



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Buenos Aires

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

N° 10



Secretaría de Energía
Ministerio de Hacienda
Presidencia de la Nación

Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Buenos Aires

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

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

Las 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 978-92-5-131090-8

© 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 Buenos Aires.* Colección Documentos Técnicos N° 10. Buenos Aires. 106 pp.
Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

AUTORIDADES

Ministerio de Producción y Trabajo

Dante Sica

Ministro de Producción y Trabajo

Luis Miguel Etchevehere

Secretario de Gobierno de Agroindustria

Andrés Murchison

Secretario de Alimentos y Bioeconomía

Miguel Almada

Director de Bioenergía

Ministerio de Hacienda

Nicolás Dujovne

Ministro de Hacienda

Javier Iguacel

Secretario de Gobierno 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

Mariana Alegre

Ingrid Irene Kaufmann

Ricardo Teodoro Llorente

Paula Ferrere

Mariano Butti

Juan Carlos Messa

Cecilia Inés Contreras

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



ÍNDICE

Prólogo	ix	5.3 Módulo de oferta indirecta	51
Agradecimientos	xi	5.3.1 Industria forestal	51
Siglas y acrónimos	xiii	5.3.2 Semilleros	54
Unidades de medida	xiv	5.3.3 Aceiteras	54
Resumen ejecutivo	xv	5.4 Módulo de demanda	56
<hr/>		5.4.1 Sector residencial	56
1.		5.4.2 Sector industrial	59
Introducción	1	5.4.3 Escuelas rurales	59
Ejecución de los WISDOM provinciales	3	5.5 Módulo de integración	59
<hr/>		<hr/>	
2.		6.	
Bioenergía	5	Módulo de oferta de biomasa húmeda	69
<hr/>		6.1 <i>Feedlots</i> bovinos	70
3.		6.2 Tambos	70
Marco de referencia geográfico y ambiental	11	6.3 Establecimientos porcinos	72
<hr/>		6.4 Frigoríficos bovinos y porcinos	74
4.		6.5 Establecimientos avícolas	74
Sistemas bioenergéticos y metodología WISDOM	17	<hr/>	
<hr/>		7.	
5.		Conclusiones	82
Módulos y resultados del WISDOM Buenos Aires	23	<hr/>	
5.1 Unidad de análisis y resolución espacial	23	8.	
5.2 Módulo de oferta directa	23	Recomendaciones	84
5.2.1 Forestaciones (Ley 25080)	24	<hr/>	
5.2.2 Formaciones arbóreas	25	Bibliografía	86
5.2.3 Frutales	28	Anexo I. Marco normativo	90
5.2.4 Marlos de maíz	34	<hr/>	
5.2.5 Poda urbana	34		
5.2.I Accesibilidad física	38		
5.2.II Accesibilidad legal	42		
5.2.III Accesibilidad total	43		

Cuadros

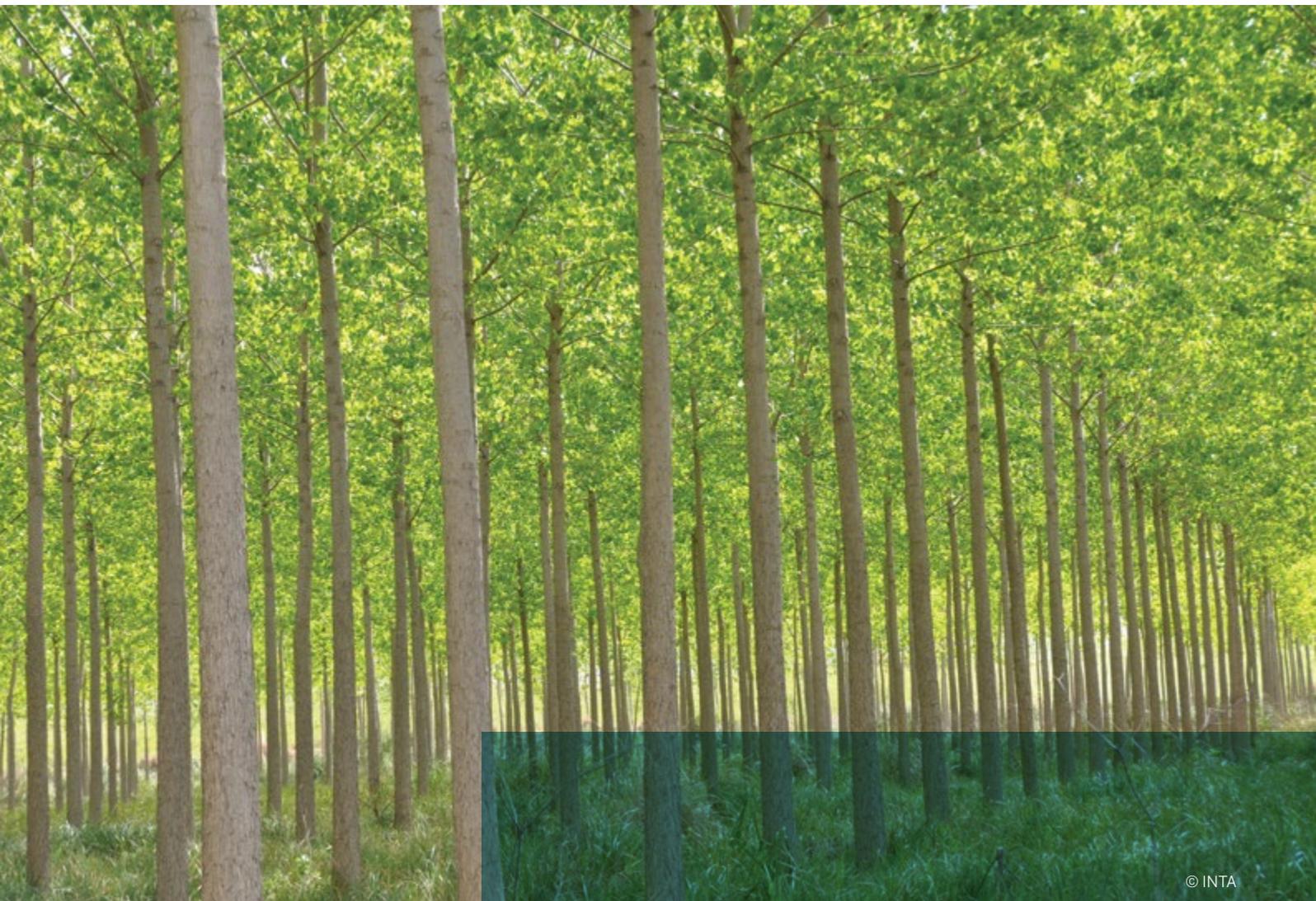
Cuadro 1	Clasificación de las fuentes de biocombustibles	7
Cuadro 2	Proyectos adjudicados RenovAr	9
Cuadro 3	Superficie y localización de plantaciones forestales	24
Cuadro 4	IMA para fines biomásicos de formaciones arbóreas y plantaciones forestales	28
Cuadro 5	Residuo seco anual por tipo de cultivo frutícola	33
Cuadro 6	Aportes totales de residuo seco de cultivos frutícolas	33
Cuadro 7	Oferta directa de cultivos frutícolas por departamento (t/año)	33
Cuadro 8	Oferta directa de biomasa por tipo de fuente	38
Cuadro 9	Accesibilidad de la red vial	40
Cuadro 10	Coeficientes de accesibilidad de bosques nativos según OTBN	42
Cuadro 11	Coeficientes de restricción según áreas naturales protegidas	43
Cuadro 12	Oferta directa accesible por fuente y departamento (t/año)	47
Cuadro 13	Producción de la industria forestal argentina en 2013	51
Cuadro 14	Capacidad instalada de la industria forestal para aserrado	52
Cuadro 15	Capacidad de molienda de productoras de aceite de girasol	57
Cuadro 16	Oferta indirecta de aserraderos por partido	57
Cuadro 17	Demanda total por fuente y departamento	60
Cuadro 18	Balance total por departamento	62
Cuadro 19	Producción media diaria de estiércol, estiércol con orina y efluentes líquidos por categoría de animal	72
Cuadro 20	Coeficientes de estimación de biogás a partir de guano de granjas avícolas	76
Cuadro 21	Coeficientes de estimación de biogás a partir de mortandad en granjas avícolas	77
Cuadro 22	Valores de biogás para cada tipo de producción	80

Mapas

Mapa 1	Oferta directa de forestaciones del Bajo Delta bonaerense	26
Mapa 2	Oferta directa de cobertura arbórea	27
Mapa 3	Zona frutícola "corredor Buenos Aires – Rosario" (Zárate, Baradero, San Pedro)	31
Mapa 4	Oferta de biomasa de marlos	35
Mapa 5	Oferta directa total de cultivos	36
Mapa 6	Residuos de poda urbana	37
Mapa 7	Oferta directa total	39
Mapa 8	Accesibilidad física	41
Mapa 9	Accesibilidad legal	44
Mapa 10	Accesibilidad total	45
Mapa 11	Oferta directa accesible	46
Mapa 12	Ubicación de aserraderos	53
Mapa 13	Demanda residencial	58
Mapa 14	Balance promedio focalizado	66
Mapa 15	Balance total por radio censal	67
Mapa 16	Potencial de biogás en <i>feedlots</i>	71
Mapa 17	Potencial de biogás en tambos	73
Mapa 18	Potencial de biogás en establecimientos porcinos	75
Mapa 19	Ubicación de las granjas de gallinas ponedoras	78

Gráficos

Gráfico 1	Composición de la oferta interna de energía primaria en la Argentina	8
Gráfico 2	Modelo conceptual WISDOM Buenos Aires	21
Gráfico 3	Superficie relativa de las especies forestales en la provincia	25
Gráfico 4	Distribución de los montes frutales en el noreste provincial	32
Gráfico 5	Producción promedio anual de semillas en la Argentina (2011/12 a 2015/16)	55
Gráfico 6	Composición de la espiga de maíz en peso	55



© INTA

Prólogo

La matriz energética argentina está conformada, en su gran mayoría, por combustibles fósiles. Esta situación presenta desafíos y oportunidades para el desarrollo de las energías renovables, ya que la gran disponibilidad de recursos biomásicos en todo el territorio nacional constituye una alternativa eficaz frente al 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 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, se creó el Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa – UTF/ARG/020/ARG (PROBIOMASA), una iniciativa que llevan adelante la Secretaría de Gobierno de Agroindustria del Ministerio de Producción y Trabajo, y la Secretaría de Gobierno de Energía del Ministerio de Hacienda, con la asistencia técnica y administrativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

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

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

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

Esta Colección de Documentos Técnicos pone a disposición 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.

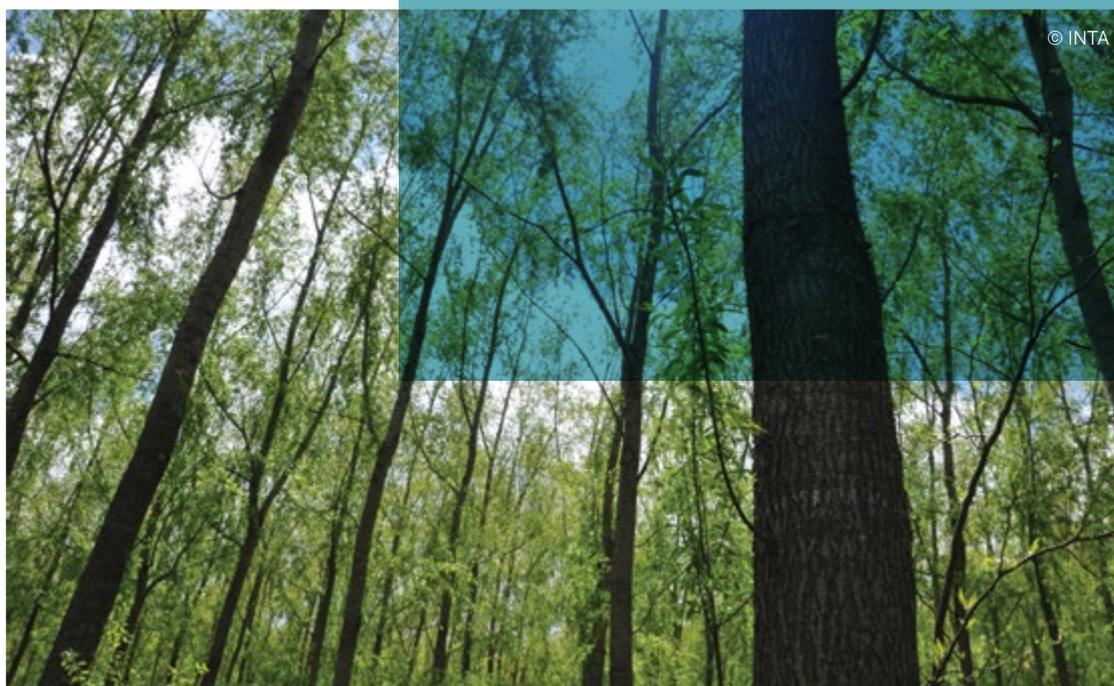
Agradecimientos

La elaboración de esta publicación ha sido posible gracias a la cooperación de varios organismos, y especialmente algunas personas. En el ámbito nacional, se agradece a las secretarías de Gobierno de Agroindustria (Raúl Villaverde, Jorge Bocchio) y de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (Pablo Picchio), al Ministerio de Hacienda, al Instituto Geográfico Nacional (IGN), al Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) y al Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA).

