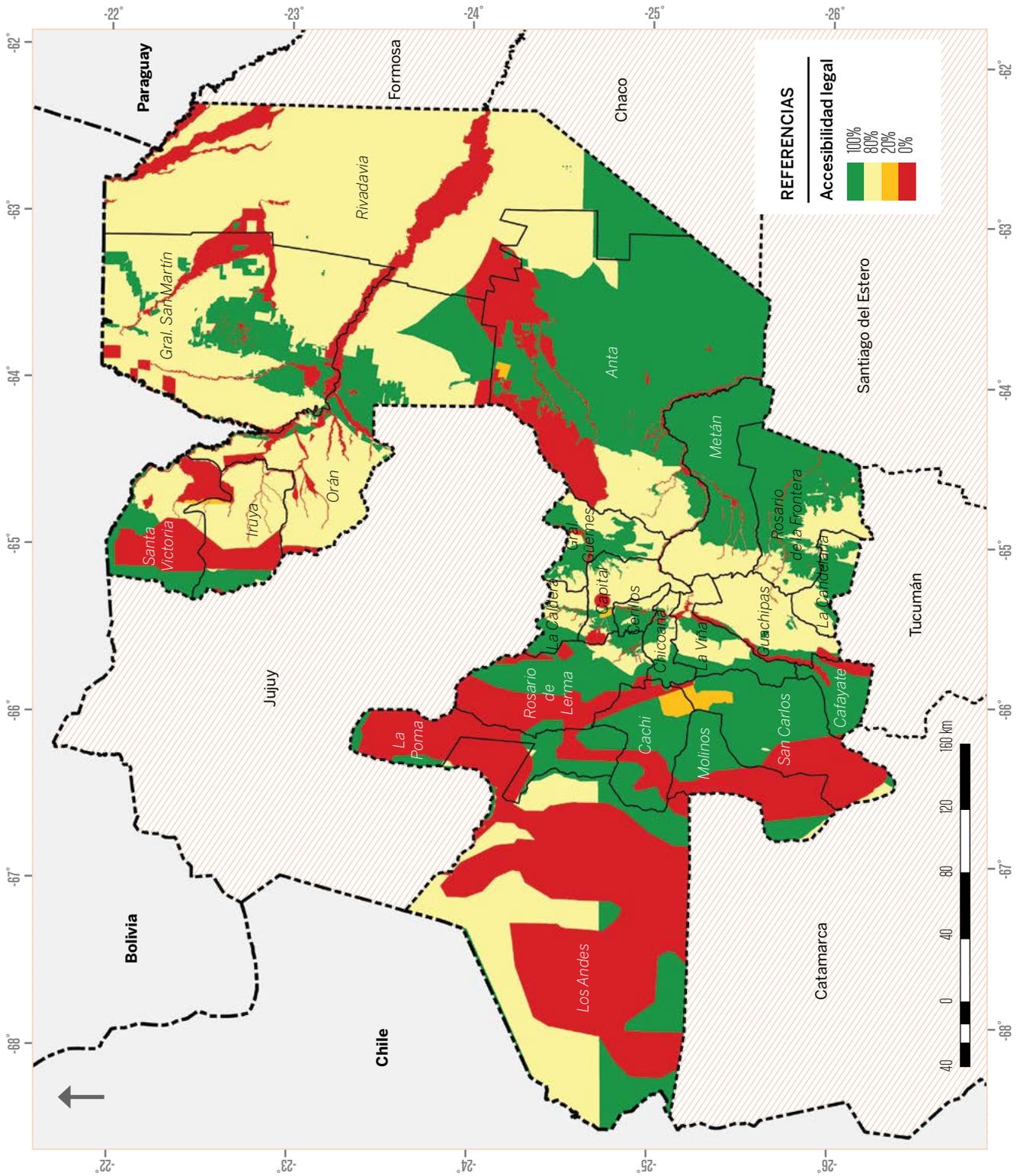
Cuadro 8

Coeficientes para las áreas naturales protegidas.

| Categoría de protección | Coeficiente |
|------------------------------|-------------|
| Parque nacional | 0,2 |
| Parque provincial | 0,2 |
| Monumento natural | 0 |
| Área protegida provincial | 0 |
| Reserva de uso múltiple | 0,8 |
| Reserva nacional | 0 |
| Reserva provincial | 0 |
| Otras reservas | 0,8 |
| Patrimonio de la humanidad | 0,8 |
| Paisaje protegido patrimonio | 0,8 |

Mapa 6. Accesibilidad legal.

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



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 la ex SAyDS. Se restringió la oferta de biomasa en estas áreas, de acuerdo a los coeficientes de la Tabla 8.

A partir de la unión de las restricciones generadas por el OTBN y por las áreas naturales protegidas, se generó el Mapa 6, que muestra el acceso legal a los recursos biomásicos en la Provincia de Salta.

En el Mapa 6, en el sector este provincial, ocupado por la selva de las Yungas y el bosque del distrito Chaqueño Occidental, se observan zonas de baja accesibilidad que se corresponden con la Categoría Rojo del OTBN. Las áreas naturales protegidas que se ubican en esta región, presentan una restricción total o parcial en el uso de la biomasa con fines energéticos, en función de la posibilidad de extracción de madera a partir del control de especies exóticas.

Otra de las áreas con accesibilidad totalmente restringida es el área protegida provincial Zona Viña, que se destaca por su extensión en el oeste salteño. Asimismo, se pueden observar las restricciones totales sobre las márgenes de los cursos de agua, zonas de alto valor de conservación de la biodiversidad. Las áreas que no presentan restricciones, que se corresponden con la Categoría Verde del OTBN, son el sudeste de la Provincia y las zonas altoandinas áridas del oeste.

5.2.III Accesibilidad total

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

Como se observa en el Mapa 7, la parte oeste del territorio provincial presenta muy bajos niveles

de accesibilidad, debido a la existencia de grandes áreas naturales protegidas, a una limitada red de infraestructura vial y a las fuertes pendientes, propias del sistema orográfico. Asimismo, la protección de los márgenes de los ríos restringe totalmente la disponibilidad del recurso.

Otra área con bajos niveles de accesibilidad está conformada por los departamentos de Iruya, Santa Victoria y el noroeste de Orán, debido a la presencia de áreas naturales protegidas, como el Parque Nacional Baritú, fuertes pendientes y la inclusión de grandes zonas de bosque nativo dentro de la Categoría Amarillo del OTBN.

El eje norte-sur, en torno a la RN34 y la RN50, es el que exhibe los niveles de accesibilidad más altos. Asimismo, es sobre este eje donde se concentra la mayor parte de los centros poblados de la Provincia y, por ende, donde la accesibilidad al recurso es mayor.

Síntesis de Oferta Directa Accesible

La oferta directa total estimada se recalculó en función de la accesibilidad total. El resultado se muestra en el Mapa 8 y en la Tabla 9, donde se observa una reducción de la disponibilidad de biomasa con fines energéticos en los cultivos analizados y en las formaciones nativas, al ser puesta en relación con las condiciones de accesibilidad.

De esta manera, si comparamos la Tabla 9 con la Tabla 5, donde se presentaban los valores estimados de oferta directa total, se aprecia una notable reducción en la disponibilidad de los recursos biomásicos provenientes del bosque nativo en más de un millón de toneladas de IMA.

A diferencia del bosque nativo, donde la reducción en la disponibilidad se produce por restricciones legales, la oferta directa total por cultivos se ve restringida principalmente por factores físicos. De esta forma, se identifica una pérdida aproximada de 100 000 tn de RAC de caña de azúcar, esencialmente en el departamento de Orán. El algodón, las forestaciones, el tabaco Virginia y el banano son los otros cultivos donde más impacta la restricción impuesta por la accesibilidad física al recurso.

En el Mapa 8, se presenta la distribución de la oferta biomásica provincial accesible. Si bien el valor máximo de rango de píxel coincide con el valor del

