



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Santa Fe

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

Nº 8



Ministerio de Energía
Presidencia de la Nación



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación

ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Santa Fe

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

Ministerio de Agroindustria

Luis Miguel Etchevehere
Ministro de Agroindustria

Andrés Murchison
Secretario de Alimentos y Bioeconomía

Miguel Almada
Director de Bioenergía

Ministerio de Energía

Javier Iguacel
Ministro de Energía

Sebastián A. Kind
Subsecretario 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

Verónica Sapino
Gabriel Lacelli
Francisco Cardozo
Cristian León
Alejandro Chiavassa
Ignacio Huerga

Consultores FAO

Coordinación y supervisión técnica
Celina Escartín
Francisco Denaday
Guillermo Parodi

Coordinación Colección
Verónica González

Colaboración Colección
Sofía Damasseno

Edición y corrección
Alejandra Groba

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 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 978-92-5-130885-1

© FAO, 2018



Algunos derechos reservados. Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales.; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>.

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

Toda mediación relativa a las controversias que se deriven con respecto a la licencia se llevará a cabo de conformidad con las Reglas de Mediación de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI) en vigor.

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

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

Fotografía de portada: © INTA

FAO. 2018. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Santa Fe.* [Colección Documentos Técnicos N° 8]. Buenos Aires. 88 pp.
Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

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	3		
<hr/>			
2.			
Bioenergía	5		
<hr/>			
3.			
Marco de referencia geográfico y ambiental	11		
<hr/>			
4.			
Sistemas bioenergéticos y metodología WISDOM	15		
<hr/>			
5.			
Módulos y resultados del WISDOM Santa Fe	21		
5.1 Unidad de análisis y resolución espacial	21		
5.2 Módulo de oferta directa	21		
5.2.1 Bosques nativos	22		
5.2.2 Pastizales	25		
5.2.3 Plantaciones forestales	25		
5.2.I Accesibilidad física	31		
5.2.II Accesibilidad legal	32		
5.2.III Accesibilidad total	36		
5.3 Módulo de oferta indirecta	36		
5.3.1 Poda urbana	36		
5.3.2 Fábricas de muebles	40		
5.3.3 Semilleros de maíz	40		
5.4 Módulo de demanda	44		
5.4.1 Sector residencial	44		
5.4.2 Sector industrial	44		
5.4.3 Hornos de carbón	45		
5.4.4 Ladrilleras	45		
5.5 Módulo de integración de la oferta y la demanda	48		
<hr/>			
6.			
Módulo de oferta de biomasa húmeda	53		
6.1 Tambos	54		
6.2 <i>Feedlots</i> bovinos	55		
6.3 Establecimientos porcinos	55		
<hr/>			
7.			
Conclusiones	66		
<hr/>			
8.			
Recomendaciones	68		
<hr/>			
Bibliografía	70		
Anexo I. Marco normativo	72		
<hr/>			

Cuadros

Cuadro 1	Clasificación de las fuentes de biocombustibles	7
Cuadro 2	IMA e IMA mínimo según tipo de bosque	23
Cuadro 3	Extracciones de la industria forestal por departamento	23
Cuadro 4	Oferta directa total por departamento	30
Cuadro 5	Coeficientes por tipo de red vial	32
Cuadro 6	Coeficientes asignados a las categorías del OTBN	34
Cuadro 7	Coeficientes para áreas naturales protegidas	34
Cuadro 8	Oferta directa accesible por departamento	39
Cuadro 9	Producción de marlo y chala en tres semilleros de maíz	41
Cuadro 10	Oferta indirecta total por departamento	41
Cuadro 11	Oferta total accesible por departamento	43
Cuadro 12	Demanda por departamento	46
Cuadro 13	Oferta, demanda y balance por departamento	49
Cuadro 14	Oferta de biomasa húmeda por tipo y departamento	59
Cuadro 15	Oferta de biomasa húmeda expresada en tep/año	63

Mapas

Mapa 1	Oferta potencial de bosques nativos	24
Mapa 2	Distribución geográfica del espartillar	26
Mapa 3	Oferta directa proveniente de pastizales y plantaciones forestales	28
Mapa 4	Oferta directa total	29
Mapa 5	Accesibilidad física	33
Mapa 6	Accesibilidad legal	35
Mapa 7	Accesibilidad total	37
Mapa 8	Oferta directa accesible	38
Mapa 9	Oferta total (directa accesible + indirecta)	42
Mapa 10	Demanda total promediada, en ventanas de 800 m de lado	47
Mapa 11	Balance promedio focalizado, en ventanas de 800 m de lado	50
Mapa 12	Balance por radio censal	51
Mapa 13	Potencial de biogás por tambo	56
Mapa 14	Potencial de biogás por <i>feedlot</i>	57
Mapa 15	Potencial de biogás por establecimiento porcino	58
Mapa 16	Potencial de biogás en tambos por departamento	60
Mapa 17	Potencial de biogás en <i>feedlots</i> por departamento	61
Mapa 18	Potencial de biogás en establecimientos porcinos por departamento	62
Mapa 19	Potencial de biogás por departamento (tambos, <i>feedlots</i> y establecimientos porcinos)	64

Gráficos

Gráfico 1	Composición de la oferta interna de energía primaria en la Argentina	8
Gráfico 2	Modelo conceptual WISDOM Santa Fe	19
Gráfico 3	Oferta directa total en porcentaje	27

Prólogo



© INTA

La matriz energética argentina está conformada, en su gran mayoría, por combustibles fósiles. Esta situación presenta desafíos y oportunidades para el desarrollo de las energías renovables, ya que la gran disponibilidad de recursos biomásicos en todo el territorio nacional constituye una alternativa eficaz frente al contexto de crisis energética local e internacional. En este escenario, en 2015, la República Argentina promulgó la Ley 27191 –que modificó la Ley 26190–, con el objetivo de fomentar la participación de las fuentes renovables hasta que alcancen un 20% del consumo de energía eléctrica nacional en 2025, otorgando a la biomasa una gran relevancia.

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

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

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

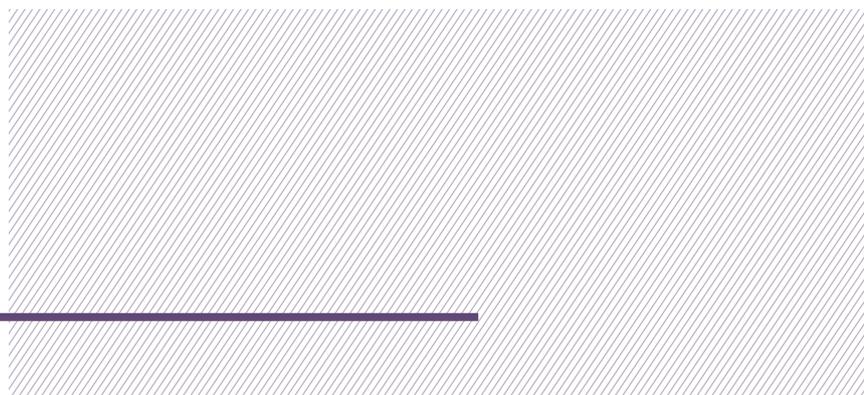
En este marco, en 2012, el Ministerio de Agroindustria (antes Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca) y el Ministerio de Energía (antes Secretaría de Energía) solicitaron asistencia técnica a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), para formular y ejecutar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

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

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

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

Esta Colección de Documentos Técnicos pone a disposición 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 la Argentina.



Agradecimientos



© FAO

La realización de este trabajo fue posible gracias a diversas colaboraciones, a las que los autores quieren dejar expresado su agradecimiento. En particular, a la Secretaría de Estado de Energía de la provincia de Santa Fe, por haberse puesto a disposición para la realización de este informe y por haber gestionado el acceso a muchas de las capas de información utilizadas; al Ministerio de Ambiente de la provincia de Santa Fe, por haber colaborado en la discriminación del incremento medio anual (IMA) de los bosques nativos, y al Instituto Provincial de Estadísticas y Censos (IPEC), por haber facilitado información de mucho valor para construir algunas de las capas y por la disposición para continuar trabajando juntos.

Cabe una mención especial a todas las personas que gentilmente han respondido las encuestas (carboneros, ladrilleros, empresarios y otros), y al personal del INTA que de una u otra forma ha colaborado con el equipo de trabajo. Y un agradecimiento para Guillermina Cuevas y Juan Ignacio Paracca por su cuidadosa revisión de este documento.

Siglas

Acrónimos

API: Administración Provincial de Impuestos

BAHRA: Base de Asentamientos Humanos de la República Argentina

BEN: Balance Energético Nacional

BN: Bosques nativos

CAMMESA: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico SA

CNPHyV: Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda

CPCE: Consejo Profesional de Ciencias Económicas de la Provincia de Santa Fe

CT: Central Térmica

EEA: Estación Experimental Agropecuaria

EPE: Empresa Provincial de la Energía

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

IDESF: Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe

IGN: Instituto Geográfico Nacional

IMA: Incremento medio anual

INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

IPEC: Instituto Provincial de Estadísticas y Censos

MDE: Modelo Digital de Elevaciones

MS: Materia seca

OTBN: Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos

RAC: Residuo agrícola de cosecha

RenovAr: Programa de Energías Renovables

RN: Ruta nacional

RP: Ruta provincial

RSU: Residuos sólidos urbanos

SAYDS: ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria

SIG: Sistema de Información Geográfica

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

WISDOM: Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping

Unidades de medida

cm: centímetro
ha: hectárea
hab: habitante
kg: kilogramo
kcal: kilocaloría
ktep: kilo tonelada equivalente de petróleo
l: litro
m: metro
m³: metro cúbico
mm: milímetro
px: píxel
tep: tonelada/s equivalente/s de petróleo
tn: tonelada

Resumen ejecutivo

Este estudio tuvo como eje identificar, localizar y cuantificar la disponibilidad y el consumo de los recursos biomásicos en la provincia de Santa Fe con el fin de promover el desarrollo de la energía renovable. En este sentido, se realizó un diagnóstico de la oferta y la demanda de combustibles derivados de la biomasa en el territorio, siguiendo criterios de sustentabilidad. Así se obtuvo un balance bioenergético a nivel provincial, que fue desagregado a nivel departamental y de radio censal.

En virtud de ello, se construyó una base de datos geoespacial con información brindada por diferentes organismos nacionales y provinciales, de carácter público y privado. En Santa Fe, a fin de ejecutar las acciones del Proyecto, se constituyó un equipo técnico especializado local con el objetivo de gestionar la información obrante en las diversas instituciones para la implementación de la metodología WISDOM 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 identificadas, localizadas y cuantificadas en función de su origen fueron: como oferta directa, pastizales (64,57%), bosques nativos (34,56%) y forestaciones, (0,87%); como oferta indirecta, residuos de poda urbana (77,7%), residuos de semilleros (21,7%) y residuos de fábricas de muebles (0,6%).

Considerando los recursos biomásicos existentes, la mayor disponibilidad de biomasa está dada por el uso sustentable de pastizales y de los bosques nativos, con un total de 3 850 451 toneladas anuales. Este volumen se encuentra principalmente en el norte de Santa Fe.



© INTA

Con relación a la oferta indirecta, los tres sectores que la integran suman una oferta de 102 885 toneladas anuales.

En cuanto a la demanda, alcanza un valor de 243 338 tn/año. Se tuvo en cuenta el sector industrial (88%), representado por frigoríficos, desmotadoras, curtiembres y otras empresas; el sector residencial (7,2%), las ladrilleras (4,5%) y los hornos de carbón (0,3%). Tanto los carboneros como los ladrilleros son demandantes exclusivamente de leña. Una particularidad de la mayoría de las industrias entrevistadas es que, al mismo tiempo que consumen biomasa, también utilizan sus propios residuos o subproductos generando o cogenerando energía; además de leña, consumen cascarilla de girasol y algodón, grasa de pollos y bagazo.

En forma paralela, en este estudio se avanzó en la evaluación del potencial de biogás derivado de las deyecciones de ganadería bovina (tambos y *feedlots*) y porcina. Esta oferta de biomasa húmeda es muy importante cuantitativamente, ya que asciende a 3 921 672 tn/año, o bien, a 7 497 toneladas equivalente petróleo (tep). Un 46,4% corresponde a los *feedlots*, un 27,8% a cerdos y un 25,8% a tambos.

Se concluye que Santa Fe tiene un potencial bioenergético susceptible de ser aprovechado para producir energía renovable. El análisis espacial presentado en este trabajo constituye una base para avanzar en la formulación de políticas públicas, a fin de profundizar en estudios similares y elaborar proyectos que pongan en disponibilidad de uso la energía producida a partir de estos recursos renovables.

1. INTRODUCCIÓN



Las energías renovables generadas a partir de recursos biomásicos, que se encuentran disponibles en todo el territorio nacional, se presentan como una alternativa eficaz en un contexto de crisis energética local y global.

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

En 2009, el gobierno de la República Argentina publicó, junto con la FAO, el trabajo *Análisis del Balance de energía derivada de Biomasa en Argentina - WISDOM Argentina*¹ (FAO, 2009), en el que se estimó espacialmente la oferta y la demanda de biomasa con fines energéticos a escala nacional. Este trabajo constató que la Argentina es un país que cuenta con abundantes cantidades de biomasa apta y disponible para uso energético.

La metodología WISDOM fue desarrollada por la FAO, en cooperación con el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como método para visualizar espacialmente las áreas prioritarias para el desarrollo de combustibles leñosos. Esta metodología está

basada en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten integrar y analizar información estadística y espacial sobre la producción (oferta) y consumo (demanda) de combustibles biomásicos.

Vale destacar que el análisis no se circunscribe exclusivamente a dendrocombustibles, es decir, leña, carbón vegetal, residuos forestales y de la industria forestal, sino que incorpora también bagazo, orujos, cascarillas, polvos procedentes de procesos agroindustriales, residuos agrícolas de cosecha (RAC) de cultivos como la caña de azúcar, tabaco, yerba mate, té, poda de frutales y otros, gracias a la flexibilidad de esta herramienta y la existencia de tecnología que permite convertir otras fuentes de biomasa en energía. Además, se trata de una metodología que es accesible, fácil de aplicar y permite presentar los resultados del análisis espacial de manera comprensible no sólo para especialistas del sector, sino también para funcionarios y público en general.

Con el objetivo de realizar un análisis más abarcativo, se incorporó un módulo de oferta potencial de biomasa húmeda, es decir, la que contiene aproximadamente más de 60% de humedad y alto porcentaje de sólidos volátiles, como los efluentes de establecimientos porcinos, tambos, mataderos, frigoríficos y otros.

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

Las utilidades de la metodología WISDOM 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 orígenes de aprovisionamiento, provista por fuentes primarias (encuestas y censos) y secundarias (entes gubernamentales, organismos descentralizados y estudios científicos).
- Conocer la disponibilidad de recursos de biomasa, lo que resulta 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.

En el marco del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA), en una primera etapa se encaró la aplicación de la metodología WISDOM a escala provincial en Tucumán, Salta, La Pampa, Mendoza y Córdoba (FAO, 2016a y b; 2017a, b y c). Así, se recopiló y analizó la información existente y se generaron diagnósticos en esas provincias, lo que permitió alcanzar un mayor grado de certeza con vistas al planeamiento estratégico y operacional en el sector bioenergético.

En una segunda instancia, se firmó una Carta de Acuerdo con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) con el objetivo general de identificar, localizar y cuantificar la disponibilidad y el consumo de los recursos biomásicos en otras seis provincias: Buenos Aires, Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Misiones y Santa Fe. Los objetivos específicos fueron:

Implementar un sistema de información geográfica relacionado con la oferta y demanda de energía derivada de la biomasa de gestión provincial.

Compendiar, homogeneizar y estandarizar la información digital obrante en INTA, el Proyecto y las provincias involucradas.

Elaborar la cartografía necesaria para la aplicación del análisis espacial.

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

La metodología WISDOM, desarrollada por la FAO junto con el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), permite, por su flexibilidad, visualizar espacialmente las áreas prioritarias para el desarrollo de combustibles biomásicos de muy diversas fuentes.

Ejecución de los WISDOM provinciales

En el marco de la Carta de Acuerdo, cada Centro Regional del INTA organizó un equipo técnico local especializado que actuó como nexo entre el Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa y los distintos organismos provinciales. Sus principales tareas fueron identificar, compilar y estandarizar la información necesaria para la aplicación de los modelos de análisis espacial, adaptando la metodología a la realidad productiva, energética y sociodemográfica provincial. Estos equipos fueron coordinados y asistidos técnicamente por miembros del Programa Nacional Agroindustria y Agregado de Valor del INTA (PNAYAV) y del Componente Fortalecimiento Institucional de Proyecto.

En este contexto, en Santa Fe se realizaron diversas reuniones de trabajo con referentes provinciales en materia bioenergética, tanto del sector público como privado, en las que se identificaron las principales actividades generadoras y consumidoras de biomasa con fines energéticos, así como las posibles fuentes de información para incorporar al WISDOM Santa Fe.

En noviembre de 2016, se dictó en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Paraná del INTA el “Curso-taller para la implementación de la metodología WISDOM en las provincias de Santa Fe y Entre Ríos”, cuyo objetivo fue capacitar a los pro-

fesionales del INTA y a técnicos invitados de las provincias en la lógica y en la estructura de la metodología WISDOM y en el empleo de las aplicaciones informáticas utilizadas, así como consensuar y programar mejoras en el modelo. Al curso asistieron técnicos del INTA y de organismos públicos, privados y universidades de ambas provincias.

A partir del modelo conceptual trabajado para la provincia de Salta (FAO, 2016b), se repasaron entre todos los asistentes cada uno de los elementos que componen los módulos de la metodología y se adaptaron a Santa Fe. Se identificaron elementos que no estaban siendo contemplados aún, así como otros que debían excluirse. Para cada componente, se mencionó la posible fuente de información, su nivel de detalle y grado de actualización. Asimismo, se consensuaron aquellos elementos que debían priorizarse en el modelo provincial y otros que sólo debían ser incorporados para estudios específicos, tanto porque requieren relevamientos de campo complejos como porque superan el nivel de detalle pretendido para un WISDOM a escala provincial.

Durante 2017 se desarrolló el trabajo de campo y de gabinete, sumando nuevos datos y las recomendaciones aportadas por las instituciones y personas convocadas. Como resultado de este proceso, se desarrolló una versión final enriquecida, corregida y consensuada que aquí se presenta.

2. BIOENERGÍA



En los últimos años, el empleo de biomasa renovable para generar energía ha ido ganando prioridad en las agendas de muchos países, en gran medida por lo relativo a lo ambiental, social y económico.

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

Es necesario tener en cuenta que la biomasa es una fuente de baja densidad energética, que se encuentra ampliamente dispersa y posee una alta dependencia geográfica. Esto hace que el costo de transporte constituya una parte significativa del costo total de producción, de entre el 33 y el 50% (Sultana y Kumar, 2012). Por ello, es indispensable conocer espacialmente su disponibilidad, para lo cual las herramientas SIG son particularmente apropiadas.

A nivel global, durante los últimos años, el empleo de biomasa con fines energéticos ha ido ganando espacio en las agendas públicas de todos los países. El estímulo a las energías limpias renovables por parte de los gobiernos nacionales y locales se ha convertido en prioridad, debido no sólo a la dependencia de los combustibles fósiles en la matriz energética actual, sino también a las externalidades negativas ambientales, sociales y económicas, derivadas de su utilización. En este sentido, el uso 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 de energía.
- Aumento de la eficiencia productiva.
- Conversión de pasivos ambientales (residuos, efluentes) en materia prima energética.
- 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: los “dendrocombustibles” se circunscriben a las fuentes de biomasa leñosa; los “agrocombustibles” refieren a la biomasa herbácea, de frutas y semillas, y la categoría “varios-mezclas” corresponde a los subproductos de la actividad agropecuaria.

Con 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 denomina “biomasa seca” y es utilizada energéticamente mediante procesos termo-químicos o físico-químicos que generan directamente energía térmica o productos secundarios en la forma de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. Por otro lado, se denomina “biomasa húmeda” a la que supera el 60% de humedad, proveniente en su mayoría de residuos animales y efluentes industriales tratados mediante procesos biológicos, de los que se obtienen principalmente combustibles gaseosos.

El uso de la bioenergía tiene una significativa participación en la matriz energética mundial (10%), aunque la distribución difiere marcadamente entre las distintas regiones del globo (IEA, 2009).

En la República Argentina, la composición de la matriz energética se caracteriza por una elevada dependencia de combustibles fósiles. Según las cifras del Balance Energético Nacional (BEN) más reciente (Ministerio de Energía, 2016), sobre un total de 80,06 millones de tep, la biomasa re-

presentó aproximadamente el 6,10% de la oferta interna de energía primaria, y estuvo conformada por leña (1,04%), bagazo (1,04%), aceites vegetales (3,08%), alcoholes vegetales (0,58%) y otros subproductos primarios (0,36%), como cáscara de girasol, licor negro, marlo de maíz, cáscara de arroz y residuos pecuarios. Las energías hidráulica, nuclear, eólica y solar sumaron un 7,06% de la energía primaria del país. En tanto, los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) alcanzaron el 86,84%, lo que muestra el gran predominio que este tipo de fuentes tiene todavía (Gráfico 1).

En la provincia de Santa Fe existe una gran oferta energética potencial a partir de fuentes renovables, como la biomasa o los caudales de agua, que podría desplazar parcialmente a los combustibles fósiles utilizados e implicar un aporte relevante a la sustentabilidad de las actividades productivas agropecuarias y agroindustriales y a la preservación del medio ambiente.

Matriz energética de la provincia

En Santa Fe, la energía convencional representa más del 95% del consumo (CPCE, 2007). El 5% restante lo conforman diversos recursos energéticos no convencionales que se dan normalmente en las zonas rurales. Aun siendo pequeño, este valor puede tener importancia cuando se trata del abastecimiento de centros aislados, población rural dispersa, zonas alejadas del sistema interconectado, etc.

Santa Fe tiene un subsistema energético fuertemente interconectado con el sistema energético argentino. La situación de abastecimiento de energía proveniente de cada una de fuentes convencionales se conforma de la siguiente manera:

- *Gas natural*: representa el 46,3% del consumo energético provincial. Es importado de yacimientos de otras provincias y de Bolivia. La provisión se realiza a través de la Red Troncal de Gasoductos, mientras que la distribución la realiza la Distribuidora Litoral Gas.
- *Derivados de petróleo*: representa el 35% del consumo y abarca naftas, gas oil, fuel oil. La producción de petróleo es externa a Santa Fe.