En el ámbito provincial, se contó con la colaboración de la Secretaría de Energía, el Ministerio de Asuntos Agrarios (Sebastián Galarco y Sergio Tomasone), la Dirección Provincial de Recursos Naturales del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (Adriana Ricci, Alejandra Bauto, Juan Ignacio Serwatowski, Natalia Raffaeli, Hernán Ivas) y la Dirección de Desarrollo del Delta, Bosques y Forestación (Verónica Ciganda).

También se agradecen los aportes de distintas filiales del INTA: Pergamino (Zulma Canet, Mónica Filipi, Alejandro Signorelli), Delta (Javier Álvarez), Castelar (Pablo Pathauer, Enrique Frusso, Gerardo Mujica, Jorge Hilbert, Stella Carballo), Concepción del Uruguay (Juan Martín Gange), Rafaela (Karina García), así como del Centro Regional Buenos Aires Norte y Sur, la Universidad Nacional del Sur (Luis Caro), la Universidad Nacional de Luján (Elena Craig y Eduardo Penon), la Universidad Nacional de La Plata (Marcelo Arturi, Diego Ramilo y Manuel Cellini) y la Universidad Nacional de San Luis (Stella Bogino).

Por último, cabe un agradecimiento a Adriana Ferreyra y al personal de administración del INTA, Analía Vicens y Maximiliano Devia Tesone. Y a Guillermina Cuevas y Juan Ignacio Paracca por su cuidadosa revisión de este documento.





© INTA

Siglas y acrónimos

AER: Agencia de Extensión Rural
ANP: Áreas Naturales Protegidas
BAHRA: Base de Asentamientos Humanos de la República Argentina
BEN: Balance Energético Nacional
CERBAN: Centro Regional Buenos Aires Norte (INTA)
CERBAS: Centro Regional Buenos Aires Sur (INTA)
CIARA: Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina
CFI: Consejo Federal de Inversiones
CNPHyV: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas
MDE: Modelo Digital de Elevaciones
DPE: Dirección Provincial de Energía
EEA: Estación Experimental Agropecuaria
EGO: Environment for Geoprocessing Objects
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GEI: Gases de Efecto Invernadero
IEA: International Energy Agency
IGN: Instituto Geográfico Nacional
IMA: Incremento medio anual
INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos
INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial
INV: Instituto Nacional de Vitivinicultura
MAGyP: ex Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación
MAyDS: ex Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable
MECON: ex Ministerio de Economía, Hacienda y Desarrollo
MINAGRO: ex Ministerio de Agroindustria
MINEM: ex Ministerio de Energía y Minería
NEA: Noreste Argentino
NOA: Noroeste Argentino
OTBN: Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo
PERMER: Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales
PROINGED: Programa Provincial de Incentivo a la Generación de Energía Distribuida
RAC: Residuos agrícola de cosecha
RenovAr: Programa de Energías Renovables
RSU: Residuos sólidos urbanos

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

SA: Sociedad Anónima
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
UNLP: Universidad Nacional de la Plata
WISDOM: Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping

Unidades de medida

cm: centímetro
GW/h: Gigavatio-hora
ha: hectárea
kcal: kilocaloría
kg: kilogramo
km: kilómetro
km²: kilómetro cuadrado
kW: kilovatio
l: litro
m: metro
m³: metro cúbico
mm: milímetro
mm³: milímetro cúbico
msnm: metros sobre el nivel del mar
MW: Megavatio
tep: tonelada equivalente de petróleo
t: tonelada

Resumen ejecutivo

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

Conforme a ello, se construyó una base de datos geoespacial con información brindada por diferentes organismos nacionales y provinciales, de carácter público y privado. Las fuentes de oferta identificadas, localizadas y cuantificadas, en función de su origen, fueron las siguientes:

- Oferta directa: formaciones arbóreas (59,38%), marlos (36,94%), forestaciones (2,10%), poda urbana (0,85%), citrus (0,28%), frutas de carozo (0,22%) y cultivo de olivos, arándanos, kiwis, vides y otros frutales (0,23%).
- Oferta indirecta: residuos de aserraderos (100%).

Si bien se analizó la oferta de semilleros y aceiteras (cáscara de girasol), en el primer caso se consideró ya estimada en la oferta directa de marlos, y en el segundo no fue espacializada. Por otro lado, no se incluyó en el análisis la oferta de bosques nativos porque se consideró conveniente prescindir de este recurso y por la enorme potencialidad de la provincia para el establecimiento de plantaciones forestales de mayor crecimiento. No obstante, se describe brevemente para dar cuenta de la heterogeneidad geográfica de la provincia.

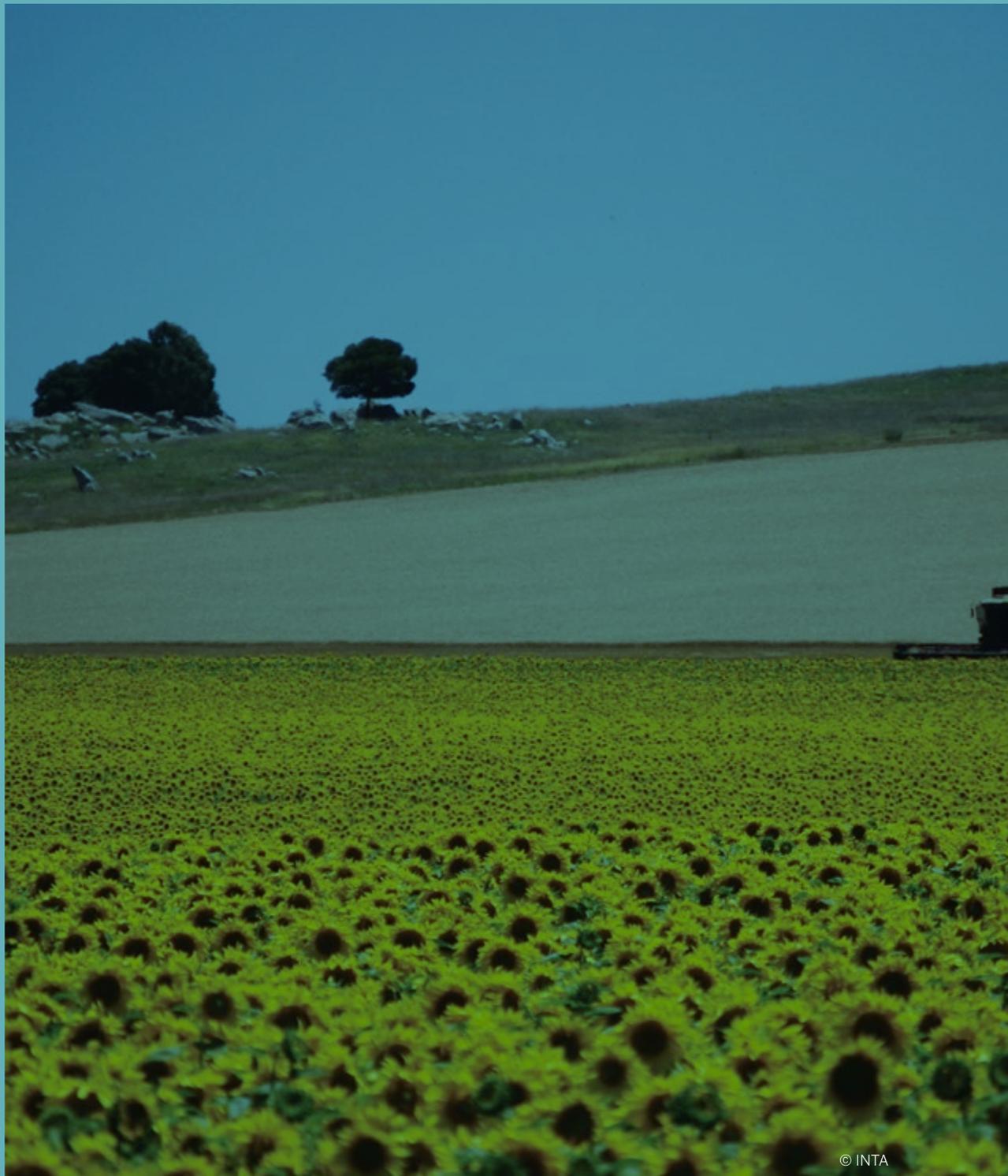
Con respecto al consumo de biomasa con fines energéticos, el único sector considerado en el balance fue el sector residencial. Las demandas del sector comercial y de pequeños emprendimientos (parrillas, panaderías, etc.) no se pudieron conocer por su atomicidad, que dificulta el relevamiento.

En resumen, y teniendo en cuenta todos estos componentes, se estimó que la oferta directa accesible, física y legalmente, es de 2 420 870 t/año y la oferta indirecta, de 27 000 t/año. En tanto, la demanda actual estimada es de 19 055 t/año. En consecuencia, el balance resultante entre la oferta potencial y el consumo actual estimado da un superávit de 2 428 815 t/año de recursos biomásicos con fines energéticos.

Para enriquecer el análisis, se estimó la energía potencial a partir de fuentes de biomasa húmeda provenientes de actividades ganaderas intensivas de la provincia. Esta resultó de 209 463,18 tep/año, constituida por los aportes de *feedlots* bovinos (55 068,35 tep/año), tambos bovinos (7 564,74 tep/año), producción de porcinos (36 674,95 tep/año); frigoríficos bovinos (7 820,12 tep/año), frigoríficos porcinos (1 010,64 tep/año), producción de gallinas ponedoras (16 596,78 tep/año) y de pollos parrilleros (82 021,46 tep/año).

Este trabajo permitió concluir que el potencial bioenergético de Buenos Aires deriva de una amplia variedad de fuentes de biomasa seca y húmeda, susceptibles de ser aprovechadas para producir energía renovable. Con ello, se establece una base sólida a nivel provincial que permitirá avanzar en materia de estrategias bioenergéticas consistentes y precisas, y promover así la viabilidad de proyectos que utilicen energía derivada de biomasa.

1. INTRODUCCIÓN



**Con la metodología WISDOM,
el análisis espacial del balance
energético se presenta de
un modo comprensible, útil para
los especialistas, como para los
funcionarios y público en general.**

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, juntamente con la FAO, el trabajo *Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina - WISDOM Argentina* (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 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 informa-

ción 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 herramienta 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.

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 fuentes de aprovisionamiento, aportada 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 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 ofrece información homogeneizada y actualizada del potencial de biomasa que puede extraerse de manera sustentable, con lo que permite orientar investigaciones en tecnología de conversión energética y facilita la formulación de políticas públicas adecuadas para las bioenergías.

Ejecución de los WISDOM provinciales

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

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 (PNA-YAV) y del Componente Fortalecimiento Institucional del Proyecto.

Con el objetivo de iniciar los trabajos, entre los días 8 y 11 de noviembre de 2016 se llevó a cabo el curso para la implementación de la metodología WISDOM en la sede INTA de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Sus objetivos fueron presentar la metodología de oferta y demanda de biomasa aplicada en Salta como base para replicar en la provincia de Buenos Aires; capacitar a los participantes en la estructura y lógica de la metodología WISDOM y en el empleo de las aplicaciones Dinamica EGO, R y QGIS, y consensuar y programar las adaptaciones de los modelos según las particularidades de la provincia.

En ese curso participaron miembros de distintas instituciones involucradas en la temática, como el Área de Energías Renovables del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, la Secretaría

de Gobierno de Energía, la Dirección Provincial de Bioeconomía y Desarrollo Rural del Ministerio de Agroindustria de la provincia de Buenos Aires, la Dirección de Bioenergía de la Secretaría de Gobierno de Agroindustria de la Nación y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Al finalizar, se definieron acciones y canales de diálogo para establecer prioridades a fin de optimizar la búsqueda de información, posibles fuentes, análisis de datos, tratamiento, sistematización y homogenización de la información.

Los integrantes del grupo de trabajo de Buenos Aires fueron asignados en febrero de 2017, mes en que se realizó un taller de capacitación en metodología WISDOM para técnicos del Centro Regional Buenos Aires Norte (CERBAN, INTA) y del Ministerio de Agroindustria bonaerense. De esta manera, junto a técnicos del Centro Regional Buenos Aires Sur (CERBAS, INTA), quedó conformado el equipo para llevar adelante las actividades asociadas al desarrollo del informe. En dicho taller se repasó cada componente, se mencionaron las posibles fuentes de información, su nivel de detalle y grado de actualización.

En este contexto, se desarrollaron diversas consultas y reuniones de trabajo con referentes en materia bioenergética, tanto del sector público como privado, recabando la información pertinente para realizar el análisis espacial con la metodología WISDOM. Como corolario, se redactó el presente informe que describe la realidad bioenergética de la provincia de Buenos Aires.

2. BIOENERGÍA



Producir bioenergías agrega valor a lo agropecuario, lo forestal y sus industrias, genera empleo local y convierte pasivos ambientales, como son los residuos y efluentes, en materias primas energéticas.