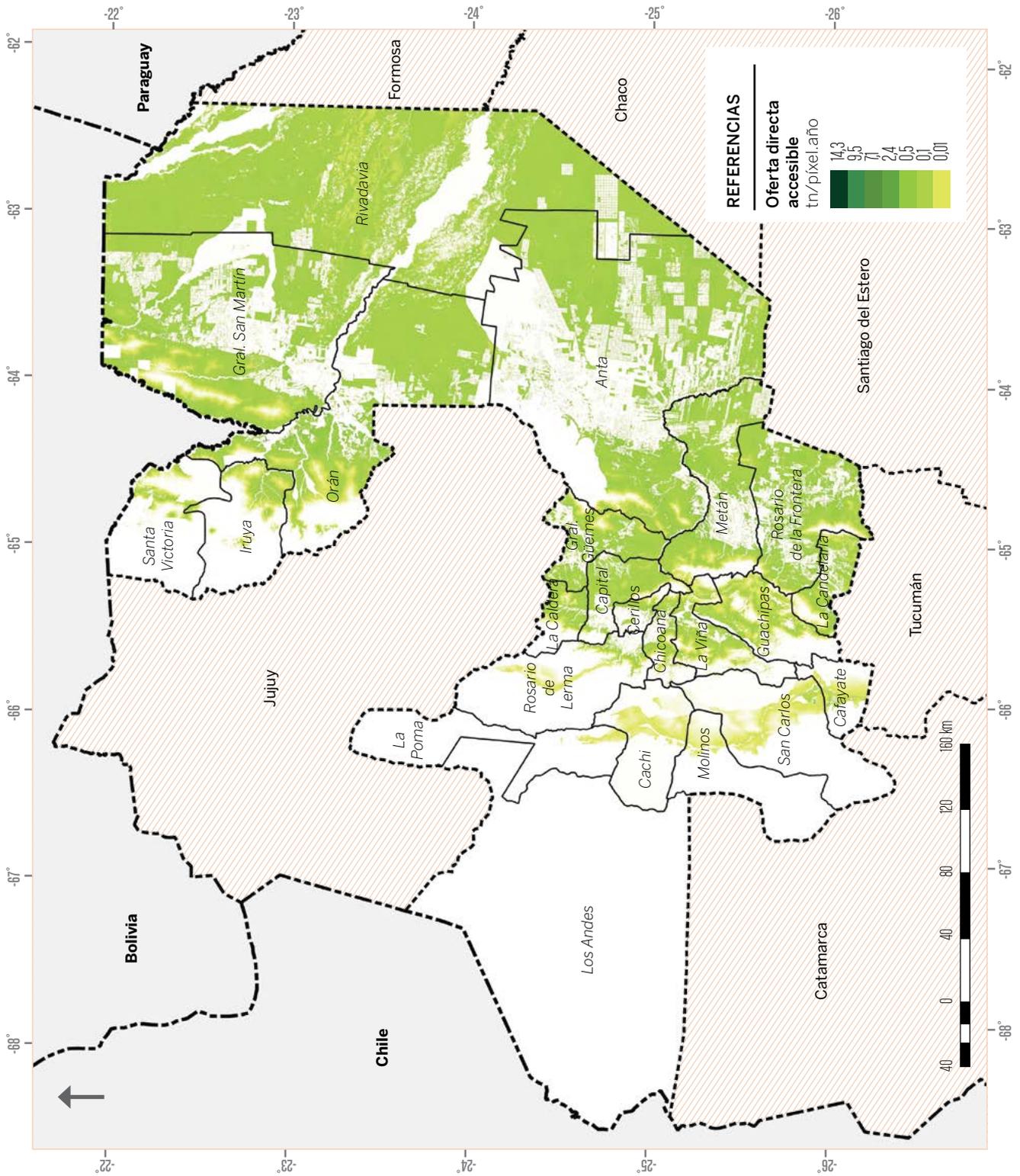
Cuadro 9

Valores estimados de oferta directa accesible

| Departamento | Oferta Directa (tn/año) | | | | | | | | | | Total por departamento |
|------------------------|-------------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|-------------|------------------|------------------------|
| | Bosque Nativo | Caña de azúcar | Algodón | Tabaco Virginia | Banano | Forestaciones | Vid | Cítricos | Olivos | | |
| Anta | 1002447,7 | 0,0 | 28078,7 | 0,0 | 0,0 | 1939,6 | 0,0 | 977,9 | 0,0 | 1033443,8 | |
| Cachi | 3093,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3093,4 | |
| Cafayate | 3761,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3077,5 | 12,6 | 61,0 | 6912,8 | |
| Capital | 65421,6 | 5300,5 | 0,0 | 134,6 | 0,0 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 70857,9 | |
| Cerrillos | 8333,7 | 0,0 | 0,0 | 5989,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 14323,6 | |
| Chicoana | 17814,8 | 0,0 | 0,0 | 3894,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 21709,2 | |
| General Güemes | 113689,1 | 26312,9 | 0,0 | 3455,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 31,8 | 0,0 | 143489,6 | |
| General San Martín | 758146,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 286,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 758432,5 | |
| Guachipas | 39728,3 | 0,0 | 0,0 | 215,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 39944,0 | |
| Iruya | 33411,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 33411,7 | |
| La Caldera | 29659,4 | 0,0 | 0,0 | 190,9 | 0,0 | 12,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 29863,0 | |
| La Candelaria | 49705,6 | 0,0 | 0,0 | 580,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 50285,6 | |
| La Poma | 753,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 753,5 | |
| La Viña | 33129,7 | 0,0 | 0,0 | 591,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 33721,3 | |
| Los Andes | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,4 | |
| Metán | 266426,8 | 0,0 | 0,0 | 82,5 | 0,0 | 387,8 | 0,0 | 95,8 | 0,0 | 266992,9 | |
| Molinos | 1281,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1281,4 | |
| Orán | 454347,9 | 141344,8 | 0,0 | 0,0 | 17577,7 | 3365,4 | 0,0 | 1786,2 | 0,0 | 618422,0 | |
| Rivadavia | 1125815,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 26,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1125841,5 | |
| Rosario de la Frontera | 315532,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 434,7 | 0,0 | 1,3 | 0,0 | 315968,0 | |
| Rosario de Lerma | 8932,1 | 0,0 | 0,0 | 3869,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 12802,0 | |
| San Carlos | 7144,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 625,2 | 0,0 | 0,0 | 7770,0 | |
| Santa Victoria | 10314,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10314,1 | |
| Subtotales | 4348890,6 | 172958,2 | 28078,7 | 19005,4 | 17577,7 | 6456,4 | 3702,7 | 2905,5 | 61,0 | 4599636,2 | |

Mapa 8. Oferta directa accesible.

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



Mapa 4 de oferta directa total, se observa una clara disminución de la oferta directa total proveniente del bosque nativo, que se corresponde a la provincia fitogeográfica de las Yungas debido, fundamentalmente, a las restricciones legales, al OTBN y a las áreas naturales protegidas.

5.3 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. En la Provincia de Salta, la oferta indirecta está determinada por subproductos, como el bagazo, que se genera en los ingenios a partir de la transformación de la caña de azúcar; los residuos de la foresto-industria, como costaneros, despuntes, virutas, aserrín, corteza y astillas; los subproductos del proceso de vinificación; y los residuos del desmote del algodón, del acopio de tabaco y de la producción de pasta y aceite de maní. El objetivo de este módulo es evaluar la disponibilidad de biomasa para producción de energía, a partir de la información disponible de las actividades productivas mencionadas. Esta oferta indirecta no es filtrada por los mapas de accesibilidad ya que se presupone 100 % accesible.

5.3.1 Ingenios

En la Provincia de Salta, operan dos ingenios: el Ingenio San Martín de Tabacal, que se sitúa en el departamento de Orán, y el Ingenio San Isidro, en el departamento General Güemes. Durante la zafra azucarera de 2014, el primero produjo 177 440 tn de azúcares blancos y crudos, a partir de 1 594 393 tn de caña molida; mientras que, el segundo elaboró 55 959 tn de azúcares blancos, crudos y orgánicos, procesando un total de 594 056 tn de caña molida.

Los tallos verdes, al ser molidos en el trapiche, se separan en un jugo azucarado y en un residuo fibroso denominado bagazo, que representa el 30 % de la caña molida y contiene un 50 % de humedad (INTA, 2013; Roca Alarcón *et al*, 2006; FAO, 2009).

Para incorporar este residuo biomásico en el análisis espacial, se contó con la capa geoespacial

en la que figura la ubicación de los dos ingenios de la Provincia y el CAA proveyó el total de caña molida correspondiente a la zafra 2014. Así, se determinó que el Ingenio San Martín del Tabacal y el Ingenio San Isidro generaron 478 317 tn y 178 216 tn de bagazo, respectivamente.

5.3.2 Foresto-industria

La transformación primaria y secundaria de la madera genera residuos tales como costaneros, despuntes, virutas, aserrín, corteza y astillas.

A partir de los datos proporcionados por la Federación Argentina de la Industria Maderera y Afines (FAIMA) y la Cámara de Obreros del Norte (CON), se realizó el análisis espacial. El primer organismo facilitó una lista de establecimientos foresto-industriales que fue georreferenciada. Para los establecimientos de la zona de Orán, la CON asistió al equipo técnico para clasificarlos por tamaño y, de esa manera, se asignó a cada clase un valor estimado de residuos: 5 000 tn/año a las industrias grandes, 2 500 tn/año a las medianas y 1 000 tn/año a las pequeñas. Para el resto de los establecimientos transformadores de la madera de la Provincia, se aplicó un volumen mínimo de residuos de 1 tn/año, a la espera de calcular los volúmenes reales de cada establecimiento.

El aporte total de la foresto-industria es de 64 564 tn/año.

5.3.3 Desmotadoras de algodón

La industria procesadora del algodón produce residuos potencialmente aprovechables con fines energéticos, tales como carpelos, palos, hojas y restos de bochas inmaduras.

De acuerdo al Anuario 2015, de J.J. Hinrichsen S.A., en la Provincia de Salta funciona la desmotadora Liag, la cual procesó 500 tn/día de algodón, en 2014. En base a la estimación realizada en el WISDOM Argentina, se consideró que el 13 % de la materia prima ingresada permanece como residuo (FAO, 2009). Por lo que, el volumen de residuo estimado es de 65 tn/día.

De esta manera, en el estudio realizado se multiplicó el valor diario de residuo por 100, que es la cantidad de días que opera el establecimiento du-

rante un año calendario. Así, la oferta indirecta de residuos algodóneros asciende a 6500 tn/año.

5.3.4 Bodegas

Los residuos generados en el proceso de vinificación, que se tienen en cuenta en este análisis, son los residuos sólidos orgánicos, como orujos, borras y escobajos, producto del prensado de la uva, el despalillado de racimos y el precipitado sólido del vino.

El Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV) informó la ubicación y la cantidad de producto procesado, en el año 2014, para las 32 bodegas registradas en la Provincia. De acuerdo con esta misma fuente, la biomasa residual potencialmente disponible constituye un 7,85 % del volumen de uva procesado en cada bodega, resultando en una contribución de 2528 tn/año.