Cuadro 1

Clasificación de las fuentes de biocombustibles

Fuente

Adaptado en base a FAO (2004)

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

Los productos refinados son producidos parcialmente en la Refinería San Lorenzo y en refinerías ubicadas en otras provincias.

- **Energía eléctrica:** generada en el Sistema Interconectado Nacional, el despacho de cargas es realizado por el organismo nacional encargado, la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico SA (CAMMESA), mientras que la distribución y sub-transmisión eléctrica dentro de Santa Fe compete a la Empresa Provincial de la Energía (EPE) y cooperativas eléctricas de jurisdicción y regulación provincial.

La distribución del uso muestra que el sector industrial consume el 42% del total; el sector de transporte el 29%; el sector residencial el 14%; el sector agropecuario el 12%, y los sectores comercial y público, solo el 3 por ciento.

Del total del consumo industrial, medido en kilotoneladas equivalentes de petróleo (ktep), el 74,7% (1 370,8 ktep) es provisto por gas natural y el 24,6% (451,8 ktep) por electricidad. El 0,7% restante es aportado por bagazo (8,2, ktep), fuel oil (4,9 ktep), gas licuado (0,3 ktep) y leña (0,3 ktep).

Como puede notarse, la industria santafesina es fuertemente dependiente del gas natural de mane-

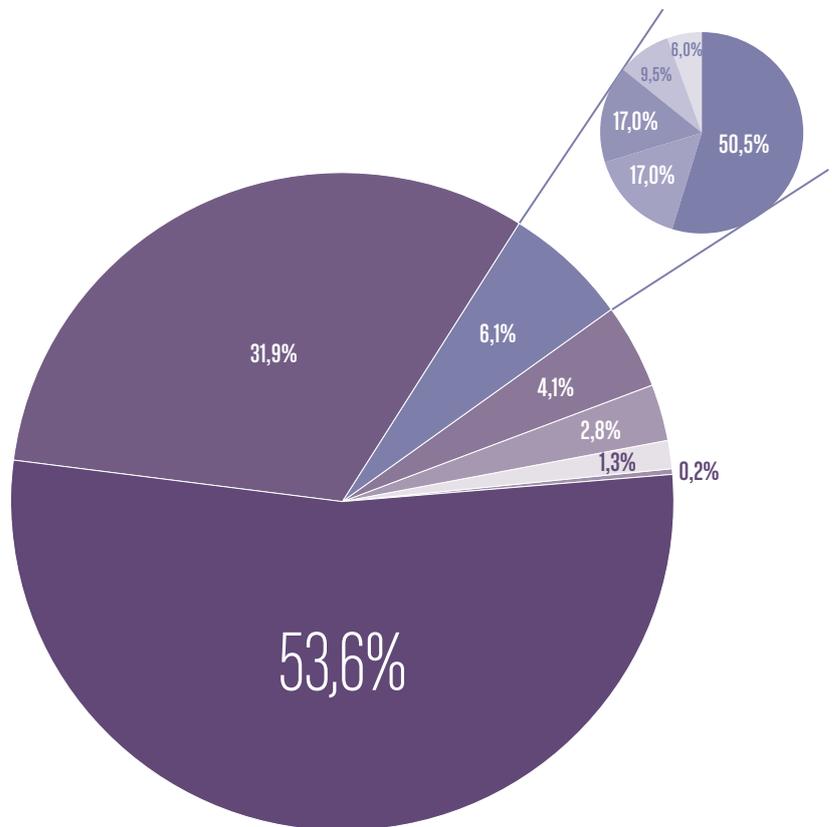
Gráfico 1

Composición de la oferta interna de energía primaria en la Argentina

Fuente

Ministerio de Energía (2016)

53,6%	Gas natural de pozo
31,9%	Petróleo
4,1%	Energía hidráulica
2,8%	Energía nuclear
1,3%	Carbón mineral
0,2%	Energía eólica
0,0%	Energía solar
6,1%	Bionergías
50,5%	Aceites vegetales
17,0%	Leña
17,0%	Bagazo
9,5%	Alcoholes vegetales
6,0%	Otros primarios



Total energía primaria 2016: 80,06 millones de tep.

ra directa y también indirecta, a través de la energía eléctrica producida a partir del mismo. Semejante dependencia obliga a generar programas de continuidad para enfrentar situaciones de complejidad y criticidad crecientes. Por esta razón, es necesario coordinar políticas públicas y privadas que aseguren el suministro de largo plazo y, eventualmente, adoptar políticas contingentes para afrontar probables situaciones de déficit. Evidentemente, el hecho de que en Santa Fe exista una industria de escala y alta concentración en pocos rubros permite esperar la concreción de estrategias de abastecimiento públicas y privadas con probabilidades de éxito, como implementación de políticas de promoción de la cogeneración energética (calor + electricidad), autogeneración eléctrica, uso racional de la energía, etc.

En el marco del Programa RenovAr, en la Ronda 1 se adjudicaron dos proyectos a partir de generación de biogás por una potencia ofertada total de 2,6MW (CT San Pedro Verde y CT Biogás Ricardo- ne). Durante la Ronda 2, se adjudicaron ocho proyectos a partir de biogás por un total de 19MW de potencia ofertada (CT Bella Italia, CT Recreo, CT Avellaneda, CT Venado Tuerto, CT Biocaña, CT del Rey, CT Don Nicanor, CT Bombal Biogás); un proyecto de generación de biogás a través de rellenos sanitarios por 3,12 MW de potencia (CT Ricardone II) y un proyecto de generación a partir de biomasa con una potencia ofertada de 7MW (CT Venado Tuerto).

La industria santafesina es muy dependiente del gas natural, directa e indirectamente. Por su escala y alta concentración en pocos rubros, puede esperarse que se concreten estrategias de provisión exitosas, como políticas de promoción de cogeneración energética (calor más electricidad), autogeneración eléctrica o uso racional de la energía.

3. MARCO DE REFERENCIA GEOGRÁFICO Y AMBIENTAL



Santa Fe abarca gran variedad de ambientes. Al sur, tiene suelos muy aptos para agricultura y ganadería. Al centro, se destaca una importante cuenca lechera. Hacia el norte, hay cultivos ligados al engorde bovino.

La provincia de Santa Fe tiene una superficie de 131 117 km², que representa el 4,7% del total nacional. Administrativamente, se divide en 19 departamentos y, según el Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda (CNPHyV) de 2010, contaba con una población de 3,2 millones de habitantes y una densidad poblacional de 22,6 habitantes por km² (INDEC, 2010).

En cuanto a la distribución de la población, existe una marcada concentración en dos centros urbanos: en el departamento Rosario residen 1 245 700 habitantes, el 37,9% del total provincial, y en el departamento Capital, con la ciudad capital de Santa Fe, 547 500 habitantes (16,7%). Otros centros son el núcleo urbano Reconquista-Avellaneda, en el noreste sobre la RN 11 (105 000 habitantes); la ciudad de Rafaela, en el centro sobre la RN 34 (93 000 habitantes), y Venado Tuerto, en el sudoeste sobre la RN 33 (82 000 habitantes). También constituyen importantes centros poblados las localidades de Villa Gobernador Gálvez y San Justo. El porcentaje de residentes en áreas urba-

nas, según el CNPHyV 2010, era de 89,2%, y con tendencia creciente al despoblamiento del sector rural. El 63% de los santafesinos conformaban el estrato comprendido en la Población Económicamente Activa (entre 14 y 65 años).

Santa Fe presenta diversas potencialidades agro-económicas de las que derivan las diferentes cadenas productivas. Esto se debe a la heterogeneidad de ambientes que tiene su territorio. En la región sur, caracterizada por temperaturas medias, precipitaciones bien distribuidas y suelos de alta fertilidad, se desarrolla principalmente el cultivo de granos, como soja, maíz y trigo, entre otros. También tiene importancia la producción ganadera bovina, principalmente en el departamento de General López.

En el área central, los suelos tienen menor potencial para producciones agrícolas, y el clima se caracteriza por temperaturas algo más extremas. Sin embargo, sigue siendo importante la producción de granos, aunque la zona es de producción láctea por excelencia y conforma una de las principales cuencas lecheras del país.

La región centro-norte, que abarca los departamentos de San Cristóbal, norte de San Justo, San Javier, General Obligado, Vera y 9 de Julio, es la más extensa en superficie (más del 50% del territorio provincial), pero la menos favorecida en cuanto a la capacidad productiva de los suelos para la agricultura extensiva; solamente un 10% del área es destinada a los cultivos de girasol, soja y algodón y, en menor medida, a sorgo y maíz, aunque estos vinculados a la producción ganadera. Precisamente, es la zona de la provincia con la mayor concentración de ganado vacuno, orientado fundamentalmente a la cría. La zona de islas y el valle de inundación del río Paraná es también de cría bovina, aunque además se realiza engorde natural de miles de novillos.

Con relación a la disponibilidad de recursos biomásicos con fines energéticos, en la provincia se destaca la potencialidad de los espartillares típicos de las zonas salinas y anegadizas (Bajos Submeridionales, por ejemplo); de los productos generados por el manejo de los bosques nativos de la Cuña Boscosa (únicamente, en el marco de planes de manejo aprobados por la autoridad local de aplicación), y, en menor medida, de los subproductos de la industria azucarera (bagazo) y del desmote del algodón. La provincia también cuenta con disponibilidad de fuentes con potencial bioenergético proveniente de residuos de empresas semilleras situadas en la zona sur, así como de fábricas de muebles y efluentes de la industria frigorífica. Finalmente, no es menor la cantidad de desechos provenientes de tambos, *feedlots* bovinos y establecimientos porcinos que tienen potencial para su conversión en biogás.

Ambientes

Por estar ubicada en la llanura chaco-pampeana, nuestra provincia carece de accidentes orográficos importantes; sin embargo, su paisaje aparece con suaves ondulaciones y con un fuerte modelado de los ríos de llanura que la surcan.

En base a las características de relieve y al gradiente de temperatura y humedad, se pueden diferenciar en Santa Fe seis regiones ambientales.

Cuña Boscosa

Esta región está ubicada en los departamentos de General Obligado y Vera, en el noroeste provincial. Su relieve es plano, con una suave inclinación hacia el sur y el este, lo que condiciona el sentido del escurrimiento de los numerosos arroyos, cañadas y lagunas que lo surcan. Como indica su nombre, una formación arbórea del parque chaqueño se introduce en el territorio santafesino en forma de cuña, constituida por especies forestales de madera dura, como el quebracho colorado y blanco, algarrobo, guaraniná, etc. Estos bosques están poblados por una rica fauna con especies tales como guazunchos, pumas, zorros, loros y yacarés.

Bajos Submeridionales

Esta región de características exclusivas se localiza en el departamento de Vera. Son más de 2 millones de hectáreas que funcionan como una gran depresión y donde se pueden recorrer kilómetros sin diferenciar cambios de relieve. Esto hace que sea un área con problemas de drenaje y sujeta a alternancias de inundación y sequía. Carece de árboles, sólo predominan espartillos adaptados al agua y a las sales.

Chaco Semiárido

Es una estrecha franja en el departamento de 9 de Julio, en el límite con la provincia de Santiago del Estero. Es una zona alta con escurrimientos que se dirigen hacia el este (Bajos Submeridionales). La escasez de lluvias hace que predominen árboles y arbustos de hojas caducas y adaptadas al déficit hídrico: quebracho colorado santiagueño, quebracho blanco, guayacán, palmera. Entre su fauna se destacan las vizcachas, iguanas, pecaríes y osos hormigueros.

Zona Transicional

Ocupa el centro del territorio y, como su nombre lo indica, presenta características del ambiente chaqueño al norte y del pampeano al sur. Su relieve es suavemente ondulado a plano, o deprimido en las cercanías de los arroyos y los ríos como el

Salado. Presenta desde bosques bajos hasta amplias sabanas de pastizales y pajonales. Entre la fauna se destacan los zorros, lechuzas, perdices, martinetas y armadillos.

Pampa Húmeda

Esta zona se extiende desde el río Carcarañá y hasta el límite provincial, y es la que presenta mayores ondulaciones en el relieve. Predominan los pastizales y solamente aparecen árboles en las cercanías de los cuerpos de agua. Entre las especies faunísticas se encuentran cuises, lechuzas, comadrejas y zorrinos.

Valle del río Paraná

A lo largo de toda la provincia y en su límite oriental se encuentra el río Paraná y todo un ambiente de islas y arroyos asociados. Es una región en permanente cambio, pues todo su paisaje se modifica con el ritmo de las crecientes y bajantes del río. Durante la creciente, el río erosiona y arrastra material; durante el estiaje, deposita bancos de arena y sobre ellos la vegetación vuelve a formar bosques en galerías. Aliso, sauce, timbó y laurel son especies características de este ambiente. Su fauna es muy variada: nutrias, yacarés, carpinchos, biguás, dorados, surubíes, entre otros.



4. SISTEMAS BIOENERGÉTICOS Y METODOLOGÍA WISDOM



Un sistema bioenergético involucra todas las fases y operaciones que se requieren para producir, preparar, transportar, comercializar y convertir el biocombustible en energía. Por ello, debe ser entendido integralmente.

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

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

- *Multisectorialidad*: involucran diferentes sectores, tales como el forestal, el industrial, el energético, el agrícola, el residencial y el comercial, que deben ser concebidos en sus interrelaciones si se pretende realizar una planificación pública de largo plazo.
- *Interdisciplinaridad*: 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 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 los sistemas bioenergéticos en diferentes escalas, poniendo énfasis en los estudios de sitios específicos.
- *Heterogeneidad en las fuentes de oferta de biomasa*: abarca forestaciones implantadas o sistemas de silvicultura de corta rotación, el



© Ministerio de Agroindustria

incremento medio anual (IMA) de formaciones vegetales nativas, residuos agrícolas de cosecha, la poda urbana y de frutales, el estiércol pecuario, entre las más importantes. Conocer la disponibilidad y el tipo de recurso a ser utilizado, facilita la planificación estratégica de proyectos con fines energéticos.

- *Heterogeneidad en los sectores de demanda de biomasa:* la demanda involucra sectores disímiles tanto cualitativa como cuantitativamente. Así, se encuentran 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.

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

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 que deben transportarse generen altos costos logísticos y, por ello, es importante contemplar su accesibilidad.

Como consecuencia de las características mencionadas, y dada la complejidad de la generación de energía a partir de biomasa, surgió la necesidad de contar con herramientas metodológicas que 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 la FAO desarrolló e implementó la metodología WISDOM, que aborda esta problemática con una visión sistémica 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 de los bosques nativos, de las forestaciones y de la foresto-industria, la misma ha sido ampliada para considerar otros tipos de biomasa no leñosa, como los residuos y subproductos agrícolas y los agroindustriales. Esta versión "extendida" es la que se utilizó para realizar el WISDOM Argentina (FAO, 2009).

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).

La metodología WISDOM se apoya en sistemas de información geográfica (SIG), que permiten integrar y disponer espacialmente datos, estadísticas e información de múltiples ámbitos. Una de sus ventajas es que considera el contexto completo de la oferta y la demanda de biomasa.

Para realizar el análisis espacial integrado sobre oferta y demanda de biomasa con fines energéticos de la provincia de Santa Fe, se utilizaron diversos programas de código abierto: R, Quantum Gis y Dinamica EGO (*Environment for Geoprocessing Objects*, por sus siglas en inglés). El programa R se usó para sistematizar las bases de datos geográficos vectoriales (*shapes*), convirtiendo a formato ráster los datos que no estuvieran aún en ese formato, y para homogeneizar y estandarizar la base de datos completa²; 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, Dinamica EGO se utilizó para integrar la información y realizar todo el análisis espacial a través de sucesivos modelos.

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

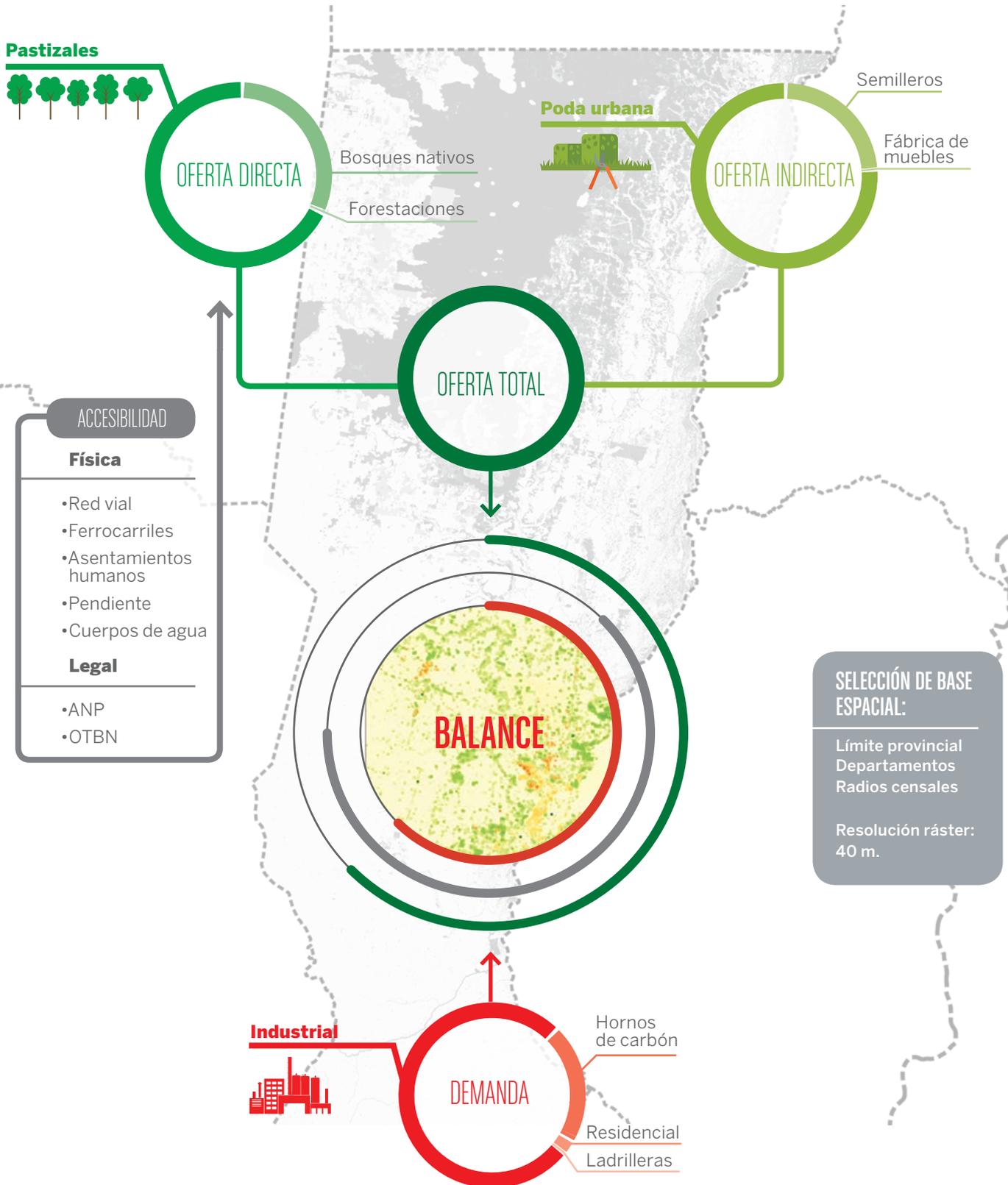
1. Definición de la unidad administrativa-espacial mínima de análisis.
2. Desarrollo del módulo de oferta.
3. Desarrollo del módulo de demanda.
4. Desarrollo del módulo de integración.

Adicionalmente, se desarrolló otro módulo sobre oferta de biomasa húmeda.

En el Gráfico 2 se muestran, de modo ilustrativo, los módulos y las principales fuentes de información utilizadas.

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

Gráfico 2. Modelo conceptual WISDOM Santa Fe



5. MÓDULOS Y RESULTADOS DEL WISDOM SANTA FE

-
- 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 oferta directa refiere a la biomasa situada en el campo. En Santa Fe, se consideraron bajo este concepto los bosques nativos, los pastizales de los Bajos Submeridionales y los residuos de plantaciones forestales.

La metodología de análisis espacial WISDOM se aplicó en la provincia con el objetivo de calcular el balance de biomasa disponible para obtener energía. De esta manera, y siguiendo el mismo procedimiento que el ejecutado en la elaboración del WISDOM Argentina (FAO, 2009) y del WISDOM Salta (FAO, 2016b), 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 otras escalas cuando la información y datos estadísticos se encontraban disponibles a otro nivel de detalle.

En cuanto a la unidad de análisis ráster, la resolución espacial empleada fue de 40 m (0,16 ha), lo que mejora el nivel de detalle del WISDOM Ar-

gentina, donde se utilizó una resolución espacial de 250 m (6,25 ha). En la mayoría de los casos, la información disponible se encuentra expresada en toneladas de biomasa seca por hectárea. Para adaptar estos valores a la resolución utilizada, todas las capas se multiplicaron por un valor constante de 0,16, que representa la superficie en hectáreas de cada píxel. El sistema de coordenadas empleado fue Gauss-Krüger Faja 5 POSGAR 94 WGS84. El límite provincial 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 la biomasa que se encuentra en el campo. Una de sus características es la dispersión territorial. En este módulo, referido a Santa Fe, se consideraron y analizaron las coberturas correspondientes a los bosques nativos, a los pajonales de la región conocida como Bajos Submeridionales y a los residuos producidos en las plantaciones forestales, con el objetivo de estimar

la disponibilidad de recursos biomásicos con fines energéticos.

Las producciones de caña de azúcar y algodón, así como los cultivos extensivos “pampeanos” (girasol, maíz, soja, sorgo y trigo), no han sido considerados para uso energético. Ello se debe a que los volúmenes de rastrojo que dejan deben quedar en el campo para el mantenimiento de la fertilidad y estructura del suelo. En cuanto a frutales y hortalizas, tampoco fueron incluidos por considerar que su aporte es marginal.

