



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Mendoza

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

Nº 4



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 Mendoza

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

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

Maximiliano 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

Editorial Universitaria de Buenos Aires

Corrección de textos

Rosana Errasti

Diseño e ilustraciones

Mariana Piuma

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 978-92-5-309858-3

© FAO, 2017

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

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request 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: © Ministerio de Agroindustria

ÍNDICE

Prólogo	vi		
Agradecimientos	viii		
Siglas y acrónimos	x		
Unidades de medida	xi		
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 Mendoza	20		
5.1 Unidad de análisis y resolución espacial.	21		
5.2 Módulo de oferta directa.	21		
5.2.1 Bosque nativo y otras formaciones leñosas.	22		
5.2.2 Cultivos.	24		
5.2.I Accesibilidad física.	29		
5.2.II Accesibilidad legal.	33		
5.2.III Accesibilidad total.	36		
5.3 Módulo de oferta indirecta.	36		
5.3.1 Bodegas.	41		
5.3.2 Frigoríficos de frutas y hortalizas.	41		
5.3.3 Poda urbana.	42		
5.3.4 Secaderos de frutas.	42		
5.4 Módulo de demanda.	44		
5.4.1. Sector residencial.	44		
5.4.2 Sector industrial.	44		
5.5 Módulo de integración de la oferta y la demanda.	46		
<hr/>			
6.			
Módulo de oferta de biomasa húmeda	52		
6.1 <i>Feedlots</i> bovinos.	54		
6.2 Establecimientos porcinos.	54		
6.3 Establecimientos tamberos.	55		
<hr/>			
7.			
Conclusiones	58		
<hr/>			
8.			
Recomendaciones	60		
<hr/>			
Bibliografía	64		
Anexo I. Marco normativo.	66		
Anexo II. Clases de coberturas arbóreas adoptadas por el FRA 2000.	68		
Anexo III. Mapas de oferta directa, demanda y balance discriminados por oasis.	69		
<hr/>			

Cuadros

Cuadro 1	Clasificación de las fuentes de biocombustibles.	6
Cuadro 2	Valores de IMA por clase (tn/ha x año).	24
Cuadro 3	Extracción de productos forestales por departamento. Año 2012.	24
Cuadro 4	Residuos de poda de viñedos por tipo de conducción.	27
Cuadro 5	Especies forestales y superficies implantadas en Mendoza.	28
Cuadro 6	Coeficientes por tipo de red vial.	33
Cuadro 7	Coeficientes asignados a las categorías según el OTBN.	35
Cuadro 8	Coeficientes asignados a las distintas áreas protegidas.	35
Cuadro 9	Valores estimados de oferta directa accesible.	39
Cuadro 10	Oferta indirecta por departamento.	43
Cuadro 11	Demanda de biomasa por sector y departamento.	45
Cuadro 12	Balance total por departamento (tn/año).	48
Cuadro 13	Estimación de potencial de generación de biogás por tipo de animal.	55
Cuadro 14	Oferta potencial de biogás por fuente y departamento.	56
Cuadro 15	Coberturas y definiciones FAO.	68

Mapas

Mapa 1	Oferta de formaciones leñosas.	25
Mapa 2	Oferta directa por cultivos.	30
Mapa 3	Oferta directa total.	31
Mapa 4	Accesibilidad física.	34
Mapa 5	Accesibilidad legal.	37
Mapa 6	Accesibilidad total.	38
Mapa 7	Oferta directa accesible.	40
Mapa 8	Demanda total promedio.	47
Mapa 9	Balance promedio.	49

Mapa 10	Balance por radio censal.	50
Mapa 11	Potencial de generación bioenergético por tipo de producción.	57
Mapa 12	Oferta directa por cultivos correspondiente al Oasis Norte.	69
Mapa 13	Oferta directa por cultivos correspondiente al Oasis Sur.	70
Mapa 14	Oferta directa por cultivos correspondientes al Oasis Centro.	71
Mapa 15	Oferta directa por cultivos correspondiente al Oasis de Malargüe.	72
Mapa 16	Demanda total promedio correspondiente al Oasis Norte.	73
Mapa 17	Demanda total promedio correspondiente al Oasis Sur.	74
Mapa 18	Demanda total promedio correspondiente al Oasis Centro.	75
Mapa 19	Demanda total promedio correspondiente al Oasis de Malargüe.	76
Mapa 20	Balance promedio correspondiente al Oasis Norte.	77
Mapa 21	Balance promedio correspondiente al Oasis Sur.	78
Mapa 22	Balance promedio correspondiente al Oasis Centro.	79
Mapa 23	Balance promedio correspondiente al Oasis de Malargüe.	80
Mapa 24	Balance por radio censal correspondiente al Oasis Norte.	81
Mapa 25	Balance por radio censal correspondiente al Oasis Sur.	82
Mapa 26	Balance por radio censal correspondiente al Oasis Centro.	83

Gráficos

Gráfico 1	Composición de la oferta interna de energía primaria en porcentajes. Argentina, 2014.	7
Gráfico 2	Modelo conceptual WISDOM Mendoza.	19
Gráfico 3	Porcentaje de residuos generados a partir de la industria vitivinícola en la Provincia de Mendoza.	42

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).

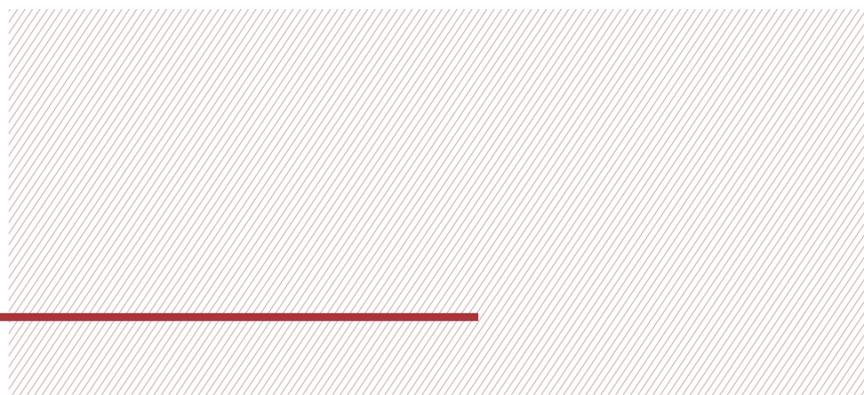
El Proyecto tiene como objetivo principal incrementar la producción de energía térmica y eléctrica derivada de biomasa a nivel local, provincial y nacional para asegurar un creciente suministro de energía limpia, confiable y competitiva y, a la vez, abrir nuevas oportunidades agrofo-

restales, estimular el desarrollo regional y contribuir a mitigar el cambio climático.

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

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

Esta Colección de Documentos Técnicos pone a disposición los estudios, investigaciones, manuales y recomendaciones elaborados por consultoras y consultores del Proyecto e instituciones parte, con el propósito de divulgar los conocimientos y resultados alcanzados y, de esta forma, contribuir al desarrollo de negocios y al diseño, formulación y ejecución de políticas públicas que promuevan el crecimiento del sector bioenergético en Argentina.



Agradecimientos



© FAO

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, Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV), Dirección Nacional de Planificación Regional del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 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 Dirección de Producción Forestal (DPF).

Del mismo modo, se agradece a las reparticiones provinciales, a saber: Ministerio de Energía, Instituto de Desarrollo Rural (IDR), Sistema de Información Ambiental Territorial (SIAT), Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas (IADIZA), Universidad Juan Agustín Maza (UMAZA) y Empresa Mendocina de Energía (EMESA).

Se agradece especialmente al Director de Energía, Ing. Pablo Portuso, Punto Focal Institucional del Proyecto en la Provincia de Mendoza, al Agr. Hernán Puga, Jefe Coordinador del IDR, y a Oscar Giordano y Gustavo Aloy, quienes han trabajado mancomunadamente y con gran predisposición junto al equipo de trabajo del Componente de Fortalecimiento Institucional.

Siglas

Acrónimos

BAHRA: Base de Asentamientos Humanos de la República Argentina

BEN: Balance Energético Nacional

BID: Banco Interamericano de Desarrollo

BM: Banco Mundial

BN: Bosques Nativos

CAMMESA: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico SA

CNPHyV: Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda

DAP: Diámetro a la altura del pecho

DEM: Modelo digital de elevaciones

DNP: Dirección Nacional de Promoción de Energías Renovables, MinEyM.

DPF: Dirección de Producción Forestal

EMESA: Empresa Mendocina de Energía SAENARSA Energía Argentina SA

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

FODER: Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables

CIFOT: Instituto de Cartografía, Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial

IDR: Instituto de Desarrollo Rural

IGN: Instituto Geográfico Nacional

IADIZA: Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas

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

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

MECON: Ministerio de Economía

MEM: Mercado Eléctrico Mayorista

NBI: Necesidades básicas insatisfechas

OTBN: Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo

PERMER: Proyecto de Energía Renovable en Mercados Rurales

PINBN: Primer Inventario Nacional de Bosque Nativo

RSU: Residuos sólidos urbanos

SAyDS: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

SE: Secretaría de Energía de la República Argentina

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria

SIAT: Sistema de Información Ambiental Territorial

SIG: Sistema de Información Geográfica

SRL: Sociedad de Responsabilidad Limitada

TEREA: *Terre Environnement Aménagement*

UMSEF: Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

UPE: Unidad Provincial Ejecutora

WISDOM: *Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping*

Unidades de medidas

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

Resumen ejecutivo



© Ministerio de Agroindustria

Este estudio tuvo como eje de trabajo identificar, localizar y cuantificar la disponibilidad y el consumo de los recursos biomásicos en la Provincia de Mendoza, 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 Mendoza, 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:

-
- Oferta directa: vid (36,87 %), bosque nativo y otras formaciones leñosas (23,01 %), frutales (20,35 %), forestaciones (8,85 %), hortalizas (cultivo de ajo, 6,93 %), olivos (3,40 %) y vid-olivos (0,59 %).
 - Oferta indirecta: bodegas (83,26 %), frigoríficos de frutas y hortalizas (9,40 %), poda urbana (6,80 %) y secaderos de frutas y hortalizas (0,54 %).

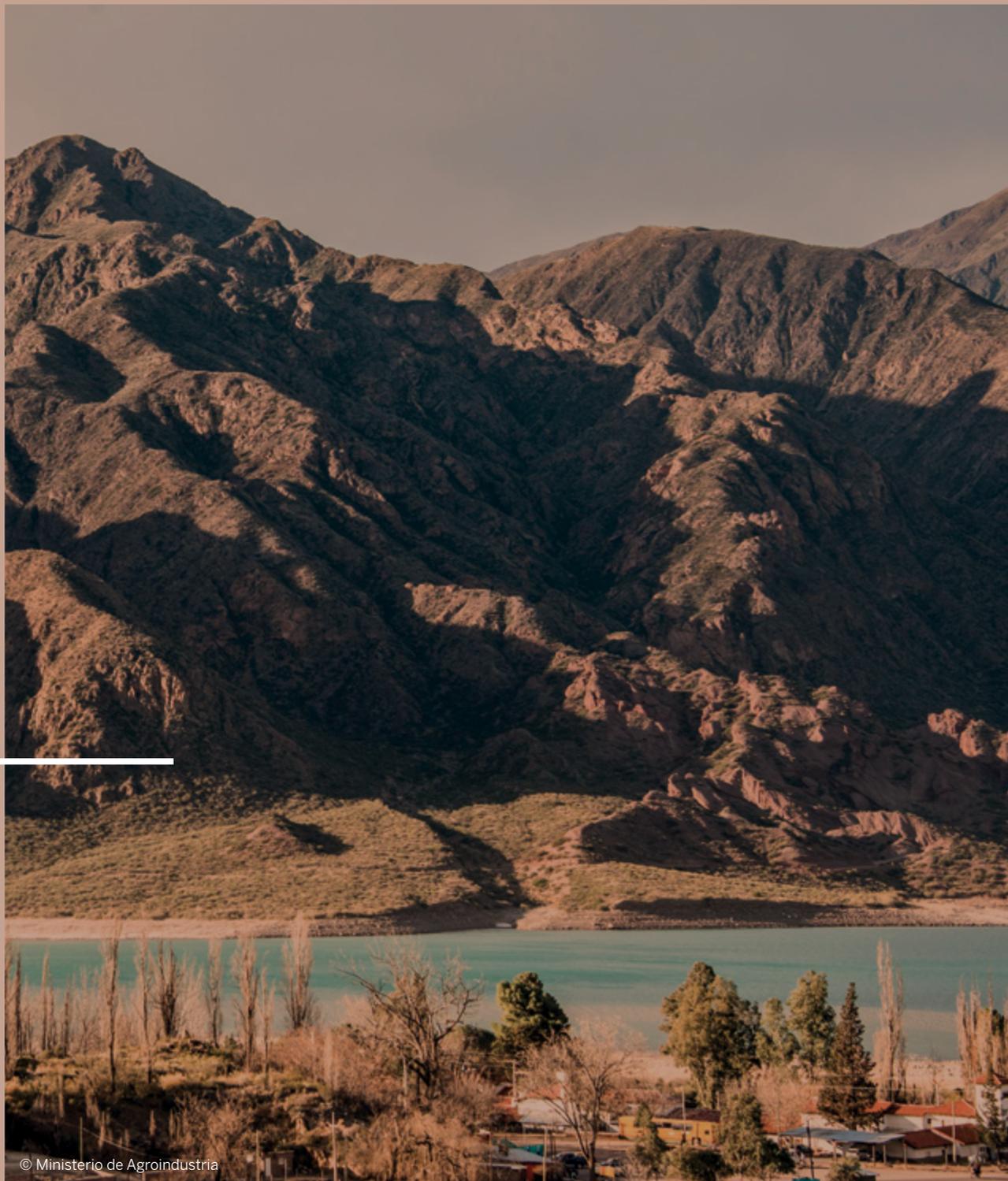
Con respecto al consumo de biomasa con fines energéticos, los sectores demandantes considerados fueron: la industria ladrillera (61,96 %) y el sector residencial (38,04 %).

En resumen, y teniendo en cuenta todos estos componentes, se estimó que la oferta directa provincial accesible, física y legalmente, es de 1 226 024,01 tn/año. Mientras que la oferta indirecta es de 169 790,96 tn/año. Por su parte, la demanda actual estimada es de 17 350,72 tn/año. En consecuencia, el balance resultante entre la oferta potencial y el consumo actual estimado da un superávit de 1 378 464,16 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 y cría de porcinos). La oferta potencial provincial es de 1 783,2 toneladas equivalentes de petróleo al año (tep/año), que se constituye por los aportes de *feedlots* bovinos (1 056,3 tep/año), porcinos (714,8 tep/año) y tambos bovinos (12,1 tep/año).

En conclusión, se confirma que la Provincia de Mendoza 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



© Ministerio de Agroindustria

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 priori-

tarias para el desarrollo de combustibles leñosos. WISDOM está basado en la tecnología de 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 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).

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

- Conocer la disponibilidad de recursos de biomasa, siendo de gran utilidad para promotores de proyectos de energías renovables.
- 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 promo-

ción 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 los responsables del 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 Mendoza, a través del Ministerio de Energía, y la FAO firmaron, en julio de 2013, una Carta de Intención manifestando la voluntad de desarrollar acciones conjuntas para promover la energía derivada de biomasa en el territorio provincial. Posteriormente, se creó la UPE, donde se designó al Ing. Pablo Portuso, de la Dirección de Energía, como Punto Focal Institucional, y a Hernán Puga, del Instituto de Desarrollo Rural (IDR), como Punto Focal Técnico, para implementar, monitorear y hacer el seguimiento de las actividades relacionadas con el Proyecto.

En este contexto, se desarrollaron diversas reuniones de trabajo con referentes provinciales en materia bioenergética, tanto del sector público

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.

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 Mendoza.

En marzo de 2015, se dictó en la ciudad de Mendoza el “Curso-Taller para la Implementación de la Metodología WISDOM en la Provincia de Mendoza”. El mismo tuvo como objetivos: discutir los componentes de los modelos de la Provincia de Mendoza; identificar los actores, fuentes y estado de la información existente; 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. Por último, consensuar y programar mejoras en el modelo. El curso tuvo una carga horaria de 27 horas y asistieron 18 técnicos de organismos públicos y académicos. 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,

se repasaron entre todos los asistentes al curso cada uno de los elementos que componen los módulos de la metodología adaptados al WISDOM Mendoza. 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 estar prioritariamente 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.

Como resultado de este proceso, el Componente de Fortalecimiento Institucional junto a especialistas del IDR desarrollaron una versión preliminar del WISDOM Mendoza, que durante el transcurso del año 2015 fue corregida, enriquecida y consensuada, obteniéndose el siguiente 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 heterogeneidad 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 que posee una alta dependencia geográfica. Esto hace que el costo de transporte constituya una parte signi-

ficativa del costo total de producción, que puede alcanzar entre un 33 y 50 % del total (Sultana y Kumar, 2012), por ello es indispensable conocer espacialmente la disponibilidad, para lo cual las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son particularmente apropiadas.

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

En este sentido, la utilización de este tipo de energías presenta diversas ventajas, tales como:

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

Cuadro 1

Clasificación de las fuentes de biocombustibles.

Fuente

Adaptado en base a FAO (2004).

Clasificación fuentes biocombustibles		Biomasa leñosa	Biomasa herbácea	Biomasa de frutas y semillas	Varios/Mezclas
		Dendrocombustibles	Agrocombustibles		
Cultivos energéticos		Árboles de bosques energéticos	Plantas herbáceas energéticas	Cereales energéticos	
		Árboles de plantaciones energéticas	Cultivos energéticos de cereales enteros		
Subproductos	Directos	Subproductos de desmante	Subproductos de cultivos agrícolas		Subproductos animales y hortícolas
		Subproductos de operaciones de raleo y poda	Pajilla, tallos	Carozos, cáscaras, vainas	Deshechos de lechería y <i>feedlots</i> 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.

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

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

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

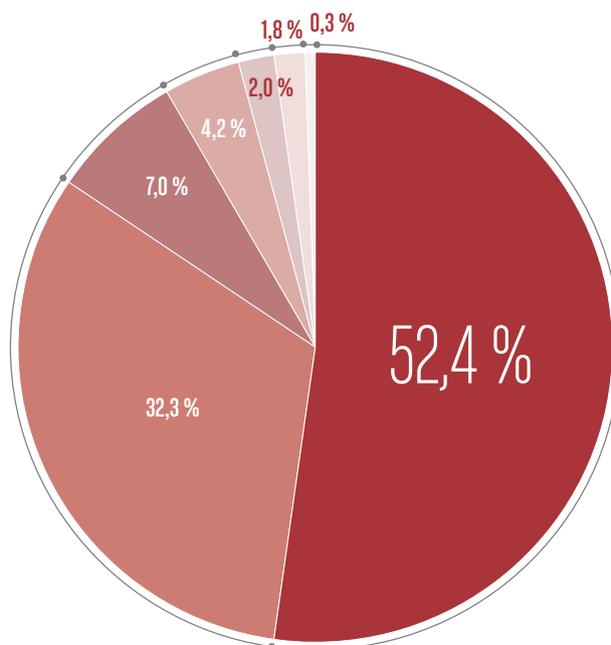
El uso de la bioenergía tiene significativa participación en la matriz energética mundial (10 %), aunque la distribución difiere marcadamente entre las diferentes regiones del globo (IEA, 2009). En la República Argentina, según las cifras del Balance Energético Nacional (BEN), del año 2014, las fuentes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

Gráfico 1

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

Fuente

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



En la Provincia de Mendoza existe una gran oferta energética potencial a partir de fuentes renovables, como la biomasa o las energías eólica, solar, hidroeléctrica y geotérmica, que podrían desplazar parcialmente a los combustibles fósiles.

fósiles (petróleo, gas y carbón) alcanzan el 86,5 %, lo que indica todavía una fuerte predominancia de este tipo de combustible en la matriz energética nacional (Gráfico 1).

En la Provincia de Mendoza existe una gran oferta energética potencial a partir de fuentes renovables, como la biomasa o las energías eólica, solar, hidroeléctrica y geotérmica, que podrían 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.

La Provincia ha utilizado la fuerza del agua de los ríos para producir energía eléctrica desde mediados de 1920, con la inauguración de la Central Hidroeléctrica de Cacheuta. Esta fuente renovable de energía es la más utilizada en la Provincia; alimenta a 13 centrales hidroeléctricas y es la más reconocida por la población (Cortellezzi y Karake, 2009). Vale destacar la puesta en funcionamiento, en 2014, de una miniturbina hidrocíntrica, en el tramo Luján de Cuyo del canal San Martín, enmarcada en el proyecto que llevan a cabo la UNCuyo e INVAP.

En cuanto a la energía eólica, si bien el territorio mendocino presenta una gran cantidad de días sin viento en la planicie del Oasis Norte, tanto en la zona de la Reserva Natural La Payunia, al sur de la Provincia, como en la región montañosa, el potencial de producción eléctrica a partir de aeroge-

neradores o aeroturbinas es muy grande, debido al registro de una mayor regularidad e intensidad de los vientos (Cortellezzi y Karake, 2009). La Empresa Mendocina de Energía Sociedad Anónima (EMESA) tiene proyectado construir un parque eólico en la localidad del Sosneado, en el departamento de San Rafael, con una capacidad de 150 MW.

Con respecto a la energía solar, el territorio mendocino presenta muy buenas condiciones para su aprovechamiento, ya sea para conversión térmica o para generar electricidad. En este sentido, el Ministerio de Energía de la Provincia firmó, en 2004, el Convenio de Participación con la Secretaría de Energía de la Nación para ejecutar el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER). Es así que, durante el transcurso del 2010/12, se suministró energía eléctrica a 1561 hogares ubicados en áreas rurales dispersas mediante la instalación de sistemas de generación solar (paneles fotovoltaicos de 120 watt pico -Wp). El objetivo del proyecto es proveer un servicio eléctrico básico destinado a iluminación y comunicación. Posteriormente, en la segunda etapa del PERMER se prevé colocar y mantener 3500 paneles solares fotovoltaicos que beneficiarán a más de 900 hogares rurales (PERMER, 2016).

En octubre de 2015, EMESA comenzó la construcción de la Planta Solar San Martín, localizada en el Parque de Servicios e Industrias Palmira (PASIP), la plataforma logística más importante del oeste argentino. Esta planta solar fotovoltaica tendrá una potencia de 1 MW y la energía producida será inyectada en las redes de media tensión². Asimismo, recientemente se acordó construir el Parque Valle Solar I, de 20 MW, en las proximidades del Parque Industrial Petroquímico de Luján de Cuyo. Este Parque generará energía limpia para abastecer a 5000 usuarios (Prensa Mendoza, 2015). Otro parque solar proyectado es el Parque Solar Huarpe, ubicado en el departamento de Lavalle, que producirá 20 MW.

Otro aspecto a señalar son las iniciativas destinadas a difundir las distintas tecnologías existentes para el aprovechamiento de la energía solar,

2. <http://emesa.com.ar/>

su disponibilidad en el ámbito local y sus posibles aplicaciones prácticas (Prensa Mendoza, 2016), como es el caso de las cuatro ediciones de Mendoza Solar, enmarcadas en la Jornada de la Red de Ciudades Solares.

En lo que respecta a la energía geotérmica, es decir, la energía producida a partir del calor de la tierra, Mendoza cuenta con áreas geotermales tanto en el sector cordillerano –las de mayor temperatura–, como en las planicies. En este sentido, una experiencia novedosa es la instalación, en la Biblioteca Popular de Tunuyán, de un sistema de frío-calor por bomba geotérmica de baja tempera-

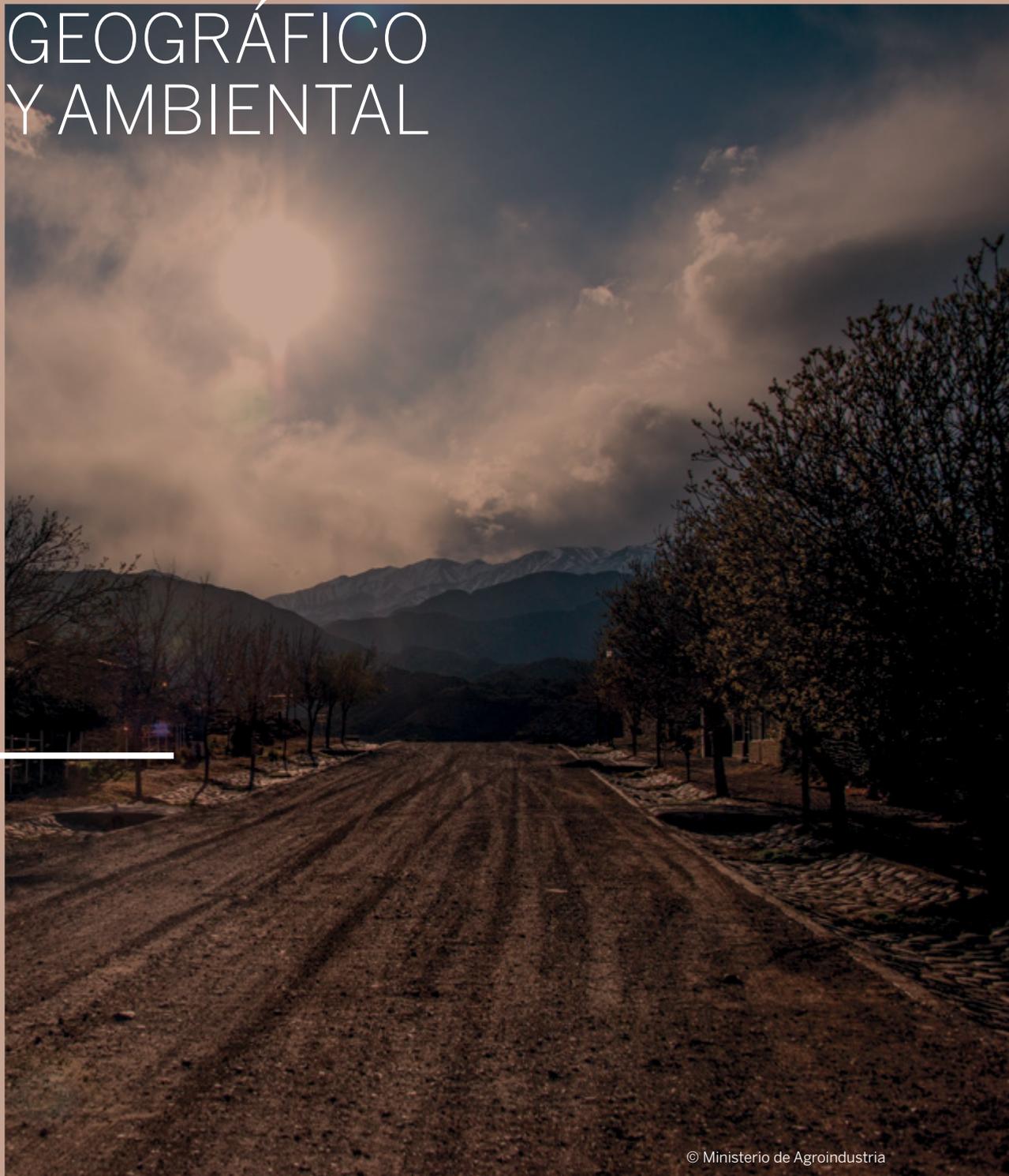
tura, que climatiza los ambientes y el agua mediante la distribución del aire por conductos.

Por último, la Provincia de Mendoza tiene un gran potencial para generar energía a partir de desechos agroindustriales. En la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNCuyo, en 2011, se inauguró una planta piloto de biogás a fin de transformar biomasa húmeda en energía limpia y biofertilizantes. Otro proyecto para producir energía eléctrica a partir del biogás resultante del tratamiento de los residuos sólidos urbanos, es el que está en marcha en el Parque Industrial Las Heras, en El Borbollón, departamento de Las Heras.



© Ministerio de Agroindustria

3. MARCO DE REFERENCIA GEOGRÁFICO Y AMBIENTAL



Tanto los principales centros poblados como las actividades productivas de la Provincia de Mendoza se concentran en los oasis irrigados, que representan aproximadamente el 4,5 % del territorio, donde se encuentra el 98,5 % de la población.