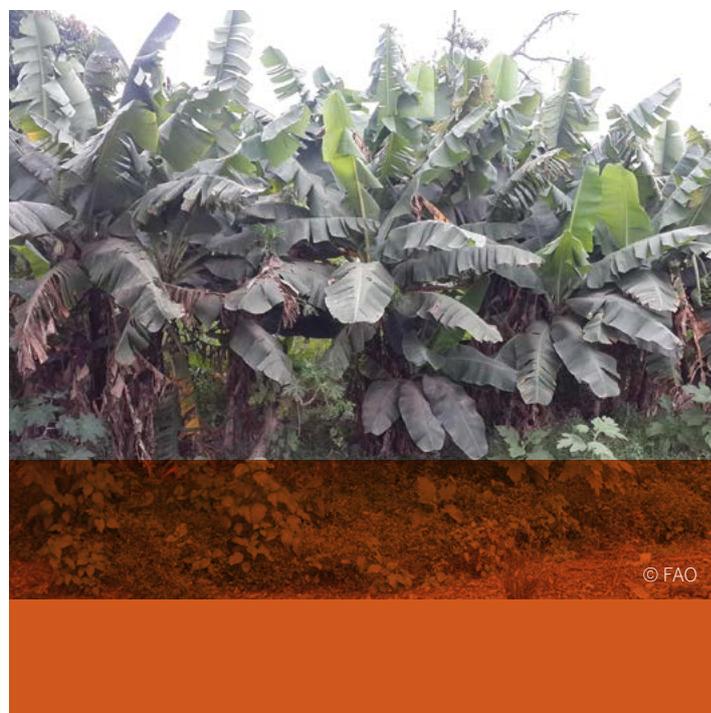
5.3.5 Acopiadores de tabaco

Luego de ser cosechado y secado, el tabaco es enfardado y enviado a centros de acopio, en donde se realizan tareas¹¹ de clasificación, acondicionado y descarte, las cuales generan residuos biomásicos aprovechables con fines energéticos.

Para incorporar estos residuos al análisis espacial, se georreferenciaron las seis empresas acopiadoras de tabaco de la Provincia. A partir del Programa de Reconversión de Áreas Tabacaleras se tomaron los valores de acopio disponibles para la campaña 2012/2013. Así, estimando una generación de residuos del 2 % del total de tabaco procesado, se calculó un aporte de 709,58 tn/año.

5.3.6 Procesadoras de maní

En la Provincia de Salta, existen dos empresas que procesan maní: Desdelsur S.A. y Vidizzoni S.A. Cada planta de procesamiento de maní se localizó a partir de los datos publicados por las empresas. El residuo aprovechable con fines energéticos es la cáscara de maní que, según técnicos de la Secretaría de Asuntos Agrarios de la Provincia de Salta, se corresponde al



30 % del volumen procesado. De esta manera, se determinó que la oferta de biomasa proveniente de las procesadoras de maní es de 21,6 tn/año.

Síntesis de la Oferta Indirecta

En Salta, la oferta indirecta se concentra en los ingenios que generan bagazo a partir de caña de azúcar y representa el 90 % del recurso potencial disponible evaluado en los departamentos de Orán y General Güemes. Los residuos de la foresto-industria ocupan el segundo lugar en importancia (8,8 %), siendo Orán el departamento con mayor disponibilidad de biomasa a partir de la industria transformadora de la madera. Las desmotadoras de algodón aportarían al sistema 6 500 tn/año de biomasa, mientras que los acopiadores de tabaco, las bodegas y las descascaradoras de maní aportarían en conjunto 3 259 tn/año (Tabla 10).

11. Estas tareas incluyen el despalillado, corte de puntas, enfardado y descartes por defectos, entre otras.

5.4 Módulo de demanda

La biomasa como recurso energético ha sido utilizada a lo largo de la historia por diversos sectores sociales 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 accesibles. La forma más habitual de aprovechamiento 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 agua e iluminar.

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.

Con respecto al sector industrial, los recursos biomásicos han tenido diversas finalidades de acuerdo a la actividad productiva desarrollada. Particularmente, en la Provincia de Salta, la industria

azucarera utiliza bagazo, RAC y *chips* como recursos energéticos y la industria forestal hace uso de los residuos que genera para el secado de la madera.

En el caso de la industria tabacalera, se utiliza la leña para el secado del tabaco variedad Virginia que predomina en la Provincia. Esta variedad requiere de un proceso de secado de las hojas con estufas que, generalmente, se realiza en las mismas fincas donde se cosecha. Muchos productores utilizan leña para llevar a cabo este proceso, aunque el principal combustible utilizado es el gas natural (Corradini *et al*, 2005). Asimismo, la industria ladrillera consume leña para el proceso de cocción del ladrillo. Al no disponer de información oficial respecto a la cantidad y ubicación de establecimientos que utilizan leña, no se consideró esta demanda en el análisis espacial.

En relación 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 y carbón vegetal de este sector.

5.4.1 Demanda 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 el análisis del consumo residencial, a cada radio censal de tipo urbano y centro poblado del BAHRA, 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). De acuerdo a los datos proporcionados por esta fuente, un 57% de los hogares de la Provincia se encuentra fuera de la red de gas, lo que da un número aproximado de 37 000 hogares utilizando medios alternativos para caleccionarse, calentar agua para uso sanitario y cocinar. Debido a la ausencia de datos del volumen de biomasa consumida en los hogares, se estimó el consumo de leña (y el equivalente de biomasa en carbón vegetal) a partir de WISDOM Argentina (FAO, 2009), donde se considera que una persona consume un total de 0,75 tn/año. Este coeficiente



Cuadro 10

Oferta indirecta por departamento.

| Departamento | Oferta Indirecta (tn/año) | | | | | | Total por departamento |
|------------------------|---------------------------|-------------------|---------------|---------------|-----------------------|-------------|------------------------|
| | Ingenios | Foresto-industria | Desmotadoras | Bodegas | Acopiadores de tabaco | Maní | |
| Anta | 0,0 | 1,0 | 6500,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6501,0 |
| Cachi | 0,0 | 1000,0 | 0,0 | 23,3 | 0,0 | 0,0 | 1023,3 |
| Cafayate | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2457,1 | 0,0 | 0,0 | 2457,1 |
| Capital | 0,0 | 13029,0 | 0,0 | 0,0 | 218,0 | 0,0 | 13247,0 |
| Cerrillos | 0,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 |
| Chicoana | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 192,9 | 0,0 | 192,9 |
| General Güemes | 178216,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,6 | 178219,6 |
| General San Martín | 0,0 | 8010,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,8 | 8020,8 |
| Guachipas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Iruya | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| La Caldera | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| La Candelaria | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| La Poma | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| La Viña | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Los Andes | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Metán | 0,0 | 5004,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5004,0 |
| Molinos | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 40,3 | 0,0 | 0,0 | 40,3 |
| Orán | 478317,0 | 37517,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,6 | 515837,6 |
| Rivadavia | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Rosario de la Frontera | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,6 | 3,6 |
| Rosario de Lerma | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 298,7 | 0,0 | 299,7 |
| San Carlos | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,3 | 0,0 | 0,0 | 7,3 |
| Santa Victoria | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Subtotales | 656533,0 | 64564,0 | 6500,0 | 2528,0 | 709,6 | 21,6 | 730856,2 |

pretende compensar el total de hogares que, si bien utilizan otros combustibles para cocinar, consume combustibles leñosos para calefaccionarse.

Como resultado de estas estimaciones, se registró una demanda residencial de 119 780,25 toneladas anuales de leña y carbón vegetal.

5.4.2 Demanda industrial Ingenios

Esta actividad industrial requiere de un elevado consumo de energía durante el procesamiento de la caña de azúcar. La demanda de energía se satisface a partir de fuentes convencionales, como la eléctrica de red, y mediante la utilización de bagazo y *chips*, como combustibles para alimentar las calderas. También, se está implementando la utilización de residuos de aserraderos, cáscara de maní y RAC para complementar los requerimientos energéticos de esta industria.

Como se mencionó en el módulo de oferta indirecta, en la Provincia de Salta operan dos ingenios que se sitúan en los departamentos de Orán (Ingenio San Martín del Tabacal) y General Güemes (Ingenio San Isidro). En la actualidad, la mayor parte del bagazo generado en los ingenios es empleado en sus calderas para la generación de energía térmica o eléctrica o la cogeneración de ambas.

Para calcular la demanda de biomasa de esta industria, se tuvieron en cuenta los datos del total de caña molida por ingenio, para la zafra de 2014, provistos por el CAA. Según la estimación realizada, teniendo en cuenta que el bagazo corresponde al 30 % de la caña molida, se generan 656 533 tn de bagazo por año.

Es importante mencionar, que la demanda de esta industria es compensada en el análisis espacial con la misma oferta de bagazo resultante de la producción de azúcar de cada establecimiento.

Secaderos de tabaco

El proceso de curación del tabaco de la variedad Virginia, consiste en exponer el tabaco a una masa de aire caliente, cuya temperatura se debe controlar y varía según el momento del secado. Este calor controlado permite que las hojas adquieran un color amarillo-anaranjado y contengan una gran

cantidad de azúcar. Esta operación se realiza en construcciones especiales denominadas estufas, donde el calor se genera a partir de leña, carbón vegetal o mediante combustible líquido o gas (Zapata Usandivaras, 2012).

La información del volumen de leña utilizada en las estufas de curado fue suministrada por la Cámara del Tabaco de Salta (Tabla 11). Debido a que estos datos se encuentran por departamento y no fue posible identificar la ubicación de los establecimientos, no se tuvieron en cuenta para el análisis espacial.