5.2.1 Bosques nativos

El uso dendroenergético de los bosques nativos se contempló bajo estrictas consideraciones de sustentabilidad. Para estimar su oferta, se trabajó con el Mapa de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos (OTBN) de la provincia de Santa Fe (Ley provincial 13372/2013, en el marco de la Ley nacional 26331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos), provisto por el gobierno provincial (Anexo I). Dicho mapa tiene como atributo el tipo de bosque, para cada uno de los cuales se asignaron valores de Incremento Medio Anual (IMA), según puede apreciarse en el Cuadro 2.

Los valores de IMA adoptados surgen de bibliografía específica (Brassiolo y Grulke, 2015) y del conocimiento experto de técnicos de la provincia.

A su vez, debido a que el valor del IMA se distribuye homogéneamente según el mapa de OTBN, se trabajó con la información de las capas de cobertura arbórea Tree Cover, Loss y Gain generadas por el Departamento de Ciencias Geográficas de la Universidad de Maryland y la NASA (Hansen *et al.*, 2013). Estas coberturas fueron obtenidas a partir del análisis de colecciones de imágenes Landsat. La capa Tree Cover contiene estimaciones del porcentaje de cobertura de la vegetación leñosa mayor a 5 m de altura en cada píxel en el año 2000.

La capa Loss muestra la pérdida de bosques, definida como la alteración del reemplazo del stand de plantas o la eliminación completa del dosel de la cubierta arbórea, entre los años 2000 y 2012. Y la capa Gain, que representa la ganancia, se definió como la inversa de la pérdida o el cambio de un estado no forestal a uno forestal entre los años 2000 y 2012.

En los casos en que el mapa de bosques nativos indica la presencia de cobertura arbórea pero no así la capa Tree Cover, se asume que en esos píxeles la cobertura existe pero es inferior a 5 m. Por lo tanto, se procedió a corregir el valor del IMA en esas situaciones asignando un IMA mínimo (50% del IMA) a esos píxeles. Para ellos se consideraron los valores de IMA mínimo que se muestran en el Cuadro 2.

Por otra parte, se tuvieron en cuenta las extracciones industriales que se realizaron de los bosques nativos. Para ello, se utilizó información provista por la ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) sobre la cantidad de material extraído para rollizos y postes para alambrados por año, de 2002 a 2014, en los departamentos de 9 de Julio, Vera y General Obligado. Luego se estimó el promedio anual de esa serie de datos. En el Cuadro 3 se presentan los valores utilizados.

Los resultados de estos procedimientos pueden apreciarse en el Mapa 1.

Se puede observar en el mapa que la mayor oferta proveniente de los bosques nativos se da en el norte de Santa Fe, especialmente en la región conocida como Cuña Boscosa y en el ambiente de islas del río Paraná. Los valores más altos de oferta están circunscriptos a la categoría forestaciones. Se alcanzan a observar píxeles aislados en el centro y sur del territorio provincial que, en general, corresponden a forestaciones artificiales destinadas a sombra para casas y animales.

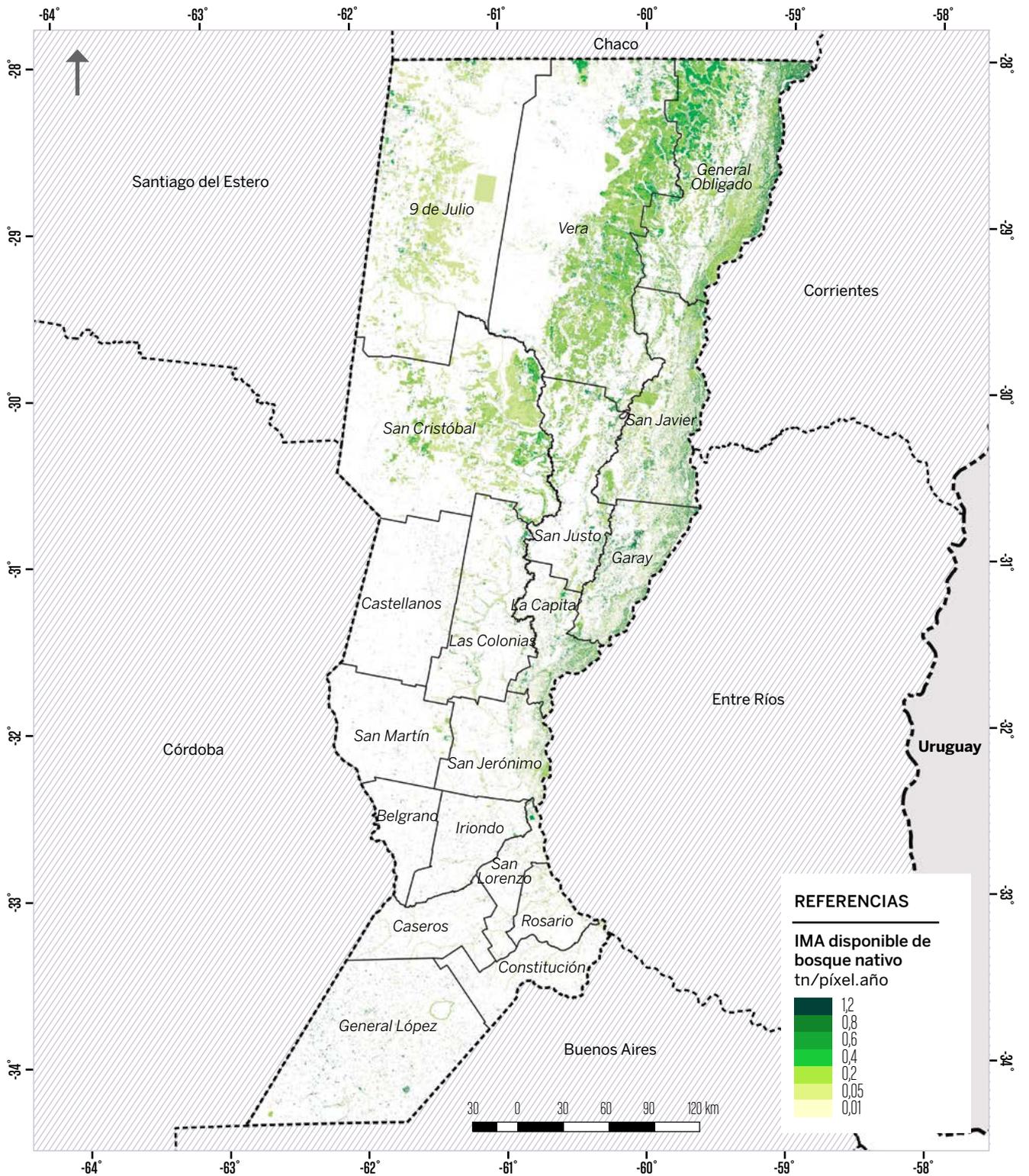
Cuadro 2. IMA e IMA mínimo, según tipo de bosque

Tipo de bosque	IMA (m ³ /ha/año)	IMA mínimo (m ³ /ha/año)
Bosque mixto	3,00	1,50
Bosque insular	1,50	0,75
Bosque con influencia insular	1,50	0,75
Espinal	1,50	0,75
Bosque de inundación	1,00	0,50
Bosque de albardón costero	2,00	1,00
Bosque de ribera	1,50	0,75
Bosque mixto degradado	1,50	0,75
Algarrobal	1,50	0,75
Algarrobal degradado	1,00	0,50
Quebrachal	1,50	0,75
Quebrachal degradado	1,00	0,50
Bosque de tres quebrachos	3,00	1,50
Bosque de tres quebrachos degradado	1,50	0,75
Parque	0,50	0,25
Forestación	5,00	2,50

Cuadro 3. Extracciones de la industria forestal por departamento

Departamento	Extracciones forestales (tn/año)
9 de Julio	3 894
General Obligado	705
Vera	1 173

Mapa 1. Oferta potencial de bosques nativos
Fuente. Elaboración propia



5.2.2 Pastizales

Se consideró particularmente el aporte potencial de los espartillares existentes en la zona conocida como Bajos Submeridionales, si bien estas formaciones vegetales también se encuentran en otros sectores de la geografía provincial, siempre asociadas a perfiles de suelos salinos o salino-sódicos en posición topográfica susceptible de acumular agua en superficie durante amplios períodos. El espartillo es una planta perenne, de baja palatabilidad para la hacienda vacuna. Es usual que se lo quemue a la salida del invierno con la finalidad de provocar un rebrote tierno para pastoreo y permitir el desarrollo de otras especies presentes en la intermata y que son dominadas por el agresivo desarrollo del espartillar.

Una recomendación técnica sustentable consiste en reemplazar el efecto del fuego por periódicos desmalezados a través del corte o rolado del pajonal. Esto, que puede o no ser rentable para el productor ganadero dependiendo de la relación de precios entre la carne y el gasoil, impulsa a considerar el uso de estas grandes superficies para cosechar la parte aérea seca del espartillo con destino a producción de bioenergía, con lo que mejoraría la receptividad de esos campos para la ganadería, a la vez que se evitaría la práctica del quemado.

El mapa de las áreas consideradas con cobertura de espartillo se construyó en base al mapa de "Capacidad productiva de las tierras de provincia de Santa Fe para uso agrícola y pasturas de alfalfa" (INTA, 2009) y a la interpretación de imágenes satelitales. Como puede observarse en el Mapa 2, es muy extensa la zona en la que se extiende esta formación vegetal, que suma 2,03 millones de hectáreas.

El índice de cosecha del espartillo es de 2 500 a 3 500 kg/ha/año de materia seca (Gallo Mendoza y Ugarte, 2015), teniendo en cuenta diversos factores que impedirían aprovechar plenamente la producción total, como el consumo del rebrote por parte del ganado, la eficiencia de corte y recolección de biomasa y la necesidad de conservar biomasa remanente para mantener la cobertura asegurando la persistencia de las matas.

Para la estimación de biomasa se consideró un rendimiento de 2,5 tn/ha/año. Se distribuyó este rendimiento homogéneamente a cada píxel; considerando que cada uno cuenta con 0,16 ha, la cantidad de espartillo que potencialmente se podría extraer de cada píxel resulta de 0,40 tn/ha/año.

Por lo tanto, la oferta directa potencial de biomasa de este pastizal asciende a 4 842 198 tn/año.

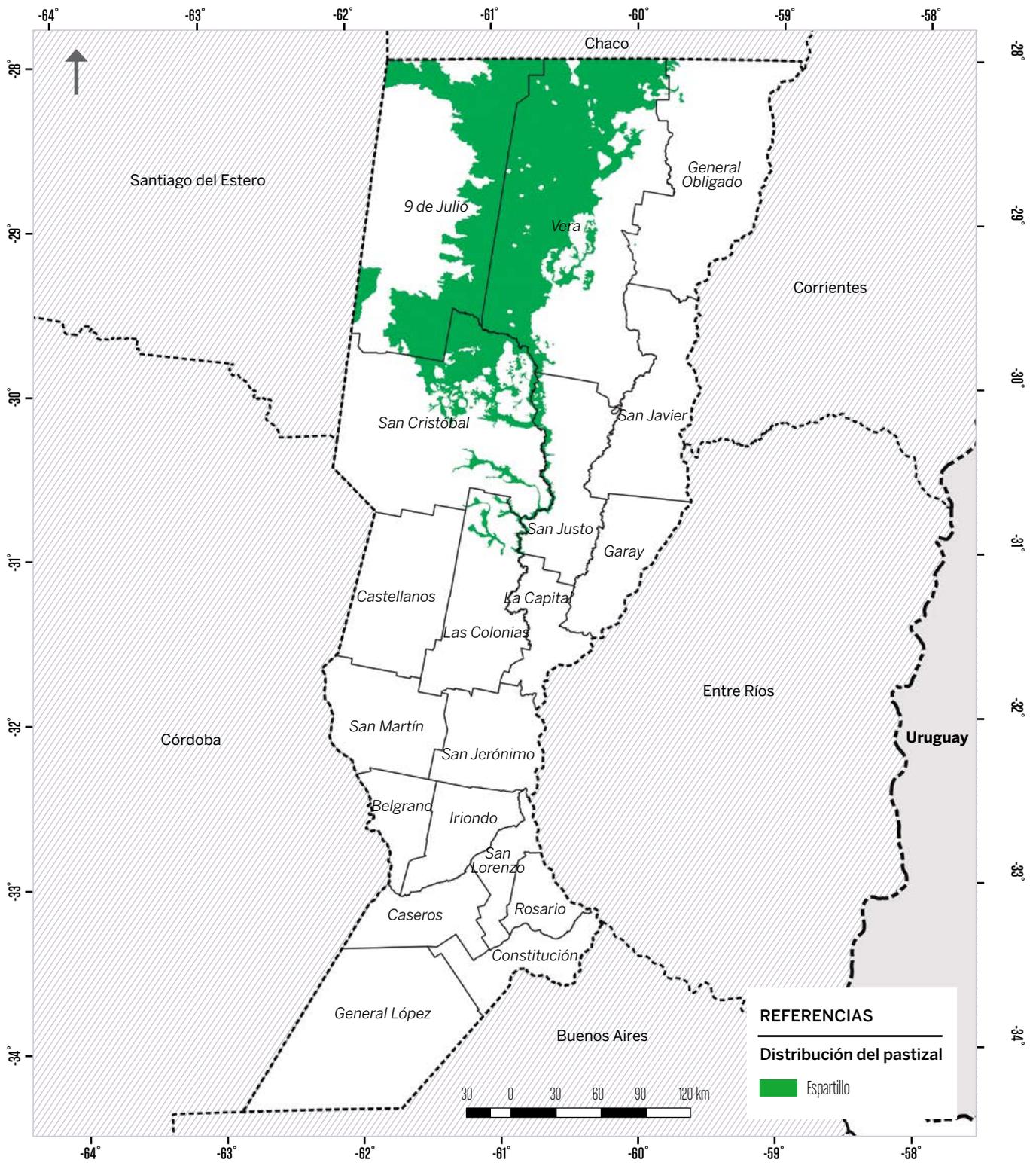
5.2.3 Plantaciones forestales

Santa Fe no tiene tradición ni se caracteriza por la producción de plantaciones forestales. La explotación maderera está históricamente ligada al uso de productos de los bosques nativos, principalmente de la Cuña Boscosa, donde, durante buena parte del siglo pasado, la empresa británica La Forestal extrajo tanino y durmientes de los quebrachales, postes, varillas y maderas de otras especies, leña y carbón. Pero, exceptuando algunas pocas en el sur del departamento de Vera y en San Javier, son escasas las empresas que se dedican a la forestación.

El mapa utilizado para este análisis fue obtenido del sitio del Ministerio de Agroindustria de la Nación (2013). Para el cálculo del aporte de biomasa de estas plantaciones se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones realizadas por la EEA Oliveros del INTA:

- Plantaciones de eucaliptos: se estima un IMA de 30 m³/ha/año. Si se considera un turno de corte de 15 a 20 años se obtendría un volumen de 450 a 600 m³/ha. Si se aprovecha para rollo, postes o paneles, quedaría un residuo del 50%, aproximadamente. Si, de este residuo, la mitad queda en el campo para fertilizar, la biomasa aprovechable para energía sería del 25%, es decir, quedarían en promedio 131 m³/ha. Esto, multiplicado por la densidad (0,6), daría un peso total de biomasa de 79 toneladas por hectárea a lo largo de los 15 años, o sea, 5,3 tn/ha/año.
- Plantaciones de salicáceas (sauces y álamos): en un análisis similar al de eucaliptus, con un IMA de 15 a 20 m³/ha/año, por turno de corte de 15 años, la biomasa total sería de 300 m³/ha.

Mapa 2. Distribución geográfica del espartillar
Fuente. Elaboración propia



Si sólo se puede aprovechar para energía el 25%, se obtendría un volumen de biomasa de 75 m³; con una densidad de 0,4, quedarían 30 tn/ha en 15 años, es decir, 2 tn/ha/año.

En cuanto a la superficie declarada de pinos y otras (grevillea, paraíso, etc.), son muy poco significativas y no se cuenta con los datos para realizar el cálculo. De todos modos, como en el mapa aparecen estas categorías, se les asignó un valor de 1 tn/ha/año para no eliminarlas del análisis, a fin de asignarles el valor de biomasa que producen en un análisis futuro.

Las pocas plantaciones o macizos de especies exóticas existentes en Santa Fe se sitúan en los departamentos de San Lorenzo, San Justo, Garay y, en menor medida, Las Colonias, San Cristóbal, General López, Vera e Iriondo.

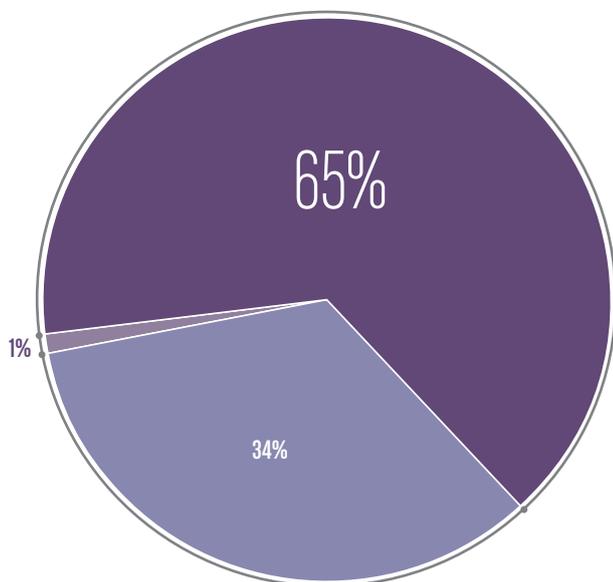
La oferta de biomasa de las forestaciones suma en Santa Fe 65 454 tn/año. En el Mapa 3 se observa la distribución de oferta directa proveniente de pastizales y forestaciones.

Síntesis de oferta directa total

En el Mapa 4 y el Cuadro 4, puede observarse la integración de la distribución espacial de la oferta directa total, estimada a partir de la biomasa de bosques nativos, pastizales y plantaciones forestales. Esta disponibilidad se concentra en el centro-norte de la provincia. Los valores máximos alcanzados por píxel corresponden a 1,15 tn/año.

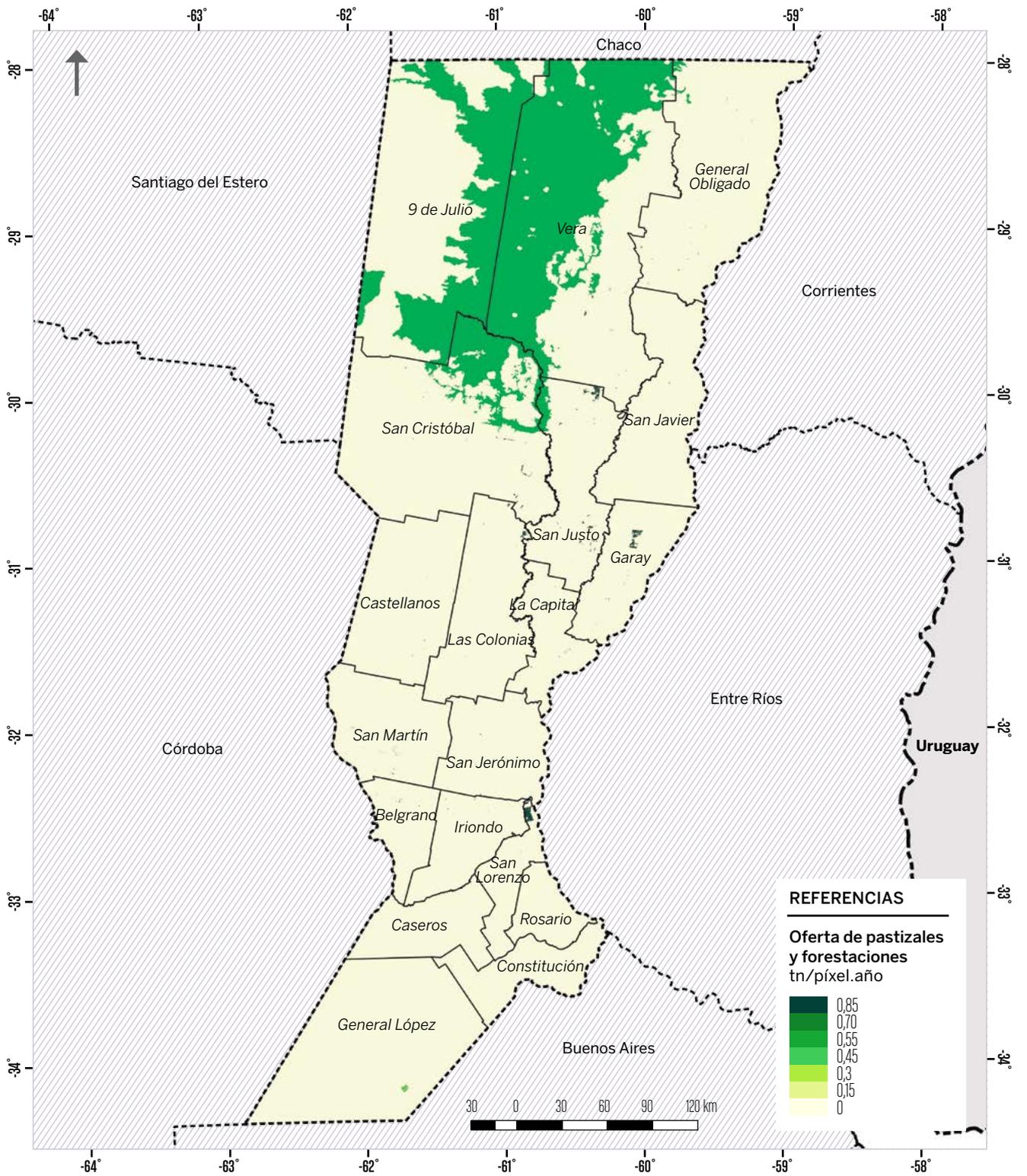
Los bosques nativos representan el 34% del total de biomasa para fines energéticos (Gráfico 3) y su distribución se encuentra principalmente en los departamentos de Vera, General Obligado, 9 de Julio, San Cristóbal, San Justo y San Javier.