La Provincia de Mendoza, situada en el centro-oeste de la Argentina, cuenta con una superficie de 148 827 km², que representa el 5,4 % del total nacional. Administrativamente, se divide en 18 departamentos y, según el Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda (CNPHyV), en el año 2010, contaba con una población de 1 738 929 habitantes y una densidad poblacional de 11,7 habitantes por km² (INDEC, 2010).

En este sentido, existe una marcada concentración poblacional en los centros urbanos, principalmente en el Área Metropolitana de Mendoza que comprende los departamentos de Capital, Godoy Cruz, Guaymallén, Luján de Cuyo, Las Heras y Maipú, donde se encuentra el 54 % de la población. Asimismo, el 27 % de la población vive en otros centros urbanos correspondientes a cabeceras departamentales o distritales y el 19 % restante pertenece a poblaciones rurales que habitan en áreas de oasis o en zonas no irrigadas (Instituto CIFOT, 2013). Tanto los principales centros poblados como las actividades productivas de la Provincia se concentran en los oasis irrigados, que representan aproximadamente el 4,5 % del territorio provincial, donde se encuentra el 98,5 % de la población. En contraste, en el 95,5 % del territorio habita el 1,5 % de la población, donde su principal actividad productiva es la ganadería de subsistencia (Abraham *et al.*, 2014).

La Provincia ocupa el quinto lugar con menor cantidad de hogares con necesidades básicas insatisfechas (NBI), alcanzando un 7,6 % del total de los hogares censados en 2010. Para el mismo año, el 98,7 % de los hogares se encontraba conectado a la red de energía eléctrica y el 66,6 %, tenía acceso a la red de gas (MECON, 2015).

En cuanto a su paisaje, el territorio mendocino presenta tres estructuras diferenciadas: el cordón montañoso andino, al oeste; planicies, llanuras y depresiones, en el centro; y mesetas, sierras y volcanes, en el sur. Las altitudes oscilan entre los 600 msnm, en el este, y los 6 000 msnm, en el oeste, en lo que es la Cordillera Principal, con un pico máximo de 6 962 msnm, perteneciente al Cerro Aconcagua. El relieve es un factor condicionante del clima, que se define como árido, continental y templado. La temperatura media anual varía entre 11,4 °C, en el sudoeste provincial, y 15,6 °C, en las planicies del este. Debido a la característica continental del clima, la amplitud térmica oscila entre 13 °C, al noroeste, y 16 °C, al este. El promedio anual de precipitaciones es de 200 mm y éstas ocurren principalmente en primavera y verano. Los ríos que nacen en la Cordillera de los Andes se forman por el aporte glaciar y la fusión de las nieves, con mayor aporte en primavera y verano. Estos ríos forman grandes cuencas hidrográficas en el territorio provincial.

La vegetación se encuentra determinada por la topografía y el clima de la región. En Mendoza confluyen cuatro provincias fitogeográficas: Andina, Puneña, Patagónica y del Monte, de las cuales la que ocupa la mayor parte del territorio es la provincia fitogeográfica del Monte. En esta región, el tipo de vegetación dominante es el matorral o la estepa arbustiva xerófila, sammófila o halófila (Cabrera, 1971).

El Monte se caracteriza por la presencia de estepas arbustivas de hojas perennes, entre las que se intercalan bosques marginales de algarrobos (*Prosopis* spp.) o Sauces (*Salix* spp.) en márgenes de ríos, arroyos o en zonas de subsuelo húmedo con la capa freática poco profunda. La comunidad característica del Monte es la asociación de jarillas (*Larrea* spp.) y monte negro (*Bougainvillea spinosa*). Acompañando a las especies dominantes, se encuentran las cactáceas y arbustos de porte mediano, como *Monttea aphylla*, *Bougainvillea spinosa*, *Senna aphylla*, *Cercidium praecox*, *Chuquiraga erinacea*, *Prosopis alpataco*, *Zuccagnia punctata*, *Capparis atamisquea*, *Schinus polygamus* y *Condalia microphylla* (Cabrera, 1971). La cobertura de herbáceas es espacialmente heterogénea, dependiendo de la variabilidad en las precipitaciones y del impacto de la ganadería.

El tipo más común de bosque es el algarrobal o bosque abierto de *Prosopis*. La principal especie arbórea del Monte es el algarrobo dulce (*Prosopis flexuosa*, *Fabaceae*, *Mimosoideae*), funcionando como estructuradora de las comunidades del desierto (Roig, 1993; Rossi y Villagra, 2003). Los bosques abiertos de *Prosopis flexuosa* que se ubican en las llanuras orientales mendocinas soportan extremas condiciones ambientales, entre 100 y 350 mm de precipitación media anual (Telteca, al noreste, y General Alvear, al sureste, respectivamente), con déficit hídrico durante la mayor parte del año. Estos bosques de algarrobo son desde hace varios siglos fuente de recursos y materiales para el desarrollo de los distintos modelos agrícolas de las áreas irrigadas y presentan usos diversos dentro de la ciudad de Mendoza y poblaciones aledañas (Alvarez *et al.*, 2006).

En el piedemonte se desarrolla una estepa espinosa constituida principalmente por especies del género *Plectrocarpa* y matorrales de carácter edáfico: jumeales (*Suaeda divaricata*, *Allenrolfea* spp.) y zampales (*Atriplex* spp.), ambos asociados a condiciones halófilas o salinas; cardonales de *Trichocereus terscheckii*, en laderas rocosas en el norte; estepas de los médanos; y chilcales (*Baccharis salicifolia*), en suelos húmedos (Morello, 1958).

La región del Monte Central presenta, además de los algarrobos y retamos, otras especies leñosas de importancia para la venta de leña y el autoconsumo. Entre las especies leñeras se encuentran *S. divaricata*, *Maytenus viscifolia*, *Larrea* spp., *Zuccagnia punctata*, *Colletia spinosissima*, *Proustia cuneifolia*, *Bredemeyera colletioides*, *Condalia microphylla* y *Schinus fasciculata*. Existe una fuerte presión sobre estas especies, por lo que es necesario encontrar alternativas energéticas para las comunidades locales. En zonas de baja productividad, la extracción de leña seca surge como una actividad que permite complementar otras actividades productivas, debido a la dificultad de acceder a otras fuentes de energía como el gas licuado.

Debido a que la disponibilidad hídrica condiciona los procesos ecológicos, económicos, sociales y culturales de esta región, la organización socio-económica preponderante en la Provincia está representada por una economía de mercado basada en oasis irrigados y una economía de subsistencia en las zonas áridas. Uno de los principales problemas ambientales entre el oasis y las áreas no irrigadas es la disputa por el agua (Villagra *et al.*, 2010).

Los oasis son planicies aluviales con intensas modificaciones antrópicas que se originaron entre el piedemonte y las llanuras (Abraham *et al.*, 2014). La disponibilidad de los recursos hídricos aportados por las cuencas de los ríos Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel y Malargüe ha permitido el desarrollo en estos oasis de importantes zonas productivas bajo riego artificial. Asimismo, los acuíferos subterráneos son aprovechados como complemento de las fuentes superficiales para riego, agua potable y para el sector industrial. Se destacan

cuatro oasis dentro de la Provincia por su importancia económica (Abraham *et al.*, 2014):

- **Oasis Norte:** este oasis se ha conformado por el aporte de los ríos Mendoza y Tunuyán Inferior. El curso del río Mendoza es regulado por el embalse Potrerillos y aguas abajo se encuentra el dique derivador Cipolletti del que se alimenta una importante red de canales primarios y secundarios, alcanzando 4 910 km de longitud. De estos canales, el 2 % se encuentra impermeabilizado. El río Tunuyán Inferior es regulado mediante el embalse El Carrizal. Aguas abajo del mismo río, se localizan los diques derivadores Tiburcio Benegas y Phillips, de los cuales nace una red de canales con 1 570 km de extensión, de los cuales el 10 % se encuentra revestido. Este oasis también se alimenta de aguas subterráneas para abastecimiento poblacional, en áreas urbanas, y para complementar las entregas de agua superficial, en áreas rurales.
- **Oasis Centro (Valle de Uco):** se alimenta a partir del río Tunuyán Superior, que cuenta con numerosos diques derivadores para riego a lo largo de toda su cuenca, de los cuales se desprende una red de canales que cuenta con 2 680 km de extensión.
- **Oasis Sur:** se extiende entre los departamentos de San Rafael y General Alvear, alimentado por el aporte de los ríos Diamante y Atuel. Asimismo, se aprovecha el embalse subterráneo sur, con un total de 2 800 pozos.
- **Oasis de Malargüe:** conformado por el río Malargüe que no cuenta con un sistema de almacenamiento. También se utilizan aguas subterráneas para complementar el riego. Este oasis se desarrolla en el departamento de Malargüe.

La estructura económica de Mendoza se caracteriza por la producción agrícola y la industrialización de materias primas como vid, frutas y hortalizas, concentradas casi en su totalidad en los oasis irrigados. El total de superficie cultivada asciende a 270 000 ha, de las cuales el 58 % co-

rresponde a viñedos; el 28 %, a frutales; y el 14 %, a hortalizas (Instituto CIFOT, 2013). Mendoza es la primera provincia exportadora de frutas frescas, fundamentalmente peras, ciruelas, duraznos, cerezas, membrillos y nueces.

Las actividades pecuarias se relacionan con la cría de ganado bovino, ovino y caprino en tierras no irrigadas donde predominan los pastizales.

El sector industrial se encuentra asociado a la vitivinicultura, que comprende el 28 % de las empresas del sector, y al rubro de alimentos, con un 20 % del total de empresas. La industria metal-mecánica también es de relevante importancia en Mendoza (Instituto CIFOT, 2013).

La Provincia cuenta con 86 áreas de explotación de petróleo y gas convencional, representando el 15 % y el 2 %, respectivamente, del total nacional (EGES, 2009). Esta actividad se lleva a cabo en las cuencas primarias de extracción de hidrocarburos Neuquina y Cuyana. Mendoza tiene también reservas de potasio, yeso, oro, hierro, cuarzo, baritina, magnesio, zinc, entre otros (Gobierno de la Provincia de Mendoza, 2016).

En relación al análisis espacial bioenergético realizado, los recursos biomásicos con fines energéticos disponibles están integrados por los residuos o subproductos generados por la poda de viñedos, olivares, frutales y hortalizas (ajo), y el manejo de forestaciones y bosque nativo (únicamente en el marco de planes de manejo aprobados y del aprovechamiento del incremento medio anual). La Provincia, además, cuenta con disponibilidad bioenergética proveniente de la transformación primaria de la materia prima como los orujos en las bodegas, los efluentes de jugueras y conserveras y los residuos de la foresto-industria y la industria olivícola. Adicionalmente, dispone de una importante cantidad de desechos provenientes de tambos, *feedlots* bovinos y establecimientos porcinos que poseen un potencial para su conversión en biogás.

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 el 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 algunas características esenciales (FAO, 2009):

- Multisectorialidad: involucran diferentes sectores, tales como el forestal, el industrial, el energético, el agrícola, el residencial y el comercial, que deben ser concebidos en sus interrelaciones, si se pretende realizar una planificación pública de largo plazo.
- Interdisciplinariedad: el análisis de los sistemas bioenergéticos requiere la concurrencia de una multiplicidad de ciencias y técnicas, como la gestión forestal y la silvicultura, las ciencias ambientales, la ingeniería, la agronomía, la geografía, entre otras.
- Especificidad geográfica: la oferta de recursos biomásicos presenta una disponibilidad variada y una extensa distribución a lo largo del territorio.

A su vez, se caracteriza por una baja oferta en superficie, si se la compara con los 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, haciendo énfasis en estudios sitio-específicos.

- Heterogeneidad en las fuentes de oferta de biomasa³: abarca forestaciones implantadas o sistemas de silvicultura de corta rotación, el incremento medio anual (IMA) de formaciones vegetales nativas, residuos agrícolas de cosecha, la poda urbana y de frutales, estiércol pecuario, entre las más importantes. Conocer la disponibilidad y el tipo de recurso 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 cuantitativa-

3. 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

mente. Así, hallamos grandes consumidores industriales que 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 calefacción, necesarios para la alimentación y la protección frente a las inclemencias climáticas. Debido que aún existen regiones no abastecidas por fuentes modernas de distribución comercial, como la electricidad, los combustibles fósiles o tecnologías alternativas, el uso tradicional de la leña continúa constituyendo un elemento vital para la satisfacción de necesidades energéticas diarias, de más de 2 000 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 FAO⁴ desarrolló e implementó la metodología WISDOM, que aborda con una visión sistémica esta problemática y ofrece respuestas a los diferentes niveles gubernamentales y a los sectores de la energía, forestal, industrial y agrícola, generando sinergias e interrelaciones entre los mismos.

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

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

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

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

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

El “*Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles*” es una metodología que se apoya en una plataforma SIG, donde se integran datos, estadísticas e información procedentes de múltiples ámbitos y se los dispone espacialmente. Al no presentar una estructura rígida ni utilizar un *software* predeterminado, esta metodología permite un alto grado de flexibilidad y adaptabilidad frente a la heterogeneidad y fragmentación de los datos e información disponibles sobre producción y consumo de bioenergía. Además, el enfoque WISDOM tiene la ventaja de considerar el contexto completo de la oferta y la demanda, lo que brinda un apoyo consistente para alcanzar el objetivo de definir zonas de oferta sustentable o sitios específicos de consumo, tales como las principales ciudades o centros poblados y la identificación de áreas en las que resulte necesario potenciar las plantaciones con fines energéticos (FAO, 2009).

Para realizar el análisis espacial integrado sobre oferta y demanda de biomasa con fines energé-

ticos de la Provincia de Mendoza, 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 geográficas 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 completa⁵; 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 la oferta y la demanda de biomasa con fines energéticos, la aplicación de la metodología de análisis WISDOM a nivel provincial implicó cuatro pasos analíticos principales:

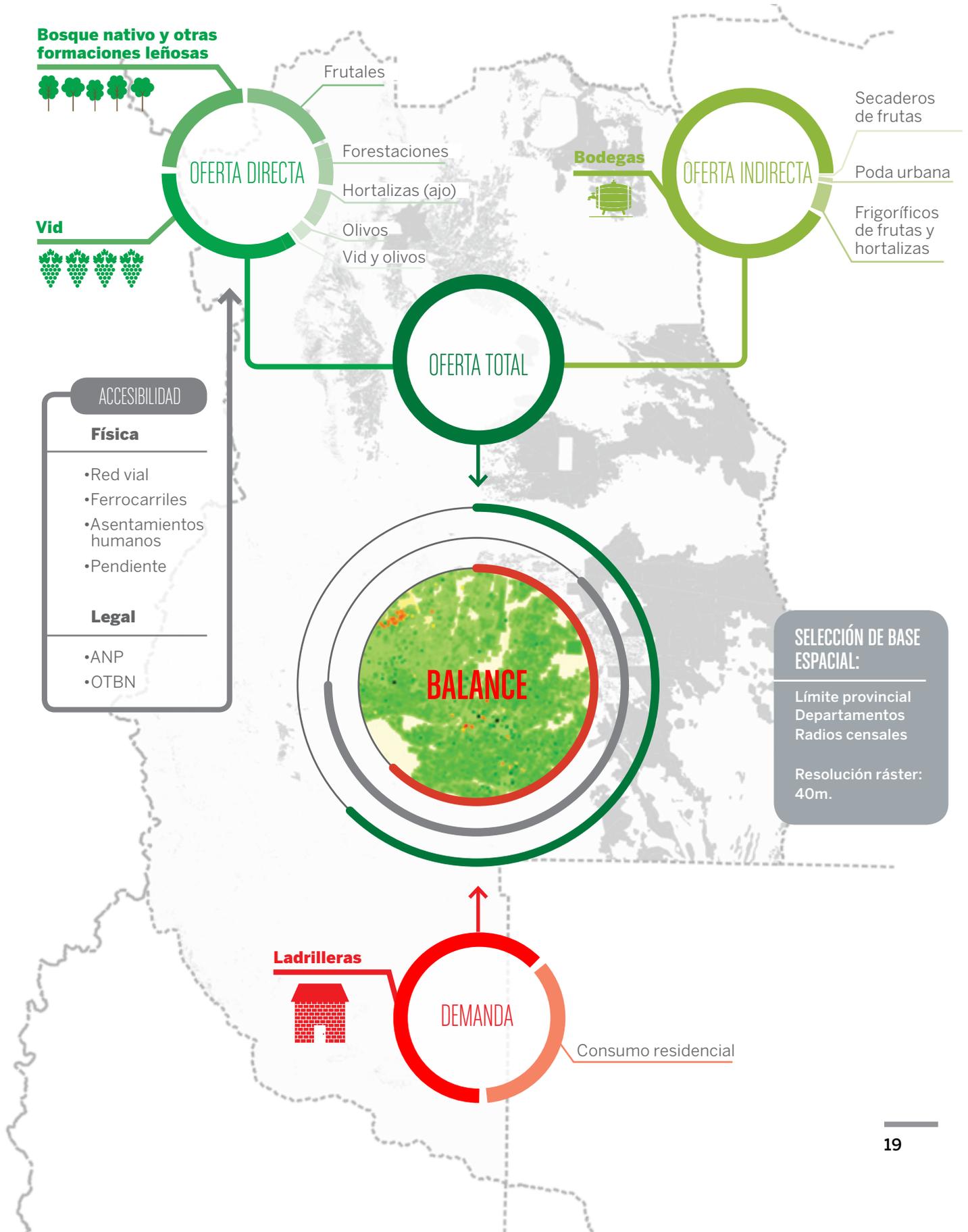
1. Definición de la unidad administrativa-espacial mínima de análisis.
2. Desarrollo del módulo de oferta.
3. Desarrollo del módulo de demanda.
4. Desarrollo del módulo de integración.

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

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

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

Gráfico 2. Modelo Conceptual WISDOM Mendoza.



5. MÓDULOS Y RESULTADOS DEL WISDOM MENDOZA

-
- 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 de la oferta y la demanda

La metodología de análisis espacial WISDOM se aplicó en la Provincia de Mendoza 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 los datos estadísticos se encontraban disponibles a este nivel de detalle. De esta manera, la estructura administrativa considerada presenta 18 departamentos con 1867 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

En la Provincia de Mendoza, se consideraron: la poda de frutales, olivos y vid; la poda, el raleo y los residuos de cosecha de las plantaciones forestales, el residuo de cosecha del cultivo de ajo y el IMA del bosque nativo.

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 2 POSGAR 94 WGS84. El límite provincial y departamental se confeccionó a partir de los límites de los radios censales correspondientes a la cartografía del CNPhyV 2010.

5.2 Módulo de oferta directa

Se entiende por oferta directa a la biomasa que se encuentra en campo. Una de las características de la oferta directa es su dispersión territorial. Entre las fuentes directas de biomasa potencialmente disponibles para usos energéticos, en la Provincia de Mendoza, se consideraron: la poda de frutales, olivos y vid; la poda, el raleo y los residuos de cosecha de las plantaciones forestales, el residuo de cosecha del cultivo de ajo y el IMA del bosque nativo.

El resto de la producción hortícola de la Provincia, incluye los cultivos de papa, tomate, cebolla, pimiento, zapallo y zanahoria (EGES, 2009). Los residuos de cosecha de estos cultivos no han sido considerados para usos energéticos, porque se mantienen sobre el suelo para conservar su fertilidad y estructura.

Adicionalmente, en el sector de granos se generaron nuevas inversiones concentradas en el este

de la Provincia, en la zona de Lavalle, y en el sur, que comprenden semillas de girasol, de maíz, trigo, colza, arvejas, nogal, papa, cebada y algunas pruebas con soja (Badaloni, 2014). Nuevamente, debido a las pequeñas superficies actuales y a la necesidad de incorporar los residuos de cosecha al suelo, esta fuente de biomasa no ha sido considerada disponible para la generación de energía.

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

5.2.1 Bosque nativo y otras formaciones leñosas

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)⁶ 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. Para la estimación de la biomasa, actualmente se recurre a técnicas que funcionan a diferentes escalas, desde inventarios de campo realizados a escala local hasta estimaciones mediante teledetección efectuadas a escala nacional o subregional.

El análisis del bosque nativo y otras formaciones leñosas como fuente de biomasa con fines energéticos se realiza bajo la consideración de que el manejo de la vegetación nativa en regiones áridas es posible, a través de la utilización de las poblaciones existentes, perfectamente adaptadas a las características extremas del ambiente, prestan-

do suma atención a su preservación y al incremento de su productividad. Es por ello que, a los fines de estimar la biomasa, se tendrá en cuenta únicamente el incremento medio anual (IMA)⁷. El uso desmedido de estas formaciones provoca efectos ambientales adversos en regiones donde las relaciones ecológicas son frágiles y sensibles a los cambios (Alvarez *et al.*, 2006).

Los bosques nativos de algarrobo dulce de la provincia fitogeográfica del Monte se desarrollan con déficit hídrico durante la mayor parte del año. Desde hace varios siglos, estos bosques han sido fuente de recursos y materiales para el desarrollo de los distintos modelos agrícolas de las áreas irrigadas y de las poblaciones aledañas (Alvarez *et al.*, 2006). Estas condiciones hacen que la posibilidad de utilizar este tipo de formaciones para usos energéticos sea tomada con sumo cuidado.

Además de la estimación del IMA, es importante tener en cuenta que, en estudios realizados en el noreste de Mendoza, se registró que los árboles de *P. flexuosa* presentan madera muerta con aptitud para leña y su disponibilidad varía entre 4 y 8 tn/ha para un bosque abierto (57 individuos con DAB > 20 cm) y para uno semi - denso (80 individuos con DAB > 20 cm), respectivamente (Karlin y Corini, 2008).

Para conocer la superficie de bosque nativo de la Provincia, se recurrió a las capas correspondientes al Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (PINBN), otorgadas por la Dirección de Bosques (DB), de la Ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS). Dicha cobertura contiene información relevada hasta el 2005, siendo la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal, de la misma Dirección, la que lleva adelante su actualización, registrando la pérdida de bosque nativo, hasta el año 2012.

Con el objetivo de mejorar la precisión del análisis y a fin de evitar distribuir los valores del IMA de biomasa de manera homogénea, en cada es-

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

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

trato, se utilizaron las capas de cobertura arbórea de *Tree Cover*⁸, *Lossyear* y *Gain*, elaboradas por Hansen *et al.* (2013). La capa *Tree Cover* contiene estimaciones del porcentaje de cobertura de la vegetación leñosa mayor a 5 m de altura, respecto de cada píxel de 30 m de terreno horizontal, para el año 2000. Esta capa fue actualizada, contemplando la pérdida anual de cobertura arbórea, hasta el año 2012, mediante la capa *Lossyear*, mientras que la regeneración del bosque (reclutamiento), en el mismo período, se incorporó con la capa *Gain*.

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

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

La situación A corresponde a áreas de bosque nativo donde las formaciones arbóreas nativas presentan alturas mayores a 5 m. En estos casos, se utilizó el mayor valor de IMA, asumiendo que estas superficies se corresponden con un índice de sitio alto. Se distribuyó el valor de IMA del estrato correspondiente, entre los píxeles de *Tree Cover* con un porcentaje de cobertura promedio, y se extrapoló el valor del IMA, según el porcentaje de cobertura arbórea de cada píxel dado por la capa de *Tree Cover*.

La situación B se explica porque existen grandes superficies en las que la altura promedio de las formaciones nativas no supera los 5 m de altura. Las zonas de bosque nativo donde la capa *Tree Cover* no presenta datos fueron tratadas de mane-

ra uniforme, con el menor valor de IMA correspondiente a cada estrato.

La situación C, es decir, aquellas zonas donde se observa la existencia de cobertura arbórea (a través de la capa *Tree Cover*) por fuera de las clases de bosque nativo del PINBN, corresponden a superficies pequeñas de bosque insertas dentro de una matriz agrícola o urbana, como pueden ser cortinas forestales, cascos rurales o pequeños parches dispersos de bosque nativo. Una característica de esta Provincia es la naturalización de las *salicáceas* que también son detectadas en esta situación. A estas superficies se les asignó un incremento denominado IMA_{tc} . El IMA_{tc} refiere a una ponderación entre el incremento en biomasa del bosque nativo y el correspondiente a formaciones leñosas implantadas en la Provincia de Mendoza.

Los valores de incremento en biomasa finalmente utilizados para las clases de cobertura arbórea y para cada situación considerada, se obtuvieron a partir del análisis de los trabajos de Villagra *et al.* (2004); Alvarez y Villagra (2009); Alvarez *et al.* (2011). Los resultados obtenidos se resumen en el Cuadro 2.

Para no generar conflictos con otros usos maderables del bosque, del mapa de IMA, se dedujeron los volúmenes correspondientes a las extracciones forestales de bosque nativo registradas por la Dirección de Bosques (ex SAyDS) (Cuadro 3). Éstas totalizaron 4 268 tn de productos forestales en cuatro departamentos de la Provincia, siendo la leña el principal producto obtenido, alcanzando más del 99 %. El departamento donde se registró la mayor extracción de leña fue General Alvear.

Finalmente, se afectó al valor de IMA un Factor de Fracción Dendroenergética, a fin de descontar un porcentaje de biomasa que cumple las funciones de protección de suelos, 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 es de esperar, se observa una mayor distribución de bosque

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

Cuadro 2

Valores de IMA por clase (tn/ha x año).

Fuente

Los Cuadros que no consignan fuente han sido elaborados por los autores.

Descripción de formación boscosa*	Situación A	Situación B	Situación C
Estepa arbustiva y herbácea	0,60	0,42	
Estepa arbustiva y herbácea - tierras agropecuarias	0,13	0,10	
Vegetación herbácea hidrófila con árboles	0,50	0,35	
IMA _{tc}			0,30

*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), adaptado a las características y particularidades de la Argentina (Anexo II).

Cuadro 3

Extracción de productos forestales por departamento. Año 2012.

Fuente

Dirección de Bosques (ex SAyDS, 2012).

Extracciones realizadas en tn/año			
Departamento	Año 2011	Año 2012	Promedio extracciones
General Alvear	1844	2790	2317
San Martín		197	197
San Rafael	559	435	497
Sin determinar	2470	45	1258
Total Mendoza	4873	3467	4269

en la zona que coincide con la provincia fitogeográfica del Monte hacia el este provincial.