5.4.3 Demanda escuelas rurales

Existen escuelas rurales que, durante el ciclo lectivo, consumen leña para la elaboración de alimentos. Desde el Programa Mapa Educativo Nacional, del Ministerio de Educación de la Nación, se ejecutó un Relevamiento de Escuelas Rurales (RER), donde se consultaba a cada establecimiento: "¿cuál es el combustible utilizado para cocinar?"

Este Programa brindó los datos de ubicación de las escuelas rurales y la cantidad de alumnos, entre 2008 y 2012. Así, se asignó a cada escuela la matrícula por año y se calculó el promedio de alumnos de ese quinquenio. Para la estimación del consumo de leña, se tomaron como referencia los resultados del "Estudio Exploratorio del Uso de la Leña en Escuelas Rurales de la Provincia de Santiago del Estero" (Luna, 2010)¹². Con esos datos, se calculó el promedio del consumo de leña por alumno por día (0,35 kg) y por año (66,5 kg). Para la extrapolación anual, se multiplicó el consumo diario por los 190 días escolares previstos en el calendario escolar de 2014. En la Provincia de Salta, se contabilizaron un total de 259 establecimientos educativos en esta condición y se estimó un consumo anual de 1306 tn.

12. Este trabajo relevó el consumo de leña de siete escuelas rurales de la Provincia de Santiago del Estero. No obstante, sólo cinco de ellas pueden considerarse representativas, basándose en el funcionamiento normal del comedor.

Cuadro 11

Demanda de biomasa con fines energéticos por sector y departamento.

| Departamento | Demanda (tn/año) | | | | Total por departamento |
|------------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------------|
| | Escuelas Rurales | Residencial | Industrial | Secado tabaco | |
| Anta | 130,6 | 8698,5 | 0,0 | 0,0 | 8829,1 |
| Cachi | 18,8 | 1968,0 | 0,0 | 0,0 | 1986,8 |
| Cafayate | 0,0 | 1491,8 | 0,0 | 0,0 | 1491,8 |
| Capital | 0,0 | 3546,8 | 0,0 | 478,2 | 4025,0 |
| Cerrillos | 0,0 | 1003,5 | 0,0 | 2465,7 | 3469,2 |
| Chicoana | 6,2 | 1332,8 | 0,0 | 4112,1 | 5451,0 |
| General Güemes | 11,8 | 2213,3 | 178216,0 | 4021,9 | 184463,0 |
| General San Martín | 348,1 | 32366,4 | 0,0 | 0,0 | 32685,3 |
| Guachipas | 6,4 | 813,6 | 0,0 | 1034,9 | 1854,9 |
| Iruya | 44,9 | 2896,5 | 0,0 | 0,0 | 2941,4 |
| La Caldera | 0,0 | 464,3 | 0,0 | 646,8 | 1111,1 |
| La Candelaria | 7,8 | 658,5 | 0,0 | 4982,3 | 5648,6 |
| La Poma | 3,0 | 620,3 | 0,0 | 0,0 | 623,2 |
| La Viña | 18,6 | 889,5 | 0,0 | 2912,6 | 3820,7 |
| Los Andes | 3,2 | 780,0 | 0,0 | 0,0 | 783,2 |
| Metán | 30,7 | 2564,3 | 0,0 | 156,8 | 2751,8 |
| Molinos | 37,2 | 2743,5 | 0,0 | 0,0 | 2780,7 |
| Orán | 106,5 | 25044,7 | 478317,0 | 0,0 | 503439,0 |
| Rivadavia | 424,4 | 18155,3 | 0,0 | 0,0 | 18579,7 |
| Rosario de la Frontera | 15,2 | 1834,5 | 0,0 | 0,0 | 1849,7 |
| Rosario de Lerma | 9,2 | 2319,0 | 0,0 | 2332,4 | 4660,6 |
| San Carlos | 48,8 | 2354,3 | 0,0 | 0,0 | 2403,0 |
| Santa Victoria | 34,7 | 5021,3 | 0,0 | 0,0 | 5055,9 |
| Subtotales | 1306,0 | 119780,3 | 656533,0 | 23143,7 | 800704,4 |
| Totales | 800704,4 | | | | |

Síntesis de Demanda de Biomasa

En la Tabla 11, se muestran los resultados de la demanda de biomasa con fines energéticos. El 82 % del total del consumo, lo realizan los dos ingenios existentes en la Provincia. Estos establecimientos consumen todo el volumen de biomasa ofertado, por lo que la biomasa generada por esta industria no estaría disponible. El sector residencial demanda el 15 % del total; los secaderos de tabaco, un 3 %; y, por último, las escuelas rurales, un 0,17 %. Se observa una dispersión espacial de la demanda en toda la Provincia (Mapa 9), con focos de valores altos en el Valle de Lerma y en el departamento de General San Martín. Los departamentos de La Poma y Los Andes son los que presentan los valores de demanda más bajos.

La demanda del sector residencial se encuentra dispersa en todo el territorio provincial, aunque los departamentos de General San Martín, Orán y Rivadavia, al norte de la Provincia, concentran más del 64 % del total estimado (Mapa 9).

Los departamentos que presentan una mayor demanda de biomasa con fines energéticos para el curado del tabaco, son: La Candelaria (4 982 tn/año), Chicoana (4 112,1 tn/año) y General Güemes (4 021,9 tn/año). El total provincial alcanza anualmente una demanda de 23 143,7 tn.

En el caso de las escuelas rurales, la mayor demanda se encuentra en los departamentos de General San Martín y Rivadavia, representando el 59 % del total.

5.5 Módulo de Integración de la oferta y la demanda

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.

Para realizar el balance bioenergético, se restó el mapa resultante de la oferta total accesible con el mapa de la demanda total. Esta operación se realizó a nivel de cada píxel.

Otra forma de representar el balance para poder visualizar espacialmente esta relación, es realizar un balance promedio focalizado, donde se promedian los valores de los píxeles comprendidos en ventanas de 20 píxeles de lado, o sea, una ventana de 800 m de lado (64 ha) (Mapa 10).

En el Mapa 10 y la Tabla 12, se observa el resultado del análisis espacial realizado. La Provincia de Salta presenta un superávit de 4 529 788 tn/año de biomasa disponible con fines energéticos. Los departamentos con mayor superávit son Rivadavia, Anta, General San Martín, Orán, Rosario de la Frontera y Metán; todos ubicados en el centro y el este de la Provincia, debido a que allí se encuentra el mayor volumen de oferta directa. Por otro lado, los departamentos que registraron un déficit de biomasa con fines energéticos son Molinos (1 459 tn/año) y Los Andes (780 tn/año), debido a las condiciones de aridez y a los bajos valores de accesibilidad. En estos departamentos, la demanda corresponde principalmente al consumo de leña o carbón vegetal del sector residencial.

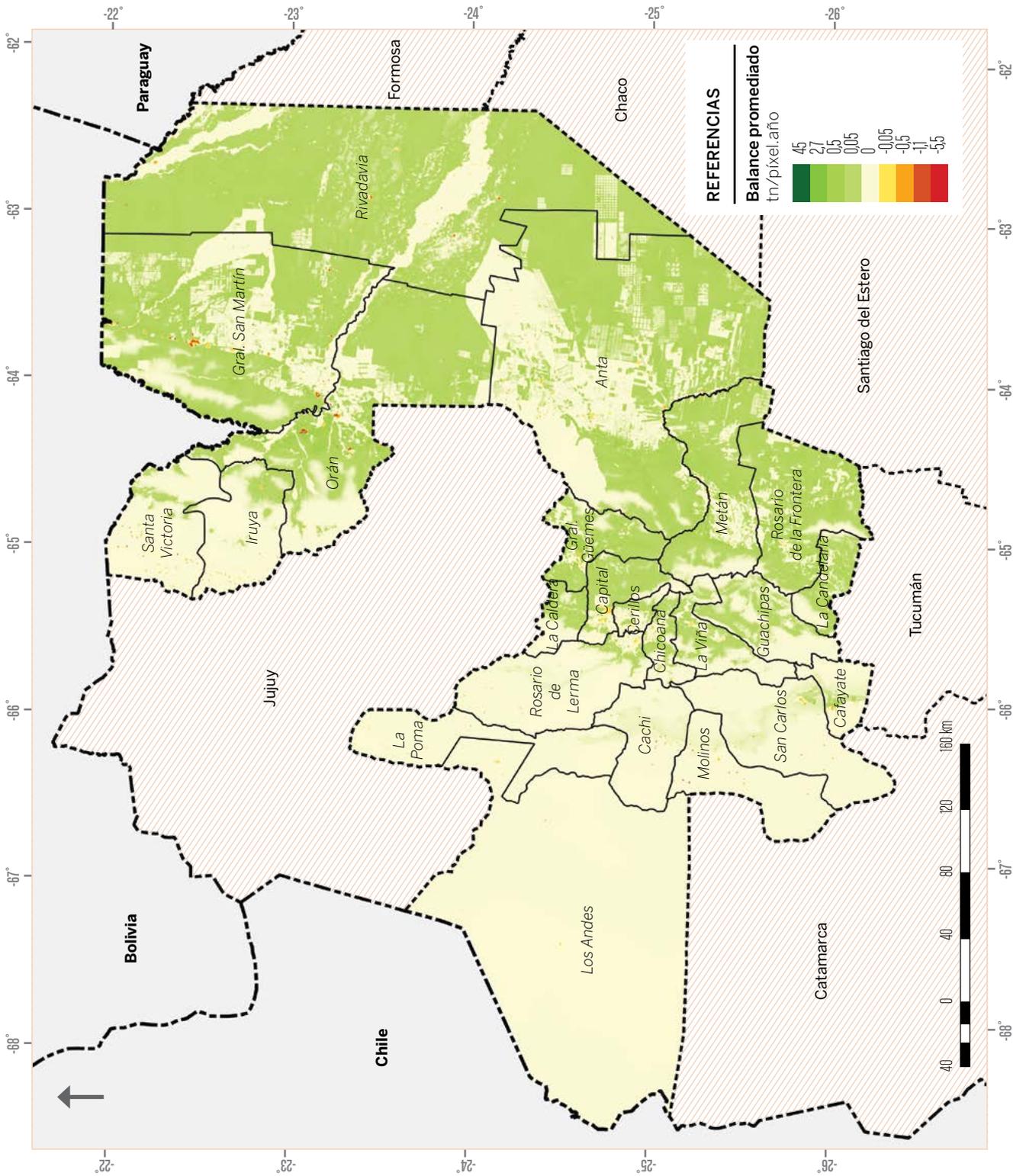
Las regiones del centro y del este provincial presentan altos valores de oferta directa debido, principalmente, al aporte del bosque nativo. Asimismo, en los departamentos de Orán y Anta, las condiciones agroecológicas permiten una mayor diversificación de cultivos.