Gráfico 3. Oferta directa total en porcentaje

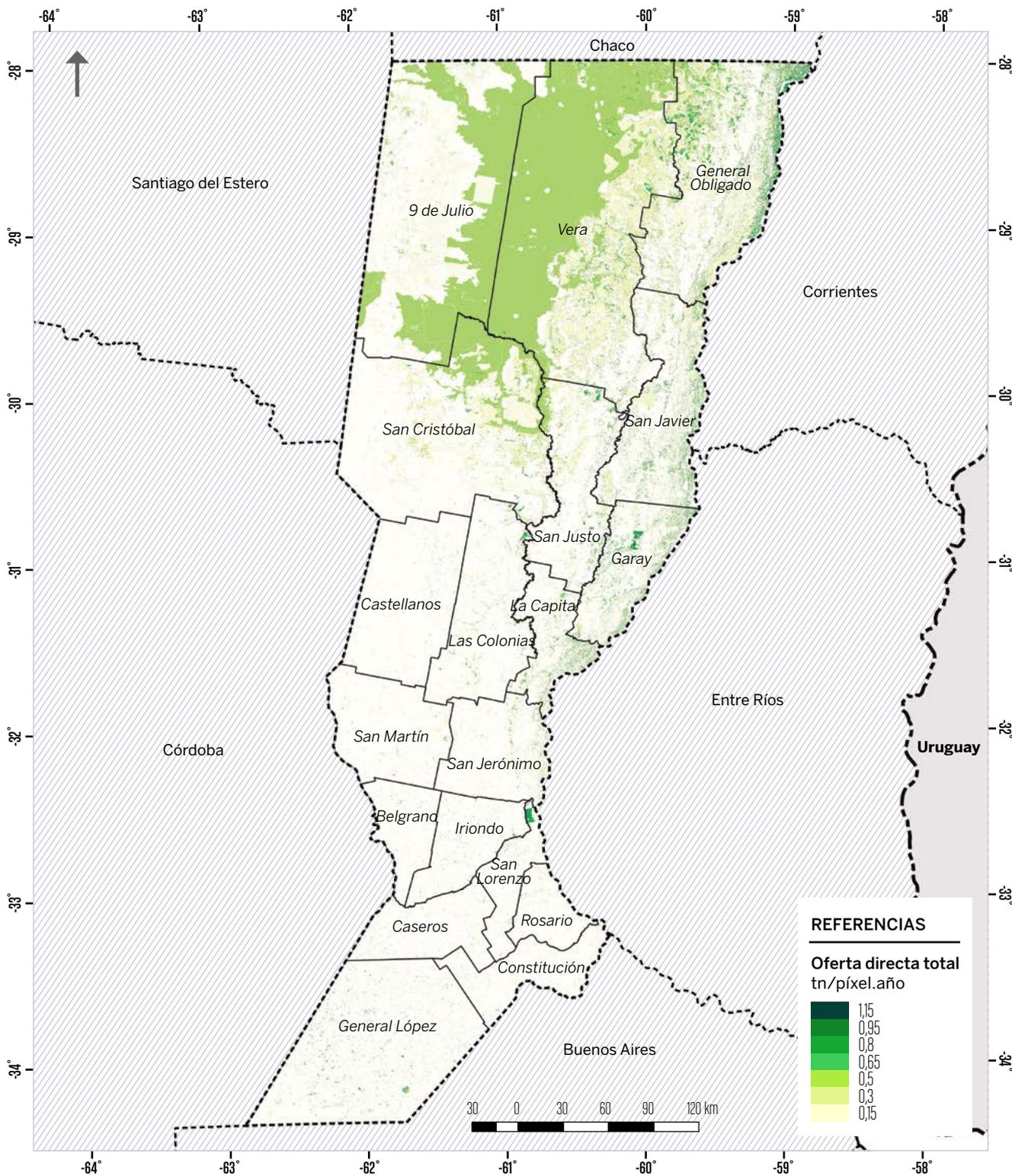


65%	Pastizales
34%	IMA disponible de bosque nativo
1%	Forestaciones

Mapa 3. Oferta directa proveniente de pastizales y plantaciones forestales
Fuente. Elaboración propia



Mapa 4. Oferta directa total
Fuente. Elaboración propia



Cuadro 4

Oferta directa total por departamento

Departamentos	Oferta directa total (tn/año)			Total por departamento
	Pastizales	IMA disponible bosques nativos	Forestaciones	
9 de Julio	1 564 312	126 238	–	1 690 550
Belgrano	–	4 875	427	5 302
Caseros	–	10 245	–	10 245
Castellanos	–	8 686	311	8 997
Constitución	–	10 136	–	10 136
Garay	–	145 195	13 409	158 604
General López	–	51 811	2 438	54 249
General Obligado	16 225	817 647	733	834 605
Iriondo	–	12 353	2 056	14 409
La Capital	–	81 239	1 035	82 273
Las Colonias	–	42 707	4 233	46 941
Rosario	–	8 692	–	8 692
San Cristóbal	468 713	208 971	3 729	681 413
San Jerónimo	–	38 398	719	39 117
San Javier	–	257 615	136	257 751
San Justo	44 791	98 856	16 545	160 192
San Lorenzo	–	11 417	16 639	28 056
San Martín	–	8 268	752	9 020
Vera	2 748 157	648 271	2 293	3 398 720
Total provincial	4 842 198	2 591 620	65 454	7 499 272

5.2.1 Accesibilidad física

La metodología WISDOM contempla la incorporación de una variable limitante, que tiene relación con la topografía y la distancia que existe entre un lugar poblado o vías de comunicación y la localización del recurso biomásico analizado. Esencialmente, la metodología propone aplicar esta restricción o limitante a la oferta directa de biomasa (bosques nativos, pastizales y plantaciones forestales), dado que estos recursos se encuentran dispersos en el territorio (FAO, 2016a).

El desplazamiento entre dos puntos del espacio implica una fricción, que se expresa en términos de costos económicos y energéticos (combustible, mano de obra) y de tiempo de traslado, dependiendo de la distancia y pendientes que separan estos puntos.

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

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 manifiestan 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 (FAO, 2016a)

Si bien en la provincia de Santa Fe las pendientes no constituyen un problema para la accesibilidad, se tuvieron en cuenta en la metodología para facilitar el cálculo del costo. A diferencia del WISDOM Argentina (FAO, 2009), en el que la accesibilidad se divide en 20 categorías discretas (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 usaron valores continuos. Así, un píxel 58,7% accesible tendrá un 58,7% de su IMA potencial disponible con fines bioenergéticos.

En este análisis espacial se aplicó una función exponencial para calcular el costo acumulado para llegar a un determinado píxel, a diferencia de la función lineal utilizada en el WISDOM Argentina (FAO, 2009). Con esta función exponencial, los píxeles experimentan un rápido incremento del costo acumulado a medida que se alejan del lugar de origen, sea red vial, ferroviaria o centro poblado. En otras palabras, los píxeles muy accesibles conservarían una fracción significativa de su IMA, mientras que píxeles medianamente o poco accesibles tendrían poco IMA disponible para utilizar (FAO, 2016a).

Red vial

El análisis de la red vial se realizó empleando la capa vectorial cedida por la provincia de Santa Fe. 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), adaptando estos coeficientes a la información de la capa vectorial utilizada y a la realidad de la provincia. 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 tres coeficientes, tal como se detalla en el Cuadro 5.

Ferrocarriles

En relación con los ferrocarriles, la capa geográfica que se utilizó fue suministrada por la Secretaría de Estado de Energía de Santa Fe. La ponderación otorgada a las vías férreas fue de 0,72 (72% de accesibilidad), equivalente a una calzada de tipo camino consolidado.

Ejidos urbanos

La capa de centros poblados urbanos se generó a partir de la selección de los radios censales de tipo "urbano" del CNPHYV 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).

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 los parajes rurales, a los que se les asignó una accesibilidad del 100 por ciento.

Pendiente del terreno

Las imágenes del MDE fueron facilitadas por la FAO. El mismo fue generado a partir de un mosaico de imágenes provistas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). El MDE 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).

Red fluvial

En el modelo de accesibilidad física se tuvo en cuenta la red fluvial de la provincia considerando un valor de accesibilidad igual a 0 (cero). La capa vectorial, que fue facilitada por la Secretaría de Estado de Energía de Santa Fe, cuenta con los cursos de aguas naturales y artificiales y los cuerpos de agua.

Síntesis de accesibilidad física

En el Mapa 5 se observa que los valores altos de accesibilidad física están relacionados estrechamente con la presencia de redes viales nacionales

y provinciales y centros poblados. Por estos motivos, los valores máximos se establecen a lo largo de las rutas nacionales RN 7, RN 8, RN 9, RN 11, RN 19, RN 33, RN 34 RN 95, RN 98 y RN 178; de las rutas provinciales, RP 1, RP 2, RP 4, RP 13, RP 31, RP 40 y RP 70, y en los centros poblados, que se ubican en las zonas intersticiales.

5.2.II Accesibilidad legal

Este es un parámetro espacial que define la accesibilidad a un determinado recurso biomásico con relación a las restricciones legales a las que está sujeto 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). En el desarrollo del WISDOM provincial se incluyó el mapa de OTBN, en el que Santa Fe solo presenta las categorías Rojo y Amarillo.

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.

Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos

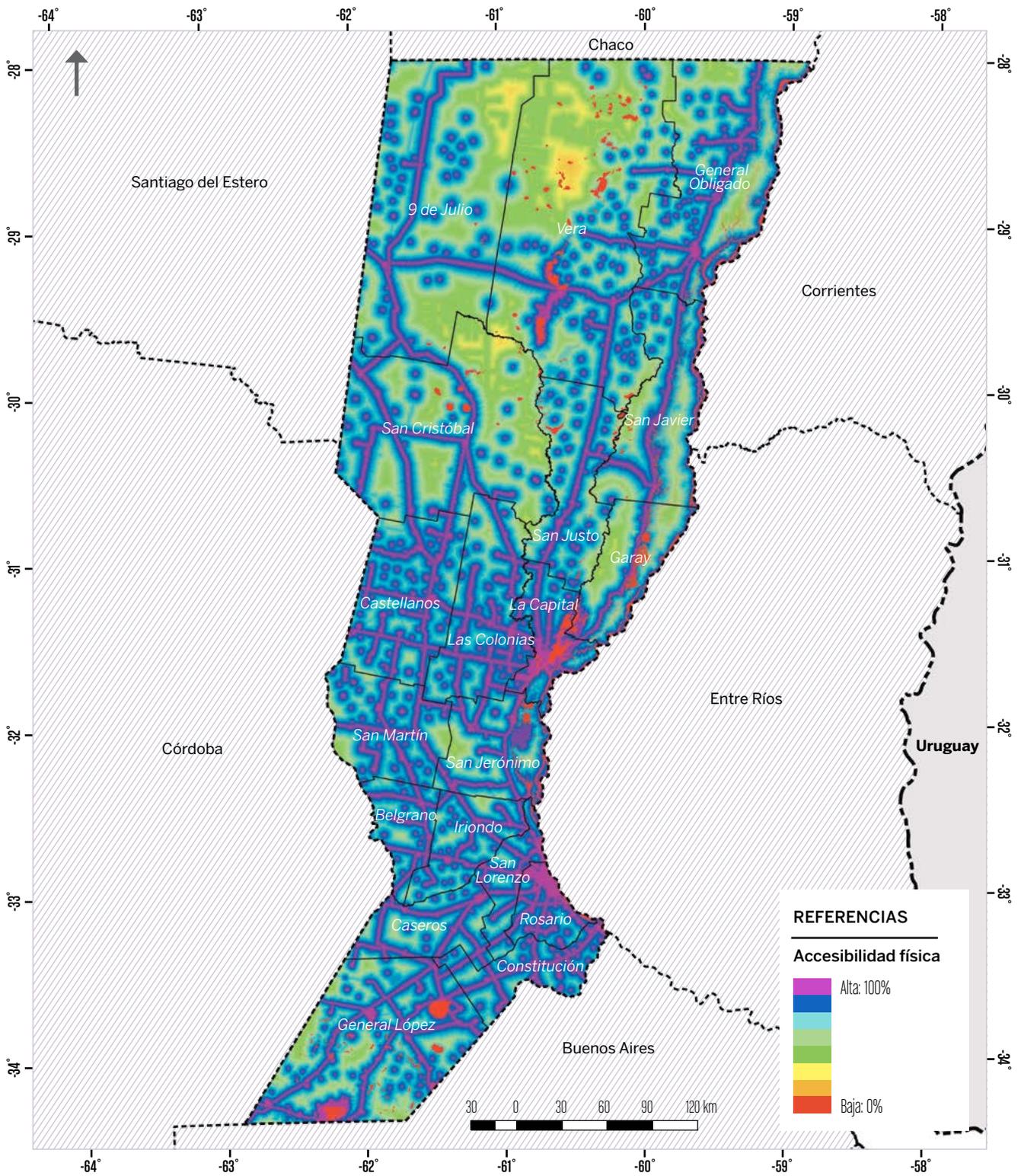
Como se ha dicho, la Ley nacional 26331/07, reglamentada en Santa Fe por la Ley provincial 13372/13, estableció la necesidad de definir tres categorías de conservación de la biodiversidad en el OTBN.

Cuadro 5

Coefficientes por tipo de red vial

Tipo	Clase	Coefficiente
Rutas	Pavimentado	1,00
Todos	Consolidado	0,72
Rutas	Sin pavimentar	0,46
Caminos comunales	Todos	0,46

Mapa 5. Accesibilidad física
Fuente. Elaboración propia



En este trabajo, a las categorías del OTBN de Santa Fe se les asignaron las ponderaciones de accesibilidad que se indican en el Cuadro 6. La capa del OTBN fue provista por el Ministerio de Medio Ambiente de la provincia.

En el análisis espacial, la Categoría Rojo ha sido restringida totalmente, ya que circunscribe sectores de muy alto valor de conservación que no pueden transformarse, por lo que la oferta de biomasa en ese sector se anula. En las áreas correspondientes a la Categoría Amarillo, la oferta se restringió a un 20% del crecimiento anual del bosque, lo que permite recuperar áreas degradadas o contemplar errores de estimación del IMA de biomasa. Por último, la Categoría Verde no existe en el mapa de Santa Fe.

Vale señalar que, para hacer un aprovechamiento de los bosques nativos en áreas definidas como Amarillo, debe contarse con un plan de manejo forestal aprobado por la autoridad local de aplicación.

Áreas naturales protegidas

Para generar la capa de restricción legal correspondiente a las áreas protegidas, se utilizó la capa de áreas protegidas provista por la SAyDS y la de áreas naturales protegidas de Santa Fe (Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas, Ley provincial 12175/03).

La oferta de biomasa en estas áreas se restringió de acuerdo con los coeficientes del Cuadro 7, en función de las restricciones de uso de cada tipo de reserva.

A partir de la unión de las restricciones generadas por el OTBN y por las áreas naturales protegidas, se generó el Mapa 6, que muestra el acceso legal a los recursos biomásicos en Santa Fe, en el que se pueden observar, entre otras, las restricciones totales sobre las márgenes de los cursos de agua, zonas de alto valor de conservación de la biodiversidad.

Cuadro 6

Coeficientes asignados a las categorías del OTBN

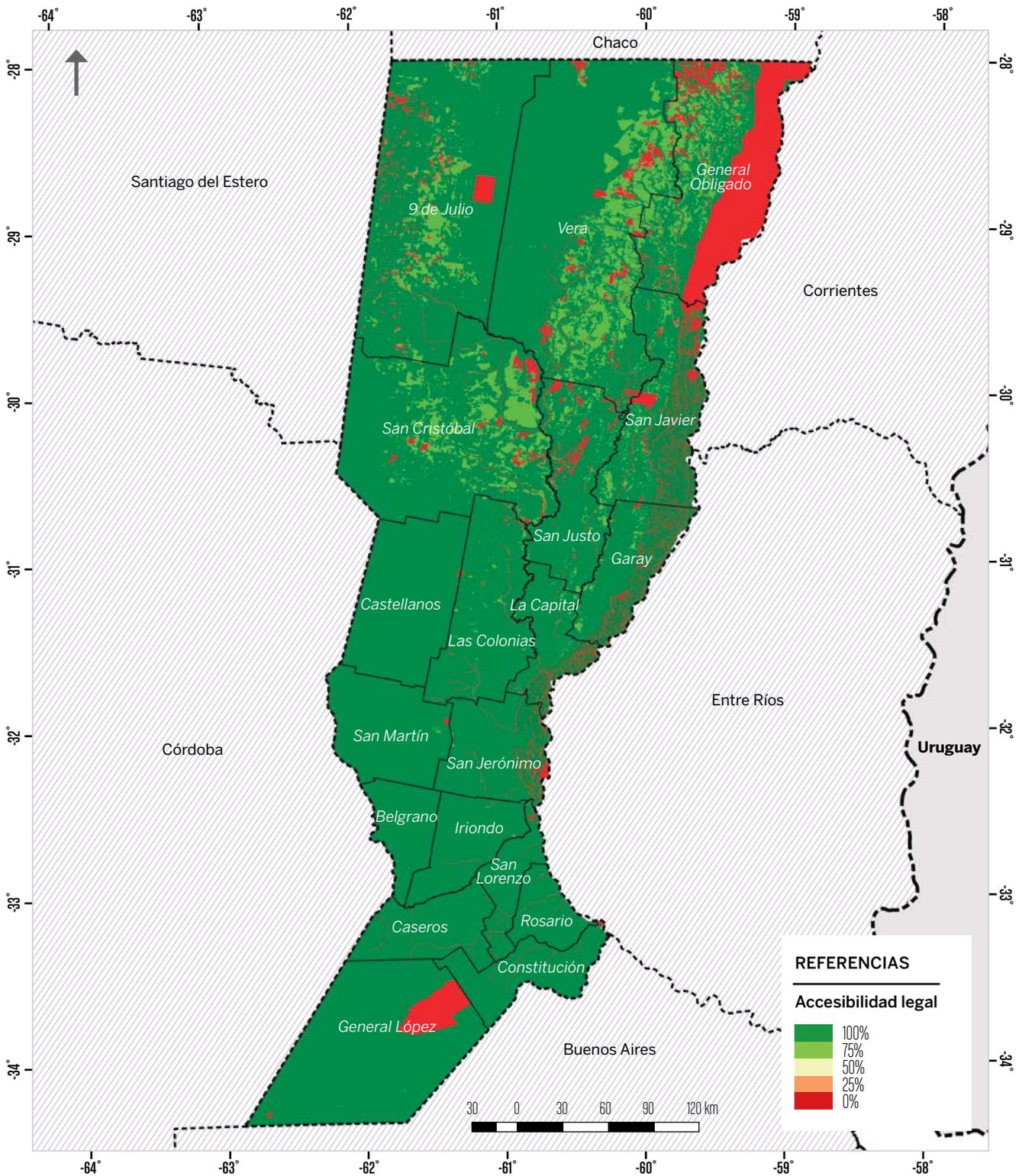
Categoría	Coeficiente
Rojo	0
Amarillo	0,5

Cuadro 7

Coeficientes para áreas naturales protegidas

Categoría de protección	Coeficiente
Parque nacional	0,2
Parque provincial	0,2
Monumento natural	0
Área protegida provincial	0
Reserva de uso múltiple	0,5
Reserva nacional	0
Reserva provincial	0
Otras reservas	0,5
Patrimonio de la humanidad	0,5
Paisaje protegido	0,5

Mapa 6. Accesibilidad legal
Fuente. Elaboración propia



5.2.III Accesibilidad total

A partir de la conjunción de las restricciones físicas y legales, se combinaron los coeficientes a efectos de construir el mapa de accesibilidad total, a fin de incluir todas las limitaciones. En este sentido, las áreas no restringidas por ninguno de estos parámetros permanecen en el mapa con valores de accesibilidad del 100%, mientras que las áreas con restricción total fueron consideradas de accesibilidad nula (0%).

Como se observa en el Mapa 7, sólo algunos sectores del territorio provincial presentan muy bajos o nulos niveles de accesibilidad debido a la existencia de áreas naturales protegidas. Entre las zonas de accesibilidad nula se encuentran los márgenes de los ríos.

Otra área con bajos niveles de accesibilidad está conformada por algunas áreas de los departamentos del centro-norte (9 de Julio, Vera, San Cristóbal, San Javier y Garay) y el departamento de General López en el sur, debido a la falta de infraestructura vial, a la presencia de áreas naturales protegidas y la inclusión de grandes zonas de bosques nativos dentro de la Categoría Amarillo del OTBN.

La zona centro-sur, en torno de las rutas nacionales y provinciales existentes, es la que exhibe los niveles de accesibilidad más altos. Asimismo, es esta zona donde se concentra la mayor parte de los centros poblados de Santa Fe y, por ende, donde la accesibilidad a los recursos es mayor.

Síntesis de oferta directa accesible

La oferta directa total estimada se recalculó en función de la accesibilidad total. El resultado se muestra en el Mapa 8 y en el Cuadro 8, donde se observa una reducción de la disponibilidad de biomasa con fines energéticos en las fuentes analizadas y en las formaciones nativas, al ser puestas en relación con las condiciones de accesibilidad. Tal reducción es del orden del 48,7%, influenciada fuertemente por la caída de más de 51% en la disponibilidad de los bosques nativos, por restricciones legales. En cambio, la oferta directa total de los pastizales se ve restringida en un 47%, principalmente por factores físicos (falta de infraestructura vial).

5.3 Módulo de oferta indirecta

Se denomina oferta indirecta 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 (FAO, 2016a). En Santa Fe, la oferta indirecta está determinada por residuos de poda urbana, de fábricas de muebles (costaneros, despuntes, virutas, aserrín, corteza y astillas) y de empresas semilleras de maíz. Sería importante discriminar estos usos para un potencial delineamiento de políticas públicas; sin embargo, y más allá de que se trata de cantidades poco significativas, las fuentes primarias no brindaron ese detalle.

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 afectada por los mapas de accesibilidad ya que se presupone 100% accesible.