Asimismo, se puede observar 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 ambientales de esa región, tales como: grandes altitudes, suelo orográficamente rocoso, temperaturas muy bajas, escasas precipitaciones y procesos avanzados de erosión. A pesar de esta pobre presencia de vegetación, en el Mapa 1 se puede observar que, al oeste de los oasis Norte y Centro,

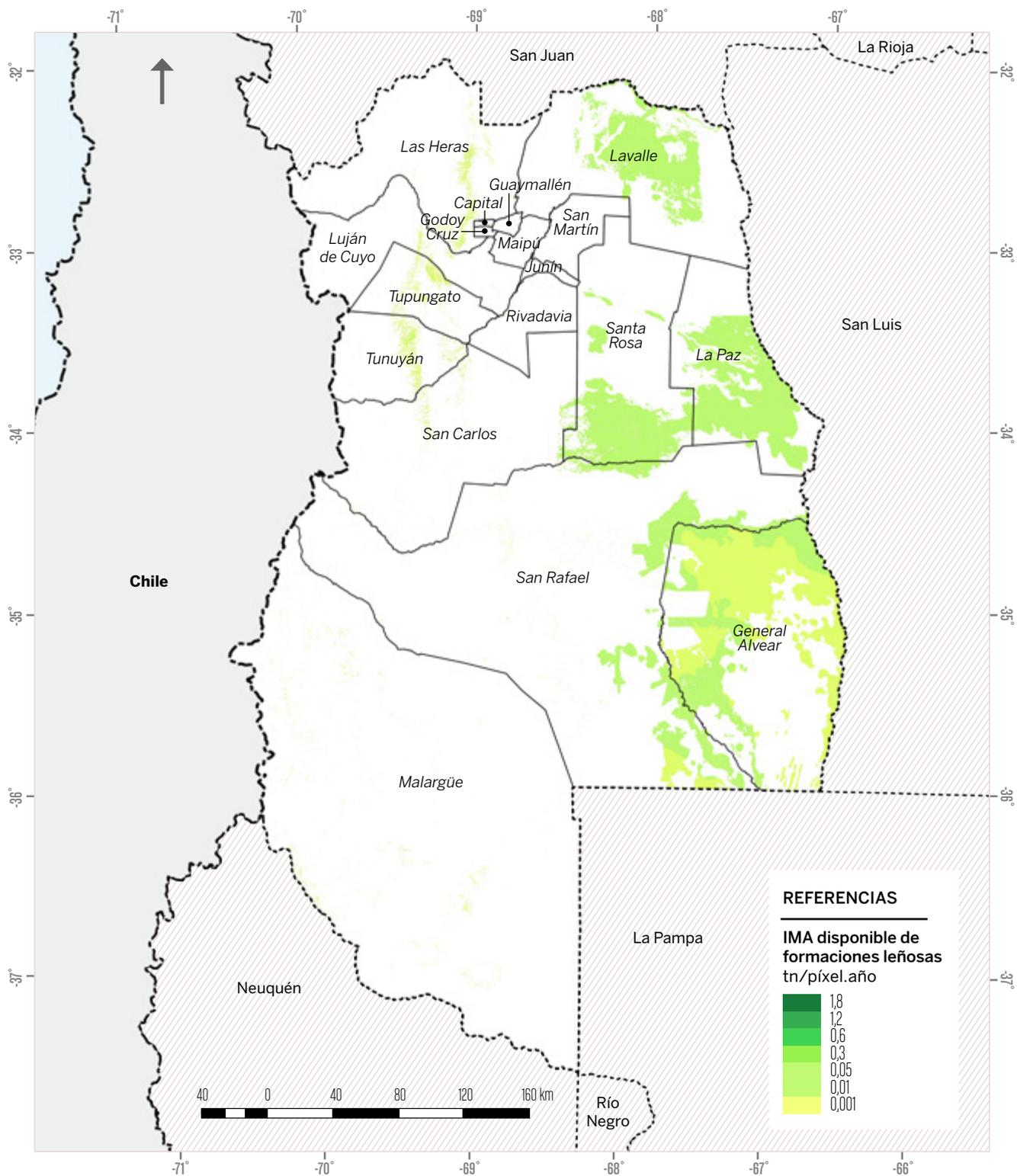
existen formaciones leñosas. Estas formaciones se encuentran en una zona de fuertes pendientes, por lo que es necesario un mayor ajuste en las estimaciones para asegurar la sustentabilidad.

5.2.2 Cultivos

La información de los cultivos considerados en el análisis fue provista por el Instituto de Desarrollo Rural (IDR) y corresponde a capas digitalizadas por el mismo Instituto, a partir de la interpretación visual de imágenes satelitales de alta resolución espacial y su correspondiente validación a campo.

Mapa 1. Oferta de formaciones leñosas.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco; Escartín, Celina; Parodi, Guillermo, FAO, 2016.



Vid

La producción de uva en la Provincia, en el año 2015, fue de 1 688 409 tn, lo que representa el 69,9 % de la producción de todo el país. Prácticamente, la totalidad de esta uva (99,9 %) tiene como destino la vinificación (INV, 2015).

Durante la década del 90, se erradicaron en el país 47 000 ha de viñedos viejos y de uvas comunes, que fueron reemplazados, en los últimos años, por más de 36 000 ha de variedades finas, para vinificar, y de variedades especiales, para consumo en fresco y la elaboración de pasas (EGES, 2009).

Para lograr una fructificación más abundante y pareja de las vides, se les practica una poda severa, extrayendo más del 80 % de los sarmientos⁹. Dependiendo del vigor de las vides, estos sarmientos pueden medir desde 0,5 m hasta 3 m de longitud y pesar desde 30 g hasta 120 g. Dichos sarmientos no poseen valor comercial y se recomienda su utilización como enmienda orgánica. También son utilizados para calefacción o cocción en hogares rurales (Araniti *et al.*, 2012). El período de poda de sarmientos se realiza entre los meses de julio y diciembre. Los restos de poda, en zonas áridas, poseen un contenido de agua inferior al 20 %, reservas de almidón de aproximadamente el 10 % y un alto contenido de celulosas y ligninas. Lo que los convierte en un elemento fácilmente combustible.

La poda es realizada en forma manual, principalmente en el tipo de espaldero alto o mixto y en sistemas de conducción del tipo parrales. En los sistemas productivos del tipo espaldero, la poda puede ser realizada en forma mecánica (Araniti *et al.*, 2012).

El Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV) brindó una base de datos de viñedos en la que constan las coordenadas del punto de acceso de cada viñedo y la superficie cultivada de vid por tipo de conducción. Asimismo, el INV informó los siguientes valores de residuo de poda de sarmientos, según tipo de conducción (Cuadro 4).

9. Los sarmientos son los brotes ya lignificados de la cepa de la vid (tronco), cuyo crecimiento ha tenido lugar el año precedente.

Fueron georreferenciados todos los puntos de los viñedos informados por el INV, pero aún no pudieron ser vinculados unívocamente con la capa de viñedos de geometría polígono, elaborada por el IDR. Por lo tanto, se calculó un valor único de residuo de poda de sarmientos por hectárea, ponderando la superficie que cada tipo de conducción tiene en la Provincia. El valor considerado fue de 3,5 tn/ha x año.

La oferta anual estimada para este cultivo es de 452 015,3 tn, representando el 36,49 % del total estimado de oferta directa.

En la región este, correspondiente a los departamentos de San Martín, Santa Rosa, Junín, Rivadavia y La Paz, se encuentra la mayor superficie cultivada con vides (43,3 %). Le siguen: la región sur (24,2 %), que abarca los departamentos de General Alvear, Malargüe y San Rafael; la región centro (13,8 %), distribuida en los departamentos de Luján de Cuyo, Maipú, Guaymallén y Godoy Cruz; el Valle de Uco (9,7 %), que comprende los departamentos de Tupungato, Tunuyán y San Carlos; y, por último, los departamentos de Las Heras y Lavalle (9 %).

Frutales

La Provincia de Mendoza es la principal productora de frutas de carozo del país, cuyo destino principal es el uso industrial y, en menor medida, el consumo en fresco. Los frutales abarcan el 28 % de las tierras cultivadas provinciales.

Para estimar la biomasa disponible para uso energético de los cultivos de frutales, se tiene en cuenta el residuo de poda de los mismos. Para ello, se utilizó una capa de usos del suelo, provista por el IDR, donde se identifican los cultivos de frutales. A partir del dato de volumen de residuo de poda de ciruelos (5,4 tn/ha x año) y el valor promedio para frutales (4,2 tn/ha x año), se estimó un valor de residuo promedio ponderado, considerando la superficie cultivada de ciruelos y la superficie de otros frutales.

El valor resultante de la ponderación por superficie plantada de frutales es de 4,704 tn/ha x año de residuos de poda.

Los residuos disponibles en campo se estimaron en 249 532,99 tn anuales, donde los departa-

mentos de San Rafael (35,2 %), Tunuyán (11,8 %) y Tupungato (9,89 %) son los que presentan la mayor oferta de biomasa correspondiente al cultivo de frutales.

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 del volumen del rodal es necesario conocer su ubicación y superficie. Además, para su cuantificación, se requiere que la superficie del rodal esté acompañada de otros 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).

De la cobertura de esta Dirección, se extrae que en la Provincia se utilizan seis géneros forestales, con un total de 14 454 ha plantadas, en 2014, siendo predominante el *Populus sp.*, que representa el 97 % del total. En el Cuadro 5, se pueden observar las superficies plantadas por especie, en la Provincia de Mendoza.

Para la elaboración del cálculo de oferta de biomasa a partir del aprovechamiento forestal, se empleó un valor de IMA de 9,2 tn/ha x año (FAO, 2009).

En cuanto a la información espacial, se integraron dos capas recibidas por la DPF: una capa, correspondiente a los planes aprobados bajo el régimen de promoción forestal (Ley N.º 25 080); y, la otra capa, con las parcelas que no corresponden necesariamente a ese régimen (planes no pagados) y con los predios digitalizados por fotointerpretación. El tratamiento de ambos insumos consistió en integrar la geometría de las capas así como sus atributos.

De acuerdo con los resultados de este análisis, el sector forestal de la Provincia aportaría 108 514,12 tn/año de recursos biomásicos con fines energéticos. Las plantaciones forestales se distribuyen principalmente en los oasis.

Hortalizas

Del total de hortalizas cultivadas en la Provincia de Mendoza, el ajo es el producto más destacado, con una contribución por encima del 50 % del valor bruto de producción del subsector. La producción de ajo es significativa en términos de bioenergía, debido a que el corte y la limpieza de los bulbos dejan en campo importantes volúmenes de residuos. Su uso con fines energéticos evitaría la polución ocasionada por su incineración en condiciones inapropiadas. A modo de ejemplo, en el año 2009, en la región peri-urbana de la ciudad capital, la quema de estos residuos de cultivo, fue de 120 000 tn/año (IDR, 2009).

Cuadro 4

Residuos de poda de viñedos por tipo de conducción.

Fuente

Instituto Nacional de Vitivinicultura (2015), comunicación personal.

Superficie cultivada 2015 (ha)	Tipo de conducción	Superficie (ha)	Rendimiento (tn de sarmientos por hectárea)	Residuos (tn)
156 738	Parral	71 076	4 tn/ha	299 591,1
	Espaldero alto	68 680	1,7 tn/ha	132 042,9
	Espaldero bajo	16 982	0,3 tn/ha	20 381,3

Cuadro 5

Especies forestales y superficies implantadas en Mendoza.

Fuente

Dirección de Producción Forestal (SAGPyA).

Especie	Superficie (ha)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	29
<i>Eucalyptus sp.</i>	2
<i>Juglans regia</i>	38
<i>Pinus sp.</i>	32
<i>Populus sp.</i>	10 656
<i>Populus alba</i>	20
<i>Populus x euroamericana cv. "Guardi"</i>	644
<i>Populus x euroamericana cv. "Conti"</i>	1230
<i>Populus x euroamericana cv. "I-214"</i>	37
<i>Populus x euroamericana</i>	43
<i>Populus deltoides</i>	168
<i>Populus deltoides cv. "I-72"</i>	12
<i>Populus deltoides cv. "Catfish 2"</i>	8
<i>Populus deltoides cv. "Harvard" (I-63/51)</i>	199
<i>Populus nigra</i>	1011
<i>Prosopis sp.</i>	314
<i>Salix sp.</i>	2
<i>Salix alba var. Calva</i>	9
Total	14 454

Debido a que los sistemas de producción hortícolas rotan año a año dentro de las fincas en subparcelas más pequeñas, no se cuenta con una capa espacial que permita ubicar la superficie implantada exclusivamente con ajo. Por este motivo, se realizó un prorrateo de la superficie sembrada con ajo, respecto del total de la superficie hortícola (relevada mediante encuestas por el IDR), y se distribuyó el valor de residuos del cultivo de ajo promedio (2,5 tn/ha x año) en el total de la superficie que posee un uso hortícola, dando un valor ponderado de 0,612 tn/ha x año.

Para considerar la disponibilidad temporal de los residuos, hay que tener en cuenta los momentos de cosecha de cada variedad. La cosecha comienza a fines de octubre, con los ajos más tempranos; continúa con otro pico en noviembre, cuando comienza la cosecha de los blancos; para culminar en diciembre, con los ajos colorados (Pereyra, 2013; IDR, 2016).

La oferta total de residuos biomásicos correspondientes al residuo de cosecha del ajo es de 84 969,10 tn/año. Los tres departamentos que concentran mayor oferta de este residuo son: San

Rafael (20,97 %), San Carlos (13,26 %) y Lavalle (10,87 %).

Olivos

De acuerdo con datos proporcionados por el IDR, el territorio mendocino cuenta con 20 646 ha cultivadas de olivares, comprendidas principalmente en los oasis Norte y Sur, las que representan cerca del 23 % de la superficie cultivada con olivos de la Argentina.

En el Oasis Norte, se concentra el 65 % de la producción de la Provincia, mientras que, en el Oasis Sur, se encuentra el 35 % restante. Si se toma en cuenta la producción de olivos por departamentos, en Maipú, se encuentra el 22 % de la superficie cultivada provincial, que sumada a las hectáreas de olivares de los departamentos de Lavalle, Rivadavia, General San Martín, Las Heras y Junín, representan el 60 %.

Por su parte, el departamento de San Rafael, en el Oasis Sur, concentra casi el 35 % de la superficie cultivada con olivo a nivel provincial.

Existen dos tipos de cultivos: los tradicionales, con densidades de plantación entre 100 a 150 plantas/ha, riego por surco y cosecha manual; y, las nuevas plantaciones, conformadas por cuadros mono-varietales, con densidades de plantación entre 400 a 500 plantas/ha, riego por goteo y surco. Las plantas de las nuevas plantaciones están siendo conducidas para cosecha mecanizada. Además, existen numerosas plantaciones (con fines ornamentales o para la protección de suelos), que se encuentran en huertos familiares o pequeñas quintas, en las orillas de las acequias de riego o como barreras entre fincas, que también entran al circuito comercial, generalmente a través de las fábricas pequeñas (Araniti *et al.*, 2012).

El valor del residuo de poda de olivos considerado para este análisis fue de 2,5 tn/ha x año (FAO, 2009).

Como resultado, se estimó una oferta total de 41 669,96 tn/año para este cultivo.

Vid y olivos

Se ha verificado un incremento de fincas que integran estos dos cultivos espacialmente, donde

la vid se lleva del 55 al 60 % de la superficie cultivada, mientras que el olivo completa el resto. Para estos casos, se tomó un promedio de oferta de biomasa por poda, ponderado según esta proporción. El valor considerado en el modelo fue de 3,05 tn/ha x año.

La oferta provincial anual estimada para esta asociación de cultivos es de 7 200,12 tn y se localiza en los oasis Norte y Sur. Los residuos de poda representan el 0,6 % del total estimado para cultivos.

En el Departamento de Maipú, se encuentra el 35,4 % de la superficie cultivada bajo este régimen, que sumada a la de los departamentos colindantes de General San Martín y Junín, junto con el de Rivadavia, representan el 71,2 % del total cultivado. En el Oasis Sur, en el Departamento de San Rafael, se concentra el 10,9 % del total.

Síntesis oferta directa de cultivos

Se integraron los resultados de las estimaciones de residuos pasibles de aprovechamiento energético correspondiente a los cultivos de vid, frutales, forestaciones, hortalizas (ajo), olivos y vid-olivos (Mapa 2). De los cultivos analizados, el que abarca mayor superficie es la vid con 156 738,2 ha, alcanzando 452 015,30 tn anuales de residuos. La distribución de los cultivos coincide con la ubicación de los oasis irrigados (Anexo III, Mapas 12, 13, 14 y 15).

Síntesis oferta directa total

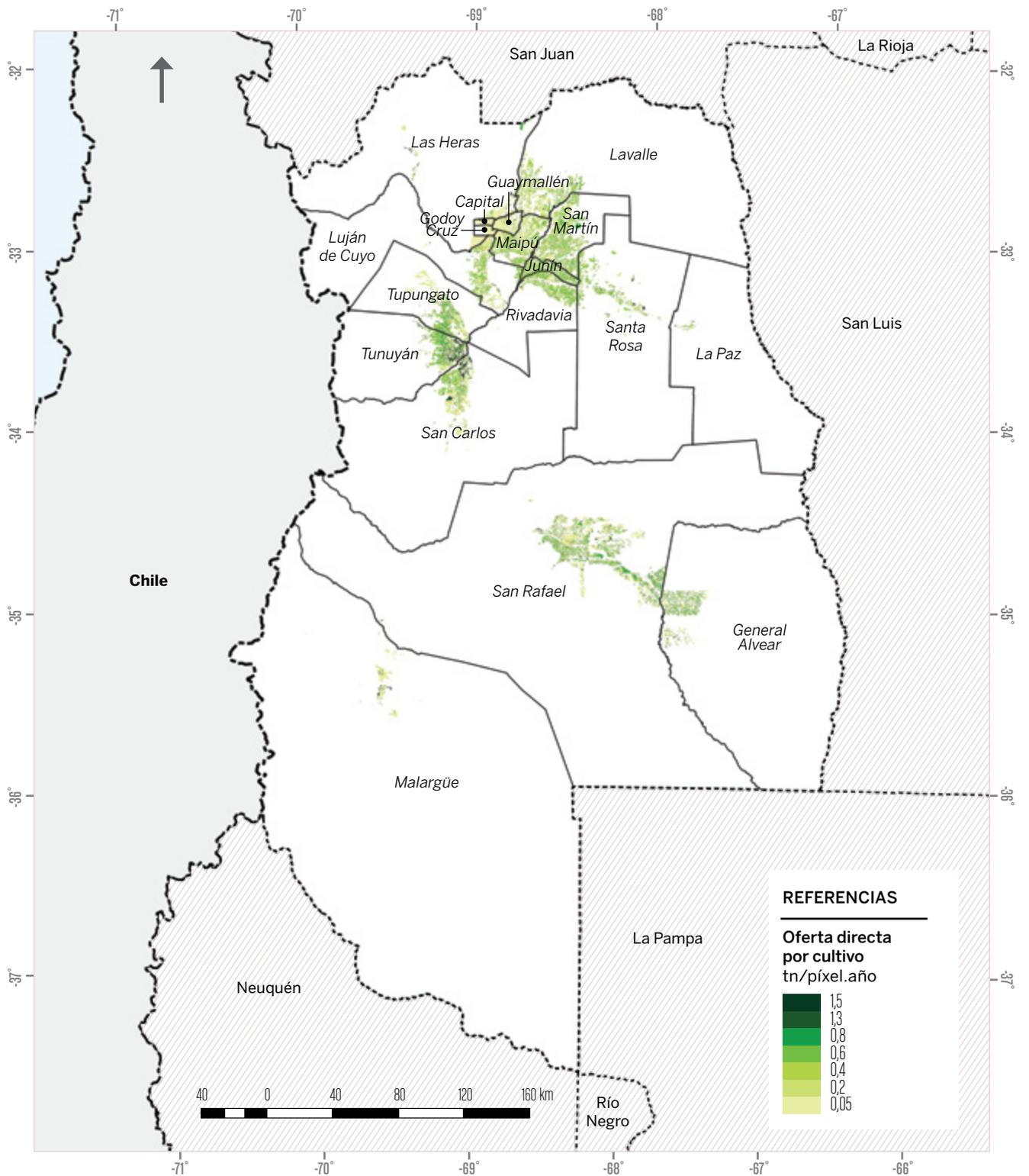
En el Mapa 3, se observa la distribución espacial de la oferta directa estimada a partir de la integración de los cultivos y de la oferta estimada para bosque nativo y cortinas forestales. La distribución espacial de la oferta directa total se presenta concentrada en los oasis irrigados debido a los cultivos. Asimismo, hacia el este provincial, en los departamentos de Lavalle, La Paz, Santa Rosa y General Alvear, se suma la oferta de biomasa disponible (bajo un aprovechamiento sustentable) a partir del bosque nativo y otras formaciones leñosas.

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

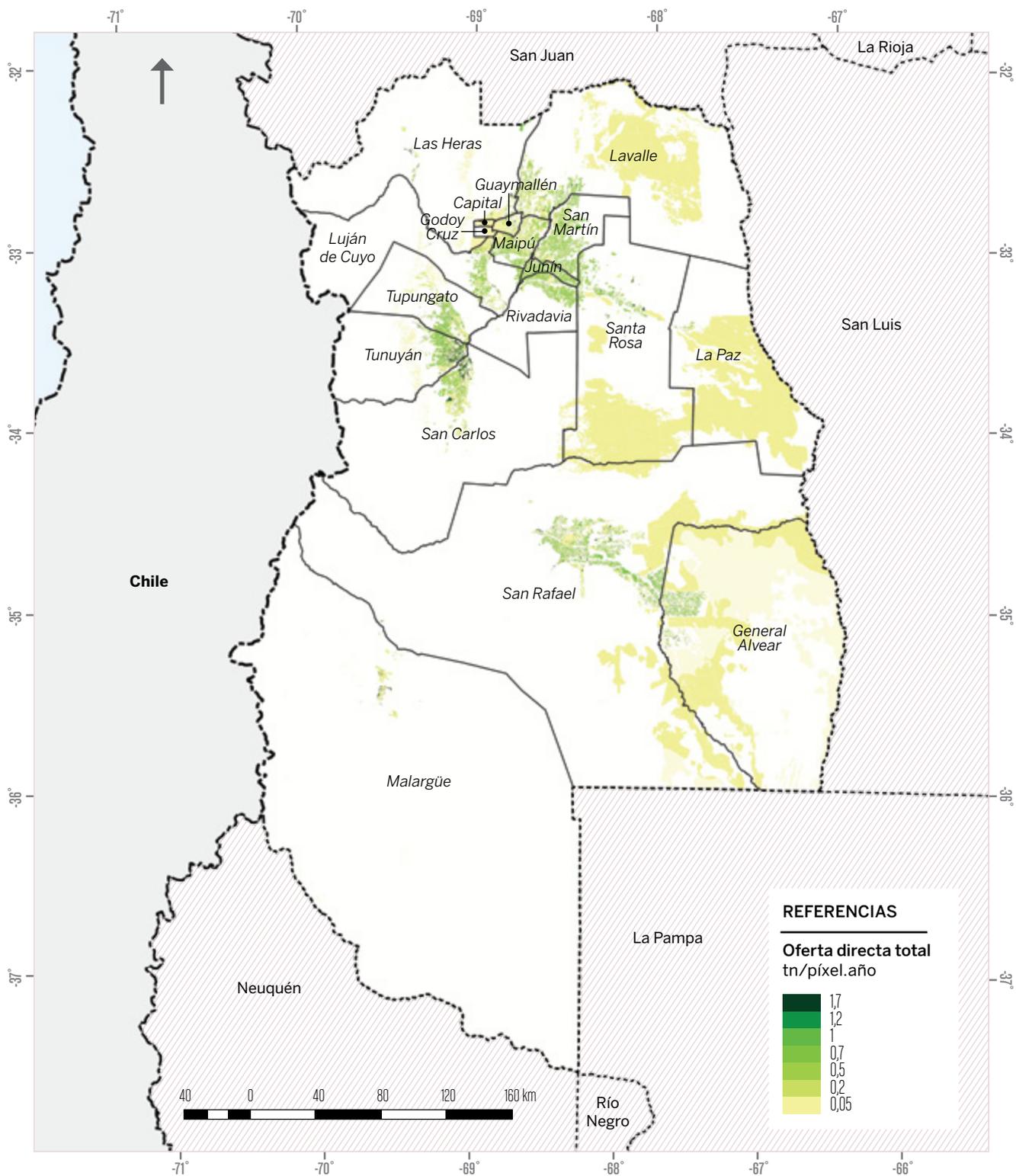
Mapa 2. Oferta directa por cultivos.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, et al., *ibíd.*



Mapa 3. Oferta directa total.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



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, de cultivos de frutales, vides, de las plantaciones forestales, etc., dado que éstos recursos se encuentran distribuidos en el territorio. El desplazamiento entre dos puntos del espacio implica una fricción, que puede expresarse en términos de costos económicos y energéticos (combustible, mano de obra) y de tiempo de traslado, en función de la distancia y pendientes que separan a estos puntos entre sí.

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

na (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 éste una red vial o ferroviaria o un centro poblado. En otras palabras, los píxeles muy accesibles conservarían una fracción significativa de su IMA, mientras que los píxeles medianamente accesibles o poco accesibles tendrían bajo 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 el Cuadro 6,

5.2.1.b Ferrocarriles

En relación con 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 los radios censales del tipo "urbano" del CNPHyV, del 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.I.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 4, se observa que los valores altos de accesibilidad física están relacionados con la ubicación de los oasis y las rutas nacionales y provinciales. El Oasis Norte, junto con los departamentos de Santa Rosa y La Paz, presentan altos valores de accesibilidad debido a la presencia de centros urbanos y de una red vial constituida principalmente por las rutas nacionales RN40, RN7 y RN142. Los valores de accesibilidad en el centro y sureste de la Provincia también son altos, especialmente en los oasis Centro y Sur y a lo largo de las redes viales, constituidas por las rutas nacionales RN143, RN146, RN188, RN144 y RN146, y las rutas provinciales RP153, RP71 y RP180. Por el contrario, en el oeste provincial, condicionado por el cordón montañoso, los valores de accesibilidad son bajos o nulos. Los niveles de accesibilidad disminuyen en virtud del predominio de fuertes pendientes y de la 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 están sujetos 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 los bosques nativos

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

En este sentido, se siguieron las categorías del OTBN de la Provincia asignando ponderaciones de accesibilidad. Las ponderaciones se conforman de la siguiente manera: Categoría Rojo igual a 0, Cate-

Cuadro 6

Coeficientes por tipo de red vial.

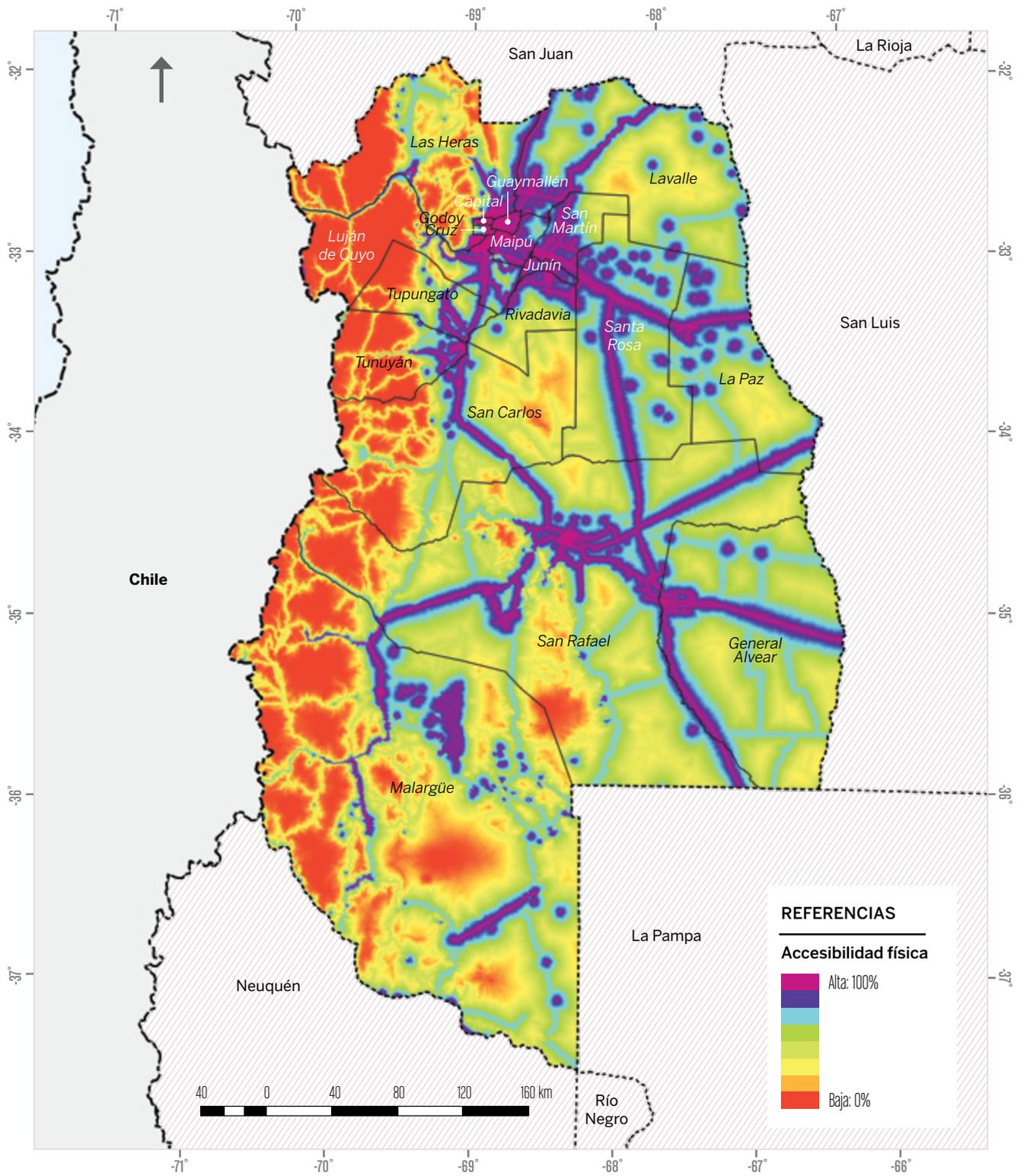
Fuente

Adaptado en base a Banco Mundial (1995).