Los mayores valores de oferta directa y demanda están dados por los ingenios ubicados en los departamentos de Orán y General Güemes. Los departamentos de General San Martín y Rivadavia, presentan una demanda relativamente elevada, que se corresponde con altos valores de demanda de leña o carbón vegetal por el sector residencial.

En el Mapa 11, se puede ver un gradiente decreciente de este a oeste correspondiente a los valores del balance de biomasa. Este gradiente está fuertemente asociado a la regionalización productiva de la Provincia, dado que el potencial productivo y la localización de los principales centros urbanos se correlacionan con las condiciones agroecológicas de los diferentes ambientes de la Provincia. La oferta de biomasa en la región oeste de la Provincia se encuentra limitada por las condiciones ambientales.

Mapa 10. Balance promedio focalizado.

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



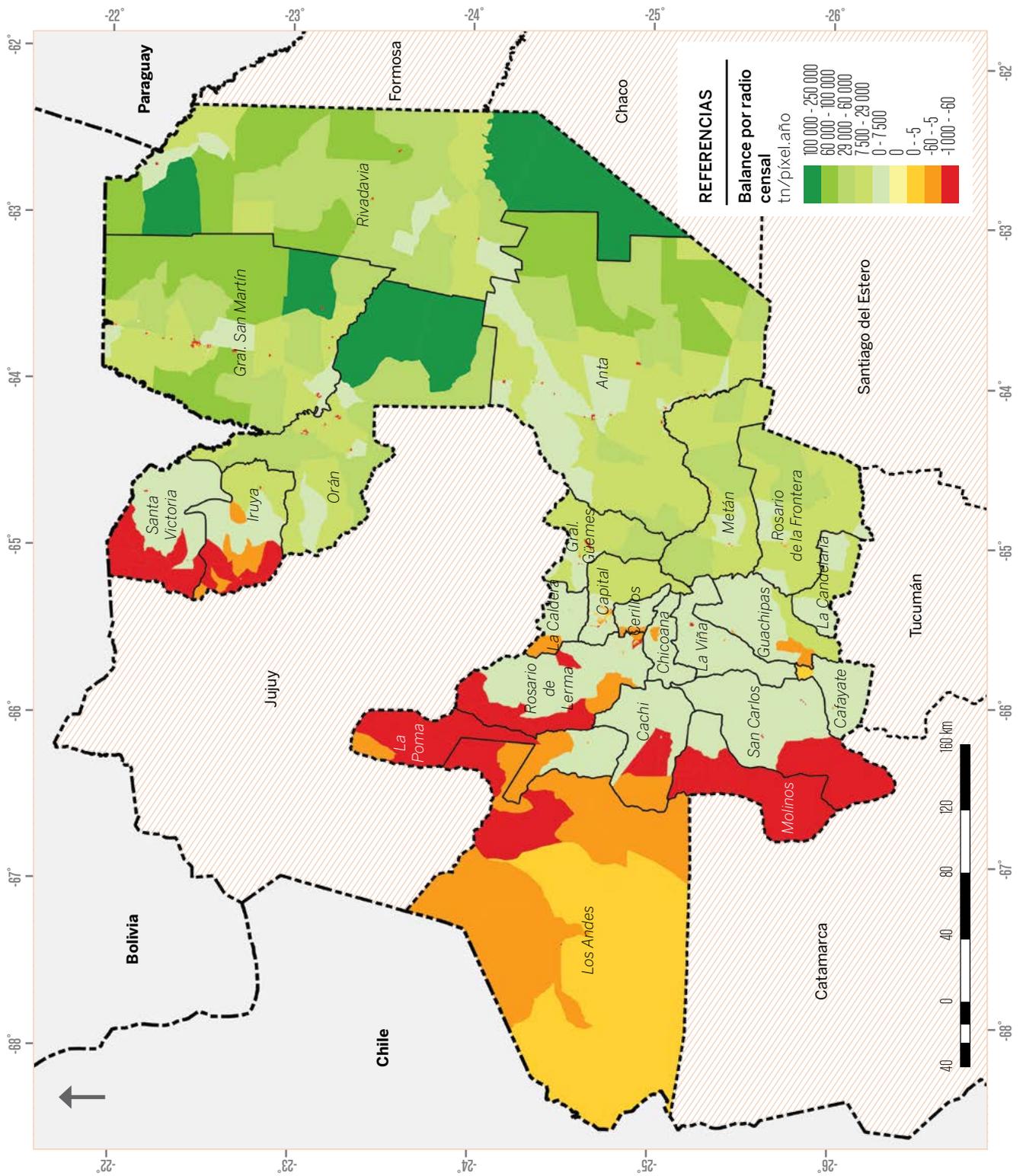
Cuadro 12

Balance total por departamento.

| Departamento | Oferta directa | Oferta indirecta | Demanda | Balance |
|------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Anta | 1033443,8 | 6501,0 | 8829,0 | 1031115,8 |
| Cachi | 3093,4 | 1023,3 | 1986,7 | 2129,9 |
| Cafayate | 6912,7 | 2457,1 | 1491,7 | 7878,1 |
| Capital | 70857,9 | 13247,0 | 4025,0 | 80079,9 |
| Cerrillos | 14323,6 | 2,0 | 3469,2 | 10856,4 |
| Chicoana | 21709,2 | 192,9 | 5451,0 | 16451,1 |
| General Güemes | 143489,6 | 178219,6 | 184463,0 | 137246,2 |
| General San Martín | 758432,5 | 8020,8 | 32685,3 | 733767,9 |
| Guachipas | 39944,0 | 0,0 | 1854,8 | 38089,1 |
| Iruya | 33411,7 | 0,0 | 2941,4 | 30470,3 |
| La Caldera | 29863,0 | 0,0 | 1111,0 | 28751,9 |
| La Candelaria | 50285,6 | 0,0 | 5648,6 | 44637,0 |
| La Poma | 753,5 | 0,0 | 623,2 | 130,3 |
| La Viña | 33721,3 | 0,0 | 3820,7 | 29900,6 |
| Los Andes | 2,4 | 0,0 | 783,2 | -780,8 |
| Metán | 266993,0 | 5004,0 | 2751,8 | 269245,1 |
| Molinos | 1281,4 | 40,3 | 2780,7 | -1459,1 |
| Orán | 618422,0 | 515837,6 | 503438,9 | 630820,6 |
| Rivadavia | 1125841,5 | 0,0 | 18579,7 | 1107261,8 |
| Rosario de la Frontera | 315968,0 | 3,6 | 1849,7 | 314122,0 |
| Rosario de Lerma | 12802,0 | 299,7 | 4660,6 | 8441,1 |
| San Carlos | 7770,0 | 7,3 | 2403,0 | 5374,3 |
| Santa Victoria | 10314,1 | 0,0 | 5055,9 | 5258,2 |
| Totales | 4599636,2 | 730856,2 | 800704,4 | 4529788,0 |

Mapa 11. 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
 - 6.4 Ingenios



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

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 (aeróbica) o en ausencia de éste (anaeróbica). A partir de este proceso de descomposición se puede obtener bioenergía, mediante la utilización del metano (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 él interviene un grupo de microorganismos, que transforma la materia orgánica en una mezcla de gases, fundamentalmente CH_4 y dióxido de carbono (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 CH_4 , el cual varía entre un 50 y 75 %. El digestato obtenido se puede utilizar 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, denomina-

dos 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 una 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 CH_4 y CO_2 a la atmósfera, y el vertido de los efluentes a los cuerpos de agua producen 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 (O_2) disuelto, afectando al resto del ecosistema acuático. Asimismo, por la composición química que suelen tener este tipo de sustratos (alto contenido de sales minerales y de nitrógeno), al degradarse la materia

orgánica se forman compuestos volátiles como CH_4 y CO_2 . El resultado son altas concentraciones de nitrógeno en el agua, lo 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 pueden 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 (CO_2 y 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.
- Contribuye 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 la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Si se tienen en cuenta los sectores productivos más relevantes de la Provincia de Salta, las materias

primas que se podrían considerar para la producción de biogás son: los efluentes de las actividades de cría y explotación de ganado y de las industrias láctea, azucarera, cítrica, vitivinícola, alimenticia, entre otras.

Cabe destacar que, para el presente análisis, solamente se han tenido en cuenta los residuos ganaderos bovinos (*feedlots* y tambos) y porcinos y la vinaza (efluente residual más importante de la industria azucarera), por ser las únicas actividades con información disponible de fuentes oficiales. 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.