5.3.1 Poda urbana

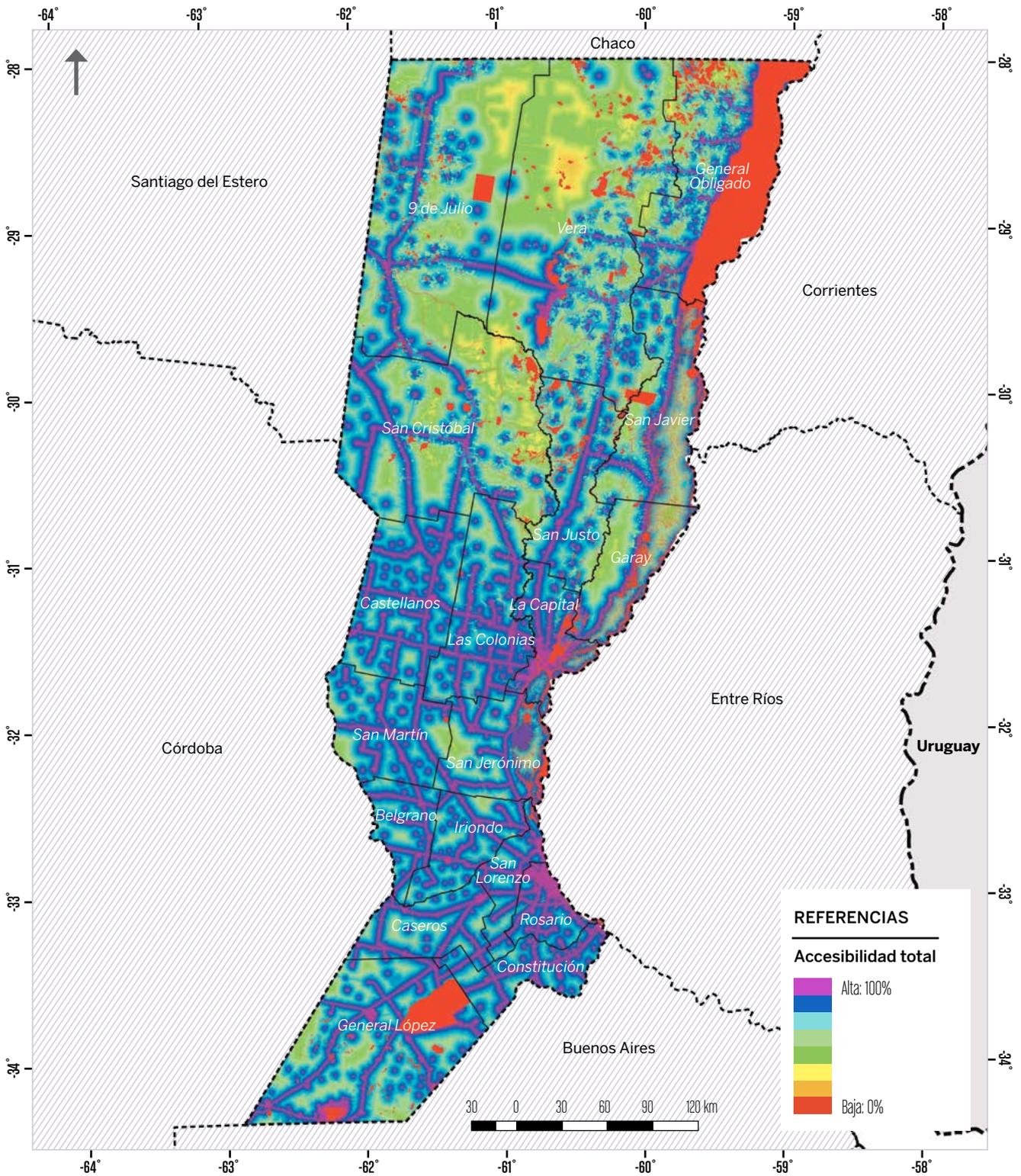
A la capa de localidades (facilitada por la Secretaría de Estado de Energía de Santa Fe) se le asoció la cantidad de habitantes según el Censo 2010 (INDEC, 2010).

Para estimar la cantidad de biomasa que se produce por esta actividad se tomaron datos no publicados de la Municipalidad de Rafaela, de entrevistas realizadas en las municipalidades de Reconquista y Avellaneda y de un informe técnico realizado para la localidad de Pueblo Esther.

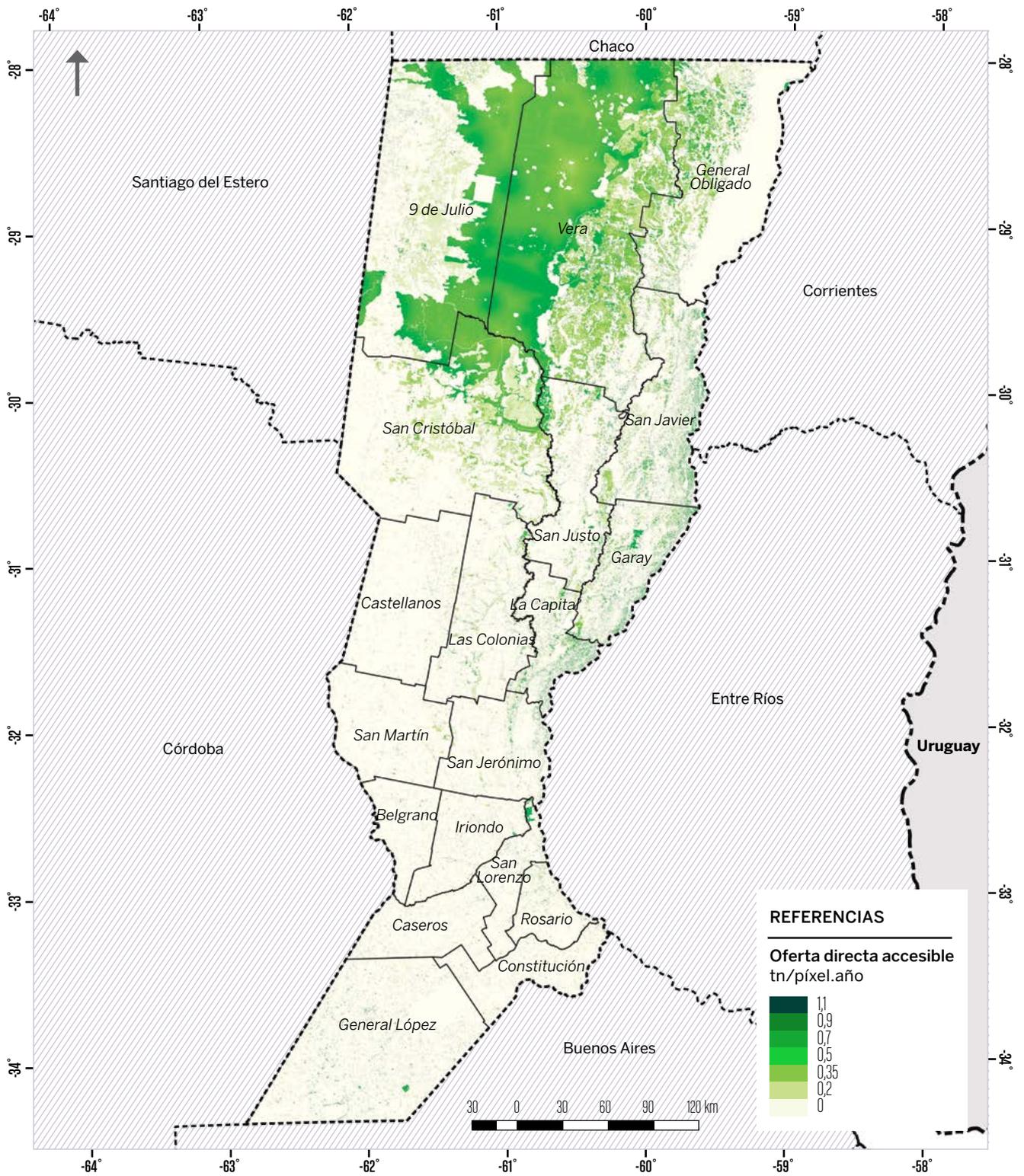
En promedio, la cantidad de biomasa producto de la poda urbana se estableció en 0,04 tn/hab/año, lo que corresponde al promedio de la estimación de Reconquista (0,02 tn/hab/año), de Rafaela (0,08 tn/hab/año) y de Pueblo Esther (0,04 tn/hab/año). Estos valores están expresados en materia verde, que se considera contiene un 30% de humedad. Por ello, se restó este porcentaje para expresarlo en materia seca.

Así, la oferta de biomasa proveniente de los residuos de poda urbana se estima en 93539 tn/año.

Mapa 7. Accesibilidad total
Fuente. Elaboración propia



Mapa 8. Oferta directa accesible
Fuente. Elaboración propia



Cuadro 8

Oferta directa accesible por departamento

Departamentos	Oferta directa total (tn/año)			Total por departamento
	Pastizales	IMA disponible bosques nativos	Forestaciones	
9 de Julio	868 467	70 084	–	938 551
Belgrano	–	4 411	386	4 797
Caseros	–	7 703	–	7 703
Castellanos	–	12 987	465	13 452
Constitución	–	8 614	–	8 614
Garay	–	83 682	7 728	91 410
General López	–	47 749	2 247	49 995
General Obligado	4 272	215 277	193	219 742
Iriondo	–	8 615	1 434	10 049
La Capital	–	71 798	914	72 713
Las Colonias	–	28 875	2 862	31 738
Rosario	–	41 714	–	41 714
San Cristóbal	208 357	93 048	1 660	303 412
San Jerónimo	–	21 418	401	21 820
San Javier	–	136 232	72	136 304
San Justo	23 357	51 551	8 628	83 536
San Lorenzo	–	9 143	13 324	22 467
San Martín	–	6 961	633	7 594
Vera	1 443 196	340 440	1 204	1 784 840
Total provincial	2 547 996	1 260 304	42 152	3 850 451

5.3.2 Fábricas de muebles

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

Se obtuvo un listado de más de 700 fábricas de muebles en el territorio, con el aporte de organismos provinciales: Instituto Provincial de Estadísticas y Censos (IPEC), Dirección de Catastro, Administración Provincial de Impuestos (API), Secretaría de Estado de Energía. Todas fueron georreferenciadas a partir de la dirección postal utilizando la aplicación Generador de Coordenadas de la Infraestructura de Datos Espaciales de Santa Fe (IDESF). En los casos en los que no se encontró la localidad en la aplicación, la fábrica fue georreferenciada según las coordenadas de la localidad.

Para estimar la cantidad de residuos biomásicos producidos se contó únicamente con los datos de una fábrica de Villa Gobernador Gálvez que fue objeto de un trabajo realizado por técnicos de INTA para calcular el potencial energético de los residuos de la producción. Según opinión de expertos, el residuo más aprovechable para generar energía es el aserrín. En el caso puntual de esta fábrica, el residuo biomásico generado fue de 3 m³ por día, lo que representa unas 220 tn/año.

La limitante principal para generar esta capa fue que el listado de fábricas de muebles no contaba con ningún dato de producción que pudiera asociarse a los valores de residuos generados, por lo que solo se asignó el valor de producción de desechos a la fábrica del estudio referido. Al resto se le asignó valor 1 con el objetivo de completar la información en el futuro.

La oferta de biomasa de los bosques nativos se reduce 51% por razones legales, y la de pastizales disminuye 47% por factores físicos. En cuanto a la oferta total accesible, el 70% se ubica en solo dos departamentos.

5.3.3 Semilleros de maíz

En estos establecimientos se generan residuos biomásicos provenientes de marlos y chalas de maíz. Se cuenta con información puntual detallada de tres semilleros, tal como puede observarse en el Cuadro 9.

También se obtuvo información de dos establecimientos que generan como residuos semillas que podrían ser utilizadas en la generación de bioenergía:

- Semillero 4: 20 a 30 tn/año de descarte de bolsas de semillas de sorgo por campaña.
- Semillero 5: 150 tn/año de semilla curada.

Existen muchas empresas de este tipo en la provincia, pero como no se pudo conseguir la ubicación de todas ellas, en la capa correspondiente se consideraron solo las cinco empresas mencionadas. Todas ellas se encuentran cerca de la localidad de Venado Tuerto.

Considerando las tres fuentes indirectas analizadas, se estimó un total de 120 972 tn anuales de biomasa, concentrada principalmente en los departamentos de Rosario, con un alto aporte de residuos de poda, y General López, donde el principal aporte es el de residuos de semilleros.

Síntesis de la oferta total

A partir de los datos del Cuadro 10 se construyeron el Cuadro 11 y el Mapa 9, en donde se aprecian los valores de oferta total disponible, que alcanza aproximadamente 4 millones de toneladas anuales.

Considerados los aportes de biomasa estimados como oferta indirecta, la oferta total discriminada por departamento puede apreciarse en el Cuadro 11.

Como puede observarse, la mayor parte de la oferta accesible se encuentra en los departamentos del norte de Santa Fe. Concretamente, en Vera, 9 de Julio, San Cristóbal, General Obligado y San Javier se concentra el 86% de la biomasa potencial, y solo los dos primeros representan casi el 70% de la oferta de la provincia. Cabe aclarar que esta estimación se basa en varios supuestos, entre ellos, la posibilidad de aprovechar los residuos biomásicos provenientes de los espartillares.

Cuadro 9

Producción de marlo y chala en tres semilleros de maíz

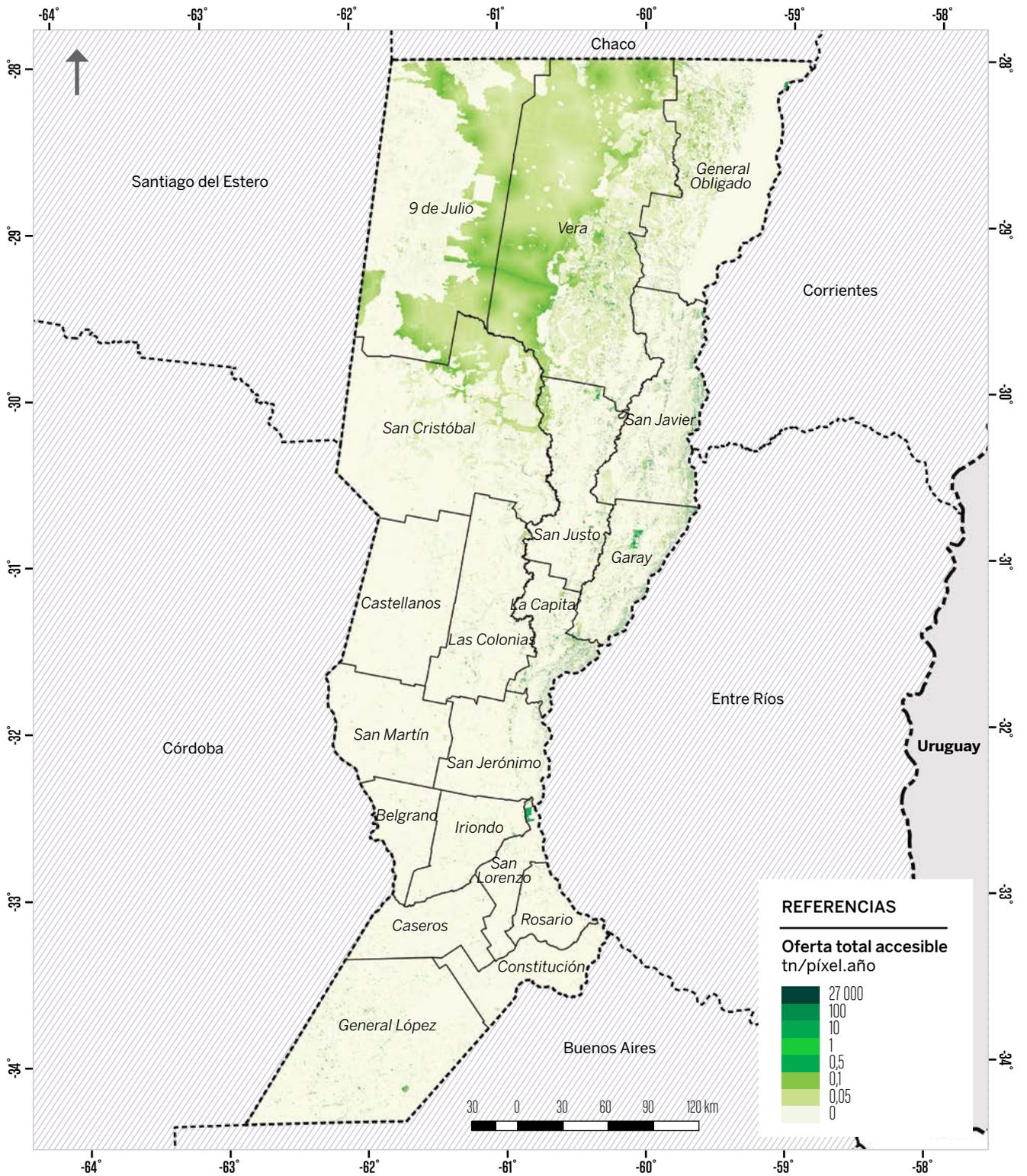
tn/año	Semillero 1		Semillero 2		Semillero 3	
	Rastrojo	Marlo	Rastrojo	Marlo	Rastrojo	Marlo
Campaña 13/14	4 440	2 400	9 938	4 189	2 200	1 100
Campaña 14/15	5 580	3 040	12 981	6 441		
Campaña 15/16	4 200	2 300	9 321	3 973		

Cuadro 10

Oferta indirecta total por departamento

Departamentos	Oferta indirecta (tn/año)			Total por departamento
	Residuos de poda urbana	Semilleros	Fábrica de muebles	
9 de Julio	1 350	–	6	1 356
Belgrano	1 254	–	9	1 263
Caseros	2 233	–	20	2 253
Castellanos	6 204	–	27	6 231
Constitución	2 409	–	6	2 415
Garay	585	–	1	586
General López	5 462	–	26	32 122
General Obligado	4 941	26 634	13	4 954
Iriondo	1 805	–	113	1 918
La Capital	14 703	–	33	14 736
Las Colonias	2 967	–	112	3 079
Rosario	34 980	–	364	35 344
San Cristóbal	1 918	–	4	1 922
San Jerónimo	2 391	–	5	2 396
San Javier	867	–	1	868
San Justo	1 166	–	4	1 170
San Lorenzo	5 101	–	33	5 134
San Martín	1 788	–	20	1 808
Vera	1 414	–	2	1 416
Total provincial	93 539	26 634	799	120 972

Mapa 9. Oferta total (directa accesible + indirecta)
Fuente. Elaboración propia



Cuadro 11

Oferta total accesible por departamento

Departamentos	Oferta total (tn/año)		
	Oferta indirecta	Oferta directa	Oferta total
9 de Julio	1 356	938 551	939 907
Belgrano	1 263	4 797	6 060
Caseros	2 253	7 703	9 957
Castellanos	6 231	13 452	19 683
Constitución	2 415	8 614	11 029
Garay	586	91 410	91 997
General López	32 122	49 995	82 117
General Obligado	4 954	219 742	224 696
Iriondo	1 918	10 049	11 967
La Capital	14 736	72 713	87 449
Las Colonias	3 079	31 738	34 817
Rosario	35 344	41 714	77 058
San Cristóbal	1 922	303 412	305 334
San Jerónimo	2 396	21 820	24 216
San Javier	868	136 304	137 172
San Justo	1 170	83 536	84 706
San Lorenzo	5 134	22 467	27 601
San Martín	1 808	7 594	9 402
Vera	1 416	1 784 840	1 786 256
Total provincial	120 972	3 850 451	3 971 423

5.4 Módulo de demanda

La demanda de biomasa como recurso energético está fuertemente concentrada en el norte de Santa Fe. Esto responde a la falta de gas natural y al elevado costo de la energía eléctrica. Esta situación se agudiza en el departamento de General Obligado debido a la gran cantidad de industrias situadas en su territorio. El sector doméstico normalmente se abastece de energía eléctrica y gas envasado. Utilizan biomasa para hacer frente a las condiciones climáticas, cocinar alimentos y calentar agua casi exclusivamente sectores sociales de escasos recursos, aunque también existe un consumo de carbón y leña para asar carnes en otras capas sociales. El consumo de biomasa en el sector público estaba representado por las escuelas rurales, pero actualmente la mayoría utiliza gas envasado para satisfacer las necesidades de cocción de alimentos del comedor escolar, según personal de distintas reparticiones del gobierno provincial.

Las industrias que utilizan biomasa para generar energía emplean bagazo, chips, leña proveniente de bosques nativos y de plantaciones forestales (de las provincias de Chaco y Corrientes). También se emplean otros residuos generados en los propios procesos industriales, como la grasa de pollos en la industria avícola o el residuo del desmote en la industria algodonera.

5.4.1 Sector residencial

En el sector residencial, los usos finales de la biomasa como combustible se corresponden con la cocción de alimentos, calefacción, utilización de agua con fines sanitarios y, en menor medida, para iluminar.

En el análisis del consumo residencial, a cada radio censal de tipo urbano y a los centros poblados del BAHRA se les asignó el dato de cantidad de habitantes de hogares que emplean leña o carbón vegetal como combustible principal para cocinar según el CNPhyV 2010.

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 del WISDOM Argentina (FAO, 2009), que considera que una persona consume 0,75 tn/año. Este coeficiente 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 13 688 toneladas anuales de leña y/o carbón vegetal.

5.4.2 Sector industrial

Para la realización de esta capa se tuvieron en cuenta los datos obtenidos a través de entrevistas hechas específicamente para este trabajo:

- Empresa 1: consume 9 600 tn/año de leña de bosques nativos y muy poco (no especificaron la cantidad) de cascarilla de algodón.
- Empresa 2: consume 1 200 tn/año de leña de bosques nativos.
- Empresa 3: consume 41 800 tn/año de cascarilla de algodón y girasol y chips provenientes de aserraderos de Corrientes.
- Empresa 4: consume 2 080 tn/año (leña de bosques nativos, grasa de pollo, restos de algodón) en su frigorífico de pollos, desmotadora y planta de balanceados.
- Empresa 5: consume 12 000 tn/año (leña de bosques nativos de Chaco).
- Empresa 6: consume 31 780 tn/año (6 580 tn/año de leña de bosques nativos y 25 200 tn/año de bagazo) en su ingenio y desmotadora.
- Empresa 7: consume 6 500 tn/año de leña.
- Empresa 8: consume 104 tn/año de bosques nativos.
- Empresa 9: consume 60 000 tn/año de chipeado de aserraderos de pinos y eucaliptos y 2 000 tn/año de leña de bosques nativos. Los residuos que generan los venden para otros usos.

5.4.3 Hornos de carbón

Sobre un mapa cedido por Santa Fe a través del equipo de la FAO, se asignó el consumo estimado a cada horno de carbón por un trabajo existente en el INTA Reconquista (Brandalise *et al.*, 2011) y entrevistas realizadas a diez carboneros, que arrojan valores entre 547 y 629 tn/carbonero/año. Así, a cada uno de los 93 hornos de carbón identificados en la provincia se le asignó un promedio de 588 tn/año de leña consumida.