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 sociocultural, 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 de los 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.

La utilización de este tipo de energías presenta diversas ventajas, tales como:

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

- 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 se utiliza energéticamente mediante procesos termoquímicos o fisicoquímicos, que producen energía térmica de manera directa o productos secundarios en la forma de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. Por otro lado, se designa “biomasa húmeda” a la que supera el 60% de humedad, 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 su 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 (MINEM, 2016), sobre un total de 80,06 millones de tep, la biomasa representó 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 actualidad, la República Argentina cuenta con una capacidad instalada cercana a los 800 megavatios para la generación de energía renovable. En 2015 se promulgó la Ley N.º 27191, Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía. Esta ley declara de interés la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes renovables con destino a la prestación de servicio público y promueve la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad. Tiene por objetivo fomentar la contribución de fuentes de energía renovable hasta que alcancen el 8% del consumo de energía eléctrica nacional en 2018 y el 20% para 2025.

Por su parte, Buenos Aires cuenta con un marco legal propicio para el desarrollo de proyectos bioenergéticos, ya que dispone de leyes provinciales que promueven el desarrollo de la bionenergía:

- Ley provincial N.º 11723, Marco del Medio Ambiente y los Recursos Naturales: cuenta con un capítulo especial, “De la energía”, en el que encomienda a la Dirección Provincial de Energía (DPE) del Ministerio de Infraestructura la investigación, desarrollo y utilización de nuevas tecnologías aplicadas a fuentes de energía tradicionales y alternativas y el uso de la energía disponible preservando el medio ambiente.
- Ley provincial N.º 12603, Decreto Reglamentario 2158/02: en su artículo 1.º, declara de interés provincial la generación y producción de energía eléctrica a través del uso de fuentes renovables. A partir de esta norma, Buenos Aires establece que los generadores de energía eléctrica con fuentes renovables sean eximidos del pago de impuestos inmobiliarios en los inmuebles destinados a la instalación de los equipos, y que sean beneficiados con una compensación tarifaria por cada kW/h que comercialicen a través de la red pública.
- Ley provincial N.º 13719: establece que la provincia de Buenos Aires adhiere a la Ley nacional N.º 26093, de Biocombustibles, con el objeto de promover la investigación, desarrollo,

Cuadro 1

Clasificación de las fuentes de biocombustibles

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

Fuente: Adaptado en base a FAO (2004)

generación, producción y uso de biocombustibles en su territorio.

- Ley provincial N.º 14838: declara de interés provincial la generación eléctrica a partir de fuentes renovables en todo el territorio de la provincia.

Si bien Buenos Aires ha tenido participación en proyectos vinculados a la producción y distribución de energía renovable, en la mayoría de los casos han sido desarrollados a partir de fuentes solar o eólica.

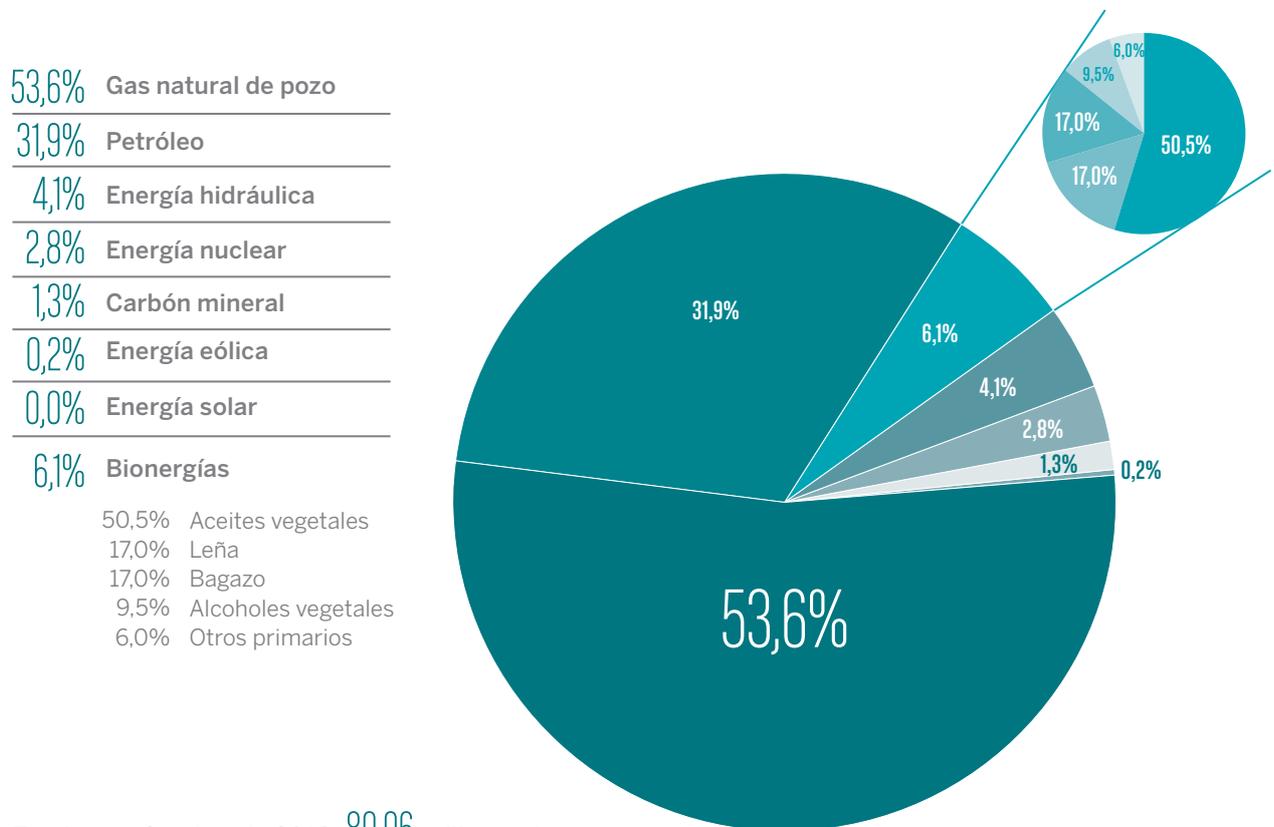
Con relación a la energía solar fotovoltaica, el Proyecto de Energías Renovables en el Mercado Rural (PERMER), financiado por el Gobierno nacional, tiene como objetivo principal el abastecimiento

de electricidad a personas que viven en hogares rurales y a servicios públicos de todo tipo (escuelas, salas de emergencia médica, destacamentos policiales, etc.) que se encuentran fuera del alcance de los centros de distribución de energía. La provincia suscribió un convenio de participación en julio de 2003 y el proyecto alcanzó a 213 escuelas de Buenos Aires. Actualmente está en marcha el PERMER II, pero la provincia no tiene participación en él.

En 2009, a partir de una iniciativa público-privada, se estableció el inicio del Programa Provincial de Incentivo a la Generación de Energía Distribuida (PROINGED). Su objetivo era dar respuesta a una creciente demanda eléctrica mediante generación distribuida impulsando las metas previstas por las

Gráfico 1

Composición de la oferta interna de energía primaria en la Argentina



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

Fuente: MINEM (2016)

leyes provinciales N.º 12603 y 14838. En el marco de este programa se han instalado siete parques solares con más de 2 600 m² de paneles, un parque eólico que genera un promedio 1 200 MWh anuales, un biodigestor en un *feedlot* y un parque híbrido eólico-solar (PROINGED, 2017).

Actualmente, en el marco del plan nacional RenovAr (Programa de Energías Renovables 2016-2025, Anexo I), se han adjudicado 24 proyectos en la provincia de Buenos Aires (Cuadro 2) por una potencia de 1 045 MW. De ellos, dos proyectos corresponden al uso de biomasa con fines energéticos, mientras que siete fueron adjudicados para producir biogás.

A partir de un relevamiento de proyectos bioenergéticos realizado por Lucila Grassi para el Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA), se estableció que hacia fin de 2012 se encontraban en marcha siete proyectos para generación de electricidad y/o energía térmica a partir de biomasa en la provincia,

con una capacidad de generación en conjunto de 34,2 MW.

Vale señalar que, desde enero de 2017, el Ministerio de Agroindustria de la provincia de Buenos Aires, a través de la Dirección Provincial de Bioeconomía, ha puesto en marcha el Plan de Bioeconomía y Energías Renovables, cuyo objetivo es promover el desarrollo de proyectos de bioenergía en localidades del interior de la provincia. En este contexto, se han establecido cartas de acuerdo con algunas empresas privadas para el establecimiento de modelos demostrativos, entre ellas, la empresa Gitec, para implementar ensayos de producción de energía eléctrica mediante la utilización de fuentes sustentables en un establecimiento educativo de la ciudad de Chacabuco. Tiene como fin generar datos específicos para la elaboración de múltiples proyectos cuyo objetivo sea aprovechar residuos de la agroindustria tales como aserrín, maderas, cama de pollo, cáscaras de maní y girasol, rastrojo de maíz y trigo, y también residuos de poda urbana.

Cuadro 2

Proyectos adjudicados RenovAr

Tecnología	Proyectos	MW
Eólica	13	1 011
Biogás	7	9,8
Biomasa	2	14,2
Biogás RS	2	10
Total	24	1 045

Fuente: Adaptado en base a MINEM (2016)

3. MARCO DE REFERENCIA GEOGRÁFICO Y AMBIENTAL



La provincia de Buenos Aires tiene una superficie de 304 907 km², que representa el 8% del total nacional. En 2010 vivían en ella más de 15 millones de personas, casi el 39% de los habitantes del país.

La provincia de Buenos Aires tiene una superficie de 304 907 km², que representa el 8% del total nacional. Administrativamente, se divide en 135 departamentos (partidos) y, según el Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda (CNPHyV), en 2010 contaba con una población de 15 625 084 habitantes, equivalente al 38,9% del total nacional. El 97,2% de la población es urbana y el 2,8% rural; el 8% del total son hogares con necesidades básicas insatisfechas (INDEC, 2010). La densidad poblacional es de 51,2 habitantes por km². Los partidos pertenecientes al conurbano bonaerense, localizados en el noreste de la provincia en torno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, son los de mayor densidad: concentran el 64% de la población en apenas el 1% del territorio provincial (MECON, 2013).

Descripción edafo-climática

La provincia se ubica mayoritariamente en la Región Pampeana, el área de mejores condiciones para las actividades agropecuarias del país. Además de su gran extensión, Buenos Aires presenta una diversidad de ambientes; diversos autores (Bilenca y Miñarro, 2004; Chaneton, 2006; Galarco *et al.*, 2009; Bilenca *et al.*, 2012) coinciden en dividir el territorio provincial en las subregiones geográficas.

- Pampa Arenosa: identificada también como Pampa Interior, tiene una superficie de 8 058 000 hectáreas. El clima predominante es del tipo templado sub-húmedo con época seca en invierno. Los suelos son Hapludoles y Haplustoles típicos y/o énticos hacia el oeste y Hapludoles tpto-árgicos o nátricos en las depresiones hacia el este. Estos suelos son altamente susceptibles a la degradación por efecto de la erosión. En estas áreas se registran pérdidas de suelo por “voladuras”, pérdidas de fertilidad y, por ende, de productividad. Desde hace 20 años se observa un incremento constante de las superficies destinadas a la agricultura en desmedro del área ganadera.
- Pampa Ondulada: se denomina así a la superficie de la llanura pampeana comprendida entre el curso de los ríos de la Plata, Paraná y Salado en la provincia de Buenos Aires (se extiende al sur de la provincia de Santa Fe y centro-este de la de Córdoba), donde abarca una superficie del orden de 4 706 000 hectáreas. El clima en esta subregión se caracteriza por estar dentro de un régimen subhúmedo-húmedo. Las precipitaciones medias anuales son de 900 mm, con mayor incidencia en verano y menor

en invierno. Las temperaturas extremas pueden llegar a -9°C en julio y $41,5^{\circ}\text{C}$ en enero. Se caracteriza por tener pendientes largas (700-1500 m) de suave gradiente (2,5%) y unidireccionales. Esto genera una red de drenaje definida a nivel de cuencas y microcuencas. Los suelos han sido clasificados como Argiudoles típicos, y se encuentran distribuidos en el paisaje en unidades puras o consociados en sus fases inclinadas y por drenaje. La profundidad efectiva del perfil es de +/- 180-200 centímetros.