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

Para el caso de la vinaza, el análisis se realizó en base a valores de producción de caña molida por ingenio (CAA) y utilizando coeficientes para estimar el valor en términos de energía.

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 8708 kg de estiércol fresco por 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 can-

cantidad de días que posee un año resulta en 1 241 kg estiércol fresco/animal x año.

6.3 Establecimiento 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 13, se pueden observar los valores obtenidos para cada tipo de establecimiento. Se adoptó como poder calorífico del biogás 5 500 kcal/m³ y para el factor de conversión tonelada equivalente de petróleo (tep) se utilizó 10⁷ kcal por cada tep.

6.4 Ingenios

Los ingenios generan, durante la producción de azúcar, alrededor de 45 kg de melaza por cada tonelada de caña procesada, que pueden producir 12l de alcohol y 0,13 m³ de un efluente residual conocido como vinaza. Este efluente líquido contiene grandes cantidades de materia orgánica procedentes del proceso de extracción de los jugos y de la fermentación (Bernal-González, 2012, y López *et al*, 2010). La concentración de materia orgánica, medida como demanda química de oxígeno (DQO), alcanza va-

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

lores entre 120 y 150 g.l⁻¹ (casi quinientas veces la cantidad presente en aguas residuales domésticas). Además, tiene un pH menor a 5, lo que la convierte en una corriente ácida, que va corroyendo los materiales de recipientes y tuberías acumulando metales en disolución. Si un residuo de estas características es vertido al ambiente, puede generar graves problemas ambientales (Bernal-González, 2012).

La opción del tratamiento anaeróbico permitiría bajar el contenido de materia orgánica del efluente y, al mismo tiempo, transformar esa materia orgánica en biogás para ser aprovechado energéticamente, minimizando su impacto en cuerpos receptores, como suelos y fuentes de agua.

Cuadro 13

Estimación de potencial de generación de biogás por tipo de animal.

Fuente

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

| | Feedlot | Porcino | Tambo |
|-------------------------------------------------|---------|---------|--------|
| Biogás (m ³ /kg de estiércol fresco) | 0,0315 | 0,0495 | 0,0315 |
| Biogás (m ³ /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 |

A partir de los valores de producción de caña molida por ingenio, se estimó el volumen de vinaza y, luego, se calculó su valor correspondiente en términos de energía.

Para ello, se determinó el potencial de energía a partir de la vinaza, asumiendo que de 10 000 tn de caña molida se obtienen 1 300 m³ de vinaza, con una DQO de 120 kg/m³. En la página siguiente se estima el potencial energético anual de la vinaza, a partir de considerar el total de caña molida de la Provincia de Salta que, durante la zafra 2014, fue de 2187 449 tn.

En la Tabla 15, se presentan los valores en tep/año y por departamento, para cada actividad productiva.

La mayor oferta de residuo pasible de aprovechamiento energético es generada por la producción bovina en confinamiento (*feedlots*), con una estimación de 8 061,3 tep/año en toda la Provincia (Tabla 15). Le siguen en orden de importancia, la industria azucarera, la actividad porcina y, por último, la actividad tampera.

Para el caso de los *feedlots* bovinos, la mayor oferta potencial de energía se encuentra concentrada en el departamento de Anta, que posee aproximadamente el 40 % del stock bovino de la Provincia. Los departamentos que le siguen en potencial de producción de biogás, son General San Martín y Rosario de la Frontera (Tabla 15).

Para el caso de la cría de porcinos, la mayor oferta se encuentra en los departamentos de Rivada-

via, Anta, Cerrillos, Rosario de la Frontera y General San Martín. También, los departamentos de Metán, Rosario de Lerma, Chicoana, Orán, La Candelaria, General Güemes y San Carlos presentan producción porcina, por lo que esta actividad se encuentra dispersa en toda la Provincia con excepción de la región oeste (Mapa 12).

La actividad tampera se encuentra concentrada, principalmente, en los departamentos de Cerrillos, Chicoana y Rosario de Lerma, los cuales representan el 86 % de la oferta potencial de biogás.

El potencial de biogás a partir de vinaza se concentra en dos establecimientos, el Ingenio San Martín de Tabal, ubicados en Orán, y el Ingenio San Isidro, en General Güemes, los cuales aportarían 6 987 tep/año.

Si se consideran los cuatro tipos de fuentes potenciales de generación de biogás, la mayor oferta se concentra en el departamento de Anta y en áreas cercanas a la Capital (Cerrillos, Chicoana, Rosario de Lerma y La Caldera), en la cuenca lechera del Valle de Lerma. Asimismo, en los departamentos de Metán, Rosario de la Frontera y Rivadavia, existe una producción de ganado bovino y porcino que ofrece un gran potencial para la generación de biogás (Mapa 12). Los departamentos de Orán y General Güemes ofrecen potencial de generación de biogás a partir de la producción de vinaza por parte de la industria azucarera.

Cuadro 14

Cálculo de biogás a partir de la vinaza

Fuente

Adaptado en base a Bernal-González M. (2012) y López *et al.*, (2010).

| | Vinaza |
|--------------------------------------|------------|
| biogás (m ³ /lvinaza) | 0,00289 |
| Energía (kcal/m ³ biogás) | 5 500 |
| Energía (tep/kcal) | 10 000 000 |

$$\text{Volumen de vinaza} = \frac{2187449 \frac{\text{tn}}{\text{año}} \times 1300 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{10000 \frac{\text{tn}}{\text{día}}} = 284368,4 \frac{\text{m}^3 \text{ de vinaza}}{\text{año}}$$

- Se considera que la vinaza puede contener un valor promedio de DQO de 120 kg/m³, entonces, la carga en DQO por año sería:

$$\text{DQO al año} = 284368,4 = \frac{\text{m}^3 \text{ de vinaza}}{\text{año}} \times 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 34124204,4 \frac{\text{kg DQO}}{\text{año}}$$

- Se consideró que la eficiencia de la tecnología utilizada permite aprovechar el 70 % (Lorenzo-Acosta et al., 2014) de la DQO de las vinazas:

$$\text{DQO convertible} = 34124204,4 \frac{\text{kg DQO}}{\text{año}} \times 0,7 = 23886943,1 \frac{\text{kg DQO}}{\text{año}}$$

- Así, si asumimos que por cada kilo de DQO transformado se obtienen 0,5 m³ de biogás con un contenido de 65 % de metano, se puede determinar la cantidad potencial de metano anual (Mornadini y Quaia, 2013):

$$\begin{aligned} \text{Potencial de metano} &= 23886943,1 \frac{\text{kg DQO}}{\text{año}} \times 0,5 \frac{\text{m}^3 \text{ biogás}}{\text{kg DQO}} \times 0,65 \frac{\text{m}^3 \text{ metano}}{\text{m}^3 \text{ biogás}} \\ &= 7763256,5 \frac{\text{m}^3 \text{ de metano}}{\text{año}} \end{aligned}$$

- De esta manera, y sabiendo que el poder calorífico del metano es aproximadamente de 9 000 Kcal y que una tonelada de petróleo equivalente (tep) posee 10 000 000 Kcal, podemos estimar que el potencial energético anual de la vinaza, transformada en biogás anaeróbicamente, en la Provincia de Salta, es de 6 987 tep.

$$\text{Potencial energético} = \frac{7763256,5 \frac{\text{m}^3 \text{ metano}}{\text{año}} \times 9000 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \text{ metano}}}{10000000 \frac{\text{kcal}}{\text{tep}}} = 6986,9 \frac{\text{tep}}{\text{año}}$$