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 4. Accesibilidad física.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, et al., *ibíd.*



goría Amarillo igual a 0,8 y Categoría Verde igual a 1 (Cuadro 7). La capa del OTBN de la Provincia fue otorgada por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Nación.

La Categoría Rojo, que circunscribe sectores de muy alto valor de conservación que no pueden transformarse, ha sido restringida totalmente en el análisis espacial, por lo que la oferta de biomasa (a partir de su IMA) en ese sector se considera nula. En las áreas correspondientes a la Categoría Amarillo, la oferta será restringida a un 20 % del crecimiento anual del bosque, esto permitiría recuperar áreas degradadas y 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 a sectores de bajo valor de conservación y pueden transformarse parcial o totalmente dentro de los criterios de la Ley.

Se debe tener en cuenta que, para hacer un aprovechamiento del bosque nativo en áreas definidas como Amarillas, debe contarse con un plan de manejo forestal aprobado por la autoridad local de aplicación. También, de acuerdo con la Ley, para

hacer uso del bosque nativo en zonas Verdes, se deberá cumplir con el procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

5.2.II.b Áreas protegidas

La capa de áreas protegidas de la Provincia se construyó a partir de dos capas provistas por el Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas (IADIZA) y el Sistema de Información Ambiental Territorial (SIAT), de la Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Mendoza. Considerando el tipo de área protegida y de gestión, se asignaron los valores de ponderación indicados en el Cuadro 8.

Además, se empleó la capa de sitios Ramsar (humedales de importancia internacional especialmente para el hábitat de aves acuáticas), publicada por el SIAT, a la que se le asignó un valor de ponderación de accesibilidad de 0,8; y la capa correspondiente a la Reserva de la Biósfera de Ñacuñán (provista por la exSAyDS), a la que se le asignó un valor de 0,8 como ponderación.

Tanto los cursos de agua como los cuerpos de agua fueron considerados con restricción total.

Cuadro 7

Coeficientes asignados a las categorías según el OTBN.

Categoría	Coeficiente
Rojo	0
Amarillo	0,8
Verde	1

Cuadro 8

Coeficientes asignados a las distintas áreas protegidas.

Categoría de protección	Coeficiente
Reserva o parque de gestión pública con guardaparque	0
Reserva o parque de gestión pública sin guardaparque	0
Reserva de uso múltiple	0,8
Reserva científica	0,8

A partir de sumar las restricciones generadas por el OTBN, las áreas naturales protegidas y los cursos de agua, se generó el Mapa 5, que muestra el acceso legal a los recursos biomásicos en la Provincia de Mendoza.

En el Mapa 5, se observa que en la región altoandina, por la presencia de distintas áreas naturales protegidas, como el Parque Provincial Aconcagua, el Parque Provincial Tupungato y el Monumento Natural Puente del Inca, los valores de accesibilidad legal son totalmente restrictivos. Asimismo, el sistema de áreas protegidas naturales, tanto en el sur (departamento de Malargüe) como en el norte provincial (departamento de Lavalle), restringen la accesibilidad de recursos biomásicos en la superficie afectada a estas áreas.

Las zonas que presentan una restricción legal del 80 % se encuentran, principalmente, en el este provincial y corresponden a la Categoría Amarillo del OTBN. Esto se debe a que los bosques nativos predominan en la provincia fitogeográfica del Monte y los más extendidos son los bosques dominados por el algarrobo (*Prosopis flexuosa*), que ocupan las llanuras del este de la Provincia.

5.2.III Accesibilidad total

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

La integración de las estimaciones de accesibilidad física y legal, se presentan en el Mapa 6. El entramado de redes viales y centros urbanos determinan los valores de mayor accesibilidad, principalmente en los oasis Norte, Centro y Sur. Asimismo, en el norte, en los departamentos de Santa Rosa y La Paz, la accesibilidad es alta debido a la presencia de la RN7 y centros poblados.

En el oeste provincial, la accesibilidad se encuentra restringida por la orografía y por la red de áreas naturales protegidas que se extiende de norte a sur.

La presencia de bosques nativos en el este, restringe la accesibilidad especialmente en los departamentos de Lavalle, La Paz y General Alvear.

Síntesis de oferta directa accesible

La oferta directa total estimada se recalculó en función de la accesibilidad total obteniendo 1 226 024 tn/año (Cuadro 9). El resultado se muestra en el Mapa 7, donde se observa una reducción de la disponibilidad de biomasa con fines energéticos en los cultivos analizados y las formaciones nativas en relación a las condiciones de accesibilidad.

Los oasis productivos de la Provincia, donde se desarrolla la totalidad de los cultivos, exhiben los mayores valores de biomasa estimados debido a las buenas condiciones de conectividad, cercanía a los centros urbanos y escasa pendiente. El Oasis Sur, conformado dentro de los departamentos de San Rafael y General Alvear, concentra la mayor oferta directa accesible. A diferencia de los cultivos, el bosque nativo con una mayor dispersión territorial, se encuentra restringido por factores físicos como lejanía a los centros urbanos y vías de comunicación, al mismo tiempo que gran parte de estas formaciones se encuentran bajo restricciones legales de conservación.

San Rafael, con los aportes de biomasa provenientes principalmente de frutales, vid y bosque nativo, es el departamento con el mayor volumen de biomasa directa accesible (225 903 tn/año), representando el 18 % del total. Asimismo, los departamentos de General Alvear y San Martín concentran el 20 % del total de biomasa directa accesible (Mapa 7 y Cuadro 9).

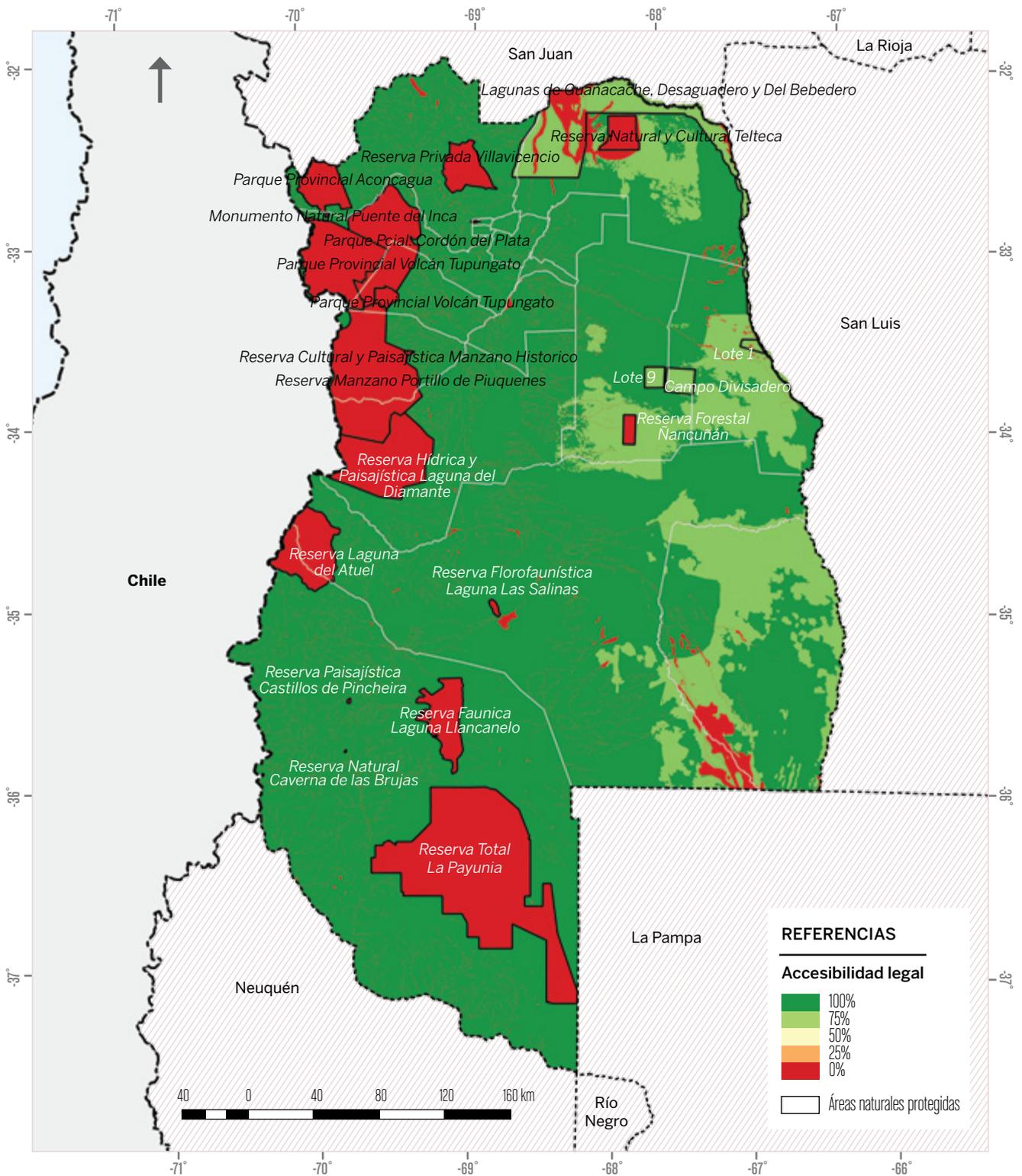
Los departamentos con menor oferta directa accesible son Godoy Cruz y Capital, los cuales forman parte del conglomerado urbano Gran Mendoza.

5.3 Modulo de oferta indirecta

Se entiende por oferta indirecta a la biomasa que resulta de un proceso de transformación industrial. Este residuo o subproducto, a diferencia de la biomasa considerada como oferta directa, se encuentra concentrado espacialmente. En la Provincia de Mendoza, la oferta indirecta está determinada por subproductos como: los orujo, escobajos y borras,

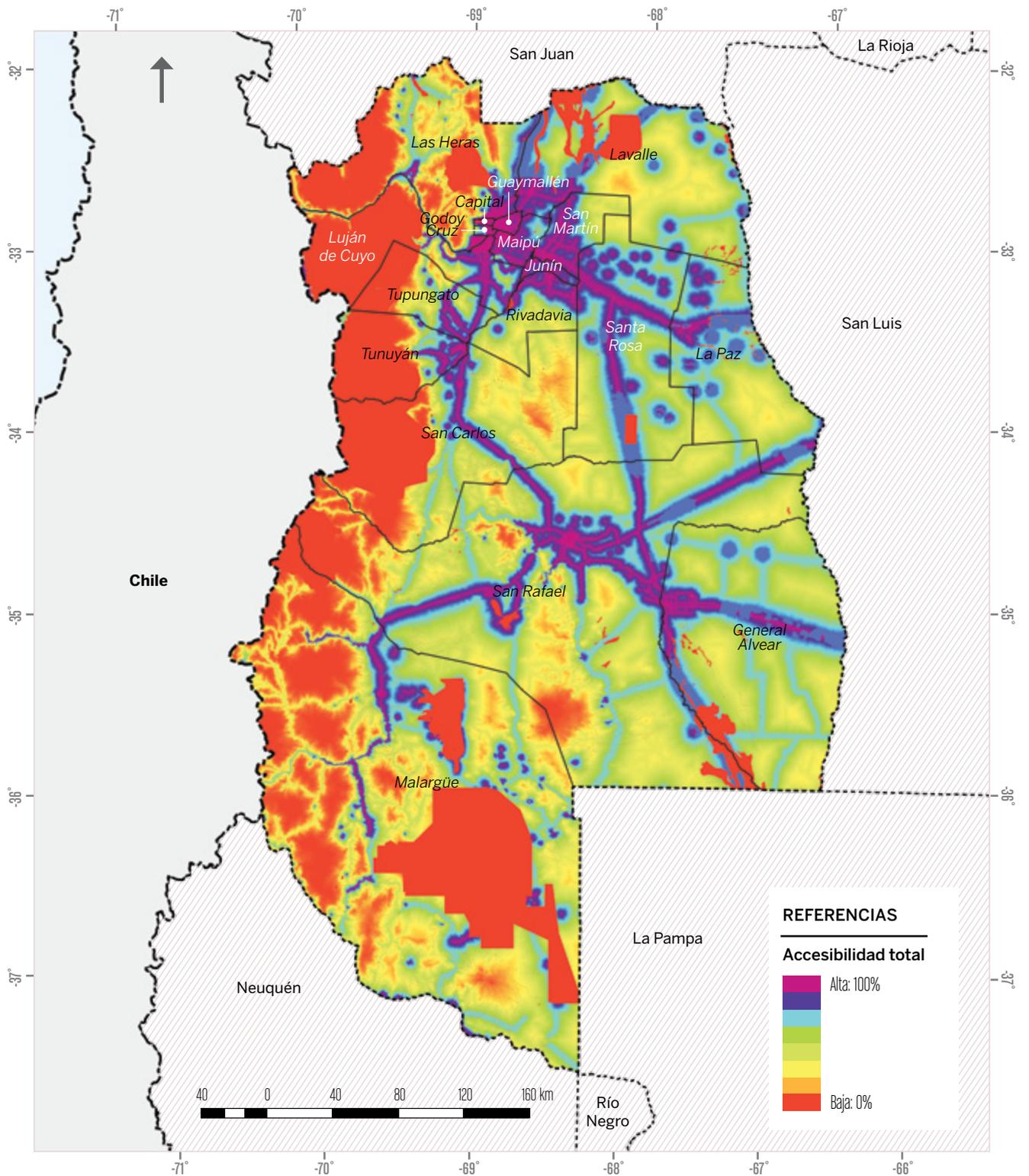
Mapa 5. Accesibilidad legal.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



Mapa 6. Accesibilidad total.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, et al., *ibíd.*



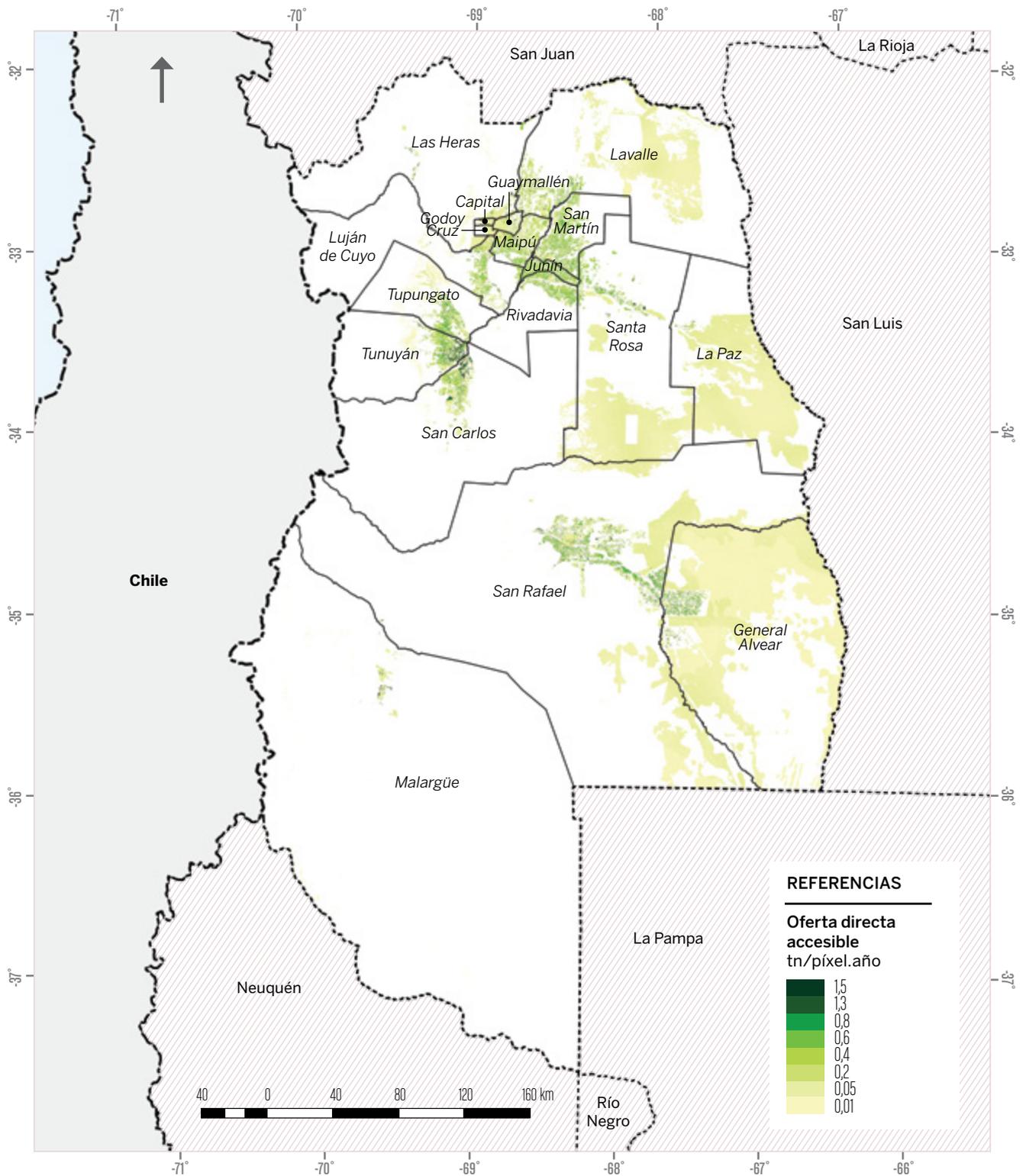
Cuadro 9

Valores estimados de oferta directa accesible.

Departamento	Oferta Directa (tn/año)										Totales
	Bosque Nativo	Otras formaciones leñosas	Vid	Frutales	Forestaciones	Hortalizas (ajo)	Olivos	Vid y Olivo			
Capital	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	
General Alvear	73553,9	13,4	12753,3	27949,6	3972,9	4802,3	319,7	180,6	123545,7		
Godoy Cruz	0,0	0,1	11,2	0,0	0,0	3,3	0,4	0,0	15,0		
Guaymallén	0,0	5,0	2989,1	1135,7	1252,6	1589,9	1604,9	68,0	8645,2		
Junín	0,0	1,9	31766,9	8799,5	557,8	1442,5	2347,7	701,9	45618,2		
La Paz	67858,7	85,4	1236,7	627,1	667,0	205,1	82,5	13,9	70776,4		
Las Heras	0,0	251,7	3065,9	4613,8	5369,3	1703,3	533,5	64,7	15602,2		
Lavalle	34173,4	13,2	41843,7	4545,3	4401,1	9241,9	5544,0	187,5	99950,1		
Luján de Cuyo	0,0	139,0	43068,4	2321,4	3014,4	4404,0	1154,9	499,7	54601,8		
Maipú	0,0	8,0	33059,4	11244,8	1379,7	7581,6	13046,9	2549,3	68869,7		
Malargüe	0,0	147,2	15,5	39,8	5452,1	3841,6	0,0	0,0	9496,2		
Rivadavia	0,0	26,4	45750,9	8362,8	1662,3	2110,8	4346,9	811,5	63071,6		
San Carlos	848,0	105,1	21669,1	12913,2	25453,0	11267,0	9,5	3,9	72268,8		
San Martín	2,7	0,4	85063,8	20710,5	1902,6	5887,2	4940,0	1061,5	119568,7		
San Rafael	54203,0	148,2	43531,1	87787,2	15259,4	17824,8	6363,6	785,4	225902,7		
Santa Rosa	49625,1	7,5	42285,2	4282,7	4541,4	1742,6	1368,7	272,1	104125,3		
Tunuyán	0,0	403,7	21277,7	29521,2	29465,6	5036,3	0,0	0,0	85704,5		
Tupungato	0,0	501,3	22627,5	24678,2	4163,0	6285,1	6,7	0,0	58261,8		
SubTotal	280264,8	1857,6	452015,3	249533,0	108514,1	84969,1	41670,0	7200,1			
Total	1226024,0										

Mapa 7. Oferta directa accesible.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, et al., *ibíd.*



que se generan a partir del proceso de vinificación; los residuos de la foresto-industria, como costaneros, despuntes, virutas, aserrín, corteza y astillas; los residuos de conserveras y empaques de fruta, entre otros residuos de la agroindustria. Asimismo, se considera a la poda urbana dentro de este módulo, ya que generalmente se chipea y se dispone en un sitio determinado. 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 Bodegas

En Argentina, el 95 % de la superficie cultivada con viñedos se destina para producir vinos y afines. La Provincia de Mendoza es la región vitivinícola más importante del país y representa el 75 % de la producción nacional. Las condiciones naturales como la altitud, la marcada amplitud térmica, la aridez y los suelos arenosos le confieren al territorio provincial condiciones óptimas para el desarrollo de esta actividad (Fundación ProMendoza, 2016). En la actualidad, más del 90 % de los vinos finos exportados se producen en la Provincia, cuyos principales destinos son Estados Unidos, Inglaterra, Brasil, Canadá, Países Bajos, Dinamarca, Alemania y Suiza (EGES, 2009).

La elaboración del vino comprende tres fases: la *fase pre-fermentativa*, que consiste en todos los trabajos que se realizan desde la cosecha de la uva, la separación de los granos del escobajo (parte verde del racimo) hasta el prensado; la *fase fermentativa*, que ocurre cuando la uva prensada y su jugo se colocan en vasijas (de acero inoxidable, madera o cemento), donde las levaduras transforman el azúcar de la pulpa en alcohol y otros productos secundarios y las sustancias contenidas en la piel de las uvas tintas se difunden en el jugo (proceso de maceración); y la *fase post-fermentativa*, cuando se separa la fracción líquida de los sólidos (orujo) y se traspa a otros depósitos donde permanecerá cierto tiempo dependiendo del tipo de vino. Durante el trasiego se va clarificando el vino, ya que en el fondo de los recipientes quedan preci-

pitados sólidos (borras) que se separan del mismo. Una vez finalizados los procesos anteriores, los vinos se seleccionan por calidades y se decide su destino: salida inmediata al mercado o ingreso a un proceso de crianza y envejecimiento.

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

El INV facilitó la ubicación de todas las bodegas de la Provincia (622 bodegas) y la cantidad de producto procesado en cada una de ellas. Según datos del INV, la biomasa residual potencialmente disponible asciende al 7,85 % del volumen de uva procesado por cada bodega.

En el Gráfico 3, donde se describe el proceso de producción de uva y sus destinos, se puede ver que el mayor porcentaje de residuos es generado por el proceso de elaboración del vino, principalmente, el que se obtiene a partir del orujo, que representa el 71 % del total. Teniendo en cuenta el total de residuos orgánicos generados a partir de la vinificación, se estimó una cantidad anual de 141 365 tn de residuos biomásicos provenientes de esta industria.

5.3.2 Frigoríficos de frutas y hortalizas

Mendoza es la principal productora de frutas del país, en particular frutas de pepitas, carozo y secas. En los eslabones superiores de la cadena productiva, la infraestructura de almacenamiento y de frío se concentra en los oasis productivos, con 242 galpones de empaque (IDR-CFI, 2009), de los cuales 143 cuentan con cámaras frigoríficas. El 50 % de los mismos se ubican en el Oasis Sur (MECON, 2014).

En el año 2009, el IDR realizó un relevamiento de todos los frigoríficos de frutas y hortalizas, alcanzando un total de 17 establecimientos, donde también se registraron los volúmenes de producto procesados. Se estima que el porcentaje de residuo es del 20 % del total de volumen procesado.

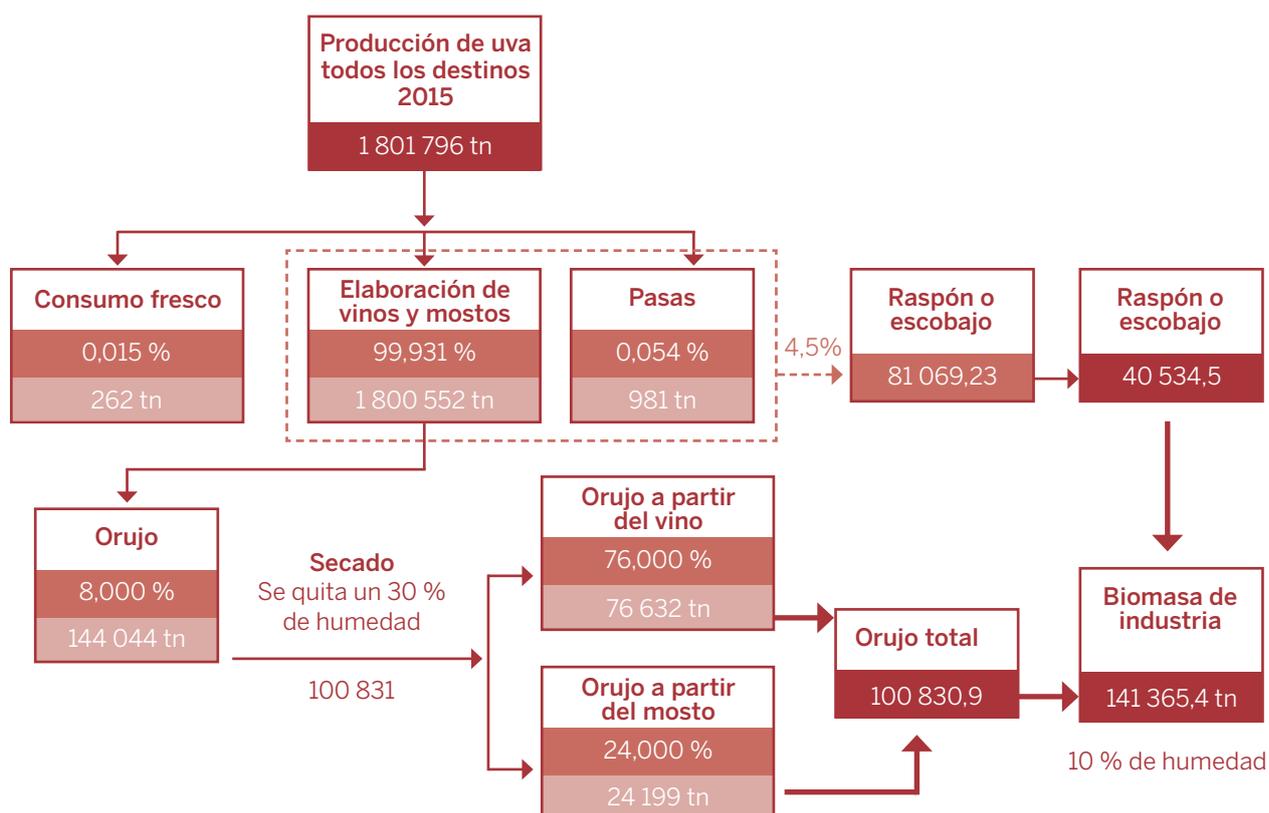
A partir de estos datos, se obtuvo un valor de 15 956 tn/año de residuo biomásico con posibilidad de ser aprovechado con fines energéticos.

Gráfico 3

Porcentaje de residuos generados a partir de la industria vitivinícola en la Provincia de Mendoza.

Fuente

Elaborado en base a Instituto Nacional de Vitivinicultura (2015).

**5.3.3 Poda urbana**

La poda urbana presenta importantes volúmenes si se consideran los grandes esfuerzos de las ciudades de la Provincia para fomentar o implementar el arbolado urbano. Esto, sumado a la concentración de los residuos de poda por parte de las municipalidades, hace que esta oferta de biomasa sea considerada en este estudio.