- Pampa Deprimida: es una llanura sumamente plana que abarca prácticamente toda la cuenca del Río Salado y la del Arroyo Vallimanca. Comprende una superficie aproximada de 6940000 hectáreas. En cuanto al clima, sobresale un régimen pluviométrico anual que oscila desde 1000 mm en el noreste hasta 800 mm en el flanco sudeste y parte occidental. En general estas lluvias cubrirían satisfactoriamente las necesidades de la vegetación, pero ocurre que en la época invernal ellas exceden las necesidades de los campos como consecuencia de la baja evapotranspiración. Esto determina la existencia de excedentes de entre 200 y 250 mm, según los años. En verano, por el contrario, las lluvias no llegan a ser suficientes, aun contando con el agua que queda almacenada en el suelo, produciendo las habituales sequías de enero y febrero. Los suelos predominantes presentan un horizonte superficial somero y, más en profundidad, poseen elevados contenidos de arcilla. En grandes sectores se suma además una capa compacta de costra calcárea a escasa profundidad. Bajo estas condiciones existe un elevado grado de dificultad para la infiltración de agua hacia las capas más profundas del suelo. Esto también contribuye a la condición de anegamiento estacional, que alterna con las sequías.
- Pampa Austral o Interserrana: se encuentra ubicada en el centro-sur de la provincia, entre los sistemas serranos de Tandilia y Ventania. Limita al norte con la Pampa Deprimida y al sur con el Océano Atlántico, y abarca una su-

perficie aproximada de 2 520 000 hectáreas. Su clima se caracteriza por un régimen hídrico subhúmedo-seco, con precipitaciones anuales superiores a los 700 mm, distribuidas de manera homogénea, decreciendo de este a oeste. Geomorfológicamente está constituida por una llanura loésica suavemente drenada hacia el Océano Atlántico, comprendida entre los dos cordones serranos. Los suelos son Argiudoles típicos asociados con sus fases someras y muy someras por la presencia de una plancha de tosca que oscila entre los 50 y 100 cm. En general, predominan los Argiudoles petrocálcicos, con pequeños manchones de Argialboles y Natracuoles en las áreas ligeramente deprimidas. Es una zona caracterizada por una actividad productiva tradicionalmente mixta (agrícola-ganadera). La zona costera del litoral marítimo presenta formaciones de dunas costeras de origen marino, con una extensión de 800 km de norte a sur y un ancho variable que va de 1 a 10 km, aproximadamente. Este relieve está asociado a suelos de estructura gruesa y profunda, con muy buena aptitud forestal.

Además de las formaciones descritas, la bibliografía menciona dos subregiones conocidas como la Zona Serrana y el Delta del Paraná:

- Zona Serrana: el sistema de Tandilia se desarrolla con orientación noreste-sudeste y constituye una cadena de sierras con alturas que no superan los 500 metros sobre el nivel del mar (msnm). El sistema de Ventania se ubica más al oeste. Ambos ocupan una superficie del orden de 4 859 000 hectáreas. En la zona de Tandilia el régimen climático es subhúmedo-húmedo, con precipitaciones medias anuales de 800 mm; la estación más húmeda es el verano y la más seca, el invierno. En la zona de Ventania, el clima es algo más seco, correspondiente a un régimen subhúmedo seco con precipitaciones anuales medias que oscilan entre 700 y 750 mm. La época más seca es la invernal. Las sierras del sistema de Ventania se extienden aproximadamente 100 km, aunque no llegan hasta el mar. Sus alturas máximas alcanzan 1 200

metros. En general prevalecen los suelos medianamente profundos y profundos, aptos para el laboreo, que se clasifica en Argiudoles y Argiustoles típicos, asociados a los Haplustoles y sus fases en pendientes.

- El Delta del Paraná: se encuentra geográficamente ubicado en la desembocadura del río Paraná, que junto con el río Uruguay forman el estuario del Río de la Plata. El delta bonaerense se divide en tres áreas, superior o antiguo, medio e inferior, y abarca una superficie cercana a las 240 000 hectáreas. La formación proviene de limos y arenas finas que arrastra el río Paraná y que antes de llegar al Río de la Plata se depositan formando islas. El clima es templado y húmedo con un régimen de temperatura media anual de aproximadamente 17° C; en verano, el promedio es de 23° C y en invierno, de 12° C. La temperatura mínima puede llegar a -7° C y la máxima, a 40° C. Existen entre 8 y 10 días de heladas al año. Las precipitaciones tienen un régimen medio anual de 950 mm. Se distinguen dos tipos de suelos: los aluviales y los hidromórficos. Los primeros se ubican en la zona próxima al Río de la Plata y en los bancos de los grandes cursos de agua. Son de formación reciente y están constituidos por una capa de arena limosa de espesor variable. Tienen un escaso contenido de materia orgánica (1%) y son de reacción ácida. Los suelos hidromórficos, que ocupan las áreas alejadas del comienzo del estuario, son de formación antigua y constituyen los suelos característicos de las islas. Estas tienen una topografía en forma de palangana, con una franja o borde estrecho de terreno más elevado, llamado albardón, y el centro bajo y mayormente anegado, denominado bañado. El albardón rara vez supera los 100 metros de ancho y corre en sentido paralelo a los ríos y arroyos. Representa una proporción pequeña de la superficie de la isla (15 a 20%) y es su sector más productivo. El resto corresponde al bañado.

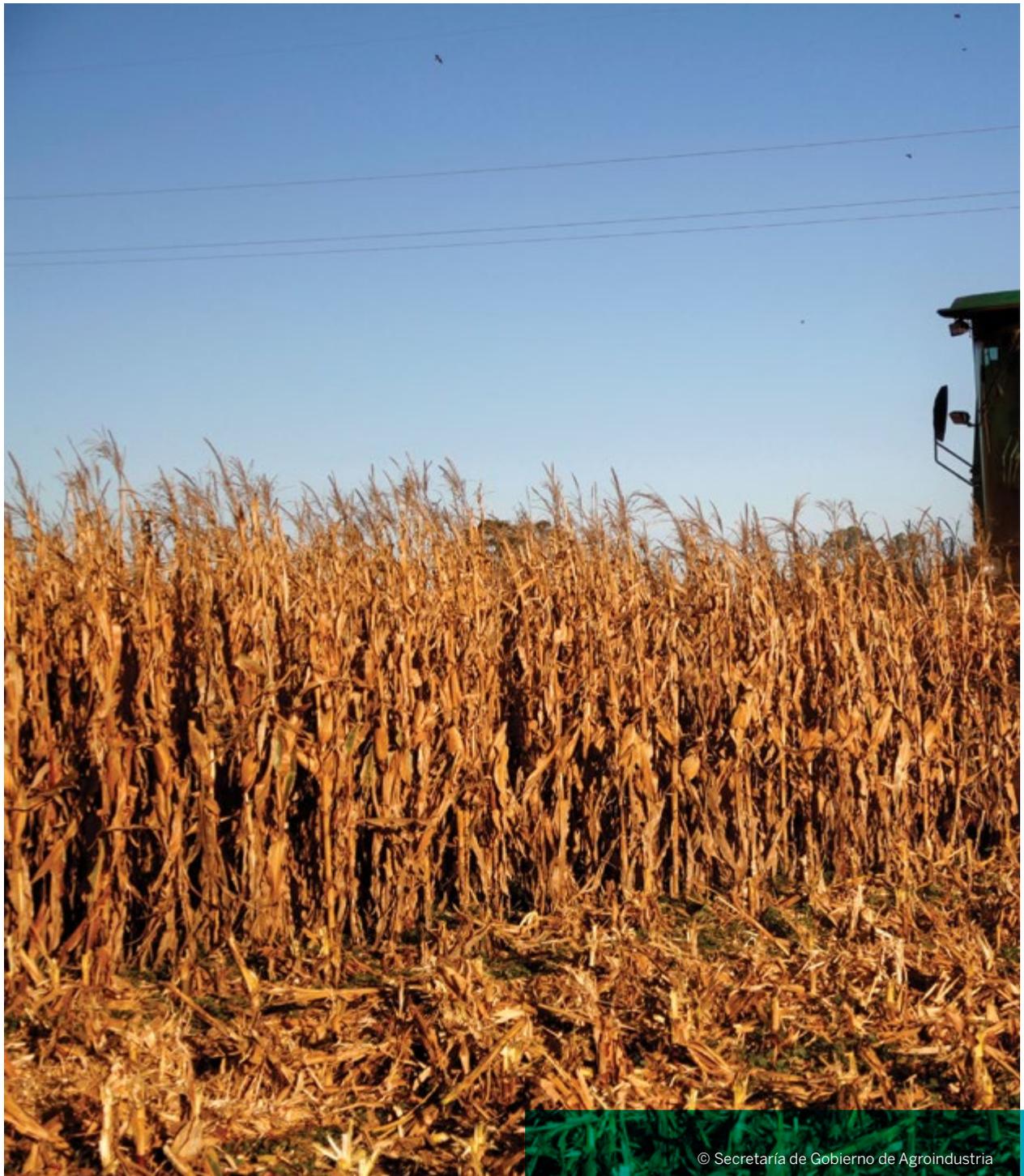
Producción primaria

La provincia cuenta con un importante aparato productivo que genera un tercio del Producto Bruto Interno y cerca de la mitad del valor industrial agregado del país. Más allá de que concentra grandes volúmenes de riqueza, Buenos Aires estuvo ligada desde sus orígenes a las actividades agrícolas y ganaderas, y aún en la actualidad conserva condiciones excepcionales para el cultivo de cereales, oleaginosas y forrajeras, y para una ganadería vacuna de alto valor (Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires, 2012).

De las regiones del territorio bonaerense con predominio de actividades agropecuarias, las producciones agrícolas más importantes son la soja, el maíz, el trigo y el girasol, mientras que la ganadería se especializa en los bovinos. Las áreas cerealeras y ganaderas se ubican en el centro-oeste y sudeste; la región maicera, en el noreste; la zona frutícola, en el corredor Buenos Aires-Rosario y cerca de Mar del Plata; la hortícola, en el Gran Buenos Aires; la cría extensiva de vacunos, en la Cuenca del Salado; la de engorde con forrajeras en el oeste, mientras que la cuenca lechera y tampera se ubica al norte. Las regiones agrícolas de la provincia representan más del 38% del área sembrada nacional y alrededor del 40% de su producción total. Se destacan principalmente los volúmenes de soja, trigo, maíz, girasol y cebada. En cuanto a la ganadería, concentra alrededor del 37% de las existencias bovinas del país.

También se desarrolla ganadería porcina, especialmente en la región centro norte de la provincia, donde se concentra gran parte de los establecimientos productivos. La producción avícola se distribuye espacialmente en zonas cerealeras, y aunque una parte aún se realiza en explotaciones familiares, este sector ha experimentado un gran proceso de transformación en los últimos años, que se ha reflejado en un incremento del tamaño de las unidades productivas y del nivel de integración con el resto de las etapas del proceso de manufactura y de distribución.

Además de los granos, también se cultivan frutales, hortalizas y papa; esta última se concentra en la zona cercana a la ciudad de Balcarce.



El potencial productivo y la localización de las actividades se correlaciona con las condiciones agroecológicas de los diferentes ambientes de la provincia. El clima frío y húmedo en invierno y cálido en la temporada estival favorece particularmente el desarrollo del trigo y del maíz. El trigo tiene extraordinarios rindes en el sudeste de la provincia, y el área sembrada en la campaña 2016/2017 fue de 2354200 hectáreas. Con una mayor dispersión, el maíz tuvo en la campaña 2015/2016 un área sembrada de 1 787 008 hectáreas. En la misma campaña, la cebada, que se cultiva principalmente en el sudeste la provincia, tuvo un área sembrada de 1314766 hectáreas.

En Médanos, a 39° de latitud sur y a 40 km de Bahía Blanca, se producen vinos de alta calidad; este territorio está ubicado al este de las regiones vitivinícolas tradicionales, a más de 1 000 km, y produce malbec, cabernet sauvignon, tannat, chardonnay y sauvignon blanc. Otras actividades, como la forestal, si bien abarcan superficies significativas en el total país, se consideran completamente secundarias, a pesar del enorme potencial para su cultivo.

Bosques nativos

La Argentina cuenta con más de 30 millones de hectáreas de bosques nativos (Montenegro *et al.*, 2005). Según el relevamiento realizado para este trabajo, en la provincia de Buenos Aires las formaciones nativas alcanzan actualmente 969935 hectáreas. En el Gráfico 2 se muestra su ubicación: talares de barranca y del este en la zona norte y este de la provincia; el espinal (caldenal y monte) en el sudoeste y el bosque ribereño en el Delta y la costa.

En el Bajo Paraná, el bosque ribereño de *Tesaria integrifolia* (aliso de río, buibé o palo bobo) constituye un caso típico de bosques fluviales de la Argentina. Ocupa terrenos inundables de ríos en América tropical desde Colombia hasta los 35° de latitud sur. Tiene una distribución en los gradientes del paisaje fluvial muy semejante a la de *Salix humboldtiana* (sauce). La estructura y dinámica de los bosques está condicionada por el régimen de pulsos hidrológicos y por el transporte de sedimentos en cada sección de escurrimiento del río (Neiff, 1994).

Arturi y Goya (2004) indican que los talares son formaciones dominadas por *Celtis tala* y *Scutia buxifolia* y constituyen la principal comunidad boscosa de la provincia de Buenos Aires. Su composición florística es afín a los bosques del espinal. Los talares se vieron severamente afectados por el avance de las fronteras urbana y agropecuaria. Los del partido de Magdalena fueron incluidos en una Reserva de Biósfera del Programa MAB-UNESCO. Sin embargo, la mayor parte de las 26 000 hectáreas de la reserva son propiedades privadas y no existe una regulación estatal de las actividades económicas que garantice su conservación. Las principales en el área son la ganadería y la extracción de materiales calcáreos del subsuelo.