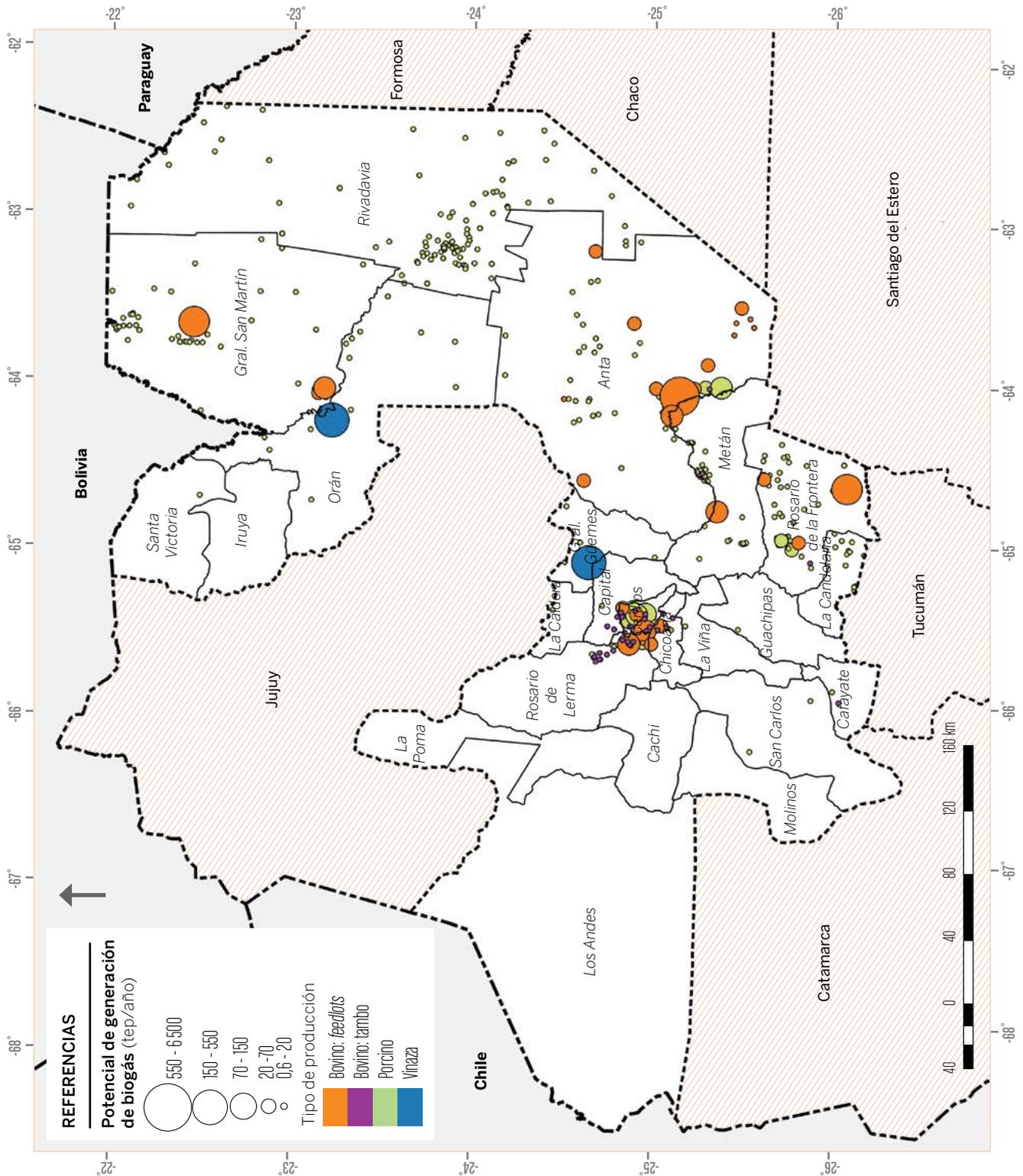
Cuadro 15

Oferta potencial de biogás por fuente y departamento

| Departamento | Biogás (tep/año) | | | | Totales por departamento (tep/año) |
|------------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------------|
| | Tambos | Porcinos | Feedlots | Vinaza | |
| Anta | 1,4 | 433,9 | 6 418,9 | 0 | 6 854,2 |
| Cachi | S/D | S/D | S/D | 0 | 0,0 |
| Cafayate | 1,3 | 1,7 | S/D | 0 | 202,3 |
| Capital | 9,8 | 5,0 | S/D | 0 | 5,0 |
| Cerrillos | 65,6 | 355,4 | 199,3 | 0 | 1 084,0 |
| Chicoana | 26,2 | 72,5 | 147,5 | 0 | 282,5 |
| General Güemes | S/D | 41,0 | S/D | 1 897,5 | 1 938,5 |
| General San Martín | S/D | 236,3 | 702,4 | 0 | 329,2 |
| Guachipas | S/D | 2,2 | S/D | 0 | 91,1 |
| Iruya | S/D | S/D | S/D | 0 | 0,0 |
| La Caldera | S/D | 9,7 | S/D | 0 | 9,7 |
| La Candelaria | S/D | 55,3 | S/D | 0 | 268,5 |
| La Poma | S/D | S/D | S/D | 0 | 0,0 |
| La Viña | S/D | 14,0 | S/D | 0 | 14,0 |
| Los Andes | S/D | S/D | S/D | 0 | 0,0 |
| Metán | 1,2 | 181,3 | 200,2 | 0 | 181,3 |
| Molinos | S/D | S/D | S/D | 0 | 0,0 |
| Orán | S/D | 72,0 | S/D | 5 089,5 | 5 161,5 |
| Rivadavia | S/D | 469,9 | S/D | 0 | 469,9 |
| Rosario de la Frontera | 15,2 | 282,7 | 315,3 | 0 | 282,7 |
| Rosario de Lerma | 88,9 | 135,2 | 77,69 | 0 | 135,2 |
| San Carlos | S/D | 8,35 | S/D | 0 | 8,3 |
| Santa Victoria | S/D | 0,74 | S/D | 0 | 0,7 |
| Totales | 209,8 | 2 377,1 | 8 061,3 | 6 987,0 | 17 318,7 |

Mapa 12. Potencial de generación bioenergético por tipo de producción.

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



Conclusiones

A lo largo del presente informe se ha manifestado el carácter superavitario de la Provincia de Salta en relación al potencial de recursos biomásicos pasibles de ser utilizados con fines energéticos. En este sentido, la Provincia cuenta con un gran volumen de biomasa, principalmente a partir del uso sustentable del bosque nativo y de la cadena productiva azucarera y de diversas fuentes de biomasa seca y húmeda susceptibles 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 del agro y la forestoindustria, los residuos de cosecha y los provenientes del manejo de los cultivos, con un mayor nivel de detalle (mayor resolución espacial) y con nueva información otorgada por la Provincia.

Adicionalmente, se estimó el potencial de energía a partir de la oferta de biomasa húmeda proveniente del efluente de los ingenios (vinaza) y de los 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 Salta 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 Provincia, denominado "Curso-Taller para la implementación de la metodología WISDOM en la Provincia de Salta". Este manual se utilizó en el dictado del Curso-Taller llevado a cabo en Salta, durante noviembre de 2015.

Considerando los recursos biomásicos existentes, aproximadamente el 77 % de la oferta directa accesible se distribuye al este de la Provincia, en los departamentos de Anta, General San Martín, Orán y Rivadavia. La mayor disponibilidad de biomasa está dada por el uso sustentable del bosque nativo, con un total de 4 348 890 tn anuales, este volumen se encuentra ampliamente distribuido en el territorio. En tanto que, el poten-

cial biomásico a partir de cultivos suma 250 745 tn anuales, representado por numerosos cultivos, en especial, caña de azúcar; y, en menor medida, algodón, tabaco, banano, forestaciones, vid, cítricos y olivos.

En relación a la oferta indirecta, el estudio abarcó seis sectores de la producción: ingenios azucareros, foresto-industrias, desmotadoras de algodón, bodegas, acopiadoras de tabaco y procesadoras de maní. Estos sectores representan una oferta que alcanza las 730 856 tn anuales.

Con respecto a la demanda, se tuvo en cuenta el sector residencial, escuelas rurales y el sector industrial representado por ingenios y secaderos de tabaco. Los departamentos de General San Martín, Orán y Rivadavia concentran gran parte del consumo residencial (64 %). Asimismo, La Candelaria, Chicoana y General Güemes son las jurisdicciones administrativas que presentan la mayor demanda de biomasa para el curado de tabaco. Con respecto a las escuelas rurales, en los departamentos de General San Martín y Rivadavia es donde se produce el mayor consumo de leña o carbón vegetal para cocinar.

Una particularidad de la cadena productiva azucarera, en su etapa industrial, es que, al mismo tiempo que es una gran generadora de biomasa, es también una gran consumidora de sus propios residuos o sub-productos generando o cogenerando energía.

De acuerdo al balance de oferta y demanda de biomasa con fines energéticos, los departamentos que constituyen un área prioritaria de atención, ya que disponen de un gran potencial de recursos biomásicos, son Rivadavia, Anta, General San Martín y Orán. Mientras, Rosario de la Frontera, Metán y General Güemes también cuentan con suficiente biomasa para posibilitar la instalación de proyectos bioenergéticos.

En relación a los departamentos que presentan condiciones deficitarias, como Molinos y Los Andes, que cuentan con un balance bioenergético negativo, se recomienda evaluar la posibilidad de fomentar el desarrollo de cultivos energéticos, o bien, la utilización de otras fuentes de energía especialmente renovables de disponibilidad local, tales como la solar o la eólica.

En forma paralela, en este estudio se avanzó en la evaluación del potencial de biogás derivado del aprovechamiento de las deyecciones de ganadería bovina (tambos y *feedlots*) y porcina, y de los efluentes industriales con alto contenido de biomasa como es la vinaza. Dicho potencial 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 fuentes renovables y, al mismo tiempo, a través de una gestión adecuada de los residuos, se podría evitar el 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 Salta. Ello ha sido posible gracias a la estrecha colaboración de los miembros de la Unidad Provincial Ejecutora 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 agro energías, 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 Salta, 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 los 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: incorporar al modelo una tabla de productividad de bosques de mayor detalle. Tener en cuenta los datos de IMA de parcelas permanentes, como las instaladas por la Fundación ProYungas, complementando dicha información con las parcelas permanentes de remediación forestal de los planes de manejo de la Ley N.º 26 331. Se recomienda la ampliación del número de parcelas permanentes distribuidas en todas las provincias fitogeográficas. Incentivar la incorporación de la medición de la biomasa de la fracción de ramas menores a 10 cm de diámetro, en la realización del segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos. Realizar mediciones del estrato arbustivo para mejorar la estimación de biomasa de estas formaciones y realizar remediciones a fin de estimar su productividad. Impulsar la incorporación de estos ítems en el segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos.

- Especies exóticas: fomentar el uso de biomasa proveniente de especies.

- Cultivos: constatar en campo los valores asignados de productividad por cultivo y por provincia fitogeográfica; relevar e incorporar información perteneciente a todos aquellos cultivos que generan residuos potencialmente utilizables con fines energéticos, como caña de azúcar, algodón, banano, forestaciones, cítricos, tabaco, vid, olivos y pimienta.

- Caña de azúcar: realizar análisis de campo, a fin de ajustar los valores de RAC que se pueden obtener según productividad, considerando la conservación del suelo.
- Algodón, banano: mejorar la geometría de la capa geoespacial empleada y relevar el destino final de los residuos en cada lote.
- Cítricos: determinar el uso final de los residuos de poda y el turno de reemplazo que realiza cada establecimiento.
- Forestaciones: actualizar la cobertura de las forestaciones y determinar el volumen de residuo generado. En su defecto, relevar para cada rodal especie, densidad o diámetro cuadrático medio (o edad de la plantación). Asimismo, desarrollar ecuaciones alométricas para aquellas especies de las que no se tiene información, en vistas de mejorar la precisión de la estimación de biomasa.
- Tabaco, pimienta: elaborar una capa geoespacial que represente la distribución del tabaco y asignar un valor de residuo diferenciado, según distintos niveles productivos.