En el documento WISDOM Argentina (FAO, 2009) se indican los siguientes valores mínimos, medios y máximos de poda urbana (expresados en tn/ha x año): 0,1; 0,23 y 0,3. Para Mendoza, se utilizó el valor medio (0,23 tn/ha x año) y la can-

tidad de hectáreas se estimó en base a los radios censales de tipo "urbano" del CNPHYV, del 2010 (INDEC, 2010).

Como resultado, la oferta total de residuos biomásicos correspondientes al residuo de poda urbana estimada es de 11552,83 tn/año.

5.3.4 Secaderos de frutas

En el año 2009, se contabilizó un total de 498 secaderos de frutas, de los cuales 410 se encuentran ubicados en el Oasis Sur. El 90,6 % del volumen secado corresponde a ciruelas y el 9,4 %

restante se distribuye entre duraznos, damascos, peras, uvas y tomates (IDR, 2009). En el mismo relevamiento fueron digitalizados los secaderos de frutas y se registraron sus valores de producción.

Para el secado de ciruelas, se estima un porcentaje de residuo de un 2 a un 3 % del volumen de frutas procesadas, de acuerdo a las consultas realizadas a productores del Oasis Sur. Los secaderos de otras frutas, como duraznos, peras y damascos, generan un porcentaje mayor de residuos (entre 7 y 8 %), debido a que en muchos casos se pela la fruta, se parte y se descaroza; no obstante, este tipo de secaderos son muy escasos. Por este motivo, en este análisis espacial, se aplicó un coeficien-

te del 0,03 sobre el total de frutas procesadas en cada establecimiento.

Como resultado, se estimó un total anual de residuo biomásico de 916,7 tn.

Síntesis de la oferta indirecta

Las bodegas son las que mayor volumen de biomasa aportan, representando el 83 % del total de las fuentes de oferta indirecta analizadas (Cuadro 10). El Departamento de San Martín es el principal generador de biomasa a partir de fuentes de oferta indirecta, con un total de 48 461,9 tn/año de residuos, y le siguen los departamentos de Maipú y Rivadavia, con una oferta de 20 876,9 tn/año y 20183,1 tn/año, respectivamente.

Cuadro 10

Oferta indirecta por departamento.

Departamento	Oferta Indirecta (tn/año)			
	Bodegas	Frigoríficos de fruta	Poda urbana	Secaderos de fruta
Capital	0,0	0,0	898,8	0,0
General Alvear	0,0	1640,0	332,2	177,6
Godoy Cruz	51,9	0,0	843,1	0,0
Guaymallén	3930,6	5269,0	1623,6	0,0
Junín	10275,1	0,0	61,2	25,4
La Paz	13,2	0,0	102,9	10,2
Las Heras	1005,5	0,0	2430,5	0,0
Lavalle	7856,5	0,0	157,9	0,8
Luján de Cuyo	11104,2	0,0	1239,7	0,0
Maipú	19462,0	272,0	1132,3	10,6
Malargüe	0,0	0,0	217,9	0,0
Rivadavia	19890,3	25,0	242,0	25,8
San Carlos	1754,8	0,0	92,1	0,0
San Martín	47295,1	552,0	558,5	56,3
San Rafael	6832,7	1440,0	1328,3	576,9
Santa Rosa	4884,0	0,0	61,8	33,1
Tunuyán	3157,0	6758,0	217,9	0,0
Tupungato	3852,5	0,0	12,3	0,0
SubTotal	141365,4	15956,0	11552,9	916,7
Total	169791,0			

5.4 Módulo de demanda

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

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

Con 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.

El consumo de biomasa en el sector público se encuentra representado por las escuelas rurales, que utilizan leña para satisfacer las necesidades de cocción de alimentos del comedor escolar. El Relevamiento de Escuelas Rurales (RER), realizado por el Ministerio de Educación, que consultó a cada establecimiento: "¿Cuál es el combustible utilizado para cocinar?", reveló que, en la Provincia, ninguna escuela rural utiliza biomasa con fines energéticos.

5.4.1. Sector residencial

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

iluminación. La biomasa constituye, desde tiempos precolombinos, un combustible esencial en la vida cotidiana de los pobladores (Cortellezzi y Karake, 2009).

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, de 2010). De acuerdo a los datos proporcionados por esta fuente, 8 801 habitantes consumen leña o carbón vegetal como combustible principal para 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, relativamente alto, pretende compensar el total de hogares que, si bien utilizan otros combustibles para cocinar, consumen combustibles leñosos para calefaccionarse.

Como resultado de estas estimaciones, se registró una demanda residencial de 6 600,75 tn/año de recursos biomásicos.

5.4.2 Sector industrial

Ladrilleras

Las formas de producción del ladrillo pueden realizarse mediante métodos artesanales, basados en el trabajo manual, o por procedimientos mecanizados. En ambos métodos de producción, la etapa de cocción del ladrillo se realiza en hornos cuyo insumo principal es la leña. Durante el proceso de fabricación de ladrillos, la cocción es un paso muy importante, ya que se le confiere a la pieza las propiedades deseadas. En esta etapa, se expone el material a temperaturas extremas (de 90 °C a 1 000 °C), comprobando la resistencia de la pieza que se ha logrado en los estadios precedentes (preparación, moldeo y secado) (COLCIENCIAS, 2016).

Para incorporar esta industria al análisis espacial, se contó con la ubicación de las ladrilleras a partir de una capa geográfica del IDR, donde se re-

gistró un total de 125 establecimientos. Al no tener el volumen de recursos biomásicos consumidos con fines energéticos y tampoco la cantidad de ladrillos producidos por cada establecimiento, se optó por asignar el promedio de biomasa consumida por las ladrilleras localizadas en la Provincia de Tucumán, el cual fue de 86 tn/año.

De esta manera, el consumo total estimado para esta industria fue de 10 750 tn/año de leña y carbón vegetal.

Síntesis de demanda de biomasa

En el Cuadro 11, se muestran los resultados de la demanda de biomasa con fines energéticos por departamento. Los departamentos que más consumen recursos biomásicos son Las Heras, Lavalle, San Rafael, Guaymallén, San Martín y Junín.

El 62 % del total consumido se efectúa en las ladrilleras durante la etapa de cocción de los ladrillos. Estas industrias se localizan, principalmente, en la zona periurbana del Gran Mendoza, en los

Cuadro 11

Demanda de biomasa por sector y departamento.

Departamento	Demanda (tn/año)	
	Demanda residencial	Ladrilleras
Capital	63,4	0,0
General Alvear	216,0	344,0
Godoy Cruz	106,2	0,0
Guaymallén	262,6	1462,0
Junín	70,6	1118,0
La Paz	77,3	86,0
Las Heras	764,3	2924,0
Lavalle	1468,7	1032,0
Luján de Cuyo	156,5	0,0
Maipú	357,6	258,0
Malargüe	921,7	0,0
Rivadavia	155,0	172,0
San Carlos	249,8	0,0
San Martín	402,1	1032,0
San Rafael	909,8	2236,0
Santa Rosa	123,8	86,0
Tunuyán	208,5	0,0
Tupungato	87,0	0,0
SubTotal	6 600,7	10750,0
Total	17 350,7	

departamentos de Junín y San Martín, en el sureste del Departamento de Las Heras y al norte del Departamento de Guaymallén, extendiéndose a lo largo de la RN40 por el Departamento de Lavalle. Vale mencionar que, en el Departamento de San Rafael, al sur de su capital, también se concentra una gran cantidad de establecimientos ladrilleros (Mapa 8). El 38 % restante de demanda de biomasa con fines energéticos, corresponde al sector residencial. De este total consumido en hogares, el 54 % se realiza en los oasis, mayormente en las periferias de los aglomerados. El otro 46 %, es consumido en las zonas no irrigadas, particularmente en los departamentos de Lavalle, Malargüe y San Rafael.

En el Mapa 8, se observa la concentración espacial del consumo de recursos biomásicos en los oasis (Anexo III, Mapas 16, 17, 18 y 19), especialmente en las periferias urbanas, donde viven poblaciones de escasos recursos que no tienen acceso a servicios de energía (Cortellerzi y Karake, 2009). En el Gran Mendoza y el Gran San Rafael, se da la particularidad de un alto consumo residencial e industrial.

En el territorio provincial se aprecian focos de consumo, correspondientes a asentamientos o puestos rurales. Al no poder determinarse con precisión la demanda residencial de cada hogar, se concentró el consumo siguiendo la estimación realizada por radio censal.

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, al mapa resultante de la oferta total accesible se restó 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 9).

El mayor potencial energético, de acuerdo al balance entre oferta y demanda energética de biomasa, se encuentra en el área comprendida por los oasis Norte, Centro y Sur (Anexo III, Mapas 20, 21, 22, y 23), coincidiendo con las zonas más productivas de la Provincia. Los departamentos de San Rafael, San Martín y General Alvear son los que disponen del mayor volumen de biomasa para ser utilizada con fines energéticos (Cuadro 12). Esta biomasa deriva de los residuos de poda y cosecha de frutales y de los residuos orgánicos generados por las bodegas. Por otro lado, los departamentos que presentan mayor demanda de biomasa con fines energéticos son Las Heras, San Rafael y Lavalle, debido principalmente al consumo de leña y carbón en las ladrilleras.

San Rafael constituye el departamento que refleja el balance con el superávit más alto de la Provincia (Cuadro 4). Al igual que en los departamentos de General Alvear y San Martín, el superávit se conforma esencialmente por los aportes de la oferta de biomasa proveniente de los cultivos de frutales y viñedos. Mientras que el superávit en los departamentos de La Paz y Lavalle se complementa, además, con la biomasa proveniente del bosque nativo y otras formaciones leñosas como cortinas forestales (Mapa 9).

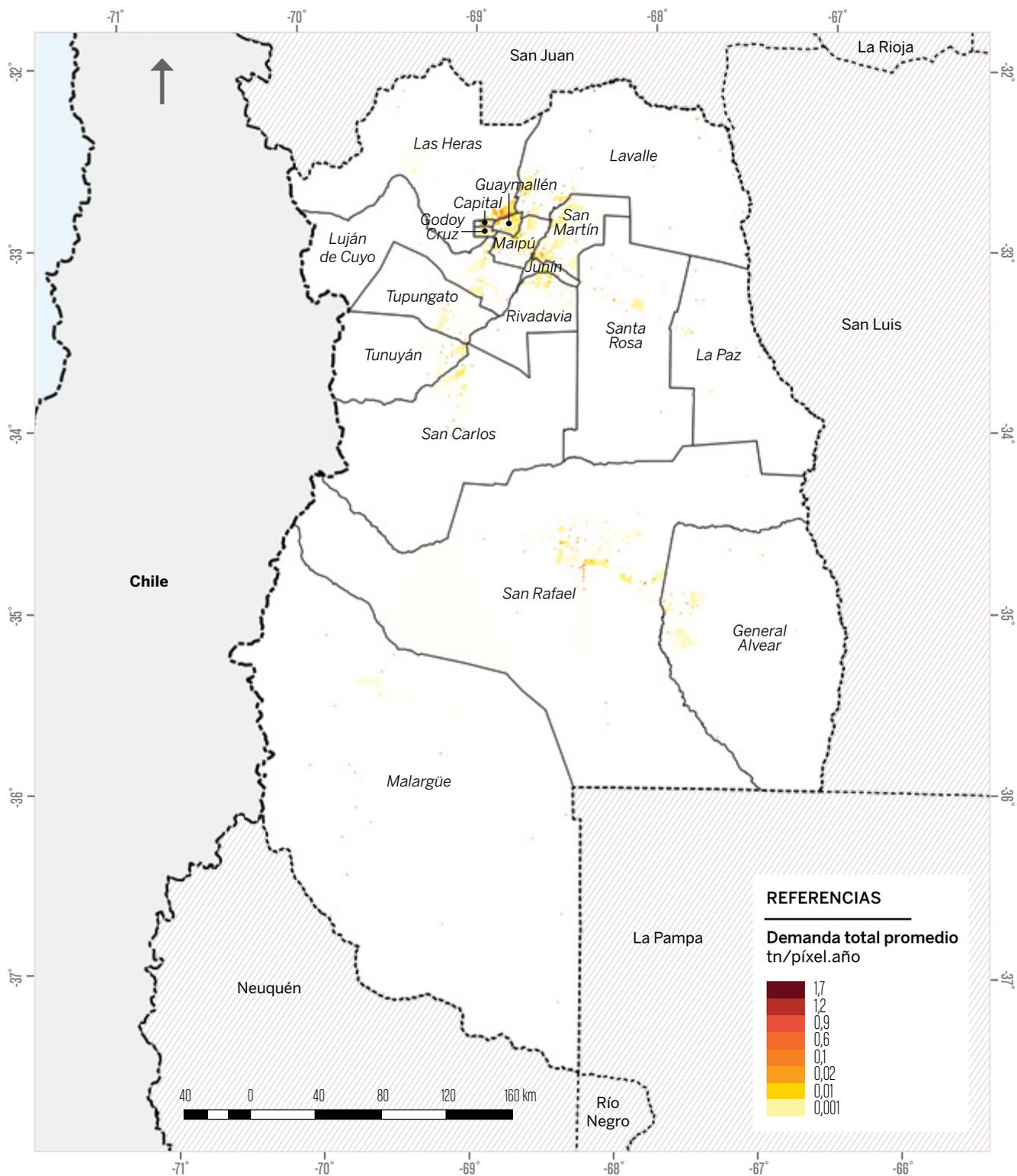
En síntesis, el balance provincial es positivo, con un total de 1 378 464 tn de biomasa al año, concentradas en los oasis y provenientes de las actividades frutihortícola y vitivinícola. En las zonas no irrigadas, la oferta procede principalmente del aprovechamiento sustentable del bosque nativo.

El análisis de oferta y demanda de biomasa con fines energéticos, realizado por radio censal (Mapa 10), muestra sectores deficitarios, fundamentalmente en zonas no irrigadas del Departamento de Malargüe, donde la cobertura de bosque nativo es baja o nula. Asimismo, en Guaymallén y Las Heras se encuentran los radios censales con el mayor déficit de biomasa (-274 y -261 tn/año respectivamente) (Anexo III, Mapas 24, 25 y 26).

Los radios censales con mayor superávit corresponden a zonas productivas o a grandes superficies con cobertura de bosque nativo donde la demanda es muy baja (Mapa 10).

Mapa 8. Demanda total promedio.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



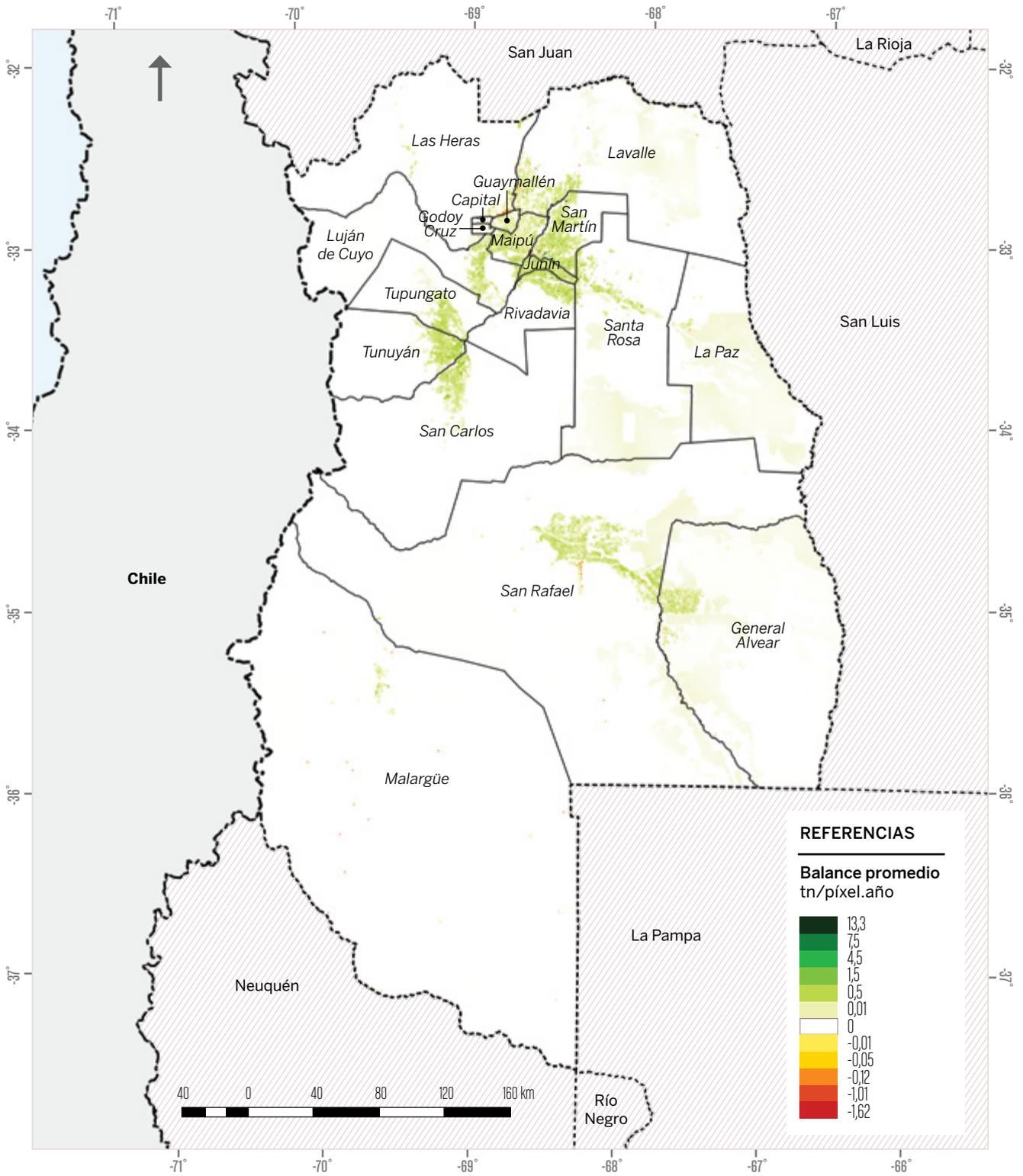
Cuadro 12

Balance total por departamento (tn/año).

Departamento	Oferta Directa	Oferta Indirecta	Demanda	Balance
Capital	0,1	898,8	63,4	835,5
General Alvear	123545,7	2149,8	560,0	125135,5
Godoy Cruz	15,0	895,0	106,2	803,8
Guaymallén	8645,2	10823,2	1724,6	17743,8
Junín	45618,2	10361,7	1188,6	54791,3
La Paz	70776,4	126,3	163,3	70739,4
Las Heras	15602,2	3436,0	3688,3	15349,9
Lavalle	99950,1	8015,2	2500,7	105464,6
Luján de Cuyo	54601,8	12343,9	156,5	66789,2
Maipú	68869,7	20876,9	615,6	89131,0
Malargüe	9496,2	217,9	921,7	8792,4
Rivadavia	63071,6	20183,1	327,0	82927,7
San Carlos	72268,8	1846,9	249,8	73865,9
San Martín	119568,7	48461,9	1434,1	166596,5
San Rafael	225902,7	10177,9	3145,8	232934,8
Santa Rosa	104125,3	4978,9	209,8	108894,4
Tunuyán	85704,5	10132,9	208,5	95628,9
Tupungato	58261,8	3864,8	87,0	62039,6
Total	1226024,0	169791,0	17350,7	1378464,2

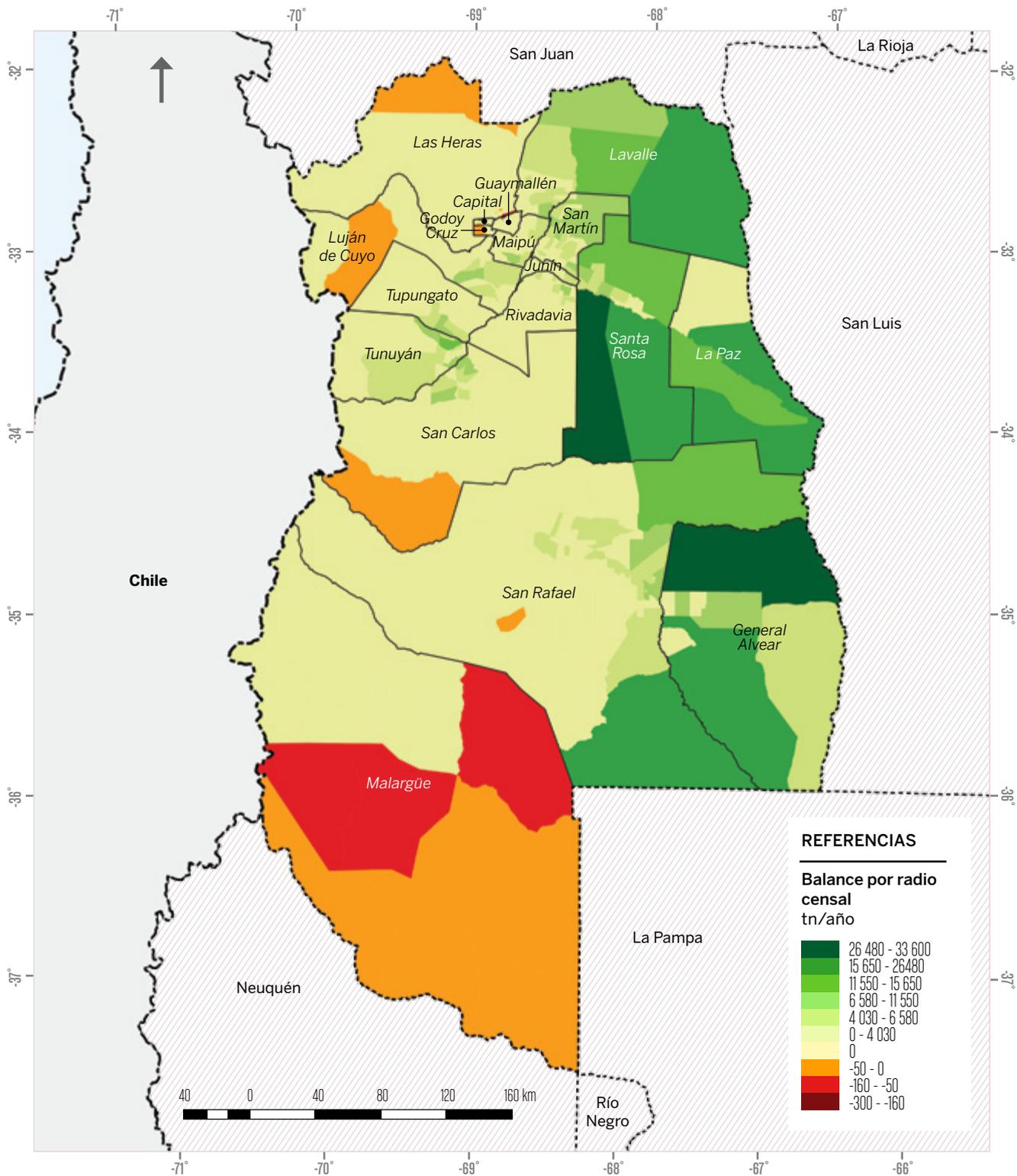
Mapa 9. Balance promedio.

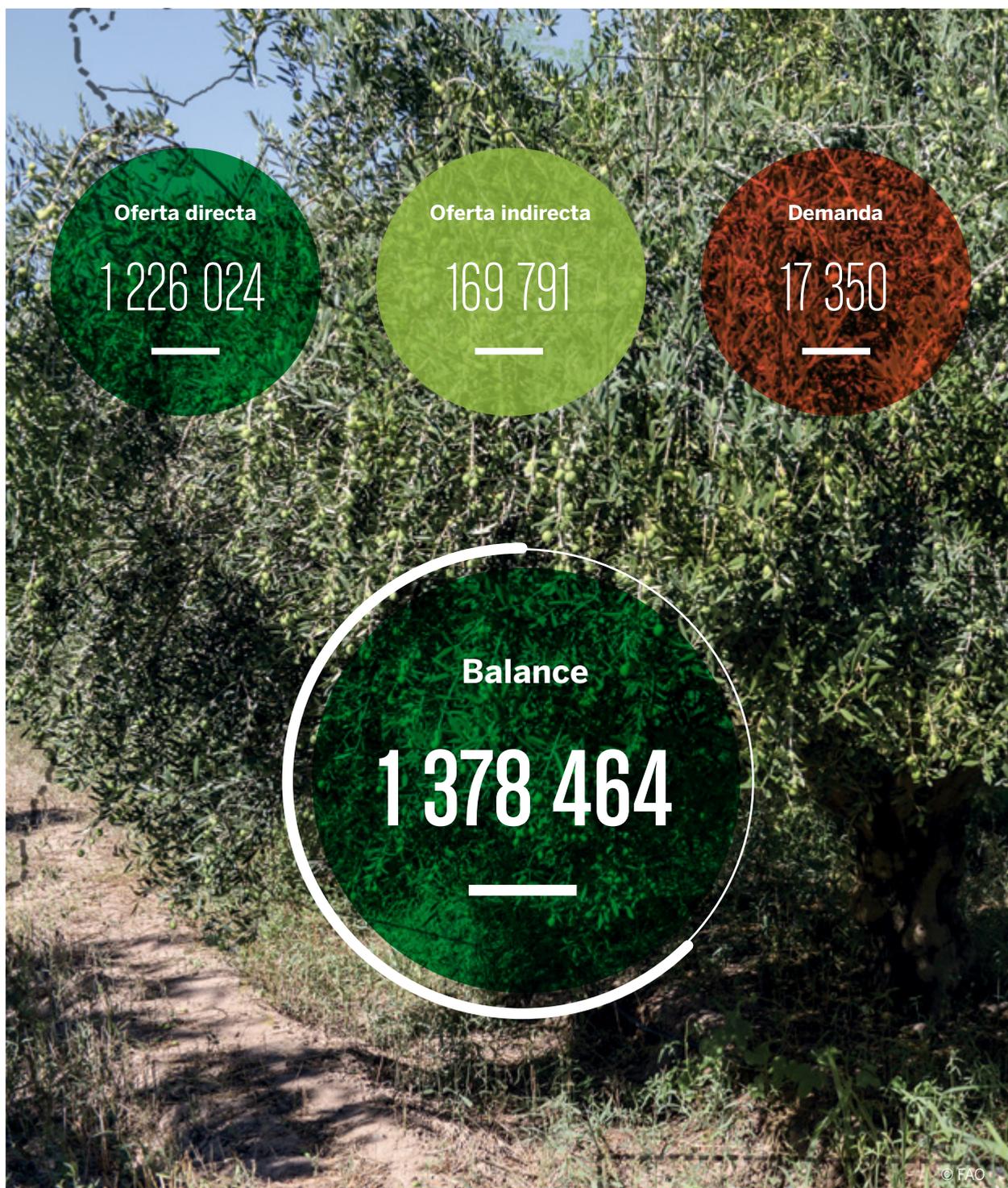
Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



Mapa 10. Balance por radio censal.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, et al., *ibíd.*





6. MÓDULO DE OFERTA DE BIOMASA HÚMEDA



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



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 último proceso, 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 éste intervienen un grupo de microorganismos, que transforman 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 del contenido de CH_4 , el cual varía entre un 50 y 75 %. El digestato obtenido puede utilizarse como biofertilizante, ya que presenta excelentes características agronómicas, permitiendo el aumento de la fertilidad química de los suelos y, por lo tanto, la sustitución de algunos agroquímicos de origen sintético.

El proceso de digestión anaeróbica se realiza en contenedores herméticamente cerrados, denomi-

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

La implementación de la biodigestión anaeróbica surge como alternativa a la disposición inadecuada de los efluentes de actividades pecuarias, ya que un manejo inadecuado de los mismos puede producir la contaminación del suelo, del aire y de los cuerpos de agua. Durante el proceso de descomposición de estos residuos, se liberan 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 suele tener este tipo de sustratos (alto conte-

nido de sales minerales y en especial 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 puede utilizar durante el mismo. Una aplicación estándar de estos sistemas puede contribuir a la generación de energías limpias y, en algunos casos, al autoabastecimiento energético de muchas actividades productivas.