De esta manera, se estimó que los hornos de carbón consumen unas 54 096 tn/año de recursos biomásicos con fines energéticos.

5.4.4 Ladrilleras

Los ladrillos pueden producirse mediante métodos artesanales, basados en el trabajo manual, o por procedimientos mecanizados. En ambos casos, la etapa de cocción se realiza en hornos cuyo insumo principal es la leña, siendo un paso muy importan-

te, ya que les confiere a las piezas las propiedades deseadas. En esta etapa, se expone el material a temperaturas extremas (de 90 a 1 000 °C), asegurando la resistencia de las piezas que se han logrado en los estadios precedentes (preparación, moldeo y secado).

Para estimar la demanda de leña o carbón vegetal, sobre un mapa cedido por la Secretaría de Estado de Energía de Santa Fe a través del equipo de la FAO, se les asignó a las ladrilleras el consumo estimado en la provincia de Entre Ríos, ya que en Santa Fe sólo se dispone de la información de una sola ladrillera industrial situada en el norte y cuyos consumos no se corresponden con los de las ladrilleras familiares.

Para este trabajo, se consideró un consumo promedio de 15 tn/año de leña por ladrillera, para un total de 570 relevadas. Así, el consumo estimado de las ladrilleras a nivel provincial alcanza las 8 490 tn/año.



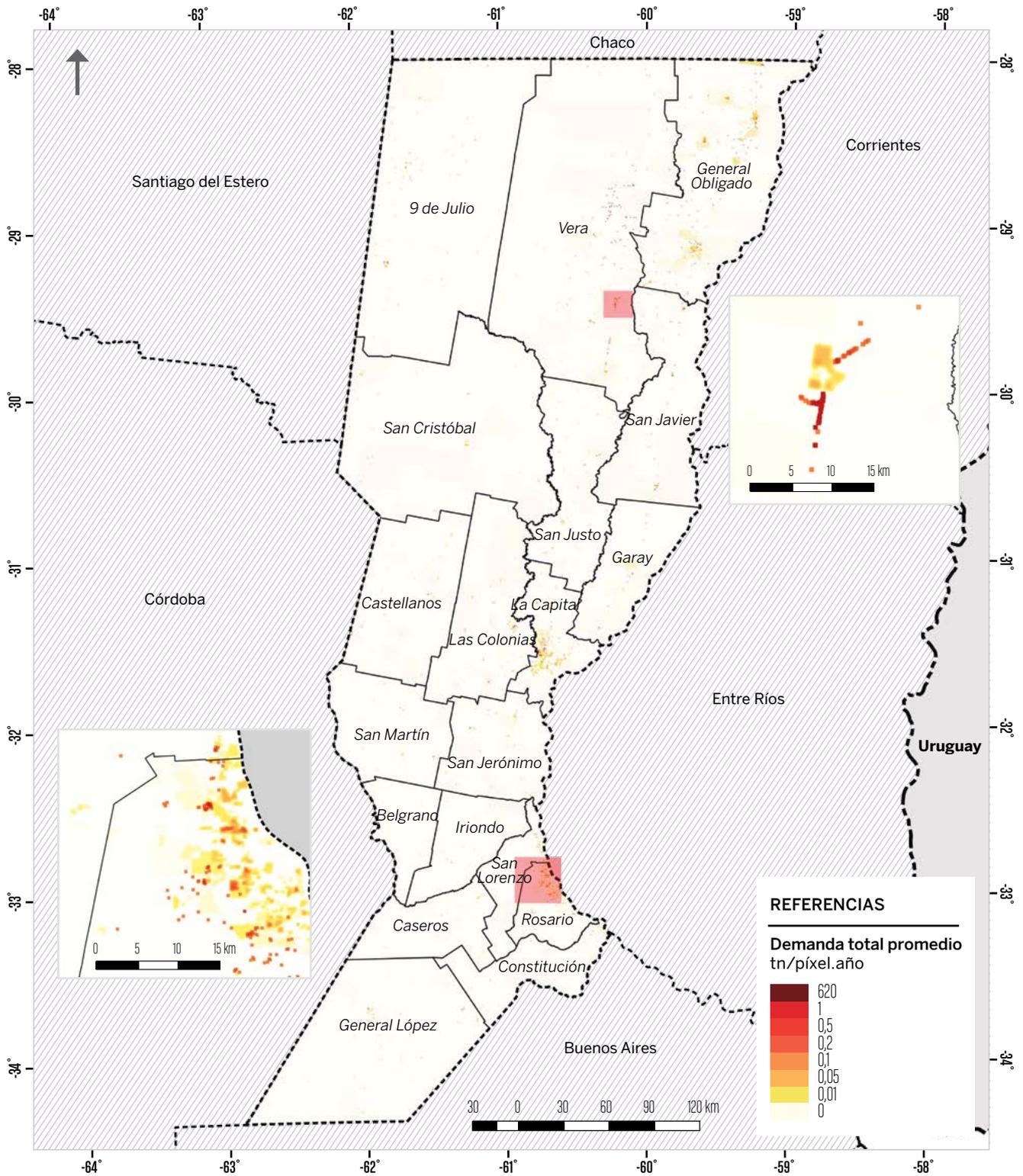
© Ministerio de Agroindustria

Cuadro 12

Demanda por departamento

Departamentos	Demanda (tn/año)				Total por departamento
	Demanda industrial	Demanda hornos	Demanda residencial	Demanda ladrilleras	
9 de Julio	–	588	648	270	1 506
Belgrano	–	–	11	0	11
Caseros	–	–	38	15	53
Castellanos	–	–	145	330	475
Constitución	–	–	72	45	117
Garay	–	–	401	180	581
General López	–	–	149	300	449
General Obligado	1 66 960	1 176	5 253	1 170	174 559
Iriondo	–	–	51	60	111
La Capital	–	–	1 507	1 725	3 232
Las Colonias	–	–	266	735	1 001
Rosario	–	–	1 587	1 770	3 357
San Cristóbal	–	–	208	75	283
San Jerónimo	–	–	225	210	435
San Javier	–	–	1 182	165	1 347
San Justo	–	–	220	225	445
San Lorenzo	–	–	112	285	397
San Martín	–	–	38	135	173
Vera	104	52 332	1 575	795	54 806
Total provincial	167 064	54 096	13 688	4 490	243 338

Mapa 10. Demanda total promediada, en ventanas de 800 m de lado
Fuente. Elaboración propia



Otros sectores no incluidos en el análisis

Panaderías

Se obtuvo un listado de más de 1 400 panaderías gracias a los aportes de organismos del estado provincial (IPEC, Catastro, API, Secretaría de Estado de Energía), pero no se dispone de información acerca de cuántas usan leña en sus hornos ni de la cantidad que demandan. Solamente se obtuvieron los consumos de dos panaderías que fueron entrevistadas, una de Calchaquí y otra de Reconquista; cada una trabajaba con un solo horno a leña y consumía un promedio de 97 tn/año de leña.

Síntesis de demanda de biomasa

En el Mapa 10 y en el Cuadro 12 se muestran los resultados de la demanda de biomasa con fines energéticos. Como puede verse, casi el 95% del consumo se concentra en tan solo dos departamentos: General Obligado (72%) y Vera (23%). Ello se debe a la demanda de las industrias instaladas en el primero y de los carboneros en el segundo. Cabe aclarar que quedaron algunas industrias sin entregar datos, ya que no quisieron ser entrevistadas, por lo que la demanda de biomasa puede resultar algo mayor.

5.5 Módulo de integración de la oferta y la demanda

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

Para realizar el balance bioenergético, se restó al mapa resultante de la oferta total accesible el

Santa Fe tiene un balance bioenergético positivo, con focos de déficit puntuales, asociados a la demanda industrial. La oferta de pastizales es la principal pero está dispersa; la oferta indirecta aporta el 3% pero es de más fácil acceso.

mapa de la demanda total. Esta operación se realizó a nivel de cada píxel.

A su vez, se realizó un balance promedio focalizado, en el que se promediaron los valores de los píxeles comprendidos en ventanas de 20 píxeles de lado, o sea, una ventana de 800 m de lado (64 ha) con el fin de mejorar la visualización. Este procedimiento dio como resultado el Mapa 11.

Por otra parte, se representó el balance a nivel de radios censales (Mapa 12).

En el Cuadro 13, se presenta el valor de este balance por departamento.

En general, Santa Fe presenta un balance bioenergético positivo. Los focos de balance negativo son muy puntuales, asociados a la demanda industrial y a la producción de ladrillos y carbón vegetal.

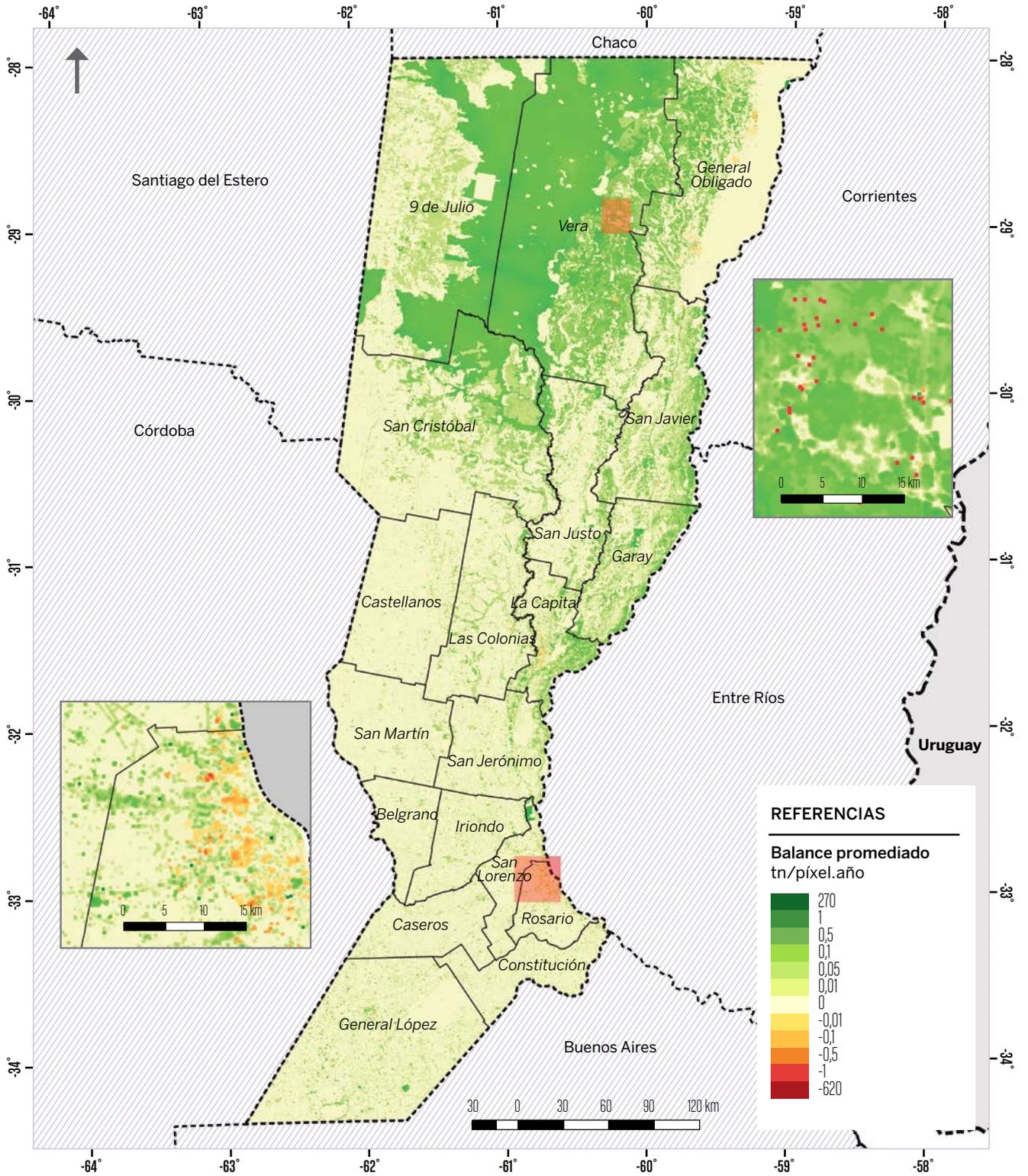
Si bien la oferta directa proveniente de los pastizales del norte santafesino es la más significativa y determina un balance altamente positivo en esa región, la oferta indirecta realiza un aporte no menor, al representar casi el 3%. Por otra parte, la oferta indirecta se encuentra más concentrada geográficamente, lo que hace que el acceso a ella sea más fácil.

Cuadro 13

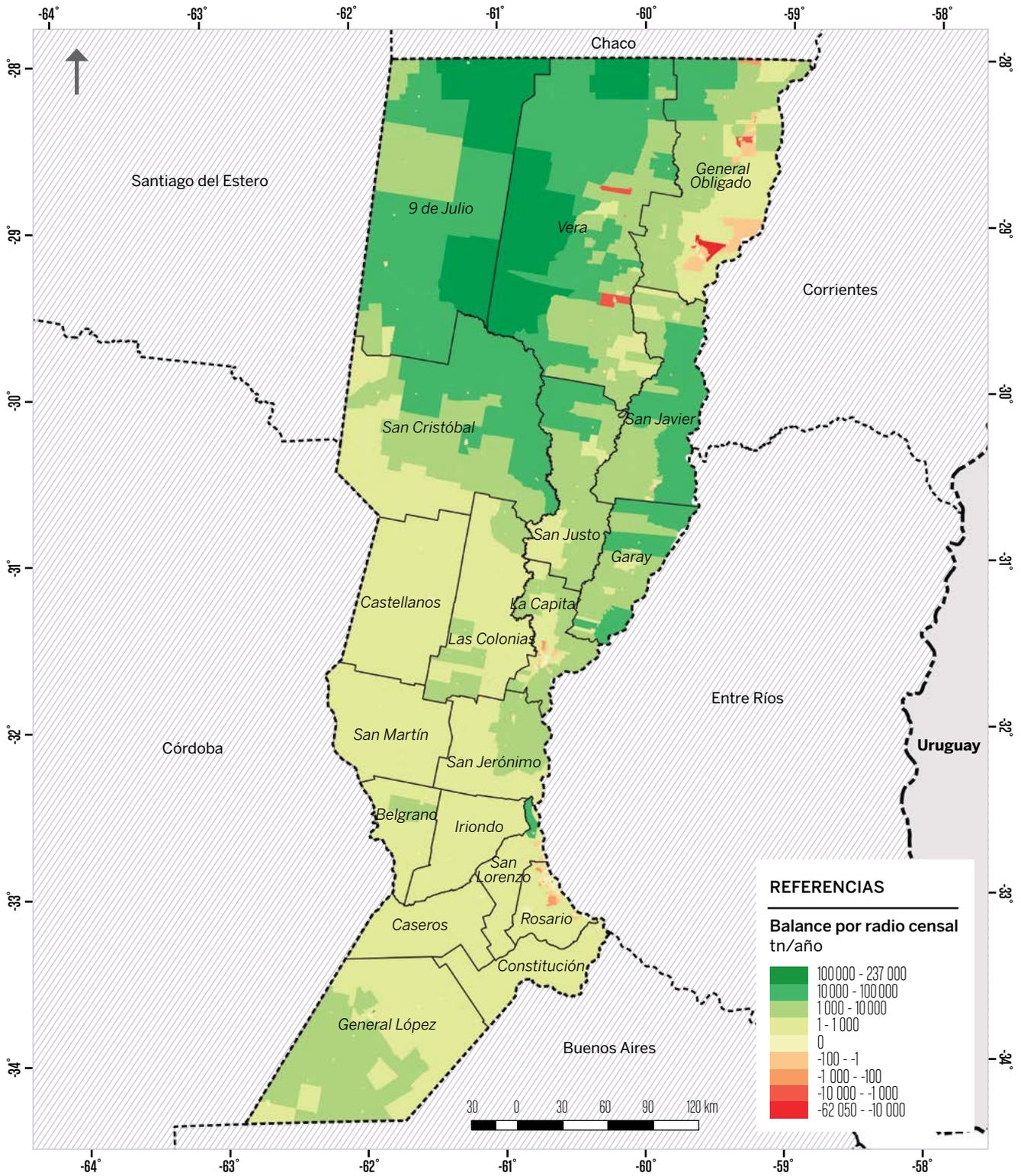
Oferta, demanda y balance por departamento

Departamentos	Oferta directa (tn/año)	Oferta indirecta (tn/año)	Demanda (tn/año)
9 de Julio	938 551	1 356	1 506
Belgrano	4 797	1 263	11
Caseros	7 703	2 253	53
Castellanos	13 452	6 231	475
Constitución	8 614	2 415	117
Garay	91 410	586	581
General López	49 995	32 122	449
General Obligado	219 742	4 954	174 559
Iriondo	10 049	1 918	111
La Capital	72 713	14 736	3 232
Las Colonias	31 738	3 078	1 001
Rosario	41 714	35 344	3 357
San Cristóbal	303 412	1 922	283
San Jerónimo	21 820	2 396	435
San Javier	136 304	868	1 347
San Justo	83 536	1 170	445
San Lorenzo	22 467	5 134	397
San Martín	7 594	1 808	173
Vera	1 784 840	1 416	54 806
Total provincial	3 850 451	120 972	243 338

Mapa 11. Balance promedio focalizado, en ventanas de 800 m de lado
Fuente. Elaboración propia



Mapa 12. Balance por radio censal
Fuente. Elaboración propia



6. MÓDULO DE OFERTA DE BIOMASA HÚMEDA



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

La digestión anaeróbica de la biomasa húmeda de efluentes de actividades agropecuarias e industriales produce energía (biogás) y un biofertilizante (digestato), evitando a la vez que esos residuos contaminen el ambiente.

Para llevar a cabo este análisis, se consideró como biomasa húmeda 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 él (anaeróbica). A partir de este proceso de descomposición se puede obtener bioenergía, mediante la utilización del metano (CH_4) producido. La digestión anaeróbica es un proceso biológico que puede ser utilizado para la recuperación de la energía y los nutrientes contenidos en la materia orgánica. En él interviene un grupo de microorganismos que transforman la materia orgánica en una mezcla de gases, fundamentalmente CH_4 y dióxido de carbono (CO_2), conocida como biogás, y en un efluente denominado digestato, que contiene macro y micronutrientes, como nitrógeno (N), fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), entre otros.

El valor energético del biogás depende principalmente del contenido de CH_4 , que varía entre 50 y 75%. El digestato obtenido se puede utilizar como biofertilizante, ya que presenta excelentes características agronómicas, permitiendo el aumento de la fertilidad química de los suelos y, por lo tanto, la sustitución de algunos agroquímicos de origen sintético.

La digestión anaeróbica es un proceso que puede ocurrir en residuos ganaderos y agrícolas, así como en los provenientes de las industrias de transformación de productos agropecuarios. Se realiza en contenedores herméticamente cerrados, denominados reactores, biodigestores o fermentadores.

Por su diseño y funcionamiento, los biodigestores permiten la codigestión con otras materias primas, como pueden ser los recursos biomásicos provenientes de cultivos bioenergéticos, lo que garantiza el suministro de biocombustible 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 además como una alternativa a la disposición inadecuada de los efluentes de actividades pecuarias, que 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 su vertido a los cuerpos de agua produce contaminación por la alta carga orgánica que tienen.

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 contenido de sales minerales y de nitrógeno), al degradarse la materia orgánica se forman compuestos volátiles como CH_4 y CO_2 . El resultado son altas concentraciones de nitrógeno en el agua, lo que genera una elevada proliferación de algas que favorece la eutrofización.

El proceso de biodigestión es muy versátil debido a la variedad de fuentes de biomasa que se pueden utilizar en él. 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, lo que mejora las condiciones higiénicas y sanitarias de la zona.
- Independencia en el abastecimiento de energía, reemplazando total o parcialmente los combustibles fósiles.

- Fomento del desarrollo regional, mediante nuevas actividades y técnicas agropecuarias.
- Aprovechamiento de los subproductos derivados de la producción agroalimentaria.
- Beneficios económicos para productores locales e inversores.
- Contribución al arraigo de las poblaciones rurales al promover nuevas actividades económicas.
- Generación de infraestructuras y servicios para satisfacer las necesidades básicas de los productores y habitantes.
- Especialización de la mano de obra.
- Mejora de la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Las estimaciones se llevaron a cabo a partir de información del SENASA actualizada en octubre de 2015, con la localización de cada establecimiento ganadero (tambos, *feedlots* y porcinos) y el número de cabezas de cada uno.

Se hicieron gestiones en el IPEC para obtener información más actualizada, pero el organismo, si bien ha manifestado su voluntad de colaborar, no cuenta con la georreferenciación de los establecimientos. Al momento de cerrar el presente informe, se estaba evaluando la posibilidad de utilizar las partidas de impuesto inmobiliario como modo de ubicarlos geográficamente. Aunque no se ha podido obtener esta información a tiempo, ha quedado el compromiso de seguir trabajando conjuntamente en esta línea.

6.1 Tambos

La mayoría de los trabajos coinciden en que una vaca lechera defeca entre el 7 y el 10% de su peso vivo (Robertson, 1977). Esto significa de 45 a 55 kg de estiércol (base fresca) por vaca y por día, con un contenido de materia seca de aproximadamente 18% (García *et al.*, 2008).

Si se quisiera cuantificar el potencial ideal de generación de biogás que puede haber en un tambo, ese sería el valor a considerar. Pero en la mayoría de los sistemas productivos de la provincia las vacas no están confinadas, por lo que es

imposible recolectar la totalidad del estiércol. Para considerar el potencial real de generación, se tendrá en cuenta el estiércol que realmente se podría coleccionar.

Por lo tanto, se considerará lo que se acumula en el corral de espera. En cuanto a esto, los valores obtenidos en diferentes estudios son ampliamente variables y está demostrado que dependen directamente del manejo y la rutina que se tenga en cada instalación. Algunos de los valores que se pueden tomar como referencia son:

- Entre el 7 y el 9% del bosteo diario, es decir, entre 3,8 y 5 kg de estiércol/vaca/día (Charlón, 2007).
- Hasta el 10% (Rodríguez, 2002).
- Hasta alrededor de 8,9 kg de estiércol/vaca/día en tambos que manejan grandes rodeos (García *et al.*, 2008).