La región del espinal se ubica en el Distrito del Caldén, donde se encuentran los Caldenales (bosques de *Prosopis caldenia*). Se trata de formaciones boscosas xerófilas más o menos abiertas, de unos ocho a diez metros de altura, que se encuentran en unidades mixtas, formando un mosaico con las tierras agropecuarias (SAyDS, 2004).

En la provincia de Buenos Aires, las formaciones nativas alcanzan casi un millón de hectáreas, ubicadas principalmente en los talares de barranca y del este, el espinal y el bosque ribereño del Delta y la costa.

4. SISTEMAS BIOENERGÉTICOS Y METODOLOGÍA WISDOM



La biomasa está disponible en todo el territorio nacional, y las energías renovables que se generan a partir de ella resultan una alternativa eficaz y sustentable en un contexto de crisis energética tanto local como global.

Un sistema bioenergético comprende todas las fases y operaciones que se requieren para la producción, 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, es necesario comprender los sistemas bioenergéticos en diferentes escalas, poniendo énfasis en los estudios sitio-específicos.
- *Heterogeneidad en las fuentes de oferta de biomasa*: abarca forestaciones implantadas o sistemas de silvicultura de corta rotación, el incremento medio anual (IMA) de formaciones vegetales nativas, residuos agrícolas de cosecha, la poda urbana y de frutales, 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.



© INTA

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

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. 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, 2010).

Asimismo, un aspecto crítico de los sistemas bioenergéticos, que se relaciona directamente con la especificidad geográfica, es el acceso y traslado de los recursos biomásicos. La baja densidad energética de la biomasa y su alta dispersión geográfica hacen que los grandes volúmenes 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 que 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 industria forestal, 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).

Un componente innovador en el WISDOM Buenos Aires es el Módulo de oferta de biomasa húmeda, que estima el potencial productivo de biogás de efluentes de origen orgánico de diferentes tipos de producciones pecuarias (*feedlots*, tambos, porcinos, aves), en toneladas equivalentes de petróleo (tep). Debido a su importancia en la provincia, también se analizaron los residuos de la faena de esos animales.

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 integra y dispone espacialmente datos y estadísticas de diversos ámbitos, lo que permite apreciar el contexto completo del balance de biomasa, detectando las zonas de oferta sustentable así como los sitios específicos de consumo.

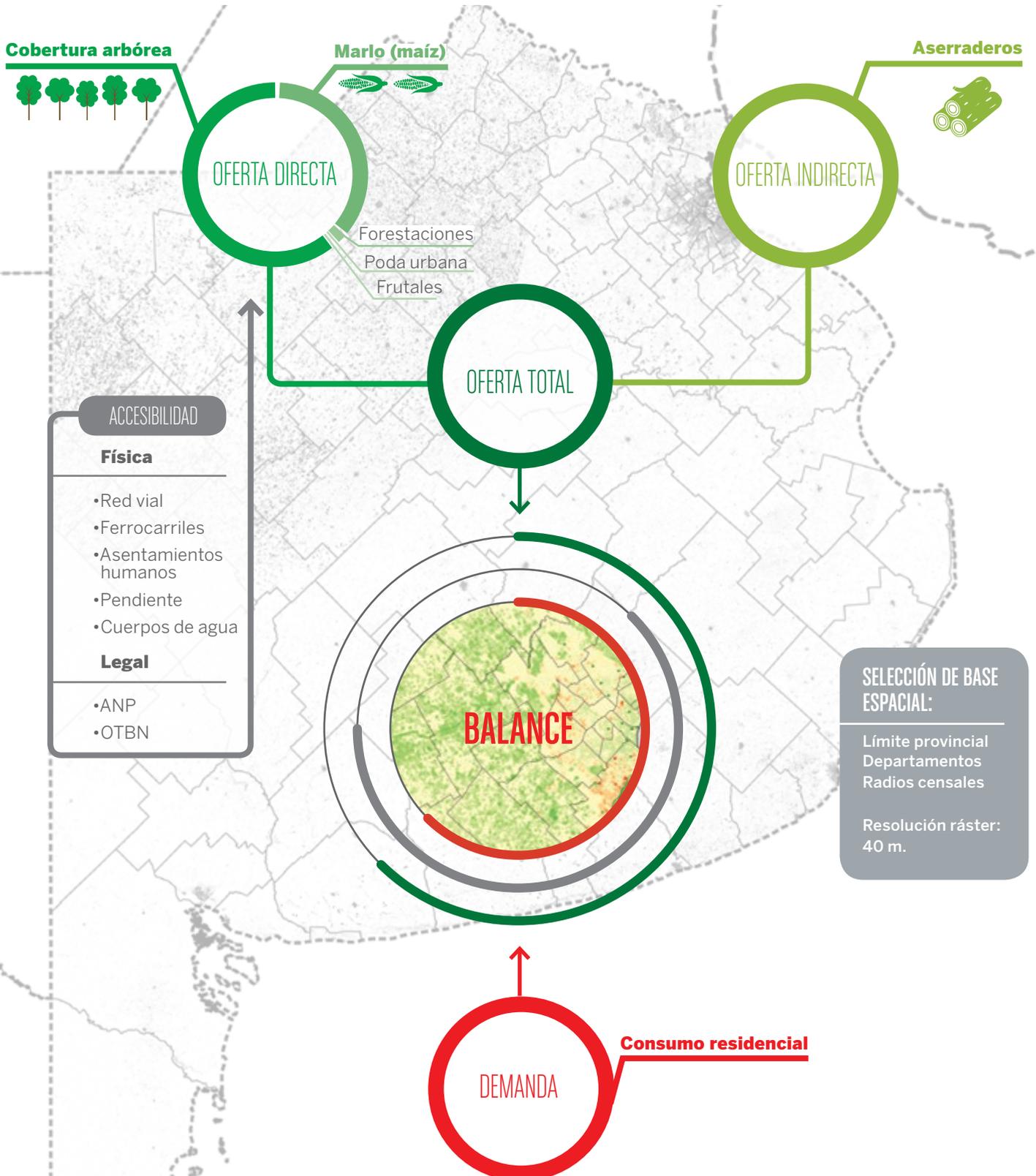
Para realizar el análisis espacial integrado de la oferta y demanda de biomasa con fines energéticos en la provincia de Buenos Aires se utilizaron diversos programas de código abierto: R, Quantum Gis y Dinamica EGO (*Environment for Geoprocessing Objects*, por sus siglas en inglés). El programa R se usó para sistematizar las bases de datos geográficos vectoriales (*shapes*), convirtiendo a formato *raster* los datos que no lo estuvieran, y para homogeneizar y estandarizar la base de datos completa; el Quantum Gis se empleó para editar archivos vectoriales, enmascarar y recortar las capas *raster* y producir los mapas temáticos presentados en este informe; por último, el Dinamica EGO se utilizó para integrar la información y realizar todo el análisis espacial a través de sucesivos modelos.

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

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

Adicionalmente, se desarrolló un quinto módulo sobre oferta de biomasa húmeda. En el Gráfico 2 se muestran, de manera ilustrativa, los módulos y las principales capas utilizadas.

Gráfico 2. Modelo conceptual WISDOM Buenos Aires



Fuente. Elaborado por los autores

5. MÓDULOS Y RESULTADOS DEL WISDOM BUENOS AIRES

-
- 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

En Buenos Aires, la mayor oferta directa de biomasa proviene de formaciones arbóreas, y luego de marlos. Un aporte mucho menor hacen las forestaciones, la poda urbana, los citrus y otros frutales.

La metodología de análisis espacial WISDOM se aplicó en la provincia de Buenos Aires con el objetivo de calcular el balance de energía derivada de biomasa. De esta manera y siguiendo el mismo procedimiento que el ejecutado en la elaboración del WISDOM Argentina (FAO, 2009), se desarrollaron los principales pasos analíticos, que son explicados a continuación.

5.1 Unidad de análisis y resolución espacial

Para lograr el más alto nivel de detalle, la unidad mínima de análisis utilizada fue el radio censal. La capa geográfica de radios censales fue obtenida a partir de la cartografía digital del CNPHyV (INDEC, 2010) correspondiente a la provincia de Buenos Aires. La estructura administrativa considerada presenta 134 departamentos (denominados "partidos"), con 19 658 radios censales; de ellos, 16 217 corresponden a radios censales urbanos, 2 965 a rurales y 476 a mixtos. Cabe destacar que el partido de Lezama (N.º 135) no está incluido en la cartografía del CNPHyV de 2010; en la división administrativa considerada se encuentra como parte del partido de Chascomús.

La resolución espacial empleada (tamaño del píxel) fue de 40 m (0,16 ha), lo que mejora el nivel de detalle del WISDOM Argentina, donde se utilizó

una resolución espacial de 250 m (6,25 ha). En la mayoría de los casos, la información disponible se encuentra expresada en toneladas de biomasa seca por hectárea. Para adaptar estos valores a la resolución utilizada, todas las capas se multiplicaron por un valor constante de 0,16, 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 y los departamentales se confeccionaron en base a los radios censales correspondientes a la cartografía del CNPHyV de 2010.

5.2 Módulo de oferta directa

Se entiende por oferta directa la biomasa que se encuentra en el campo. Una de las características de la oferta directa es su dispersión territorial. Entre las fuentes directas de biomasa potencialmente disponibles para usos energéticos, en la provincia de Buenos Aires se consideraron la resultante de la poda, raleo y residuos de cosecha de las plantaciones forestales; la poda o renovación de plantas provenientes del manejo frutícola (cítricos, frutales de carozo, arándanos, kiwis, vides y olivos) y del arbolado público urbano. También se incorporó al análisis el incremento medio anual (IMA) de pequeñas superficies arbóreas

que se encuentran dentro de una matriz agrícola, cascotes rurales y cortinas forestales. Si bien los residuos de cultivos agrícolas extensivos en la provincia –como soja, maíz, trigo o girasol– no se consideraron para usos energéticos debido a que la práctica del sistema de siembra directa pretende conservar la fertilidad y estructura del suelo, se realizó una estimación de la disponibilidad potencial de marlos, que podrían ser recolectados sin ningún perjuicio.

5.2.1 Forestaciones (Ley 25080)

La República Argentina cuenta con 1,2 millones de hectáreas de plantaciones dedicadas a la producción forestal, de las que el 80% se concentra en la región mesopotámica y el resto se distribuye entre la provincia de Buenos Aires y las regiones patagónica, NOA y del centro-oeste del país (Cuadro 3).

Del total forestado, el 50% corresponde a coníferas; el 34%, a diferentes especies del género *Eucalyptus*; el 12%, a Salicáceas (*Salix* y *Populus*) y el 4% restante, a otras especies, como *Melia aze-*

darach (paraíso), *Toona ciliata* (cedro australiano), *Pawlonia* spp. (kiri) y *Grevillea robusta* (roble sedoso). Las plantaciones forestales proveen el 93% de la madera que consume toda la cadena de la industria forestal. En el país, mediante la Ley 25080 de 2009 (prorrogada por diez años por la Ley 26432), se establecen beneficios fiscales y aportes no reintegrables para la implantación, el mantenimiento y el manejo de plantaciones. De acuerdo con diferentes estudios, en la Argentina existen entre 18 y 20 millones de hectáreas con aptitud para la forestación, de las que 5 millones carecen de aptitud para otros cultivos. El 75% del total se ubica en las regiones pampeana, mesopotámica y patagónica, con 6, 5 y 4 millones de hectáreas, respectivamente (CFI, 2015a).

Los valores de incremento de biomasa utilizados para las clases de cobertura arbórea y para cada situación considerada se tomaron de acuerdo con datos aportados por Jorge Bocchio (Secretaría de Gobierno de Agroindustria) y Salvatierra *et al.* (1983). Para no generar conflictos con otros usos

Cuadro 3

Superficie y localización de plantaciones forestales

Provincia / Región	Superficie implantada (miles ha)	%
Corrientes	430	35
Misiones	380	31
Entre Ríos	135	11
Buenos Aires	100	8
Patagonia (Neuquén, Chubut, Río Negro, Santa Cruz)	69	6
NOA (Salta, Jujuy, Tucumán)	24	2
Centro (Santa Fe, Córdoba y La Pampa)	49	4
Resto (Formosa, Chaco, Santiago de Estero, Catamarca, San Luis, San Juan, La Rioja y Mendoza)	29	2
	1216	100

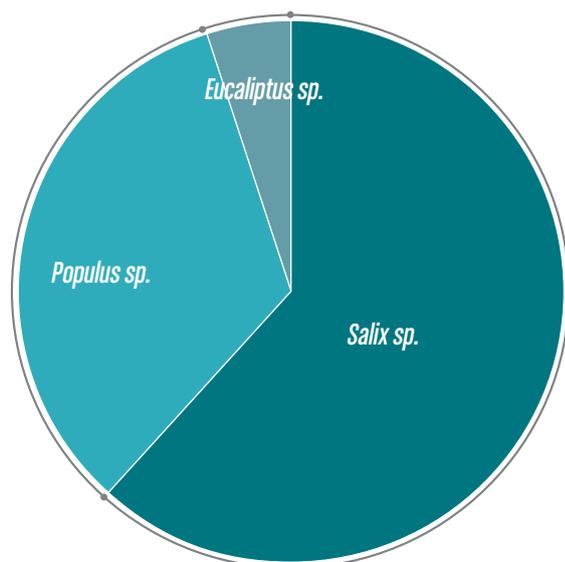
Fuente: CFI (2015a)

maderables del bosque, del mapa de incremento medio anual (IMA) se dedujeron los volúmenes correspondientes a las extracciones registradas por la Dirección de Bosques. De este modo, del IMA resultante se asignó un 75% a uso maderable y contenido de humedad.