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

- Uso de energía sustentable renovable.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 y CH_4).
- Reducción de la contaminación de cuerpos de agua y de la proliferación de vectores de enfermedades. Mejora de las condiciones higiénicas y sanitarias de la zona.
- Independencia en el abastecimiento de energía, reemplazando total o parcialmente a los combustibles fósiles.
- Fomento del desarrollo regional, mediante nuevas actividades y técnicas agropecuarias.
- Aprovechamiento de los subproductos derivados de la producción agroalimentaria.
- Beneficios económicos para productores locales e inversores.
- Contribución al arraigo de las poblaciones rurales al promover nuevas actividades económicas.
- Generación de infraestructuras y servicios para satisfacer las necesidades básicas de los productores y habitantes.
- Especialización de la mano de obra.
- Mejora de la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Si se tienen en cuenta los sectores productivos más relevantes de la Provincia de Mendoza, las materias primas que se podrían considerar para la producción de biogás son los efluentes de las actividades de cría y explotación de ganado (vacunos, porcinos, aves y tambo), de la industria láctea, de las actividades vitivinícola, frutícola, hortícola y olivícola, y de otras industrias como la conservera, muy importante dentro de la estructura productiva de la Provincia.

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

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

6.1 Feedlots bovinos

Para los *feedlots* bovinos se estimó un residuo potencial de 23,86 kg de estiércol fresco/animal x día, que al multiplicarlo por la cantidad de días que posee un año resultan 8 708 kg de estiércol fresco/ animal x año.

6.2 Establecimientos porcinos

En el caso de los establecimientos porcinos, se calculó un potencial residuo de 3,40 kg de estiércol fresco/animal x día, que al multiplicarlo por la can-

tividad de días que posee un año resultan 1 241 kg de estiércol fresco/animal x año.

6.3 Establecimientos tamberos

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

En el Cuadro 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 a toneladas equivalentes de petróleo (tep), se utilizó 10⁷ kcal por cada tep.

En el Cuadro 14, se presentan los valores en tep/año y por departamento para cada actividad productiva.

Según lo que se puede observar a partir del Cuadro 14, la mayor oferta de biomasa pasible de aprovechamiento energético es generada por la producción de ganado bovino para carne (*feedlot*).

Le siguen, en orden de importancia, la cría de porcinos y la actividad tambera.

Como se observa en el Mapa 11, en relación a los *feedlots* bovinos, los departamentos que presentan una mayor oferta potencial de energía son los que se encuentran al norte y centro de la Provincia: San Rafael, Lavalle, General Alvear, Tupungato, Santa Rosa y Maipú.

En cuanto a los establecimientos porcinos, la mayor oferta se encuentra en los departamentos de Tunuyán, San Rafael, Guaymallén, General Alvear, Rivadavia, Maipú, Lavalle, San Carlos, Luján de Cuyo, Santa Rosa, Junín, Las Heras y Malargüe. La dispersión de estos establecimientos es similar a la de los *feedlots*.

Con respecto a la actividad tambera, la localización de la oferta se encuentra muy dispersa entre el norte, centro y sur de la Provincia, más precisamente en los departamentos de San Martín, Guaymallén, Lavalle, San Rafael y Malargüe, y es claramente mucho menor que la oferta proveniente de los *feedlots* y criaderos porcinos.

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 (2011).

	Feedlots	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)	1 508 627	337 962	189 709
Energía (tep/animal x año)	0,1509	0,0338	0,0190

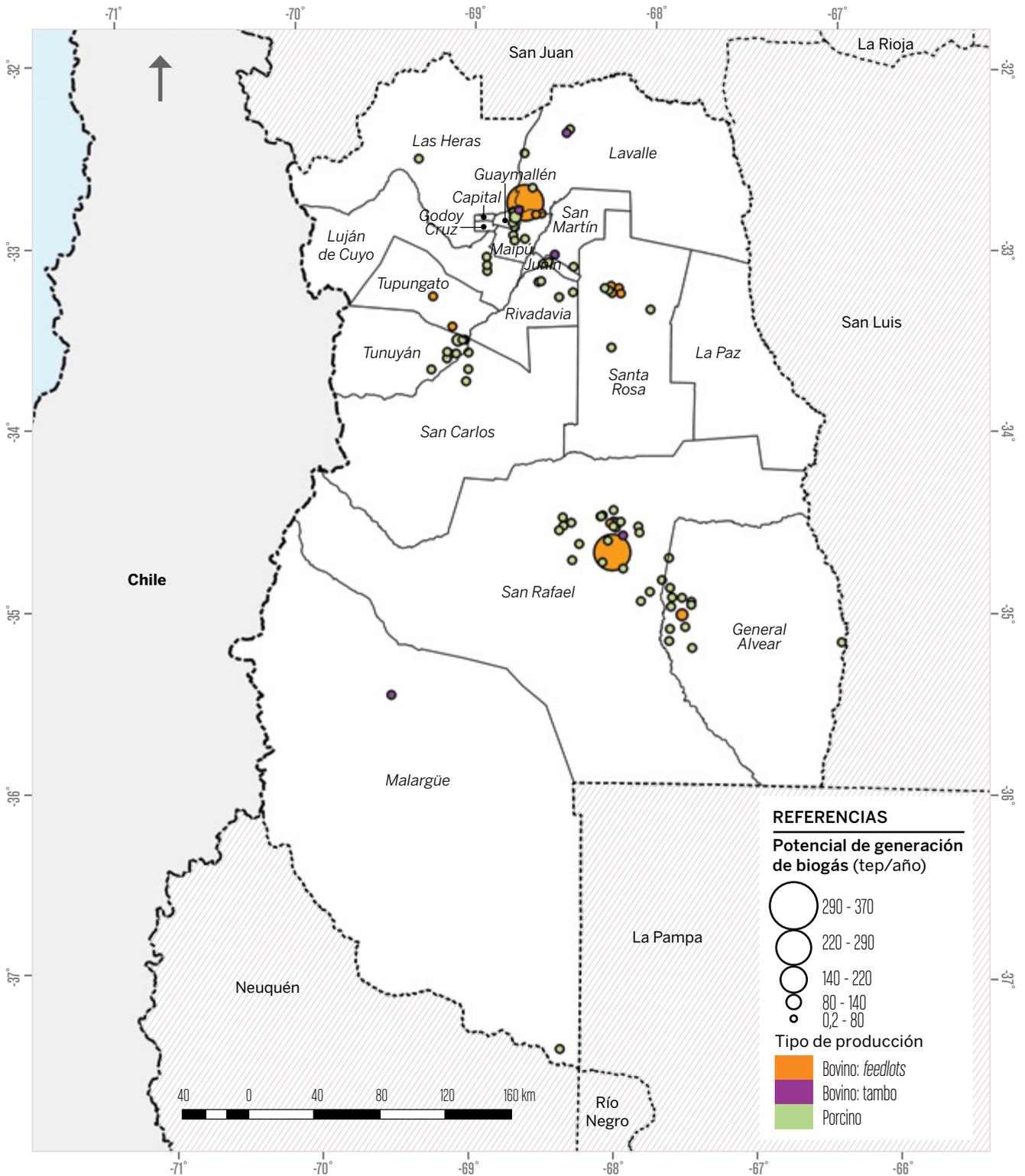
Cuadro 14

Oferta potencial de biogás por fuente y departamento.

Departamento	Biogás (tep/año)			Totales por departamento (tep/año)
	Tambos	Porcinos	Feedlots	
Capital	S/D	S/D	S/D	S/D
General Alvear	S/D	76,3	119,6	195,9
Godoy Cruz	S/D	S/D	S/D	S/D
Guaymallén	2,5	116,0	S/D	118,5
Junín	S/D	5,0	S/D	5,0
La Paz	S/D	S/D	S/D	S/D
Las Heras	S/D	3,3	S/D	3,3
Lavalle	2,0	48,9	307,2	358,0
Luján de Cuyo	S/D	14,1	S/D	14,1
Maipú	S/D	59,7	49,0	108,7
Malargüe	1,1	2,7	S/D	3,8
Rivadavia	S/D	60,0	S/D	60,0
San Carlos	S/D	44,7	S/D	44,7
San Martín	5,2	S/D	S/D	5,2
San Rafael	1,3	133,1	471,3	605,7
Santa Rosa	S/D	13,6	51,3	64,9
Tunuyán	S/D	137,4	S/D	137,4
Tupungato	S/D	S/D	57,9	57,9
Total	12,1	714,8	1056,3	1783,2

S/D: sin datos

Mapa 11. Potencial de generación bioenergético por tipo de producción.
Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, et al., *ibíd.*





© Ministerio de Agroindustria

Conclusiones

La Provincia de Mendoza presenta una amplia variedad de fuentes de biomasa, principalmente residuos provenientes de la poda de frutales y vid. Asimismo, el volumen de biomasa seca y húmeda, le confiere a la Provincia un gran potencial bioenergético, susceptible de producir energía renovable.

El análisis 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 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 agroindustria, 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 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 Mendoza, 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. Este grupo fue capacitado 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 sobre la metodología WISDOM para Mendoza, que fue utilizado en el Curso-Taller llevado a cabo en la Provincia, en marzo de 2015.

Considerando los recursos biomásicos existentes, aproximadamente el 87 % de la oferta total accesible se concentra en los oasis de la Provincia. La mayor disponibilidad potencial de biomasa con destino bioenergético está representada por los residuos provenientes de la poda de la vid (472 015 tn/año), seguido en volumen por la oferta generada en el manejo sustentable del bosque nativo (280 265 tn/año) y por el manejo de los frutales (249 533 tn/año). Esta oferta se complementa con la disponibilidad de recursos biomásicos de las forestaciones, del cultivo de ajo, olivos y mixto de vid y olivos.

Un aspecto a tener en cuenta a la hora de diseñar proyectos bioenergéticos, es que los diferentes residuos biomásicos se caracterizan por una disponibilidad estacional en función del manejo que se hace de cada cultivo.

En cuanto a la oferta indirecta de los sectores analizados, la mayor oferta corresponde al orujo y escobajo (141 365 tn/año), mientras que los frigoríficos y secaderos contribuyen en menor medida (16872 tn/año), al igual que la poda urbana (11553 tn/año).

Un aspecto a destacar, en la cadena productiva vitivinícola y olivícola, es que poseen una gran cantidad de residuos biomásicos concentrados pasibles de ser utilizados, tanto para abastecer el consumo energético en su etapa industrial o bien para generar energía eléctrica para inyectar a la red.

Con respecto a la demanda, de los dos sectores analizados, la industria ladrillera consume el 62 % del total provincial, durante la etapa de cocción de los ladrillos. Estas industrias se localizan, principalmente, en los cinturones periféricos de los dos grandes aglomerados, Gran Mendoza y Gran San Rafael. En cuanto al sector residencial, el 54 % de la demanda se corresponde a hogares que se localizan en los oasis, mientras que el 46 % restante se distribuye en zonas no irrigadas, es decir, en el 95,5 % del territorio mendocino. Es importante analizar específicamente la situación de este último tipo de consumo, no sólo para abastecer de forma regular a estos hogares sino también para realizar un manejo sustentable de los ecosistemas existentes.

Asimismo, en este estudio se avanzó en la evaluación del potencial de biogás derivado del aprovechamiento de las deyecciones de ganadería vacuna (tambos y *feedlots*) y porcina. 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 fuente renovable y, al mismo tiempo, a través de una gestión adecuada de los residuos, se podría evitar un pasivo ambiental y producir biofertilizantes.

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



© Ministerio de Agroindustria

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 energía, 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 Mendoza, para darle un marco institucional a la actualización del WISDOM provincial, enriqueciendo el análisis espacial a través de la incorporación de fuentes que no fueron consideradas en este estudio. Es menester contemplar siempre la protección de ecosistemas y la renovabilidad del recurso.

Debido a la dificultad de acceder a información oficial en temas relacionados con el cálculo de la biomasa, resultará de interés que los organismos provinciales y nacionales puedan, en forma conjunta, instrumentar los mecanismos necesarios para generar y sistematizar la información, a la hora de realizar actualizaciones. Es 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 y de 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:**

- Rever sistemas de cosecha y determinar la humedad de los residuos, su transporte y formas de densificación. Realizar proyecciones de oferta de biomasa con fines energéticos a partir de plantaciones, utilizando, por ejemplo, aguas de reuso para el riego de cultivos forestales o cultivos como la colza, el topinambur y la caña de castilla.
- Cultivos: constatar en campo los valores asignados de productividad por cultivo; relevar e incorporar información perteneciente a todos aquellos cultivos que generan residuos potencialmente utilizables con fines energéticos, como invernaderos, cultivo de papa, tomate, etc.

-
- Vid: se recomienda vincular la información del IDR (que posee información de cada viñedo y las coordenadas de la tranquera) con la capa digitalizada de cada viñedo (superficie), de manera de mejorar la estimación y distribución de la biomasa en campo de este cultivo.
 - Horticultura: para mejorar la estimación de los residuos de ajo, se recomienda consultar al Ing. Burba, del INTA La Consulta. En relación a otros cultivos, se detectó al tomate como posible oferente, en cuyo caso se identificó como referente al especialista Cosme Argerich, del INTA La Consulta. También se debería trabajar en conjunto con la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Cuyo.
 - Olivos: relevar el destino final de los residuos en cada lote.
 - Fruticultura: ajustar las estimaciones de residuos de poda por cultivo frutícola y por tipo de conducción; el INTA Junín podría disponer de esos datos.
 - Forestaciones: actualizar la cobertura de las forestaciones con los datos del último inventario provincial 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, ya que no se cuenta con ellas para el álamo en Mendoza, en vistas de mejorar la precisión de la estimación de biomasa. Determinar el consumo maderable o como triturado para tabletes y restarlo de la oferta de biomasa para fines energéticos.
- Bosque nativo: incorporar al modelo una tabla de productividad de bosques de mayor detalle. Constatar los valores con los técnicos del área de bosques nativos del Ministerio de Ambiente de la Provincia y consultar con Clara y Cecilia Rubio del IADIZA, por datos de distribución y de IMA. Incentivar la incorporación de la medición de la biomasa de la fracción ramas menores a 10 cm de diámetro, en la realización del segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos. Realizar mediciones del estrato arbustivo, mejorando la estimación de biomasa de estas formaciones, y realizar remediciones a fin de

estimar la productividad. Incentivar la incorporación de estos ítems al segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos.

• **Oferta indirecta:**

- Bodegas: conocer la disposición final de los residuos a fin de ajustar la estimación de biomasa disponible.

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

- Conserveras: identificar los establecimientos y cuantificar el volumen de residuo generado.

- Industria olivícola: localizar los establecimientos procesadores. Estimar el volumen de residuos orgánicos factibles de ser aprovechados con fines energéticos.

- Forestoindustria: elaborar un relevamiento en forma exhaustiva y sistemática sobre industrias de primera y segunda transformación de la madera. Cuantificar el volumen de residuo generado o, en su defecto, estimar la producción anual para evaluar indirectamente el residuo generado. Analizar la disposición final del residuo.

- Poda urbana: realizar mediciones del volumen anual y composición (proporción de hojas y ramas, humedad, especie) de los residuos de poda urbana por localidad.

• **Accesibilidad física:**

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

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

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

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

- Ejidos rurales: digitalizar los ejidos rurales para incorporarlos al análisis.
 - **Módulo de demanda:** se propone realizar una encuesta de consumo, que brinde datos precisos sobre la demanda real de biomasa en los distintos sectores analizados.
 - Residencial: dado que no existen datos sistemáticos sobre el consumo residencial de leña o carbón vegetal en la Provincia, se optó por estimarlos. Por ello, resulta imprescindible verificar las estimaciones realizadas.
 - Ladrilleras: elaborar un relevamiento en forma exhaustiva y sistemática sobre ladrilleras. Determinar el consumo anual de biomasa con fines energéticos de cada establecimiento. De no lograr tal nivel de detalle, averiguar el total producido, para así constatar la correlación entre unidad producida y consumo de leña requerido.
 - Parrillas y panaderías: relevar todos los comercios –con su correspondiente ubicación geográfica–, que utilizan biomasa con fines energéticos y cuantificar el volumen de leña y carbón vegetal consumido.
 - Forestoindustria: determinar la localización de todas las industrias transformadoras de la madera. Estimar e incluir el volumen anual y composición de residuos utilizados en el secado de productos elaborados.
 - Escuelas rurales: actualizar el listado de las escuelas que consumen biomasa con fines energéticos y cuantificar el volumen consumido. Ampliar el relevamiento, considerando también el consumo para calefacción y para calentar agua con fines sanitarios.
 - Secaderos de frutas: actualizar el listado de secaderos de frutas. Analizar aquellos que utilizan biomasa para secar las frutas y estimar el consumo anual de la misma.
 - **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 de datos de residuos de las actividades agroindustriales que se desarrollan en la Provincia, como la actividad vitivinícola, olivícola y frutihortícola.
-

Bibliografía

- Abraham, E.M.; Soria D., Rubio M.C., Rubio M.C. y Virgillito, J.P. 2014. Modelo Territorial Actual, Mendoza, Argentina. Subsistema físico – biológico o natural de la Provincia de Mendoza. Proyecto de Investigación y desarrollo, PID 08/2009. Ordenamiento territorial para un desarrollo sustentable.
- 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. 1995. *Vehicle Operating Cost (VOC)*. Versión 3.0. HDM III *The Highway Design and Maintenance Standards Model*. Banco Mundial. Washington, EEUU.
- Cortellezzi, M. y N.R. Karake. 2009. Atlas de la energía de Mendoza. Usillal Ediciones. Mendoza, Argentina. 37pp.
- 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, Italia.
- FAO. 2004. *Terminología Unificada sobre la Bioenergía (TUB)*. *Terminología de los dendrocombustibles sólidos*. Departamento Forestal Dendroenergía. Roma, Italia.
- 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, Argentina.
- FAO. 2010. *What woodfuels can do to mitigate climate change?* FAO, Roma, Italia.
- Flores Marco, N., Hilbert, J., Carballo, S. y Anschau, A. 2009. *Potencial de producción de biogás en la Provincia de Santa Fe*. Instituto de Ingeniería Rural. INTA Castelar, Buenos Aires, Argentina. Mimeo. Fundación ProMendoza. 2016. www.promendoza.com. Fecha de última consulta: 22 de marzo de 2016.
- Gobierno de la Provincia de Mendoza. 2016. www.mendoza.gov.ar/la-provincia/ Fecha de última consulta: 17 de marzo de 2016.
- 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, Argentina.
- Instituto de Cartografía, Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial (CIFOT). 2013. Modelo territorial actual Mendoza, Argentina. Subsistema socioeconómico. Proyecto de Investigación y Desarrollo, PID 08/2009. Ordenamiento territorial para un desarrollo sustentable.
- IDR, 2009. http://www.idr.org.ar/d/repositorio/privado/horticola/cadena_ajo.pdf. Fecha de última consulta: 6 de junio de 2009.
- IDR. 2009. Censo de secaderos. Resultados IDR. Fecha de última consulta: 28 de marzo de 2016. <http://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2012/05/Resultados-Censo-Secadero-2009.pdf>
- IDR, 2015. Estimación anticipada de cosecha. Aceitunas. <http://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2015/03/Olivo-informe-final-2015.pdf>. Fecha de última consulta: 1 de marzo de 2017.
- IDR, 2016. Estimación de volúmenes y calibres de ajo periodo agrícola 2015/2016. http://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2016/01/Estimaci%C3%B3n-vol%C3%BAmenes-y-calibres-de-ajo_-2015-2016_.pdf. Fecha de última consulta: 1 de marzo de 2017.

- IEA. 2009. *Bioenergy-a sustainable and reliable energy source: a review of status and prospects*. International Energy Agency. Paris, Francia.
- Instituto Multidisciplinario, UNCuyo, 2014. Mendoza Solar 2014: cuarta edición de la Jornada de la Red Ciudades Solares. <http://imd.uncuyo.edu.ar/mendoza-solar-2014-cuarta-edicion-de-la-jornada-de-la-red-ciudades-solares>. Fecha de última consulta: 5 de noviembre de 2014.
- Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV). 2015. Producción total de uva según origen del viñedo. Estadísticas: Cosecha y Elaboración Departamento de Estadísticas y Estudios de Mercado - Subgerencia de Estadística y Asuntos Técnicos Internacionales.
- INDEC. 2010. *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas*. Ministerio de Economía. Buenos Aires, Argentina.
- Karlin, M. y Corini, R. 2008 *Prácticas forestales en los bosques nativos de la república argentina*. Ecorregión Forestal Monte. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Proyecto Manejo Sustentable de los Recursos Naturales (BIRF 7520-AR – PNUD 08/008). Componente Bosques Nativos y su Biodiversidad.
- Manrique, S.; Franco, J.; Núñez, V.; Seghezzeo, 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, Salta, Argentina.
- MECON (Ministerio de Economía y Finanzas Públicas). 2014. Complejo Fruta de Pepita. Serie "Complejos Productivos". Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo. Diciembre, 2014.
- MECON. 2015. Mendoza. Ficha provincial. Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo. Octubre, 2015.
- Pereyra, N.M. 2013. Panorama de la producción de ajo en la provincia de Mendoza. Área de desarrollo hortícola. Fundación Instituto de Desarrollo Rural. <http://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2013/04/Panorama-Ajo-Mendoza-IDR.pdf>. Fecha de última consulta: 1 de marzo de 2017.
- PERMER, 2016. <https://www.se.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3749>. Marzo, 2016
- Prensa Mendoza, 2015. Destinarán \$5 millones para el servicio eléctrico de áreas rurales de Mendoza. <http://prensa.mendoza.gov.ar/arranca-permer-ii-que-llevara-grandes-soluciones-en-energia-electrica-a-zonas-rurales-de-mendoza/>. Fecha de última consulta: 4 de mayo de 2015.
- Prensa Mendoza, 2016. Se Firmó un acuerdo para comenzar la construcción de un parque solar. <http://prensa.mendoza.gov.ar/se-firmo-un-acuerdo-para-comenzar-la-construccion-de-un-parque-solar/>. Fecha de última consulta: 8 de marzo de 2016.
- 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, Argentina.
- SAyDS. 2005. Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas, BIRF 4085-AR, 1998-2005.
- 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, Argentina.
- Sultana, A y Kumar A. 2012. Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors. *Biomass and Bioenergy*, (39): 344-355.
- Villagra P., Cesca E., Álvarez J., Rojas F., Bourguet M., Rubio C, Mastrángelo P. 2010. Anexo II. Documento de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Mendoza. Secretaría de Medio Ambiente. Dirección de Recursos Naturales Renovables.

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 normas y presupuestos mínimos de protección ambiental para la conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos y de los servicios ambientales que ellos brindan a la sociedad.

En cumplimiento de lo previsto en el Artículo N.º 6 de la Ley de Bosques, se realiza el Ordenamiento Territorial de Bosques nativos de la Provincia de Mendoza, a través de la Ley Provincial N.º 8195, de 2010, y dictándose en consecuencia el Decreto N.º 2530/10.

El Decreto Reglamentario N.º 2530/10, en su Artículo 1º, autoriza a la Autoridad de Aplicación, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, a través de la Dirección Recursos Naturales Renovables, a dictar la reglamentación de los planes de manejo y conservación que prevé la normativa vigente. Según su Capítulo III, en el Artículo Sexto de la norma, se establecen las siguientes categorías de conservación:

- **Categoría I (Rojo):** Muy alto valor de conservación. Son sectores que no deben transformarse a otro uso del suelo. Se incluyen 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. En las áreas o zonas determinadas en esta categoría sólo podrán realizarse actividades de protección y mantenimiento, que no modifiquen las características naturales ni disminuyan la superficie del bosque nativo, no amenacen con disminuir su diversidad biológica, ni afecten a sus elementos de flora, fauna, suelo, agua o aire, con excepción de aquellas que sean necesarias a los fines del Plan de Conservación y la apreciación turística respetuosa. También podrán ser objeto de programas de restauración ecológica ante disturbios antropogénicos o naturales.

Estas actividades deberán desarrollarse a través de Planes de Conservación que establezcan medidas específicas que aseguren el mantenimiento o incremento de los atributos de conservación.

En particular podrán realizarse las siguientes actividades:

- Investigación científica: previa autorización de la Autoridad de Aplicación y ajustada a la reglamentación elaborada a tal fin por la misma. La reglamentación preverá la periodicidad y forma con que deberán informarse los resultados.
- Hábitat de comunidades aborígenes o pueblos originarios: por el alto valor de conservación ambiental, en estas zonas solo se permitirá el uso tradicional que puedan hacer de sus recursos naturales.
- Apreciación turística: respetuosa de los ecosistemas de bosque nativo, bajo la reglamentación elaborada oportunamente por la Autoridad de Aplicación.
- **Categoría II (Amarillo):** Sectores de mediano valor de conservación, que no deben transformarse a otro uso del suelo, que pueden estar degradados o en recuperación pero que, a juicio de la autoridad de aplicación jurisdiccional, con la implementación de actividades de restauración pueden tener un valor alto de conservación. Se incluyen en esta categoría, áreas de vegetación nativa que actualmente no tienen cobertura boscosa pero poseen el potencial de recuperarla. Estos sectores podrán ser sometidos a los siguientes usos: aprovechamiento sostenible, turismo, recolección sustentable 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 y sus normas reglamentarias y complementarias.

Anexo II

Clases de coberturas arbóreas adoptadas por el FRA 2000.

Clasificación propuesta por la FAO, mediante el FRA 2000 (Evaluación de los Recursos Forestales, al año 2000), adaptada a las características y particularidades de la Argentina (Cuadro 15).

Cuadro 15

Coberturas y definiciones FAO.

Fuente

SAyDS, 2005.

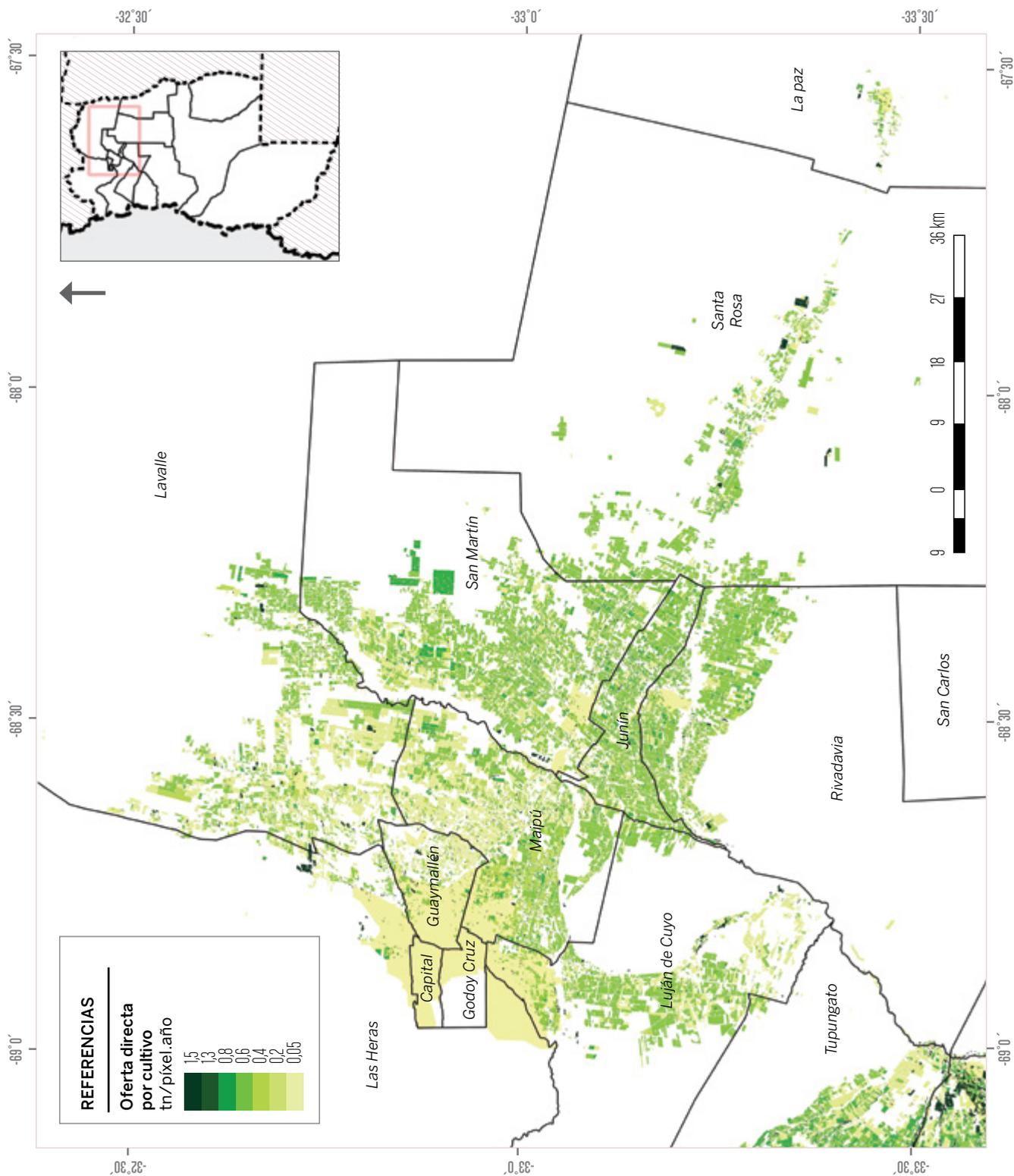
Clase de cobertura de la tierra	Definición
Tierras forestales	Tierra con una cubierta de copa (o su grado equivalente de espesura) de más del 20 % del área y una superficie superior a 10 ha. Los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 7 m a su madurez <i>in situ</i> . Puede consistir en formaciones forestales cerradas, donde 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 1000 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.