Más allá de los valores absolutos, ese estiércol en la mayoría de los casos no se recupera tal cual, sino que es lavado con manguera, por lo cual se diluye hasta valores de alrededor de 3% de materia seca, con muy bajo potencial de generación de biogás. Existen casos en que todavía se juntan los residuos con rabasto previo al lavado, pero debido a la intensificación ocurre en muy pocos tambos, porque es mucho más eficiente hacerlo con manguera.

Utilizando un tamiz que permita retener y separar la fracción sólida, que es la que alimentaría a un biodigestor, se recuperan hasta 3 kg de estiércol/vaca/día, con un 5% de materia seca ni bien se separa, y llegando al 25% a los 20 días (García *et al.*, 2011). Si bien aún son pocos los tambos que utilizan esta tecnología, se consideró esta opción pensando en que, si se decide emprender la empresa de obtener energía del estiércol, sería una condición contar con algún tipo de sistema que permita recolectar mayor cantidad de materia seca.

6.2 Feedlots bovinos

Para los *feedlots* bovinos se estimó un residuo potencial de 23,9 kg de estiércol fresco/día/animal, que al multiplicarlo por la cantidad de días del año resulta en 8 723 kg de estiércol fresco/año/animal,

según datos proporcionados por expertos del INTA (FAO, 2016b).

6.3 Establecimientos porcinos

En el caso de los establecimientos porcinos se calculó un residuo potencial de 3,4 kg de estiércol fresco/día/animal, que al multiplicarlo por la cantidad de días del año resulta en 1241 kg de estiércol fresco/año/animal, según expertos del INTA (FAO, 2016a).

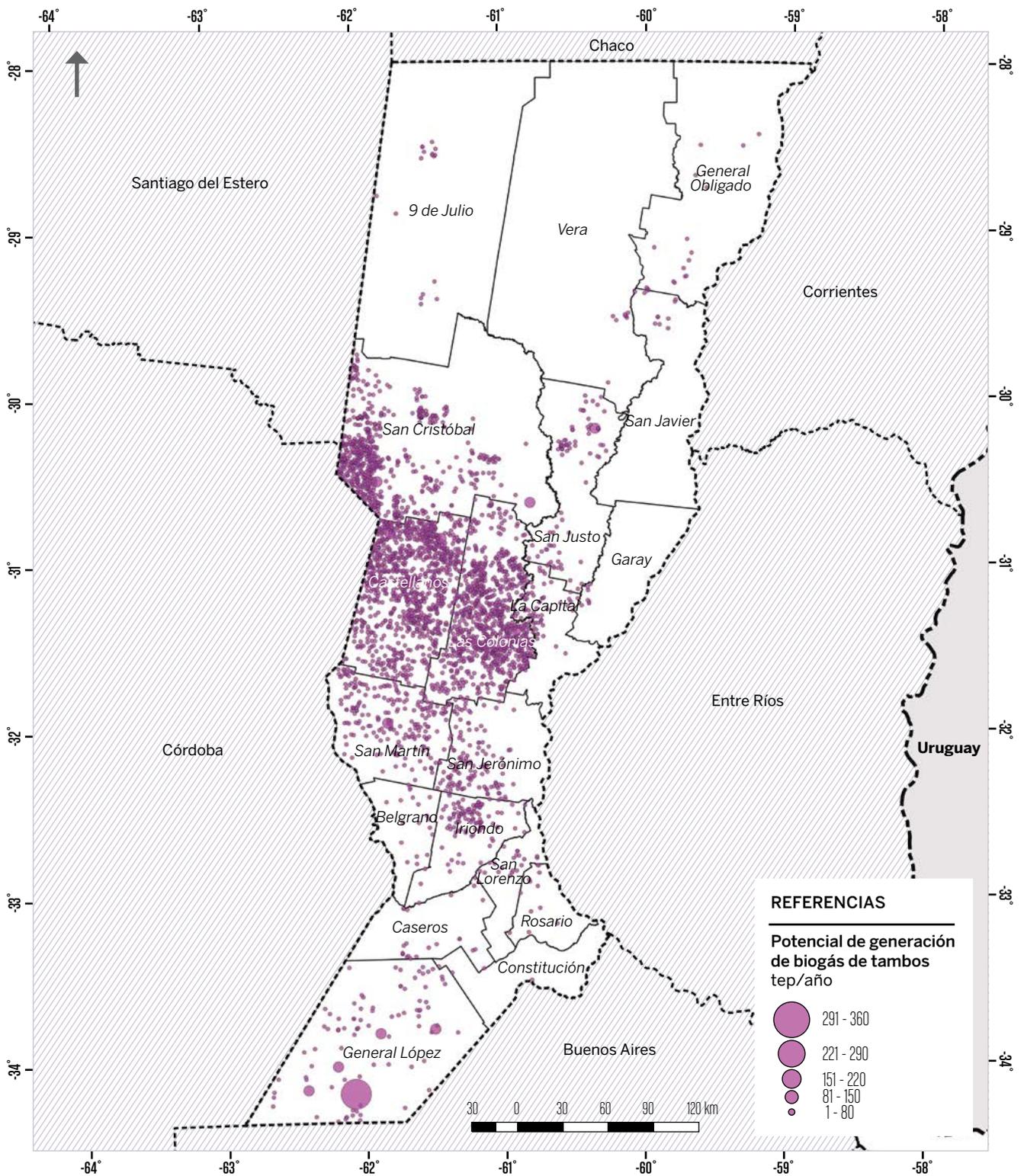
En el Cuadro 14 se presentan los datos de oferta de biomasa húmeda discriminada por fuente y por departamento y también los totales.

En los mapas 13, 14 y 15 se presenta la oferta de biomasa húmeda por tipo de producción discriminada por departamento y en los mapas 16, 17 y 18, la oferta total por departamento.

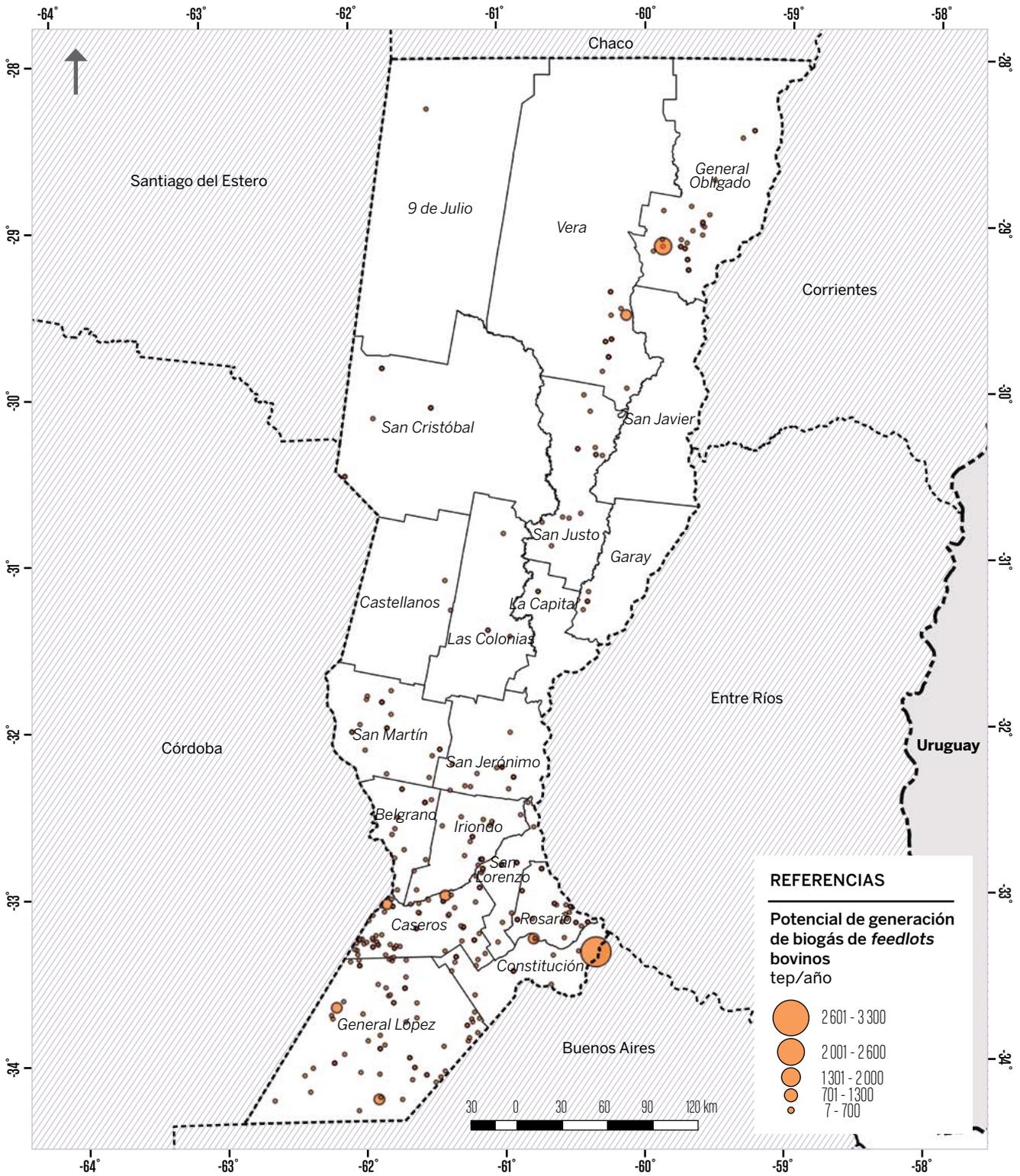
En el Cuadro 15 se presentan los resultados expresados en tep. Para ello, se consideraron como factores de conversión a biogás 31,5 m³/tn de estiércol para *feedlots* y tambos y 49,5 m³/tn de estiércol para porcinos. Luego, para expresarlo en tep, se consideraron 5 500 kcal/m³ de biogás y 1x10⁷ kcal por cada tep. Los coeficientes utilizados fueron los de la adaptación que realizó Mariano Butti en el WISDOM Salta (FAO, 2016b).

Como puede apreciarse, la cantidad de energía que podría obtenerse de la oferta de biomasa húmeda es significativa, además de resolver los inconvenientes ambientales que este tipo de residuos genera. En cuanto a la localización, se observan dos grandes zonas: una al sur, conformada por los departamentos de General López, Constitución y Caseros, que representan el 39% de la oferta, y otra en la zona central, coincidente con la mayor cantidad de tambos, en los departamentos de San Martín, Las Colonias, Castellanos, San Cristóbal y San Justo, que concentran casi el 36% de esta oferta bioenergética.

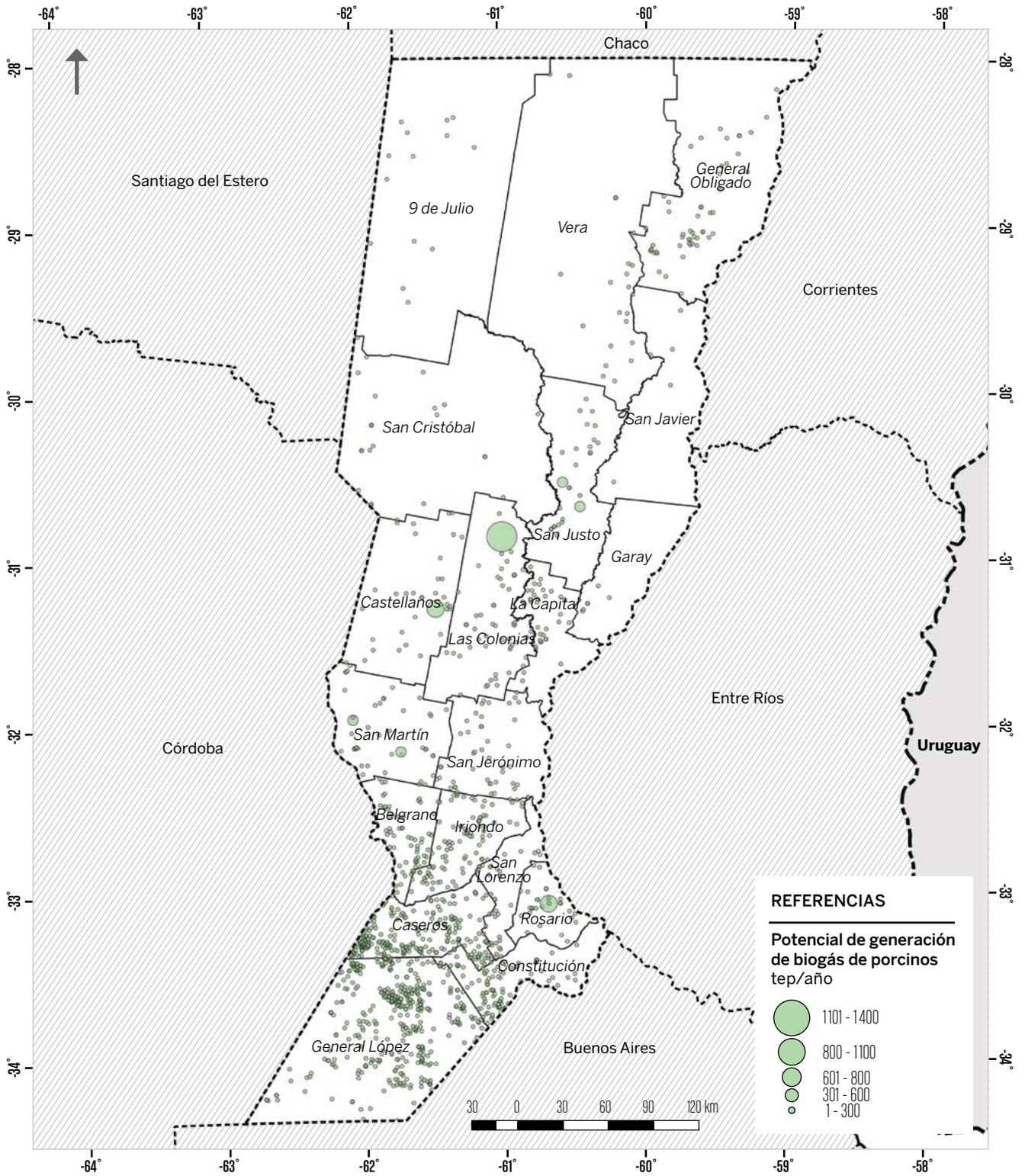
Mapa 13. Potencial de biogás por tambo
Fuente. Elaboración propia



Mapa 14. Potencial de biogás por *feedlot*
Fuente. Elaboración propia



Mapa 15. Potencial de biogás por establecimiento porcino
Fuente. Elaboración propia

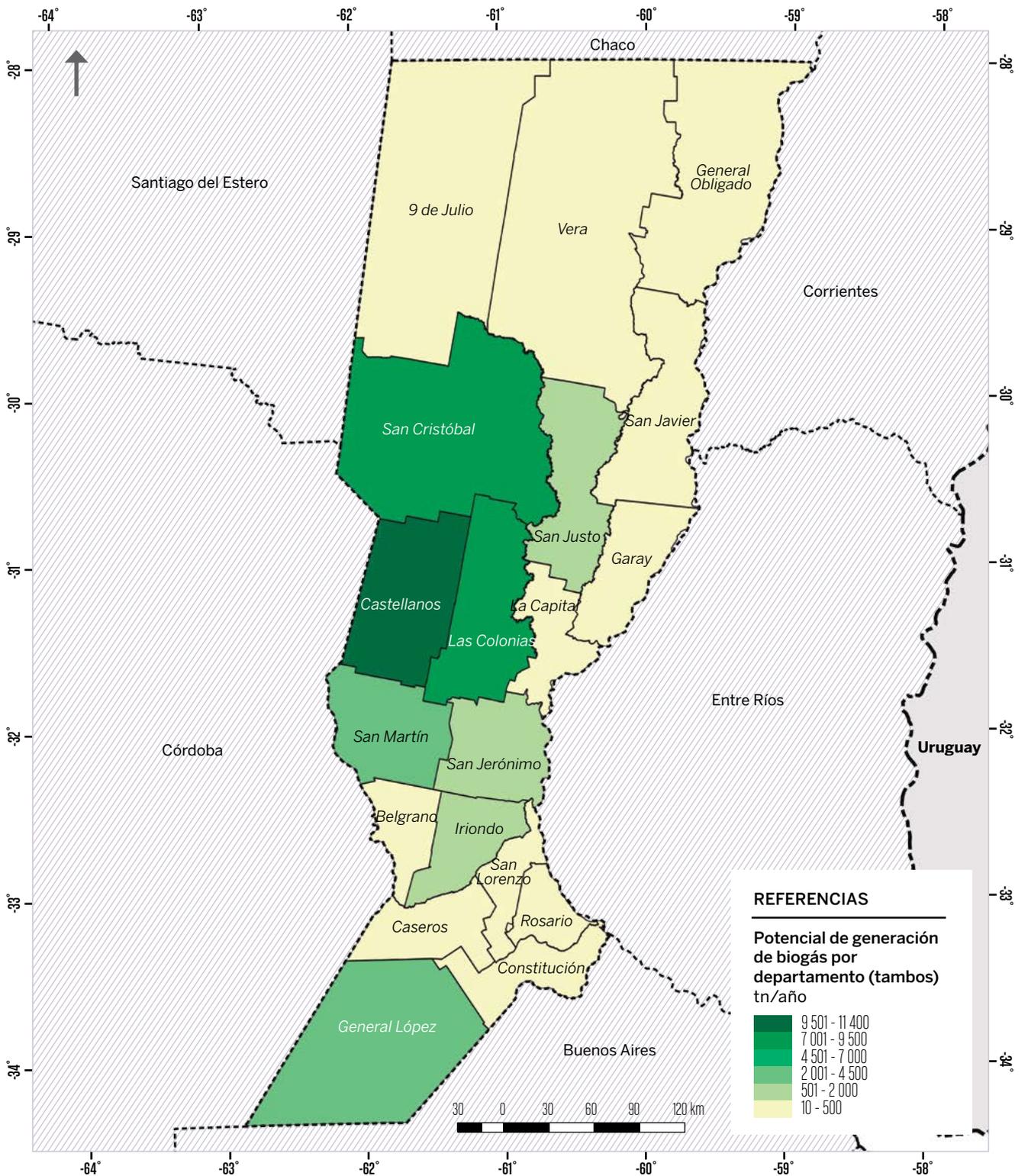


Cuadro 14

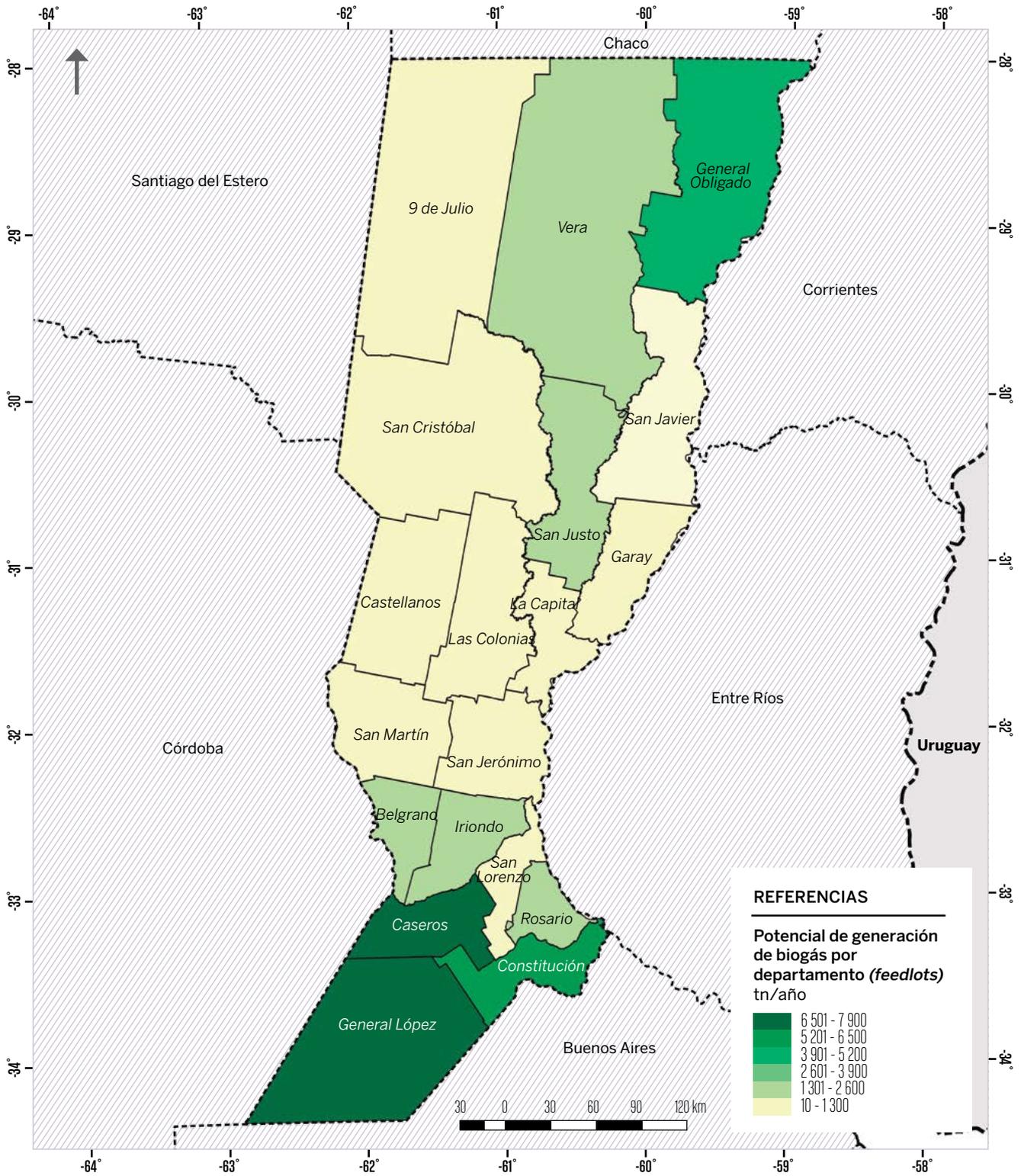
Oferta de biomasa húmeda por tipo y departamento