Las capas de lotes de forestaciones agroindustriales fueron cedidas por Sebastián Galarco y Sergio Tomasone, agentes del Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires. Al solapar las capas geográficas, los polígonos se encontraban superpuestos, de modo que había más de uno en el mismo lugar geográfico. Por lo tanto, con el programa QGIS (herramienta de geo proceso) se disolvió la selección correspondiente a cada especie arbórea y se obtuvo una capa por especie. La superposición entre especies se eliminó con diferencia entre ellas. No se aplicó un criterio en particular para realizar estas operaciones; por lo tanto, por falta de información más precisa, los cálculos de superficie de cada tipo de forestación son aproximados.

Gráfico 3

Superficie relativa de las especies forestales en la provincia



Fuente: MAGyP (2017)

En el Gráfico 3 se muestran las superficies relativas de las diferentes especies implantadas. Allí se aprecia la relevancia de las salicáceas en la provincia, concentradas en su mayor parte en el Delta del Paraná (Mapa 1), asociada al desarrollo de una industria forestal que contempla tanto la producción de madera aserrada, como la producción de papel. En la zona continental las forestaciones son dispersas y de menor superficie, y se concentran en algunos macizos de las empresas que también tienen campos en el Delta y usan dichos establecimientos de soporte para el abastecimiento continuo de las industrias establecidas en las islas.

5.2.2 Formaciones arbóreas

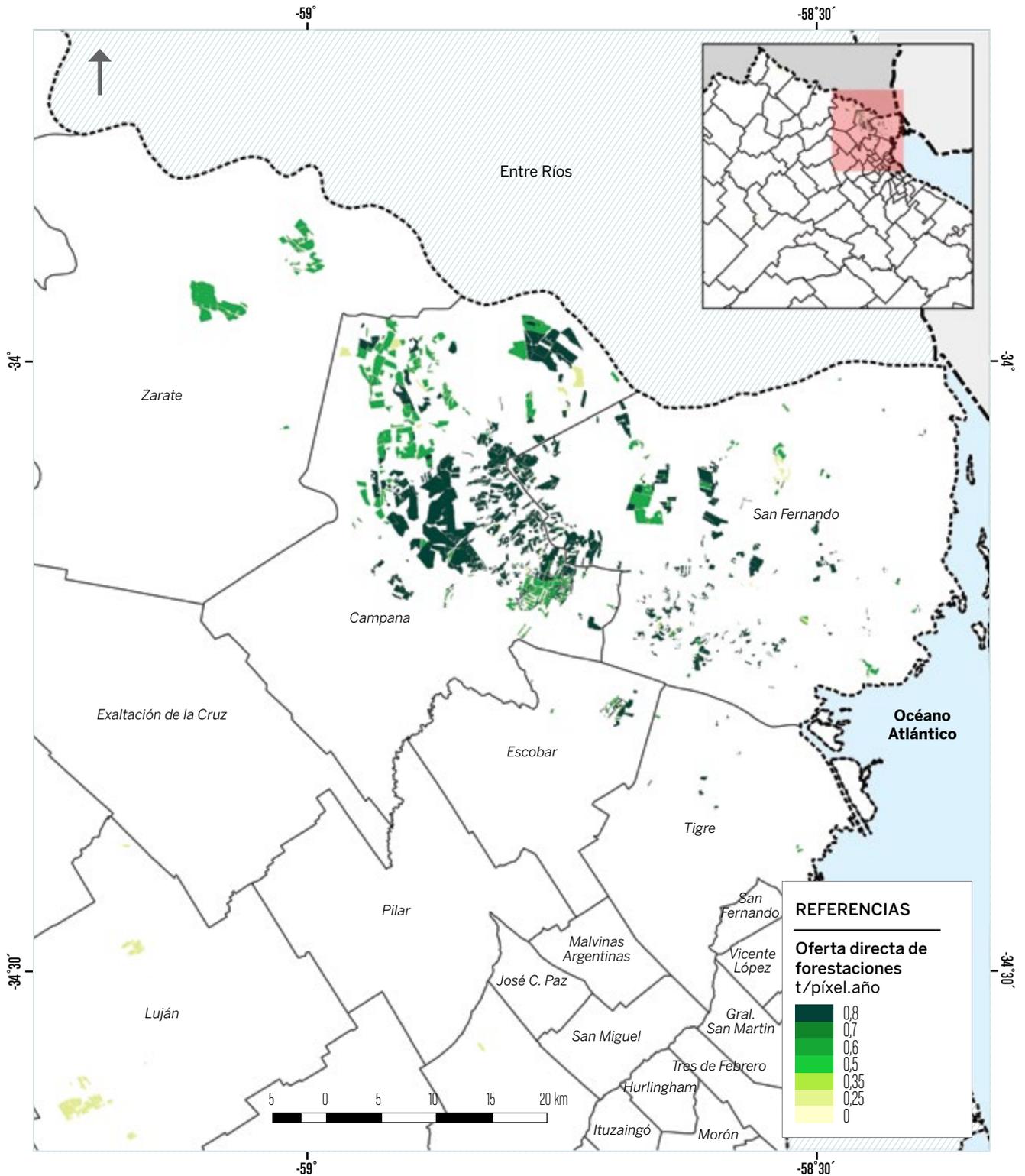
En este análisis espacial, si bien no se incluyó la oferta de cobertura arbórea nativa detectada por la capa geográfica de la Dirección de Bosques del MAyDS, sí se consideraron las formaciones arbóreas por fuera de dicha capa, identificadas utilizando la capa Tree Cover. Estas formaciones arbóreas se corresponden con superficies pequeñas de bosque, cortinas forestales y cascos rurales inmersos dentro de una matriz agrícola.

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

Dicha imagen ráster contiene estimaciones del porcentaje de cobertura de la vegetación leñosa, mayor a 5 metros de altura, respecto de cada píxel de 30 metros de terreno horizontal, en el año 2000. Esta capa fue actualizada con la pérdida anual de cobertura arbórea hasta 2012 mediante la capa Lossyear, mientras que la regeneración del bosque o reclutamiento, en el mismo período, se incorporó con la capa Gain. Tanto la capa Lossyear como la capa Gain fueron generadas por los mismos autores de la capa Tree Cover.

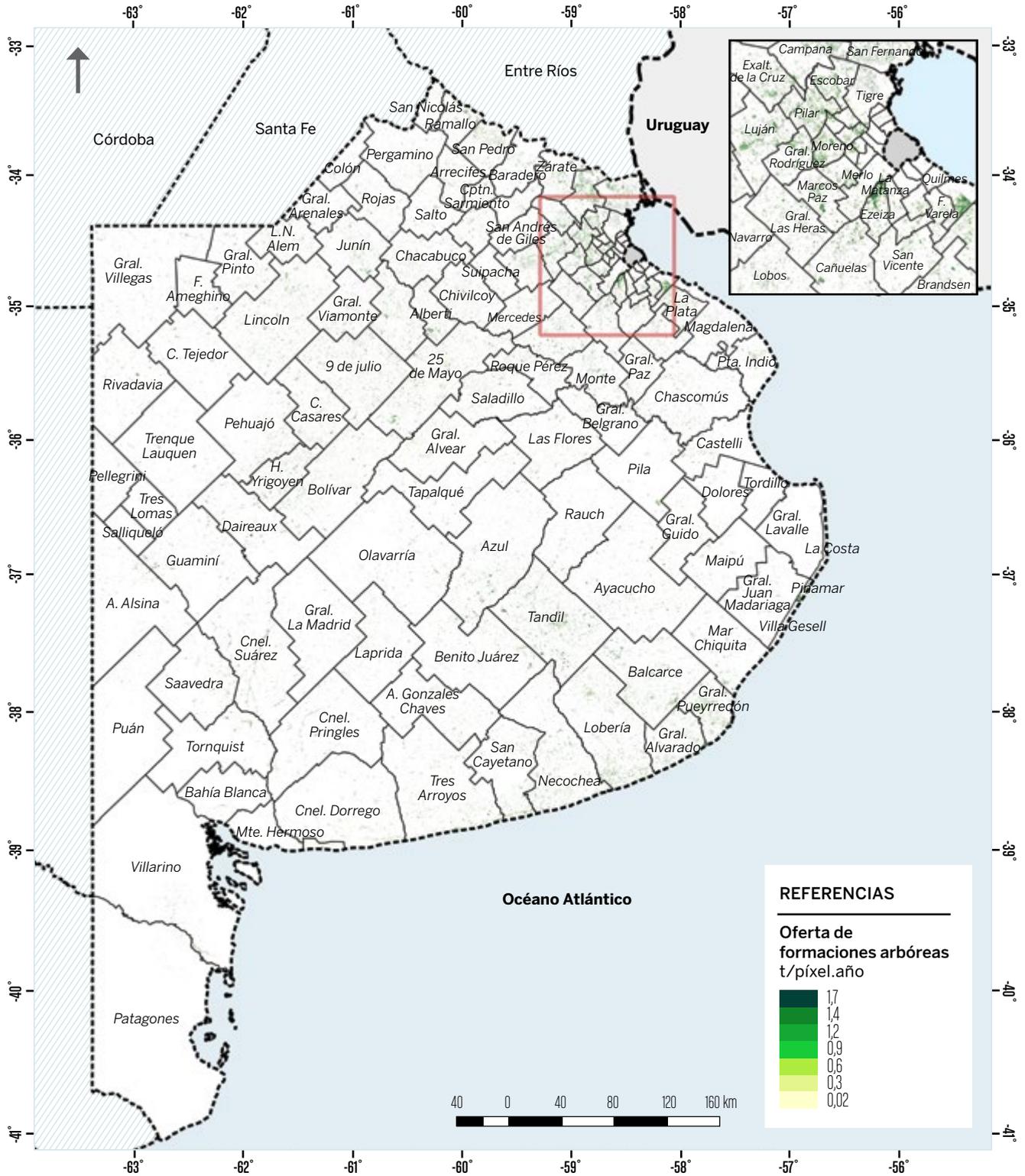
De esta manera, se registraron alrededor de 500 000 hectáreas de formaciones arbóreas. En el Mapa 2 se puede observar su distribución.

Mapa 1. Oferta directa de forestaciones del Bajo Delta bonaerense



Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 2. Oferta directa de cobertura arbórea



Fuente: Elaborado por los autores

La oferta directa correspondiente a las forestaciones y cobertura arbórea se resume en el Cuadro 4, donde se aprecian los diferentes IMA, la superficie y las restricciones aplicadas a los distintos tipos de cobertura.

En base a los cálculos realizados se ha definido como oferta directa total un máximo de 2 218 915 t/año de biomasa correspondiente a los parches rurales, y un máximo de 286 227 t/año a partir de los residuos generados en las forestaciones agroindustriales. Vale aclarar que la capa utilizada para el análisis espacial de forestaciones presenta una cantidad considerablemente menor de predios digitalizados.

5.2.3 Frutales

En la Argentina se producen alrededor de 4,9 millones de toneladas de fruta por año entre variedades de cítricos, frutas de carozo y de pepita, uvas de mesa, berries y otras; las dos primeras representan la mayor parte de la producción nacional. En Buenos Aires, las plantaciones se concentran en el corredor norte del río Paraná, entre Zárate y San Nicolás. Tanto la actividad primaria como los em-

paques se encuentran en los departamentos de Ramallo, San Pedro y Baradero, cuyo eje articulador es la ciudad de San Pedro, donde se ubican las principales plantaciones y los servicios vinculados. En el último relevamiento frutícola del noreste provincial realizado por el INTA San Pedro, se observó que la superficie ocupada por la fruticultura en esta región es de 4 904 hectáreas, con un 33% de cítricos, un 60% de frutales de carozo y un 7% de otros frutales (Ángel *et al.*, 2016). Por otra parte, en el sudeste bonaerense se destinan aproximadamente 3 000 hectáreas a la producción frutícola, concentrada en los partidos cercanos a la costa atlántica, donde se destacan dos producciones: kiwi y olivo.

Cítricos

Los cítricos son el principal grupo de especies dentro de la fruticultura nacional y representan alrededor del 50% del total. La actividad citrícola en la Argentina se desarrolla principalmente en regiones bien definidas: la región del Noreste Argentino (NEA), que comprende la Mesopotamia y abarca las provincias de Entre Ríos, Corrientes, Misiones; la región Noroeste Argentino (NOA), integrada por

Cuadro 4

IMA para fines biomásicos de formaciones arbóreas y plantaciones forestales

Cobertura arbórea	IMA	Superficie	Disponibilidad	Oferta directa
	(t/ha)	(ha)	(0-1)	(t/año)
Formaciones arbóreas	4,00	554473	1	2218951
<i>Quercus sp./Prosopis sp.</i>	1,50	78	1	117
<i>Populus sp.</i>	4,88	13997	1	68007
<i>Eucaliptus sp.</i>	4,00	7818	1	31272
Coníferas	2,75	5000	1	13750
<i>Salix</i>	3,75	46155	1	173081

Fuente: Elaborado por los autores

las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán y Catamarca; el noreste de la provincia de Buenos Aires, en los partidos de San Pedro, Baradero, San Nicolás, Zárate y Ramallo; y, en el norte, zonas puntuales de las provincias de Formosa y Chaco.