Anexo III **Mapas de oferta directa, demanda y balance discriminados por oasis.**

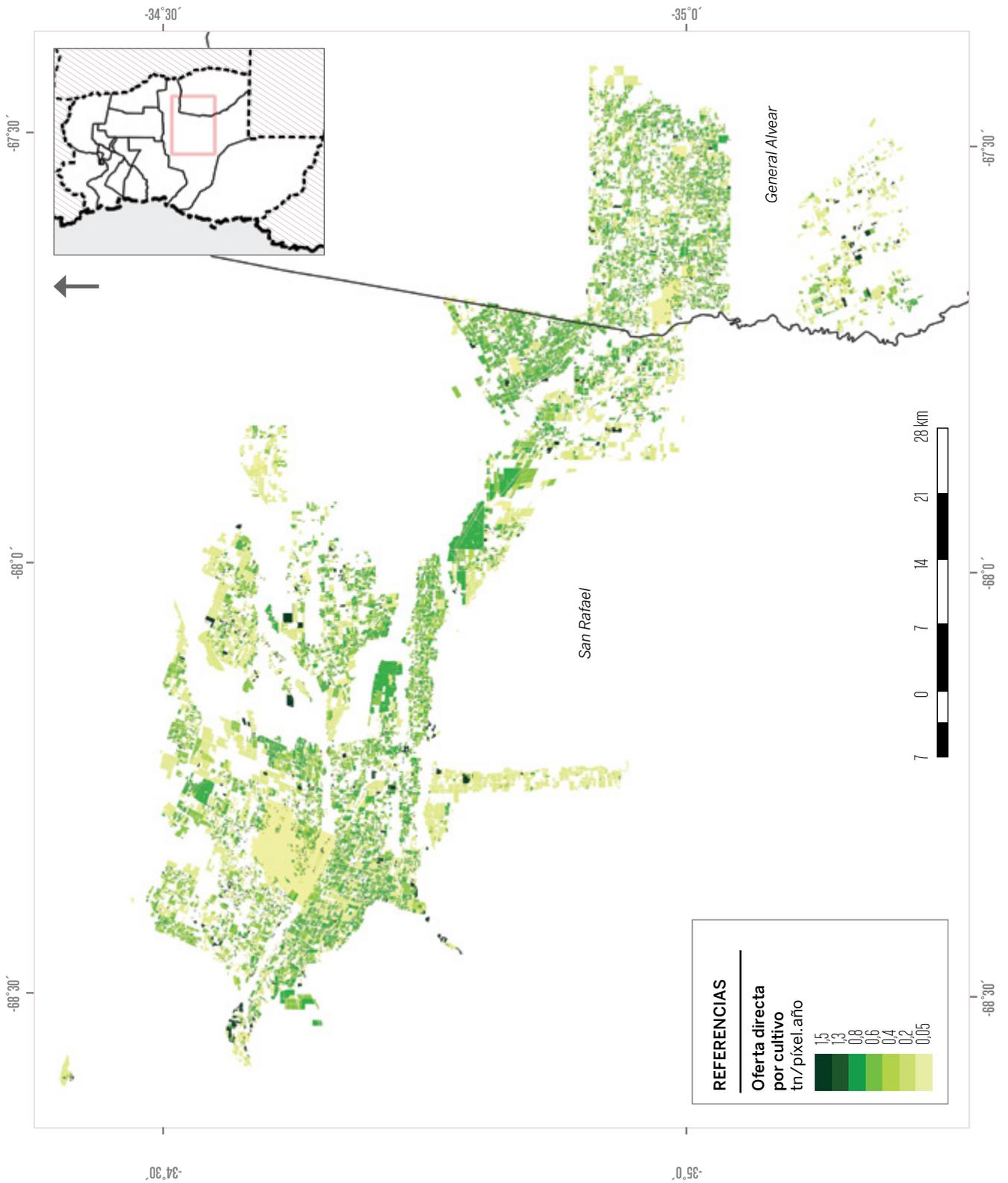
OFERTA DIRECTA

Mapa 12. Oferta directa por cultivos correspondiente al Oasis Norte.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*

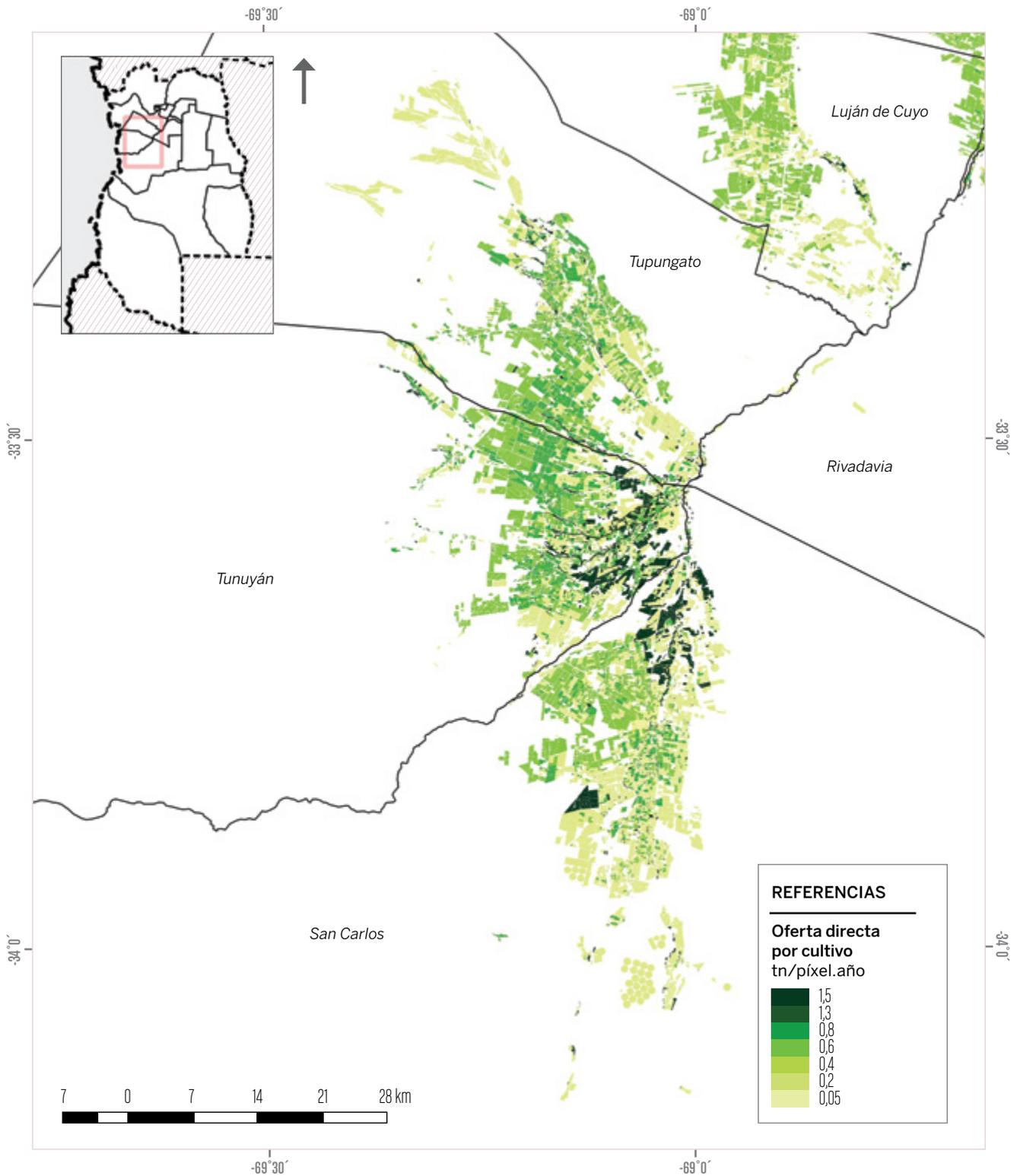


Mapa 13. Oferta directa por cultivos correspondiente al Oasis Sur.
Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, et al., *ibid.*



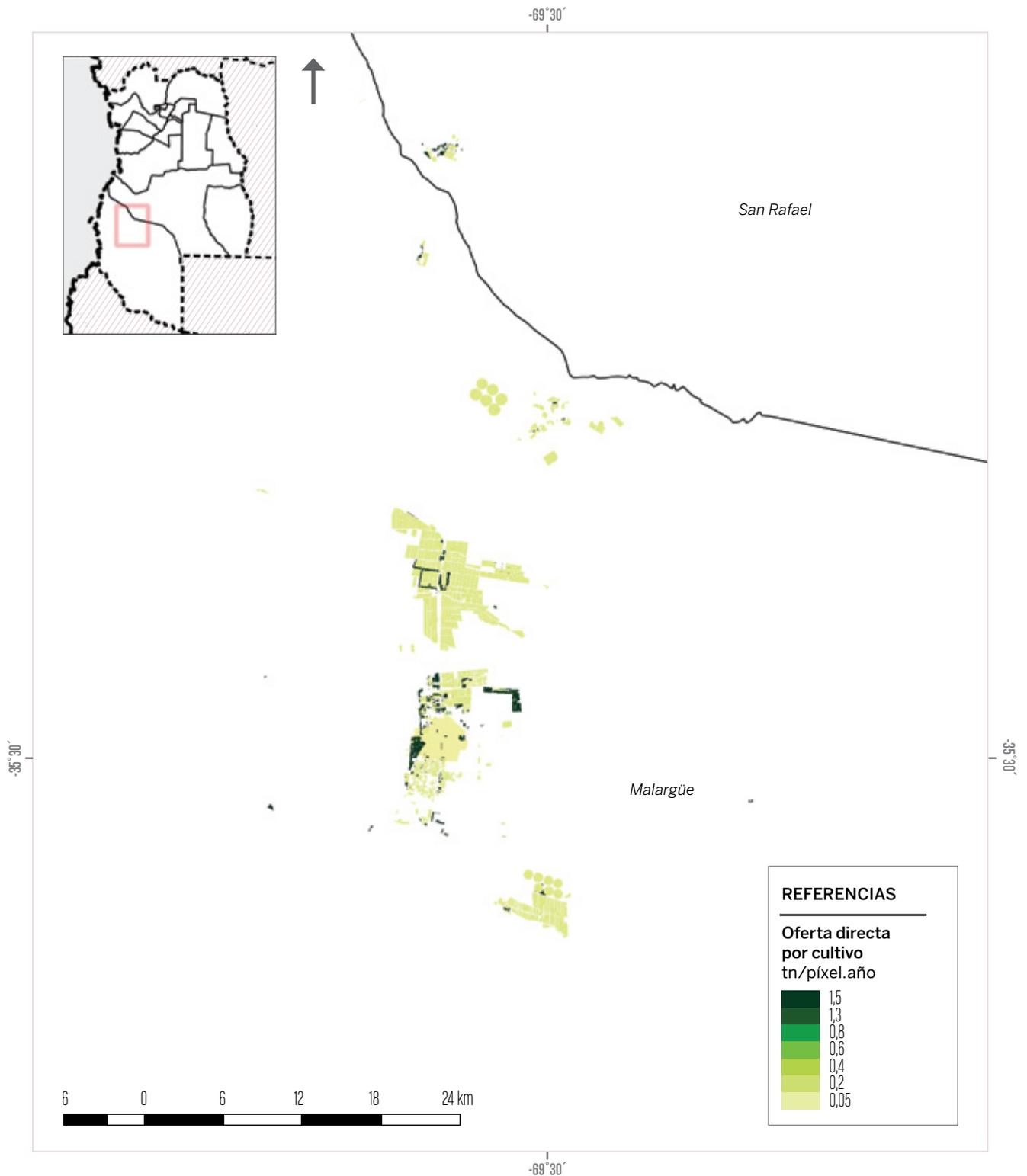
Mapa 14. Oferta directa por cultivos correspondiente a los Oasis Centro.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



Mapa 15. Oferta directa por cultivos correspondiente a los Oasis de Malargüe.

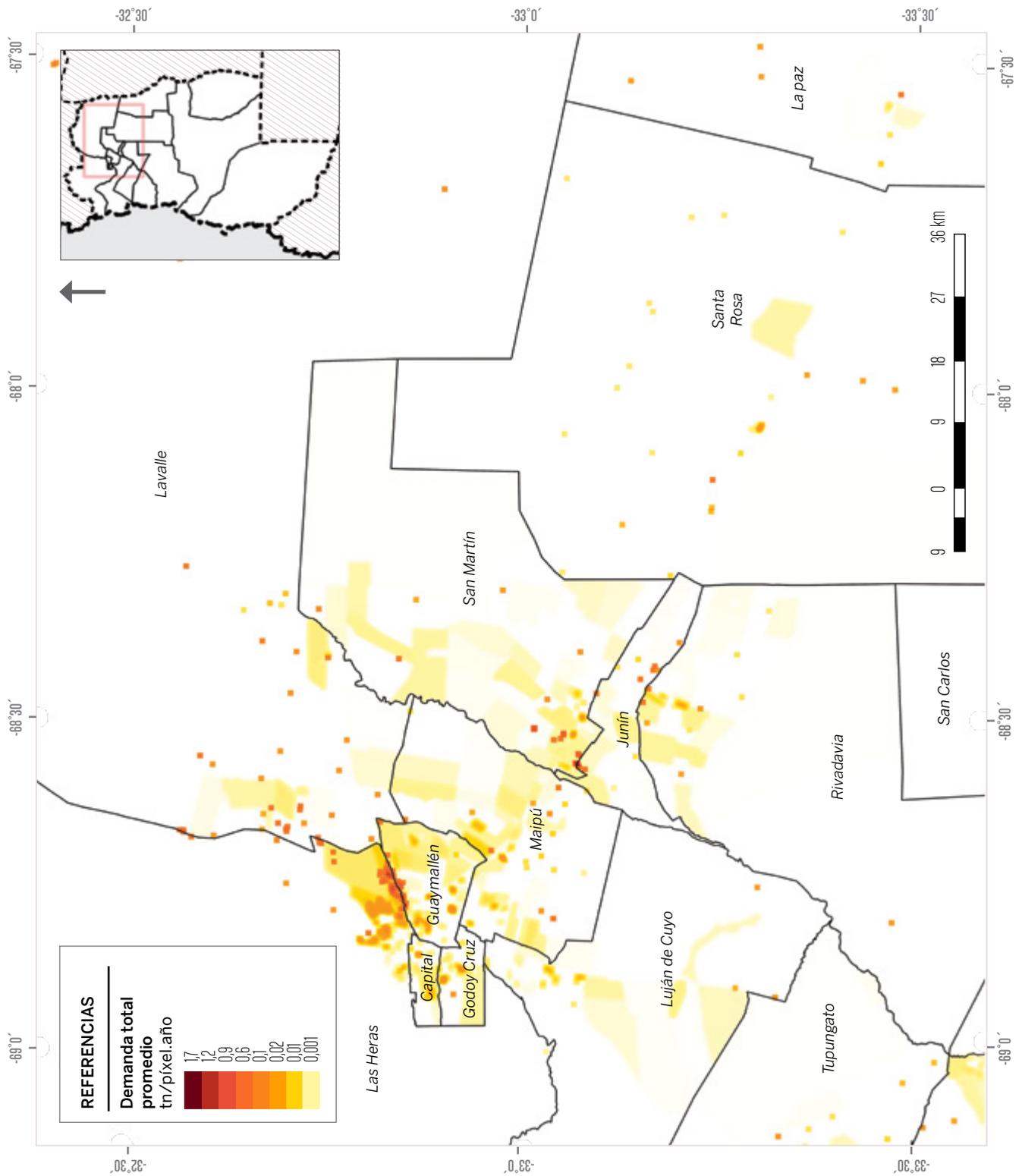
Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



DEMANDA

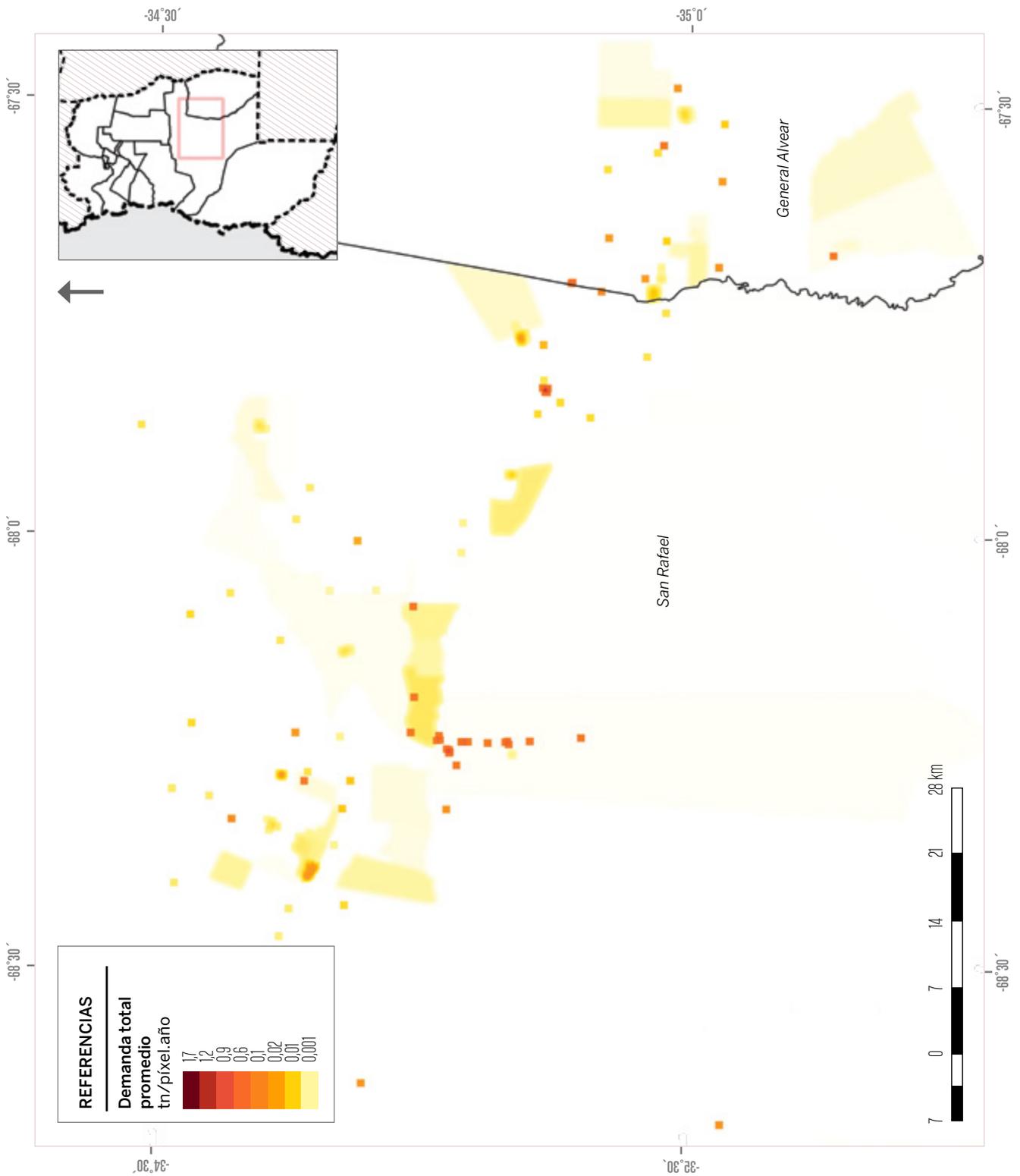
Mapa 16. Demanda total promedio correspondiente al Oasis Norte.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



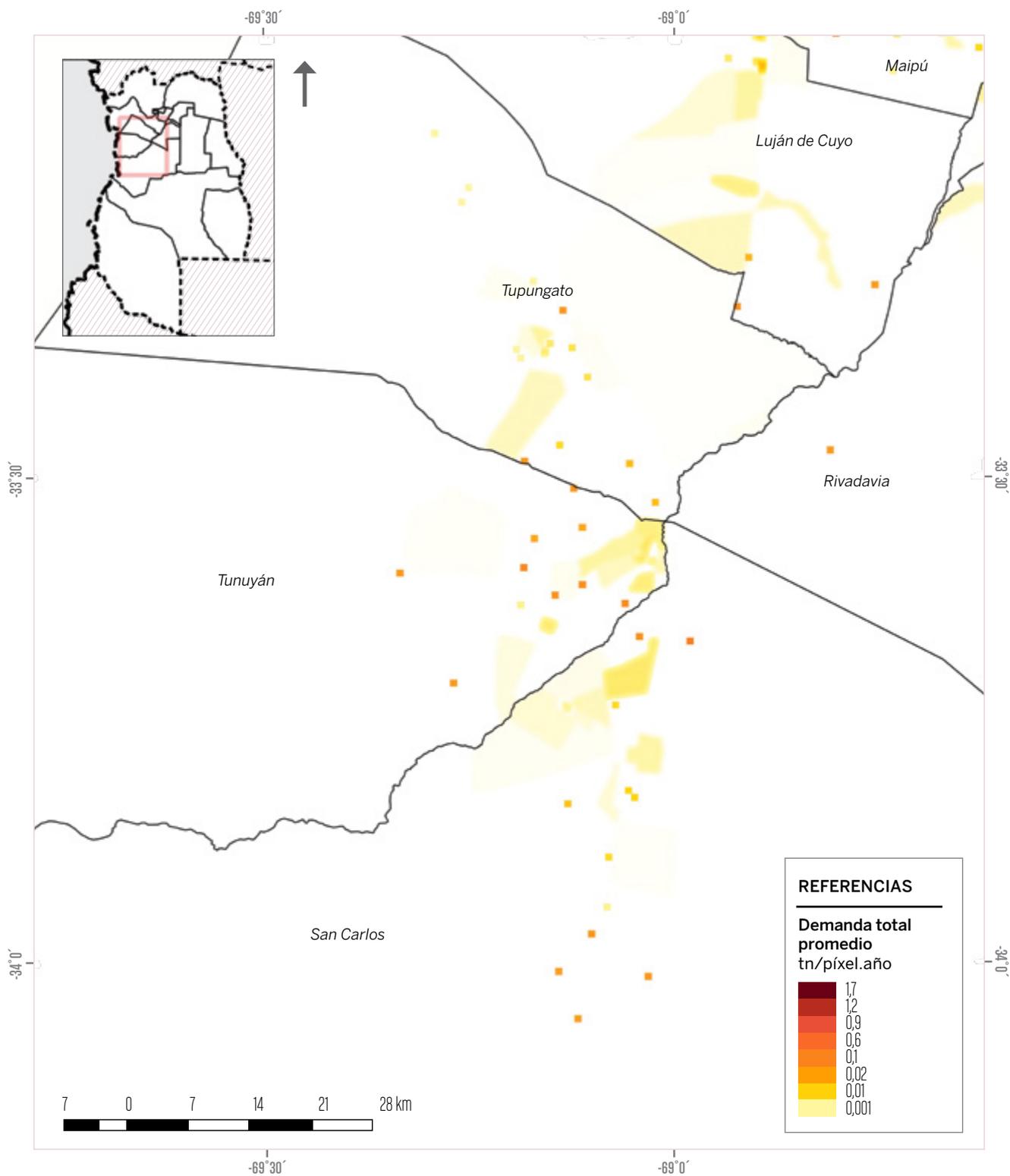
Mapa 17. Demanda total promedio correspondiente al Oasis Sur.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibid.*



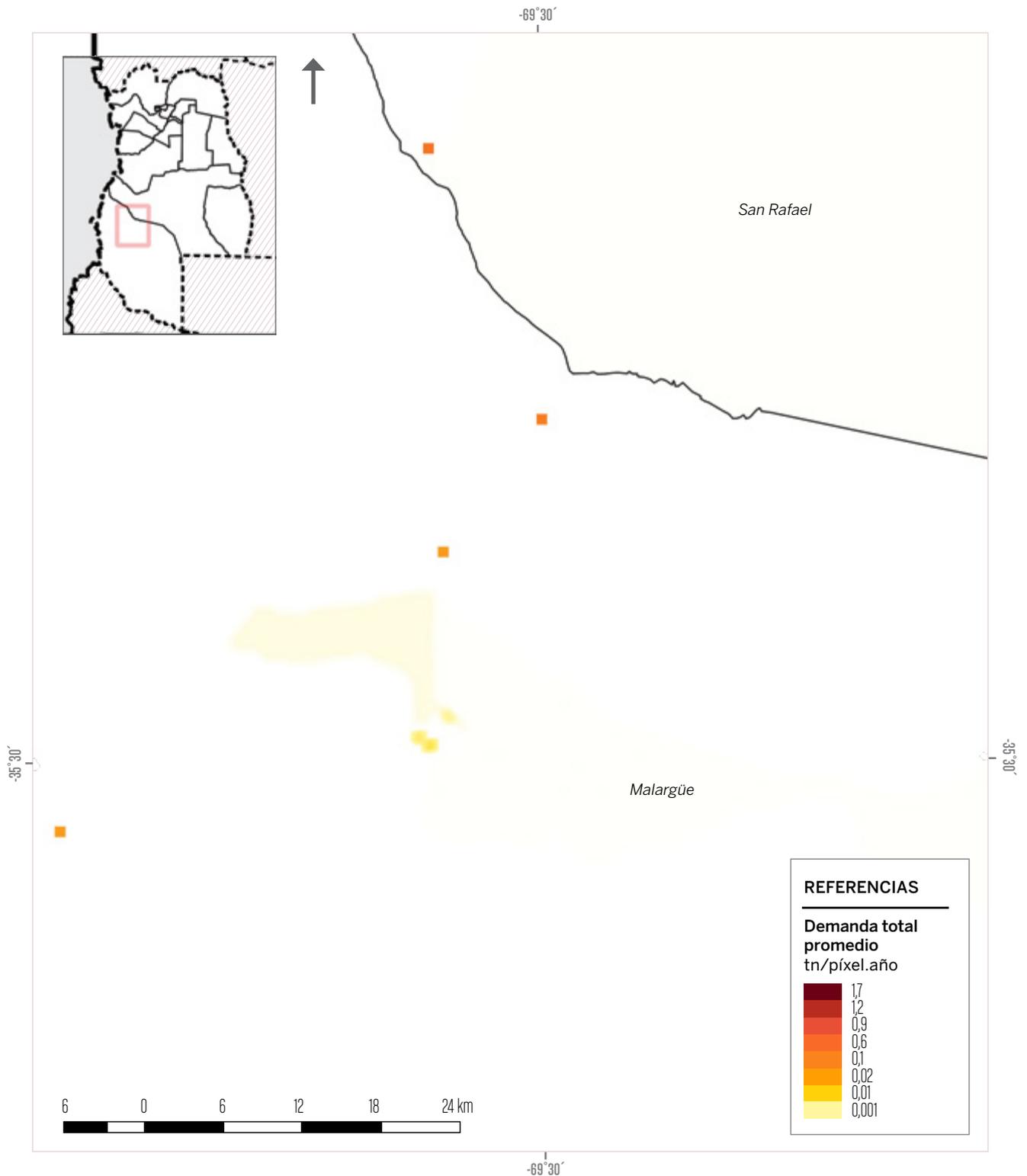
Mapa 18. Demanda total promedio correspondiente al Oasis Centro.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



Mapa 19. Demanda total promedio correspondiente al Oasis de Malargüe.