Departamentos	Oferta de biomasa húmeda (tn/año)			Total por departamento
	Tambos	<i>Feedlots</i>	Porcinos	
9 de Julio	5 529	593	5 477	11 598
Belgrano	6 350	96 616	21 425	124 390
Caseros	5 222	390 625	125 352	521 199
Castellanos	355 975	8 871	42 055	406 901
Constitución	371	299 007	29 938	329 316
Garay	2 129	19 138	7 372	28 639
General López	65 800	433 838	163 910	663 548
General Obligado	2 704	192 360	30 809	225 873
Iriondo	36 581	70 002	32 486	139 069
La Capital	13 159	12 701	21 175	47 035
Las Colonias	277 659	20 778	17 141	315 578
Rosario	1 840	84 604	45 170	131 614
San Cristóbal	274 127	27 887	6 235	308 249
San Jerónimo	42 475	29 135	31 123	102 733
San Javier	1 882	-	2 643	4 526
San Justo	24 363	117 865	49 569	191 797
San Lorenzo	5 443	53 699	10 376	192 079
San Martín	80 602	55 723	55 751	108 079
Vera	1 857	94 174	11 941	108 011
Total provincial	1 204 066	2 007 616	709 990	3 921 672

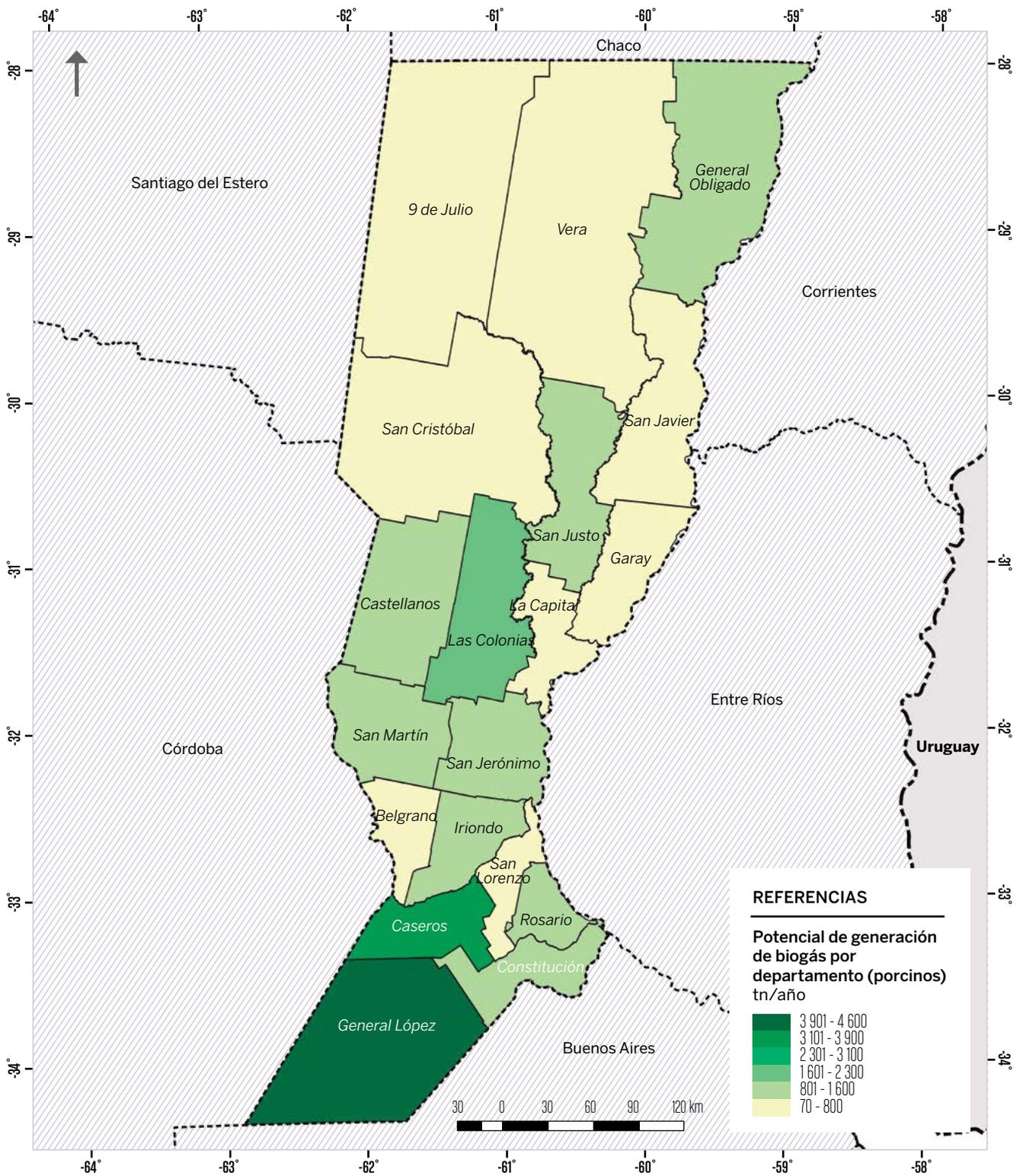
Mapa 16. Potencial de biogás en tambos por departamento
Fuente. Elaboración propia



Mapa 17. Potencial de biogás en *feedlots* por departamento
Fuente. Elaboración propia



Mapa 18. Potencial de biogás en establecimientos porcinos por departamento
Fuente. Elaboración propia

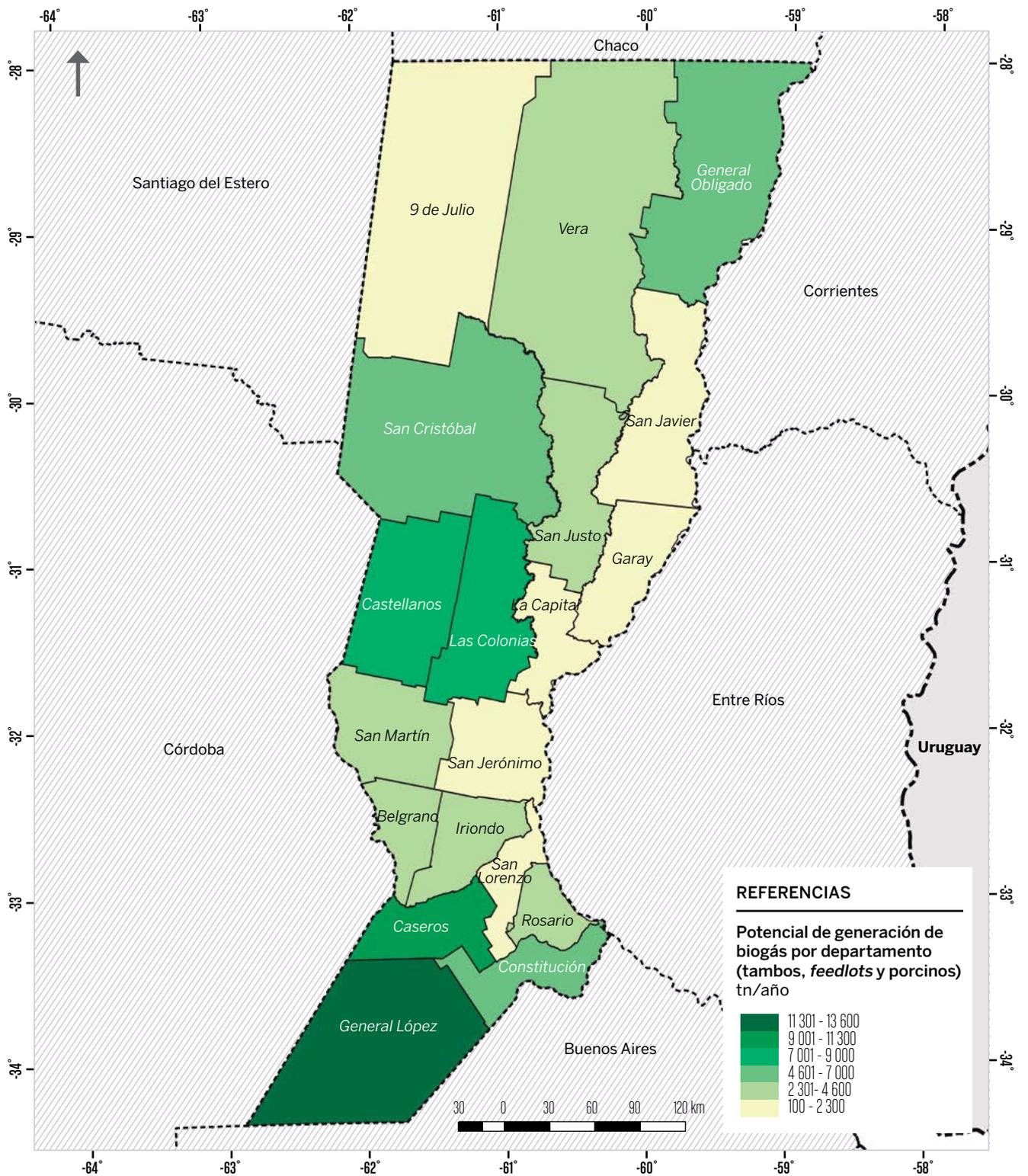


Cuadro 15

Oferta de biomasa húmeda expresada en tep/año

Departamentos	Tambos (tep/año)	Feedlots (tep/año)	Porcinos (tep/año)
9 de Julio	96	10	149
Belgrano	110	1 674	583
Caseros	90	6 768	3 413
Castellanos	6 167	154	1 145
Constitución	6	5 180	815
Garay	37	332	201
General López	1 140	7 516	4 462
General Obligado	47	3 333	839
Iriondo	634	1 213	884
La Capital	228	220	576
Las Colonias	4 810	360	467
Rosario	32	1 466	1 230
San Cristóbal	4 749	483	170
San Jerónimo	736	505	847
San Javier	33	-	72
San Justo	422	2 042	1 350
San Lorenzo	94	930	282
San Martín	1 396	965	1 518
Vera	32	1 632	326
Total provincial	20 860	34 782	19 329

Mapa 19. Potencial de biogás por departamento (tambos, *feedlots* y establecimientos porcinos)
Fuente. Elaboración propia





7.

Conclusiones



© INTA

A lo largo del presente informe se ha manifestado el carácter superavitario de Santa Fe en relación con el potencial de recursos biomásicos disponibles para ser utilizados con fines energéticos. En este sentido, la provincia cuenta con un gran volumen de biomasa, principalmente a partir del uso sustentable de los bosques nativos y de pastizales naturales (espartillares), así como de diversas fuentes de biomasa seca y húmeda susceptibles de producir energía renovable.

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

Para ello, se profundizó y enriqueció la metodología a nivel provincial, con un mayor nivel de detalle (mayor resolución espacial) y con nueva información otorgada por organismos provinciales o a través de información primaria obtenida de entrevistas realizadas por el equipo con cuestionarios semiestructurados. Adicionalmente, se estimó la oferta de biomasa húmeda proveniente de los establecimientos bovinos (tambos y *feedlots*) y porcinos.

Considerando los recursos biomásicos existentes, la mayor disponibilidad de biomasa está dada por el uso sustentable de pastizales y de bosques nativos, con un total de 3 850 451 toneladas anuales. Este volumen se encuentra principalmente en el norte del territorio: aproximadamente el 84% de la oferta directa accesible se distribuye entre los departamentos de General Obligado, San Cristóbal, 9 de Julio y Vera.

En relación con la oferta indirecta, el estudio abarcó tres sectores de la producción: residuos de poda urbana, fábricas de muebles y empresas productoras de semillas. Estos sectores representan una oferta que alcanza las 102 885 toneladas anuales.

Con respecto a la demanda, se tuvieron en cuenta el sector residencial; el sector industrial, representado por empresas instaladas principalmente en el departamento de General Obligado (frigoríficos, desmotadoras, curtiembres, entre otras), hornos de carbón y ladrilleras. Tanto carboneros como ladrilleros son demandantes exclusivamente de leña. Una particularidad de la mayoría de las industrias entrevistadas es que, al mismo tiempo que consumen biomasa, también consumen sus

propios residuos o subproductos, generando o cogenerando energía. Además de leña, utilizan cascarilla de girasol y algodón, grasa de pollos y bagazo.

De acuerdo con el balance de oferta y demanda de biomasa con fines energéticos, los departamentos que constituyen un área prioritaria de atención, ya que disponen de un gran potencial de recursos biomásicos, son 9 de Julio, Vera, San Cristóbal, General Obligado, Castellanos, Las Colonias y General López.

Si bien no hay departamentos que presenten condiciones deficitarias, debe prestarse atención y realizar estudios más profundos en General Obligado, donde se recomienda evaluar la posibilidad de fomentar el desarrollo de cultivos energéticos, ya que la industria instalada es una demandante de energía que puede superar la oferta de las fuentes actuales. Esta situación se repite, aunque puntualmente, con industrias localizadas en el Gran Rosario.

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



Recomendaciones

Considerando la gran diversidad de fuentes de biomasa con destino energético y la multiplicidad de instituciones y centros de investigación con distintos temas e intereses pero relacionadas con aspectos relativos a la oferta y el consumo de dendro y agroenergías, se refuerza la necesidad de contar con un equipo técnico multidisciplinario para el análisis de la información. Por lo tanto, se recomienda conformar un grupo interinstitucional para otorgar un marco permanente a la actualización y profundización del WISDOM Santa Fe, que enriquezca el análisis espacial a través de la incorporación de fuentes que no fueron consideradas en este estudio. Es menester contemplar siempre la protección de los ecosistemas y el uso sustentable de los recursos.

Debido a la dificultad de acceder a información oficial en temas relacionados con el cálculo de la biomasa, resultará de interés que los organismos nacionales y provinciales puedan, en forma conjunta, instrumentar los mecanismos necesarios para generar y sistematizar la información, a la hora de producir nuevas 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, el análisis de biocuenca de abastecimiento, junto con estudios sobre la ubicación óptima de plantas consumidoras de biomasa con fines energéticos, facilitarán la formulación de políticas públicas y estrategias energéticas.

Con respecto al análisis espacial, se presentan las siguientes recomendaciones y sugerencias de actividades futuras que permitirán completar el presente análisis.

- **Módulo de oferta directa:**

- Diseñar sistemas de cosecha, transporte y tratamiento del espartillar y formas de densificación.
- Bosques nativos: incorporar al modelo una tabla de productividad de bosques de mayor detalle; incentivar la incorporación de la medición de la biomasa de ramas menores a 10 cm de diámetro; realizar mediciones del estrato arbustivo para mejorar la estimación de su biomasa y efectuar remediciones a fin de calcular su productividad;

impulsar la incorporación de estos ítems en el segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos.

- Especies exóticas: fomentar el uso de biomasa proveniente del control de especies exóticas y/o malezas.

- Poda urbana: localizar la distribución del arbolado urbano; estimar e incluir el volumen anual y composición (proporción de hojas y ramas, humedad, especie) de los residuos de poda urbana por localidad.

- **Módulo de oferta indirecta:**

- Industria forestal: cuantificar el volumen de residuos generados o, en su defecto, la producción anual; analizar la disposición final de los residuos; localizar todos los establecimientos de la segunda transformación de la madera.

- **Módulo de demanda:**

Se propone realizar una encuesta de consumo que brinde datos más precisos sobre la demanda real de biomasa en los distintos sectores analizados.

- Residencial: dado que no existen datos sistemáticos sobre el consumo residencial de leña o carbón vegetal en la provincia, se optó por utilizar los datos del CNPHyV 2010, por lo que resulta imprescindible verificar las estimaciones realizadas; relevar las comunidades rurales que consumen biomasa con fines energéticos y cuantificar el volumen consumido; ampliar el relevamiento, incluyendo el consumo para calefacción y para calentar agua con fines sanitarios.

- Parrillas, panaderías y hotelería: relevar todos los comercios que utilizan biomasa con fines energéticos y cuantificar el volumen de leña o carbón vegetal consumido.

- Industrias: mejorar la estimación del volumen anual y composición de residuos utilizados en las industrias del norte.

- Ladrilleras: mejorar las estimaciones realizadas a través de entrevistas, de modo de constatar la correlación entre unidad producida y consumo de leña requerido.

Bibliografía

Banco Mundial. 1995. *Vehicle Operating Cost (VOC)*. Versión 3.0. HdM III The Highway Design and Maintenance Standards Model. Washington.

Brassiolo, M. y Grulke, M. 2015. *Manejo de bosques nativos de la Región Chaqueña. Fichas Técnicas*. 1.º ed. Reconquista (Argentina). REDAF. (disponible en <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/>)

Brandalise, F., Hug, O., Martínez, N., Pietronave, H., Ybran, R., Benitez, B. 2011. *La producción de carbón en la Cuña Boscosa santafesina* (disponible en https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_vocesyecos_nro29_produccion_de_carbon_en_la_cua_b.pdf Acceso: 8 de agosto de 2017).

Charlón, V. 2007. "Residuos en las instalaciones de ordeño". *Revista IDIA XXI* Año VII N.º 9. Buenos Aires. INTA.

CPCE. 2007. *La energía en la provincia de Santa Fe: un análisis estructural de las fortalezas y debilidades*. Rosario (Argentina). Consejo Profesional de Ciencias Económicas de la provincia de Santa Fe – Fundación de Banco Municipal de Rosario (disponible en http://www.iae.org.ar/santafe/informe_energia.pdf). Acceso: 3 de septiembre de 2017.

Dirección de Tecnologías y Servicios de Información Geoespacial. 2013. *Mapa de plantaciones forestales (MPF) de la República Argentina*. Buenos Aires. Subsecretaría de Información y Estadística Pública. Ministerio de Agroindustria (disponible en <http://ide.agroindustria.gov.ar/visor/?v=forestal#>). Acceso: 16 de junio de 2017.

FAO. 2004. "Terminología de los dendrocombustibles sólidos". *Terminología Unificada sobre la Bioenergía (TUB)*. Roma. Departamento Forestal de la FAO.

FAO. 2009. *Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina. WISDOM Argentina. Informe final*. Buenos Aires.

FAO. 2010a. *What woodfuels can do to mitigate climate change?* Roma. Forestry Paper N.º 162.

FAO. 2010b. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe Nacional Argentina*. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. Roma.

FAO. 2016a. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Tucumán*. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_Tucuman_baja.pdf).

FAO. 2016b. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Salta*. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_Salta_baja.pdf).

FAO. 2016c. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de La Pampa*. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_la_Pampa_baja.pdf).

FAO. 2017a. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Mendoza*. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_Mendoza_FAO-%20Final%20170904.pdf).

- FAO.** 2017b. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Córdoba.* Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Cordoba_FAO-Final%20170904.pdf).
- Gallo Mendoza, L. y Ugarte, C.** 2015. "Espartillo: Una oportunidad de doble propósito". *Revista Voces y Ecos* N.º 34. EEA Reconquista INTA (disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/espartillo-una-oportunidad-de-doble-proposito>). Acceso: 1 de septiembre de 2017.
- García, K., Rubio, R. y Marinelli, C.** 2008. "Situación de tambos de la cuenca mar y sierras frente al proceso de intensificación". *Revista Argentina de Producción Animal* Vol. 28 N.º 1. Buenos Aires. Asociación Argentina de Producción Animal.
- García, K., Arenas, M., Filipone, J., Charlón, V.** 2011. "Evaluación de un tamiz estático para el tratamiento de los efluentes del tambo". *Revista Argentina de Producción Animal* Vol. 31 Supl. I. Asociación Argentina de Producción Animal.
- Hansen, M., Potapov, P., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S., Tyukavina, A., Thau, D.** 2013. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change". *Science* Vol. 342. Washington DC. American Association for the Advancement of Science (disponible en 10.1126/science.1244693). Págs. 850-853.
- Hilbert, J.** 2011. *Manual para la producción de biogás.* Instituto de Ingeniería Rural. Buenos Aires. INTA Castelar.
- IEA.** 2009. *Bioenergy – A sustainable and reliable energy source: a review of status and prospects.* París. International Energy Agency.
- INDEC.** 2010. *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.* (disponible en http://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135). Acceso: 1 de septiembre de 2017.
- INTA.** 2009. "Capacidad productiva de las tierras de la provincia de Santa Fe para uso agrícola y pasturas de alfalfa". *Mapas Provincia Santa Fe.* EEA Rafaela (disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/capacidad_productiva/index.htm).
- Manrique, S., Franco, J., Núñez, V., Seghezze, L.** 2011. "Propuesta metodológica para la toma de decisiones sobre bioenergía en un contexto complejo y diverso". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* N.º 12. Salta. ASADES.
- Ministerio de Agroindustria.** 2013. *Monitor Forestal de la Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial* (disponible en <http://ide.agroindustria.gob.ar/visor/?v=forestal>).
- Ministerio de Energía.** 2016. *Balance Energético Nacional (BEN) 2016.* Buenos Aires. Buenos Aires (disponible en <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>).
- Robertson, A.M.,** 1977. *Farm wastes handbook.* Aberdeen (Escocia). Scottish Farm Building Investigation Unit. Pág. 114.
- Rodríguez, C.** 2002. *Residuos ganaderos. Cursos de Introducción a la Producción Animal.* Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. (disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos_ganaderos.pdf). Acceso: 3 de septiembre de 2017.
- Secretaría de Energía.** 2009. *Energías Renovables. Diagnóstico, barreras y propuestas.* Buenos Aires. Área de Energías Renovables. Buenos Aires. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.
- Sultana, A. y Kumar A.** 2012. "Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors". *Biomass and Bioenergy* Vol. 39. Elsevier.

Anexo I

Marco normativo

La Ley 26331/2007 (Decreto Reglamentario 91/2009) de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, conocida como “Ley de Bosques”, establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos y de los servicios ambientales que ellos brindan a la sociedad. En esta Ley se establecen tres categorías de bosques, a saber:

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

En Santa Fe, la Ley 26331 fue reglamentada mediante la Ley provincial 13372/13.

La Ley 27191/2015 modifica a la Ley 26190 en lo relativo al “Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica”. La misma estableció como primer objetivo a corto plazo que la contribución de las fuentes renovables alcance el 8% del consumo de energía nacional para fin del 2017. Y, como segundo objetivo a mediano plazo, cubrir el 20% del consumo de energía eléctrica del país hacia 2025.

**ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE
ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA**
METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Santa Fe

N° 8

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

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

www.fao.org

ISBN 978-92-5-130885-1



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

CA1203ES/1/08.18