Las regiones NEA, NOA y noreste de Buenos Aires concentran casi el 99% de la producción de la República Argentina; un 61,2% corresponde a la región del NOA y un 37,7% al NEA y Nordeste de Buenos Aires. El área total cultivada de cítricos es de 131 000 hectáreas, de las que sólo el 1,4% corresponde a la provincia de Buenos Aires (MECON, 2016a).

Según la CFI (2015b), la producción anual a nivel nacional es de 2,5 millones de toneladas, de las que la provincia de Buenos Aires alcanza un promedio de producción de 50 400 toneladas, entre naranja (48 000 t), pomelo (800 t), mandarina (700 t) y limón (900 t).

Frutales de carozo

La Argentina es el séptimo productor mundial de frutas de carozo, con una superficie de 27 240 hectáreas, de las que 13 240 se destinan a industria y 14 000 a consumo en fresco. La producción total es de 361 100 t, 221 100 para industria y 140 000 para mercado en fresco. La principal área productora se encuentra en la provincia de Mendoza, que representa el 88% de la producción total del país, seguida por el noreste de Buenos Aires, Córdoba, Río Negro, Jujuy, Misiones y Neuquén (Ángel *et al.* 2013 y 2017).

En la provincia de Buenos Aires, la producción es fundamentalmente para consumo en fresco. Hay actualmente unas 40 plantas de empaque en funcionamiento de muy diverso tamaño, infraestructura y capacidad de acondicionamiento (MECON, 2016b).

Olivo

La superficie implantada con olivo en la Argentina ronda las 104 000 hectáreas, con una producción superior a los 170 millones de kilogramos (kg) de aceituna. La Rioja es el principal productor y exportador de aceituna y aceite de oliva del país, con 27 000 hectáreas de superficie implantadas.

En la provincia de Buenos Aires la producción se concentra en el sudoeste provincial, de acuerdo con condiciones climáticas y edáficas favorables. Se estima que la superficie cultivada es de 2 500 hectáreas de olivos, de las que el 80% se encuentra en el partido de Coronel Dorrego (Lupin *et al.*, 2016; Picardi, 2013).

Arándano

Datos publicados por el INTA en 2009 indican que en la Argentina se producían 12 500 toneladas de arándanos al año. El 28% de esa producción se originó en la provincia de Buenos Aires, con un área de 800 hectáreas cultivadas, equivalentes al 22% de la superficie total a nivel nacional (Ángel *et al.*, 2013; Rivadeneira y Kirschbaum, 2011).

Kiwi

El 90% de la superficie cultivada con kiwi se encuentra en la provincia de Buenos Aires con una superficie implantada de unas 800 hectáreas. Según Alejandra Yommi, del INTA Balcarce, cada hectárea produce entre 15 y 25 toneladas de kiwi, dependiendo de la etapa de desarrollo del cultivo (comunicación personal, junio de 2017). Aproximadamente, la mitad de la superficie cultivada corresponde a Mar del Plata (partido de General Pueyrredón) y sus alrededores, zona que cuenta con muy buenas condiciones climáticas para el cultivo y presenta muy buena accesibilidad a los mercados. En los últimos años no sólo ha aumentado la superficie implantada, sino que también se han incorporado nuevas plantas procesadoras.

Vid

Según el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV), la superficie de vid implantada en la Argentina en 2016 fue de 223 944 hectáreas, correspondiendo un 92,2% a procesos de elaboración de productos derivados, 5,7% aptas para consumo fresco y 1,9% para pasas (sin determinar 0,2%). Encabezan la lista las provincias de Mendoza con el 71% y San Juan con el 21% del total nacional.

Buenos Aires ocupa el 10.º lugar en importancia en cuanto a superficie cultivada de vid, con 129 hectáreas que representan el 0,06% del total del

país. El 99,5% de esta superficie presenta variedades principalmente aptas para la elaboración de vinos y/o mostos (INV, 2017).

El tipo de conducción predominante en los viñedos de la provincia es el espaldero alto (INV, 2017).

Frambuesa

En la Argentina, las principales zonas productoras de frambuesa son la Comarca Andina del Paralelo 42°, el Alto Valle de Río Negro y Neuquén y la provincia de Buenos Aires.

En esta última existen dos áreas de producción bien diferenciadas: Mar y Sierras (Mar del Plata, Balcarce, Tandil y Azul) y las zonas alledañas a la región metropolitana (Baradero, Capilla del Señor, Gral. Rodríguez, Luján y San Andrés de Giles). La región de Mar y Sierras cuenta con la ventaja de la amplitud térmica entre el día y la noche durante la época de producción (lo que favorece la obtención de frutos más dulces), mientras que la segunda zona se ve favorecida por la cercanía de los principales centros de consumo y vías de exportación. En la provincia de Buenos Aires los rendimientos de frambuesa oscilan entre 7 y 10 toneladas por hectárea. Si bien el objetivo final es la exportación, aún gran parte de la producción se destina a la fabricación de dulces (Rivadeneira y Kirschbaum, 2011).

Nuez pecán

La Argentina cuenta con una superficie implantada de entre 6 500 y 7 000 hectáreas de nuez pecán, de las que el 70% se concentra en Entre Ríos y Buenos Aires. Esta tiene unas 1 900 a 2 100 hectáreas, con una densidad de plantación de 100 plantas cada una (Enrique Frusso, comunicación personal, junio de 2017). Sólo el 25% está en plena producción, en tanto que el 75% restante corresponde a árboles que recién comienzan a producir o aún se encuentran en una etapa juvenil.

Esta planta no genera flores ni frutos hasta finalizado el quinto año desde su implantación, tras lo cual la producción va en aumento; recién al año 17.º el árbol alcanza un nivel estable de rendimiento de 2 000 kg por hectárea. Plantaciones con un buen manejo se mantienen al menos 40 años. En

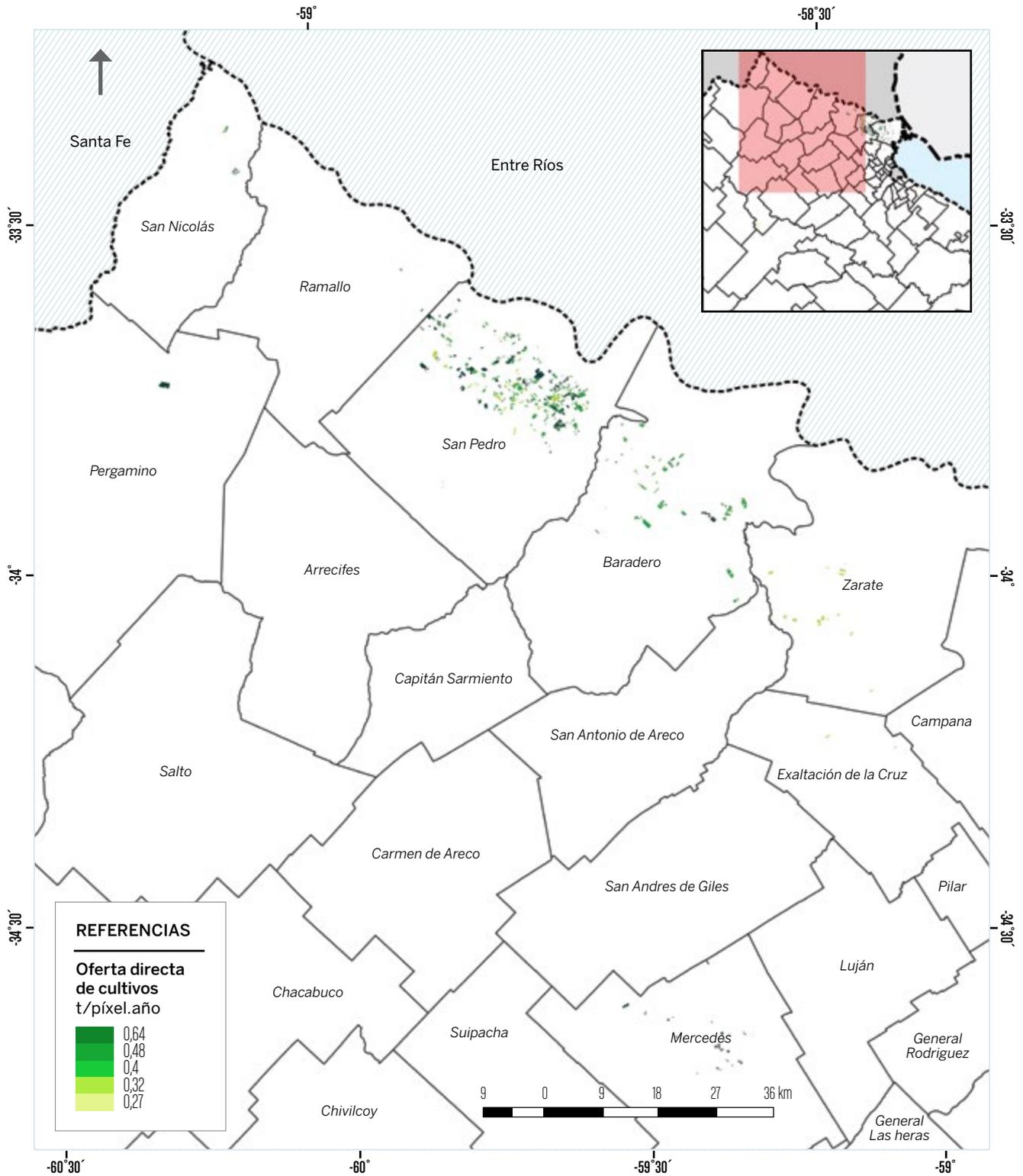
la actualidad hay 20 cultivares de pecán desarrollados por el INTA, con capacidad de adaptación a diferentes tipos de clima, lo cual posibilitaría la implantación del cultivo en diversas regiones del país, tales como la Mesopotamia, el norte y sur de Buenos Aires, La Pampa, el norte de Río Negro y el NOA (Madero *et al.*, 2007 y 2016).

Relevamiento

En base a la información recolectada y con el fin de estimar la disponibilidad de biomasa proveniente de cultivos frutícolas, se realizó la cuantificación de la superficie georreferenciada. Para ello se utilizó una capa producto de un relevamiento en terreno realizada en el INTA San Pedro en 2010. Dicha capa se superpuso al mapa del programa *Google Earth* y se cotejó con la imagen más actual, con lo que se obtuvo una nueva capa de la superficie implantada a partir de la interpretación visual. Los resultados mostraron que Buenos Aires cuenta actualmente con 6 638 hectáreas de cultivos frutícolas, destinadas principalmente a la producción de frutales de carozo y cítricos y, en menor proporción, a la producción de arándano, kiwi y olivo. Por esta razón, se consideró pertinente realizar un segundo relevamiento y cuantificación de las áreas implantadas con cada uno de estos cultivos a fin de estimar, en base a datos de bibliografía e informantes calificados, la posible oferta de biomasa proveniente de los mismos.

Según este relevamiento, el noreste de Buenos Aires cuenta con 4 867 hectáreas destinadas a cultivos frutícolas, de las cuales 2 559,52 corresponden a cultivos cítricos, 1 542,24 a frutales de carozo y 775 hectáreas a otros frutales. Los montes frutales presentes en la provincia se encuentran concentrados en el norte, principalmente en torno al cinturón agroindustrial de la Ruta nacional N.º 9, con la mayor cantidad de plantaciones en el partido de San Pedro, seguido por Baradero y, en cantidades menores, Mercedes, Lobos, Ramallo, San Nicolás, Pergamino, Zárate y Exaltación de la Cruz (Mapa 3). Las plantaciones de pecán no fueron georreferenciadas debido a la falta de información y a la imposibilidad de distinguir cuáles están en producción actualmente. De

Mapa 3. Zona frutícola “corredor Buenos Aires – Rosario” (Zárate, Baradero, San Pedro)



Fuente: Elaborado por los autores

todas maneras, se considera que este cultivo debería ser incorporado en futuros análisis, ya que es probable que en poco tiempo la relación entre el área cultivada y el área en producción sea sensiblemente mayor.

Para identificar la superficie cultivada de vid, se realizó una digitalización a partir de la interpretación visual de imágenes de *Google Earth* y se cuantificó la superficie georreferenciada. Se identificaron 50 hectáreas de cultivos de vid en la provincia.

En cuanto a la producción olivícola concentrada en el sudoeste bonaerense, para las estimaciones de residuos de poda se identificaron 1309 hectáreas.