- 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:**

- Ingenios: actualizar la información disponible del volumen de bagazo producido por cada ingenio y su disposición final.

- Secaderos y acopiadoras de tabaco: mejorar las estimaciones de volumen de residuos con fines energéticos y conocer su disposición final.

- Bodegas: identificar el destino final del residuo.

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

- **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 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, etc.) y la pertinencia de incorporar otras áreas de importancia biológica que no poseen actualmente una figura de protección formal, como, por ejemplo, las AICAS (Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves). Se sugiere, también, mejorar la calidad geométrica de la capa de las riberas de los ríos.

- 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.
 - Ingenios: confirmar la utilización y volumen del bagazo consumido en las calderas de los mismos. Determinar el tipo y volumen de biomasa adicional consumida.
 - Escuelas rurales: actualizar el listado de las escuelas 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.
 - Residencial: dado que no existen datos sistemáticos sobre el consumo residencial de leña o carbón vegetal en la Provincia, se optó por estimarlo. Por ello, resulta imprescindible verificar las estimaciones realizadas. Relevar 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: relevar todos los comercios que utilizan biomasa con fines energéticos y cuantificar el volumen de leña o carbón vegetal consumido.
 - Foresto-industria: estimar e incluir el volumen anual y composición de residuos utilizados en el secado de productos elaborados.
 - Ladrilleras y caleras: ubicar espacialmente estos establecimientos e incorporarlos al análisis. Calcular el consumo de biomasa con fines energéticos de cada uno de ellos o, en su defecto, constatar la correlación entre unidad producida y consumo de leña requerido.
 - **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 las actividades agroindustriales que se desarrollan en la Provincia, como la actividad avícola. En cuanto a los efluentes de la industria cítrica, se necesita conocer el volumen y el porcentaje de compuestos orgánicos.
-

Bibliografía

- Araniti, V., Maza, M., Bauzá, M., Winter, P., Alturria, L., Gómez, F. y otros. 2012. Estado actual y perspectivas de la producción de bioenergía a partir de residuos y subproductos de la cadena vitivinícola y olivícola-olearia en la república Argentina. En B. De Genaro, ed. *Valorizzazione Energetica di residui e sottoprodotti della filiera agro-alimentare e forestale in Italia e Argentina*. Libellula Edizioni, Italia.
- Banco Mundial. 2015. Importaciones de energía, valor neto (porcentaje del uso de energía). Banco Mundial. Washington.
- Banco Mundial. 1995. Vehicle Operating Cost (VOC). Versión 3.0. HDM III *The Highway Design and Maintenance Standards Model*. Banco Mundial. Washington.
- Bernal-González, M. 2012. *Ahorro de energía: Uso de reactores anaerobios termofílicos para la obtención de metano a partir de vinazas de ingenios azucareros-alcoholeros. Efecto de la temperatura en el desempeño de las biocomunidades anaerobias*. Monterrey, México. Tecnología, Ciencia, Educación, vol. 27, núm. 2, julio-diciembre, 2012, pp. 80-88
- Corradini E., Zilocchi, H., Cuesta, R., Segesso, R., Jiménez, M.L. y Musco, J.L. 2005. *Caracterización del sector productor tabacalero en la República Argentina*. Universidad Católica Argentina.
- DGE. 2014. *Anuario Estadístico Provincia de Salta: Año 2013-Avance 2014*. Dirección General de Estadísticas, Provincia de Salta.
- DNP. 2010. Material fotográfico Ingenio Tabacal. Dirección Nacional de Promoción, Secretaría de Energía, Ministerio de Energía y Minería.
- 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.
- EAAOC. 2011. Reporte Agroindustrial. Estadísticas y márgenes de cultivos tucumanos. En *Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (52)*. Las Talitas, Tucumán.
- ENRESP. 2015. Ente Regulador de Servicios Públicos de Salta. Link: http://www.entereguladorsalta.gov.ar/?page_id=633
- 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?* FAO, Roma.
- FEDERCITRUS. 2015. *La Actividad Citrícola Argentina. Año 2014*. Buenos Aires.
- Ferreira, P. y Proença, M. 2011. Estudio sobre o uso de casca da banana, folha e tronco da bananeira como biomassa para substituição da lenha em caldeiras flamotubulares. En *Quinto foro científico estudantil do Instituto Superior Tupy*. Curitiba, Brasil.
- 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-MECON. 2013. Ficha de la Provincia de Salta. Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Ministerio de Economía. Buenos Aires.
- INTA. 2013. Reyes Montiel, J.L., Pérez Bermúdez, R, Betancourt Mena, J. Uso de la biomasa cañera como alternativa para el incremento de la eficiencia energética y la reducción de la contaminación ambiental.

- INV. 2014. Anuario 2014. Capítulo I. Viñedos y superficie. Departamento de Estadísticas y Mercado. Instituto Nacional de Vitivinicultura.
- ISAP. 2015. *Informe Sintético de Actividad de las Provincias*. Primer Trimestre. Federico Muñoz & asociados. Buenos Aires.
- López, I.; Passeggi, M.; Odriozola, M.; Borges, L.; Borzacconi, L. 2010. *Tratamiento anaerobio de vinaza de destilería de caña de azúcar*. Bioproa – Instituto de Ingeniería Química – FI – UdelaR.
- Lorenzo-Acosta, Y.; Valdéz Delgado, A.; Domenech López, F.; Rojas Sariol L.; Eng Sánchez, F. 2014. Cálculos técnicos en el diseño de una planta de biogás. Caso de estudio "Tratamiento de vinazas de destilerías en reactores UASB. ICIDCA sobre derivados de la caña de azúcar. Vol 48(2). 28-34pp.
- 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. y Franco, J. 2012. Potencial energético de biomasa residual de tabaco y ají en el Municipio de Coronel Moldes, Salta, Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, (16): 06.09 - 06.16. ASADES, Ciudad de Salta.
- Manrique, S.; Franco, J.; Núñez, V.; 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.
- Manrique, S.; Franco, J.; Núñez, V.; Seghezzi, L. 2008. Potencial energético de biomasa residual de tabaco y ají en el municipio de Cnel. Moldes, Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* (12): 06.87-06.94. ASADES, Ciudad de Salta.
- Medina, E. y Minetti, J. 2006. El salto climático y su impacto en la frecuencia de precipitaciones máximas diarias en San Miguel de Tucumán. *Desafíos ambientales del Gran San Miguel de Tucumán*, 331-344.
- Mornadini, M. y Quaia E. 2013. Alternativas para el aprovechamiento de la vinaza como subproducto de la actividad sucroalcoholera. *Avance Agroindustrial* 34 (2) DOSSIER.
- Núñez Camargo, D. 2012. Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Metán. En *Tecnura* [online], vol. 16, N° 34, pp. 142-156.
- Santos. F.A; de Queiróz, J.; Colodette, J.; Fernández, S.; Guimerães, V. y Rezende, S. 2012. Potencial da palha de cana de açúcar para produção de etanol. *Química Nova* [online], vol. 35 número (5): 1004-1010. São Paulo, Brasil.
- Rodríguez Faraldo, M. y Zilocchi, H. 2012. *Historia del cultivo del tabaco en Salta*. Buenos Aires. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Buenos Aires.
- Rosúa, J. y Pasadas, M. 2012. Biomass potential in Andalusia, from grapevines, olives, fruit trees and poplar, for providing heating in homes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (16): 4190-4195.
- 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.
- SE. 2014. *Plan Provincial Energías Renovables de Salta*. Ministerio de Ambiente y Producción Sustentable. Gobierno de Salta.
- SAYDS. 2015. *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos*. Informe Nacional Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Préstamo BIRF 4085-AR. Buenos Aires.
- Soto Ballesteros, M. 1995. *Bananos: Cultivo y comercialización*. San José, Costa Rica. Editorial LIL.
- Sultana, A y Kumar A. 2012. Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors. *Biomass and Bioenergy*, (39): 344-355.
- Tedesco, Marino J., Lauschner, Márcio., Gianello, C., Bortolon, L. y Kray, C. 2011. Land disposal potential of tobacco processing residues. *Ciência Rural*, 41 (2): 236-241.
- Valentini, G. Y Arroyo, L. 2003. La poda en frutales y ornamentales: Consideraciones básicas. INTA, Boletín de Divulgación Técnica N° 14.
- Vargas, A.; Guillén, C. y Arce, R. 2013. Efecto del manejo del pseudotallo del banano (*Musa AAA*) a la cosecha sobre la planta sucesora. *Revista Agronomía* 21 (2): 19-28.
- Zapata Usandivaras, C. R. 2012. Producción de tabaco Virginia en la provincia de Salta: breve descripción de la organización de la actividad y su modalidad de operación. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina.

Anexo I

Marco normativo

La Ley N.º 26 331/2007 (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. Reglamentada mediante la Ley provincial N.º 7543. Las categorías que establece la Ley, son las siguientes:

- **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 o 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.

Se presenta la 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 (Tabla 16).

Cuadro 16

Coberturas y definiciones FAO.

Fuente

FAO (2010b).

| 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 Salta

Nº2

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

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

Buenos Aires, Argentina.
www.fao.org

ISBN 978-92-5-309509-4



9 789253 095094

I6456ES/1/11.16