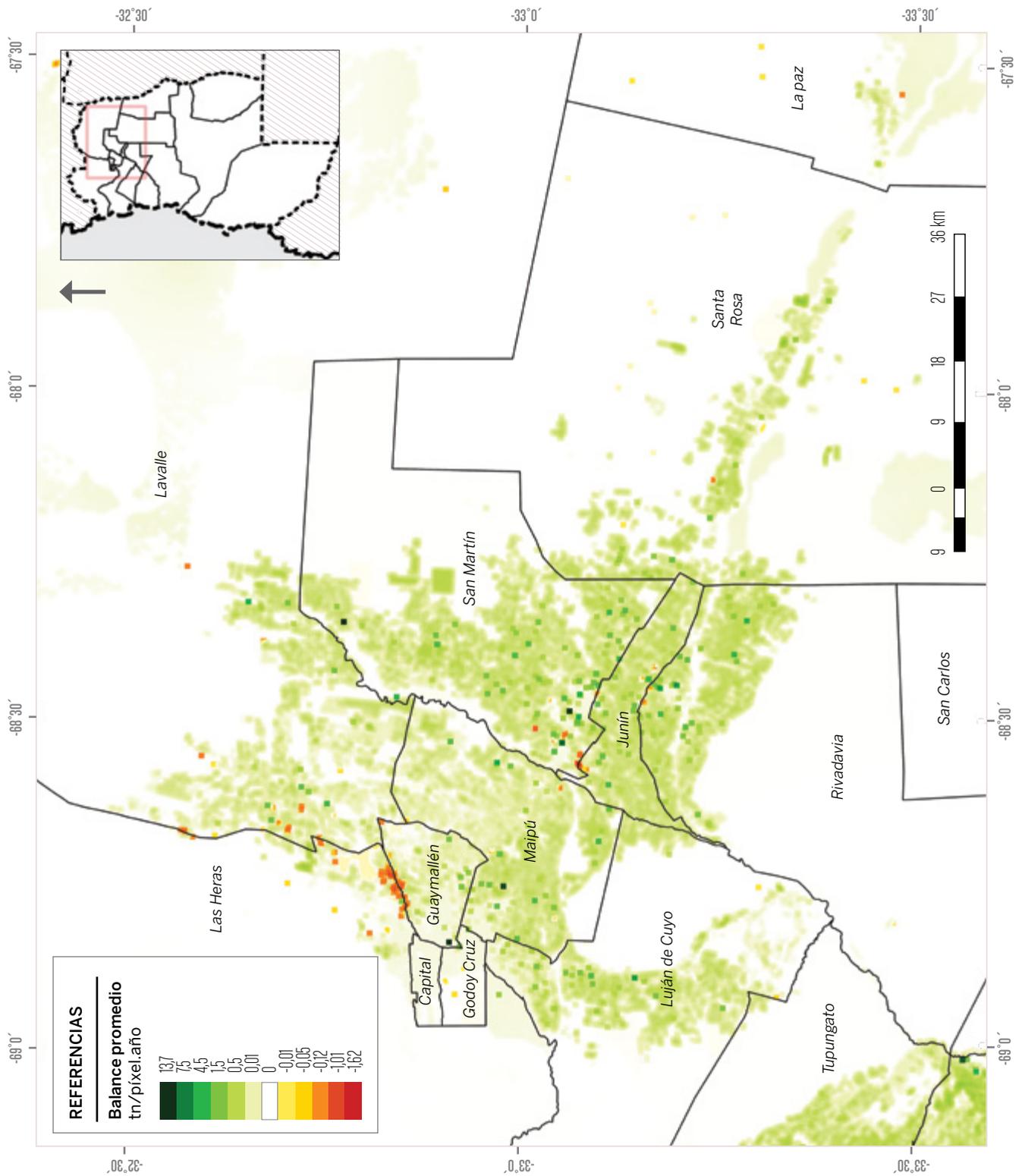
Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



BALANCE PROMEDIO

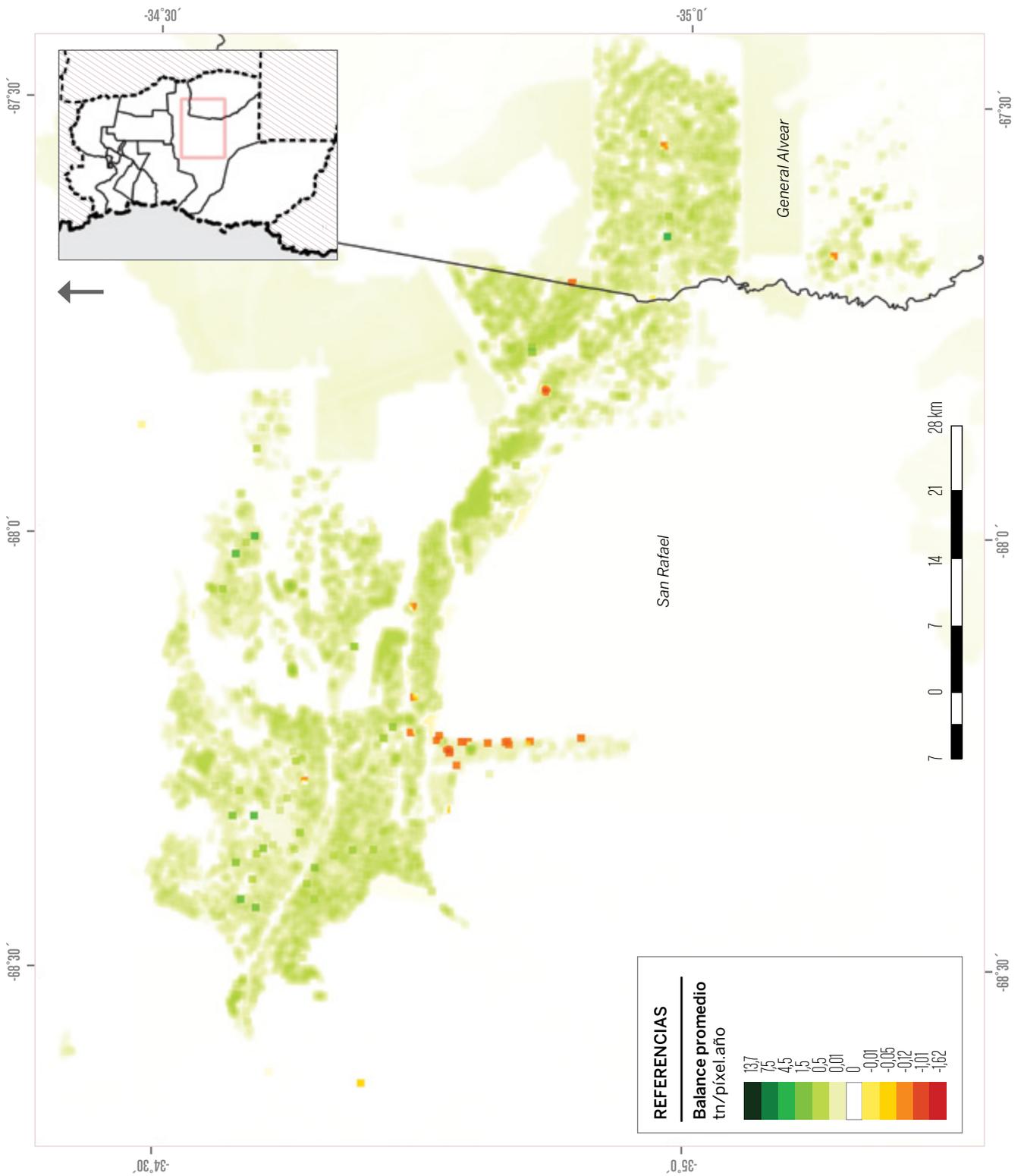
Mapa 20. Balance promedio correspondiente al Oasis Norte.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



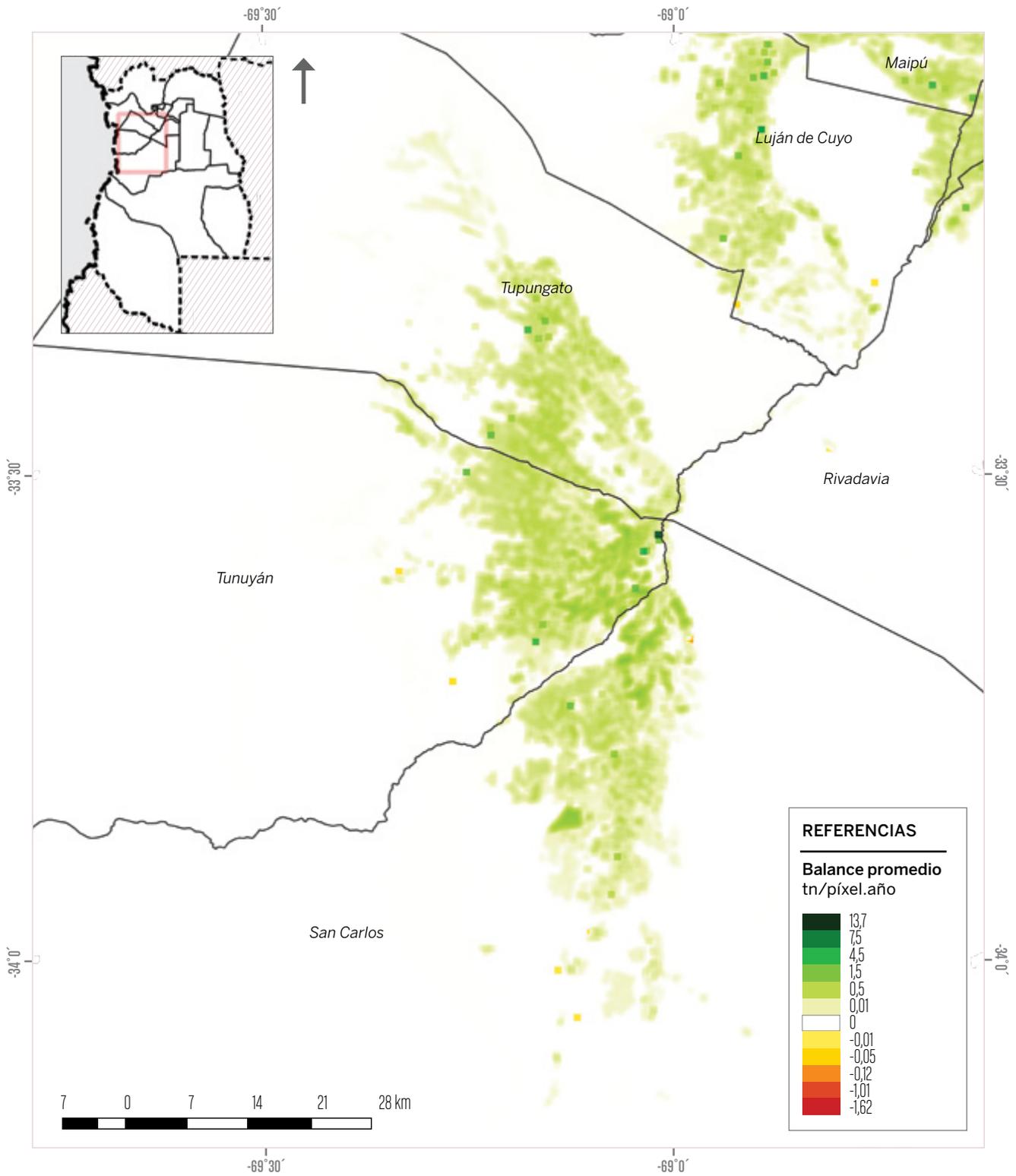
Mapa 21. Balance promedio correspondiente al Oasis Sur.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibid.*



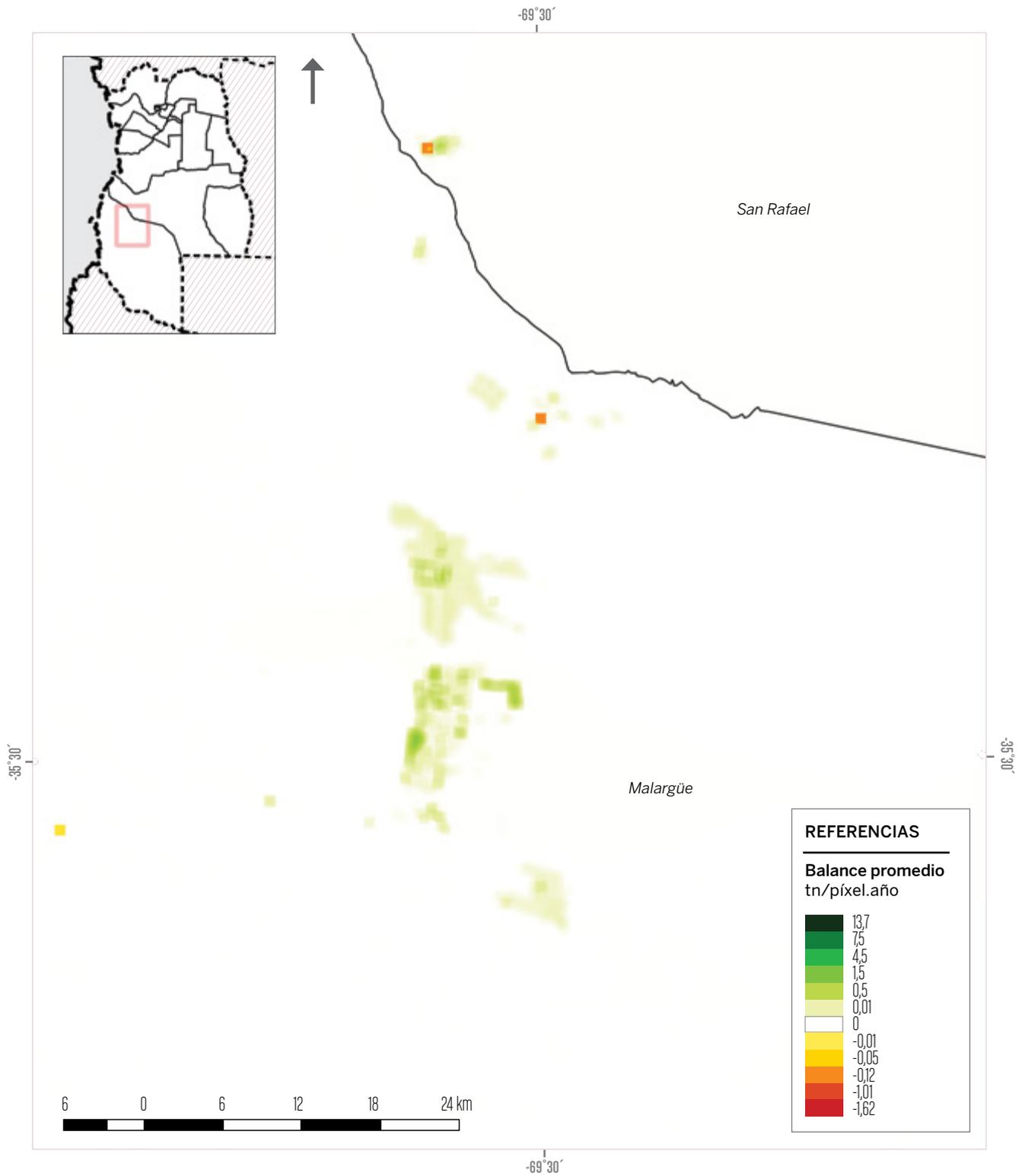
Mapa 22. Balance promedio correspondiente al Oasis Centro.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



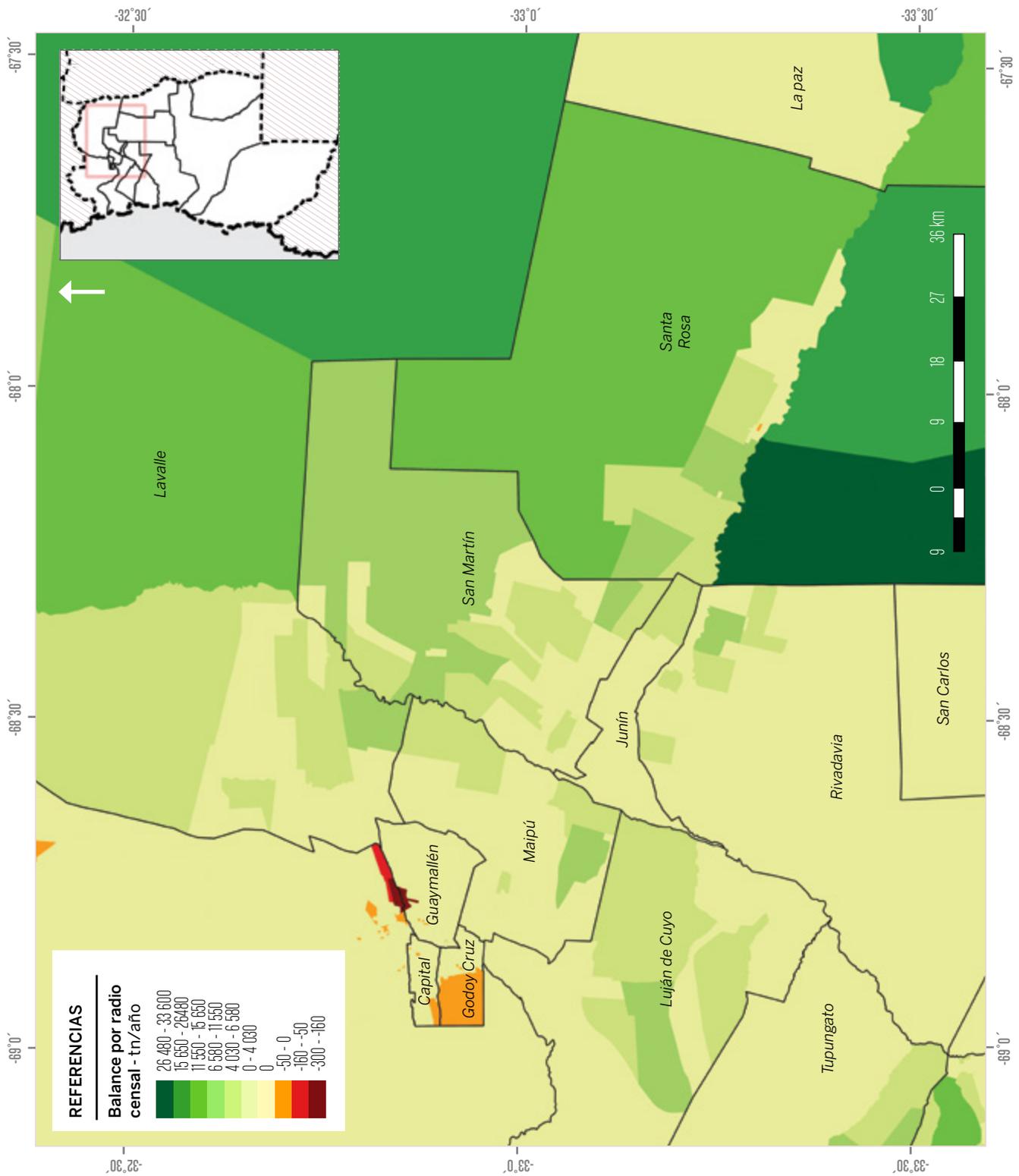
Mapa 23. Balance promedio correspondiente al Oasis de Malargüe.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



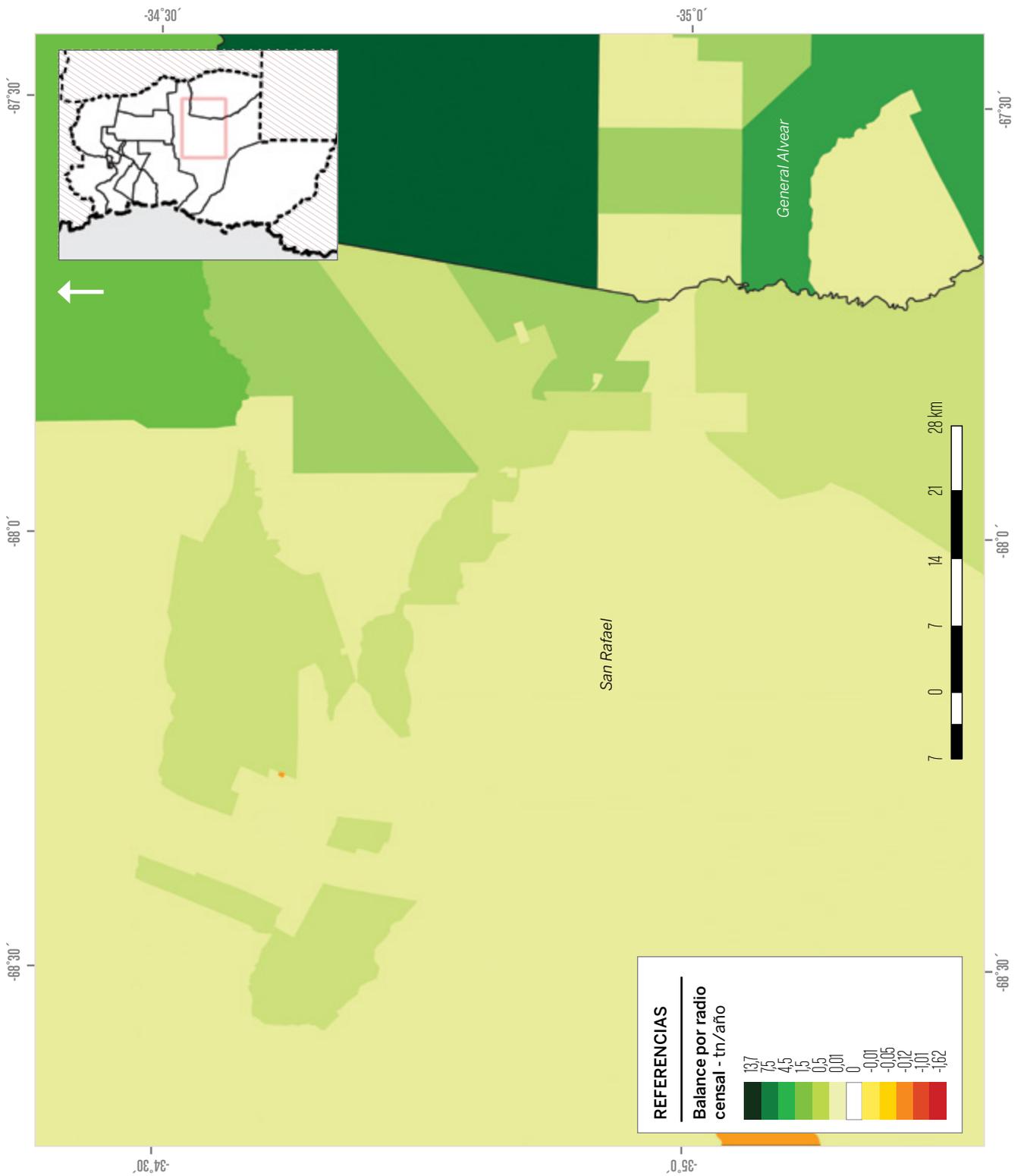
Mapa 24. Balance por radio censal correspondiente al Oasis Norte.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



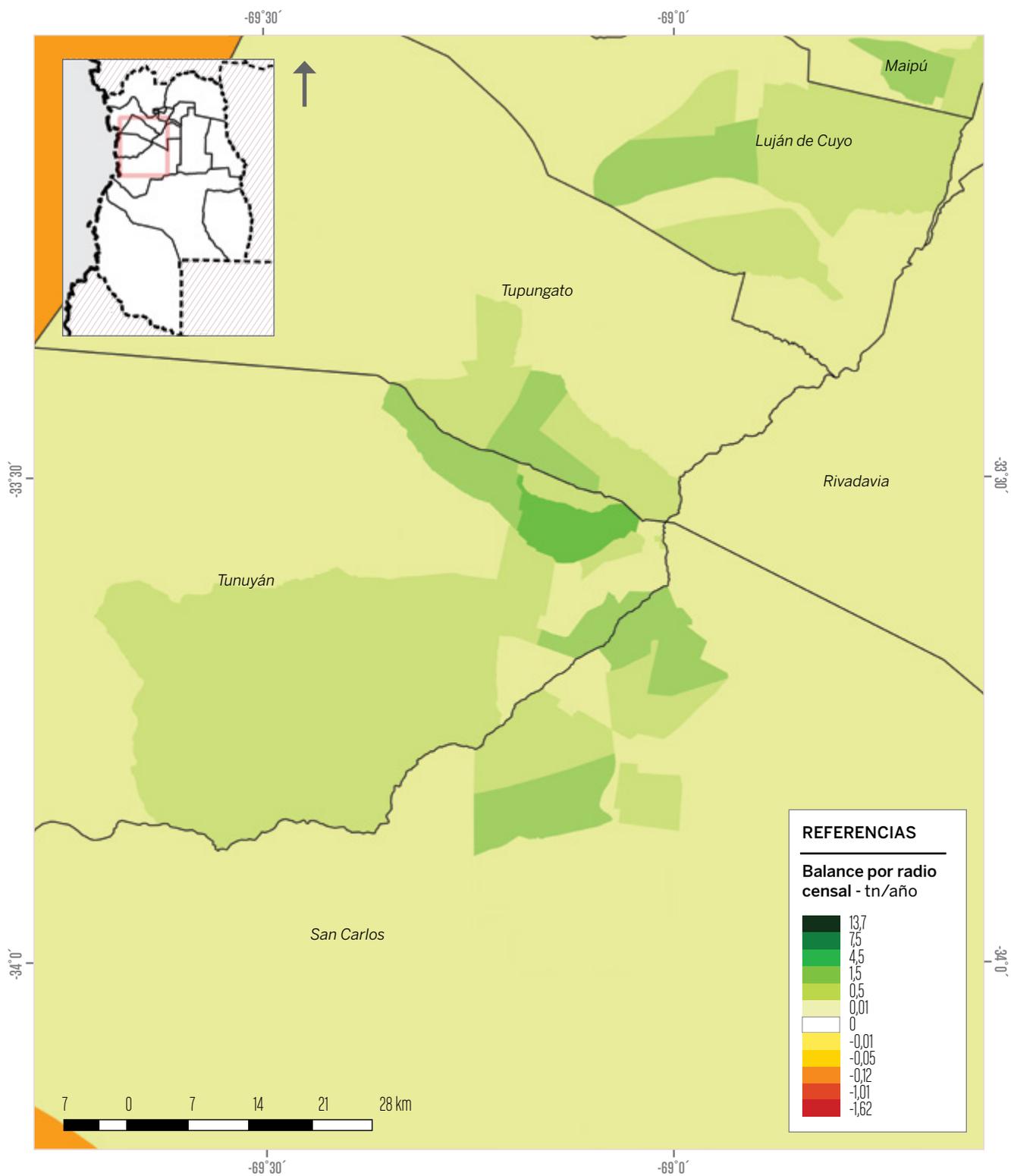
Mapa 25. Balance por radio censal correspondiente al Oasis Sur.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibid.*



Mapa 26. Balance por radio censal correspondiente al Oasis Centro.

Fuente: Elaborado por Denaday, Francisco, *et al.*, *ibíd.*



ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Mendoza

Nº 4

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

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

www.fao.org

ISBN 978-92-5-309858-3



9 789253 098583

17624ES/1/09.17