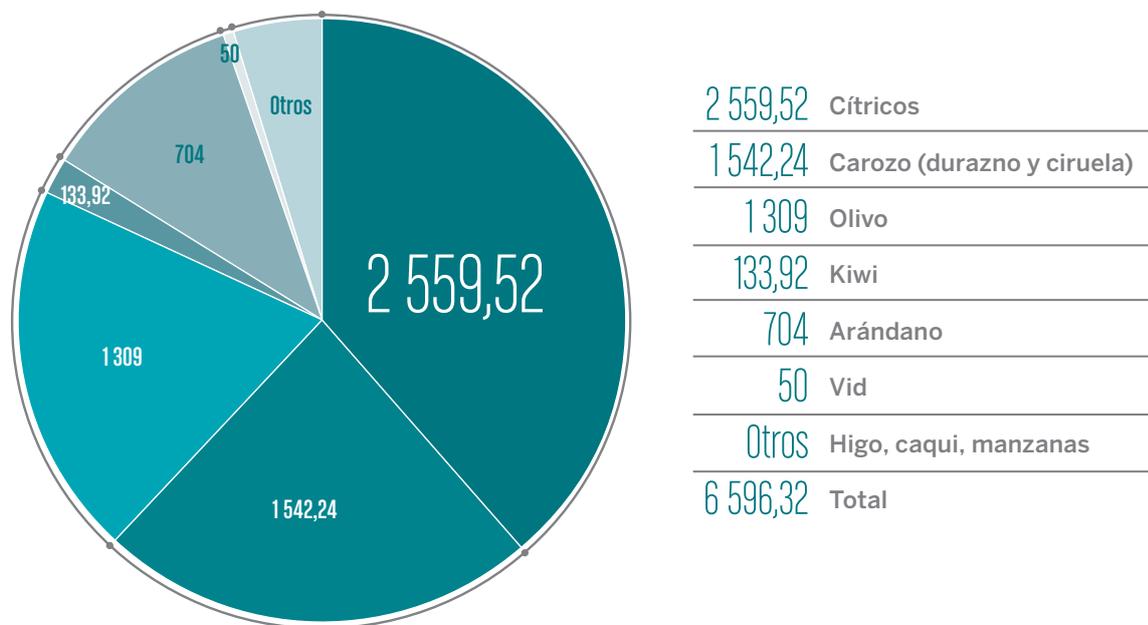
Respecto de la producción de kiwi, se identificaron 133,92 ha de cultivos en el sudeste bonaerense. En el Gráfico 4 se observa la dominancia de cítricos y frutales de carozo.

La oferta de biomasa seca de estos cultivos proviene de los residuos de poda y en algunos casos por reemplazo de plantas. Los residuos medios de poda anuales ascienden a 3 t/ha para los cítricos y 4 t/ha para los frutales de carozo y kiwi. Se consideró un valor de 2,5 t/ha para olivo y 2 t/ha para arándano. Para vid, se tomó un residuo medio de 1,7 t/ha (INV, 2017). Para otros frutales con superficies menores, se consideró una oferta promedio por hectárea de 4 t/ha (Rosúa y Pasadas, 2012; FAO, 2009; Valentini y Arroyo, 2003; Skolou y Zabanitou, 2007). Esta información se resume en el Cuadro 5.

De acuerdo con el residuo medio anual y la superficie implantada estimados para cada cultivo mencionado, se estimó el aporte de residuo seco de la actividad frutícola, que resultó de 20 339 t/año (Cuadro 6). En el Cuadro 7 se detalla la oferta de los diferentes cultivos frutícolas por departamento.

Gráfico 4

Distribución de los montes frutales en el noreste provincial



Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 5

Residuo seco anual por tipo de cultivos frutícolas

Montes frutícolas	Poda anual (t/ha)
Cítricos	3,0
Frutales de carozo	4,0
Olivo	2,5
Arándano	2,0
Kiwi	4,0
Vid	1,7
Otros	4,0

Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 6

Aportes totales de residuo seco de cultivos frutícolas

Plantación frutícola	Superficie (ha)	Oferta total (t/año)
Cítricos	2559,52	7678,56
Carozo (durazno y ciruela)	1542,24	6168,96
Kiwi	133,92	535,68
Olivo	1309,00	3272,50
Vid	50	85,00
Arándanos	704,00	1407,99
Otros (higo, caqui, manzanas)	303,68	1214,72
Total	6596,32	20363,41

Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 7

Oferta directa de cultivos frutícolas por departamento (t/año)

Departamento	Cítricos	De carozo	Olivo	Arándano	Kiwi	Vid	Otros frutales
Bahía Blanca	-	-	23,68	-	-	-	-
Balcarce	-	-	-	-	3,48	-	-
Baradero	2012	368,58	-	-	-	-	-
Cnel. Dorrego	-	-	2246,4	-	-	-	-
Exaltación de la Cruz	-	-	-	36,07	-	-	2,45
Gral. Alvarado	-	-	-	-	-	-	-
Gral. Madariaga	-	-	-	-	77,55	-	-
Gral. Pueyrredón	-	-	-	-	403,72	15,64	-
Mercedes	-	-	-	-	-	-	542,41
Pergamino	-	382,75	-	-	-	-	-
Ramallo	60,18	19,85	-	-	-	-	-
San Andrés de Giles	-	-	-	-	-	-	6,54
San Cayetano	-	-	123,93	-	-	-	-
San Nicolás	120,78	63,57	-	-	-	-	-
San Pedro	4506,39	4505,62	-	940,23	-	-	-
Tornquist	-	-	-	-	-	27	-
Villarino	-	-	-	-	-	35,05	-
Zárate	-	-	-	653	-	-	460,21
Total	6699,35	5340,37	2394,01	1629,3	487,75	77,69	1011,61

Fuente: Elaborado por los autores

5.2.4 Marlos de maíz

En la Argentina, el sistema de siembra directa, utilizado en la agricultura en las tierras de mayor potencial productivo, inhabilita la remoción total de los rastrojos, ya que su degradación en el campo permite reponer fertilidad y mantener la estructura de los suelos. Sin embargo, en cada ecorregión productiva, considerando las condiciones de clima, suelo, nivel tecnológico y manejo y realizando los estudios pertinentes, parece posible remover un porcentaje del rastrojo de manera sustentable. Para este trabajo, sólo se ha contemplado la utilización potencial de los marlos, ya que pueden recolectarse durante la cosecha agregando implementos diseñados para tal fin. Estudios de 2014 realizados por Stella Carballo, del Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar, han indicado que la disponibilidad neta de marlo en nuestro país era de 2200000 toneladas.

La estimación de la superficie del cultivo de maíz en la campaña 2016/2017 se realizó principalmente para los partidos del norte de Buenos Aires, donde predomina. Fuera de esa zona, se incluyeron los partidos de Coronel Dorrego, Tres Arroyos, San Cayetano y González Chaves, en los que fue posible obtener datos confiables respecto de la superficie de maíz implantada esa campaña (INTA Barrow). Se optó por no considerar otros partidos debido a la posibilidad de sobreestimar el maíz por las semejanzas de sus características espectrales con las del girasol.

El trabajo fue realizado por teledetección en base a imágenes satelitales Modis, Landsat 8 y Sentinel 2 A. Cabe destacar que, a pesar de involucrar principalmente partidos de la zona predominante del maíz, esta estimación podría incluir superficie de girasol y sorgo. Para este trabajo, el cálculo se dividió en dos procedimientos, según fuera para maíz de primera o para maíz tardío o de segunda. En el primer caso, se utilizó el subproducto EVI de imágenes Modis (producto quincenal). Se realizó una clasificación no supervisada por zonas homogéneas a partir de la cual se obtuvo la evolución del índice verde (respuesta fenológica) para cada clase identificada por el software. Mediante la interpretación de dichas curvas se seleccionaron las clases correspondientes al culti-

vo de interés y se reservaron. En el segundo caso, se utilizaron imágenes Landsat 8 y Sentinel 2 A, según disponibilidad. El trabajo se basó en la respuesta espectral del cultivo que lo diferencia del resto. Para ello, las imágenes fueron sometidas a algoritmos de clasificación supervisada y no supervisada, según imágenes disponibles y según zona. Por ambos caminos se determinaron las clases correspondientes al cultivo y se reservaron.

De la unión de los productos *raster* resultantes de ambos procedimientos se obtuvo el mapa final de distribución de cultivo. Se estimó un residuo de marlo potencialmente utilizable entre 0,8 y 1,5 t/ha como promedio, o sea, un 15% del rinde (Lisando Torrens, AER INTA 9 de Julio, comunicación personal). A los fines del presente trabajo se tomó un coeficiente de 1 t/ha de marlos. La superficie estimada para la campaña 2016/17 resultó ser de 1076420 ha (Mapa 4).

Síntesis de oferta directa total de cultivos

El Mapa 5 muestra la integración de las estimaciones de residuos pasibles de aprovechamiento energético correspondiente a cultivos frutícolas y maíz. La oferta total estimada para los cultivos en la provincia fue de 1128663 t/año.

5.2.5 Poda urbana

Antecedentes:

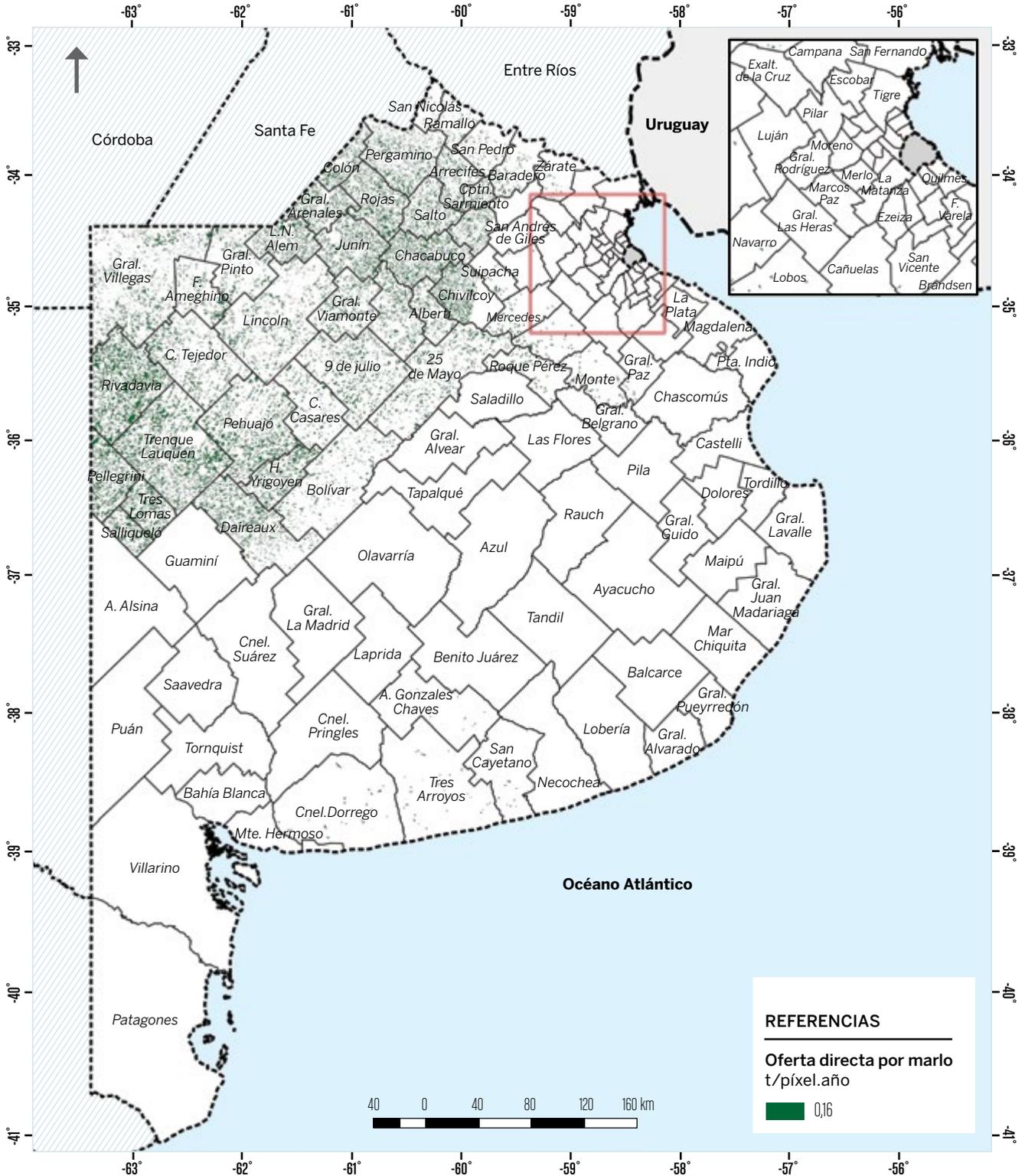
A partir del conocimiento del número de árboles censados en cuatro ciudades de la provincia (Pergamino, Quilmes, Vicente López y 9 de Julio) se estableció el siguiente criterio para estimar la cantidad de residuos de poda disponibles:

- Un ejemplar por vivienda en las ciudades.
- Un ejemplar cada cinco viviendas en los grandes centros urbanos.

Según comunicación personal de la AER del INTA 9 de Julio, se estimó un residuo de poda promedio para esta ciudad de 0,01 t por ejemplar y año. La disponibilidad de este residuo se concentra entre mayo y agosto.

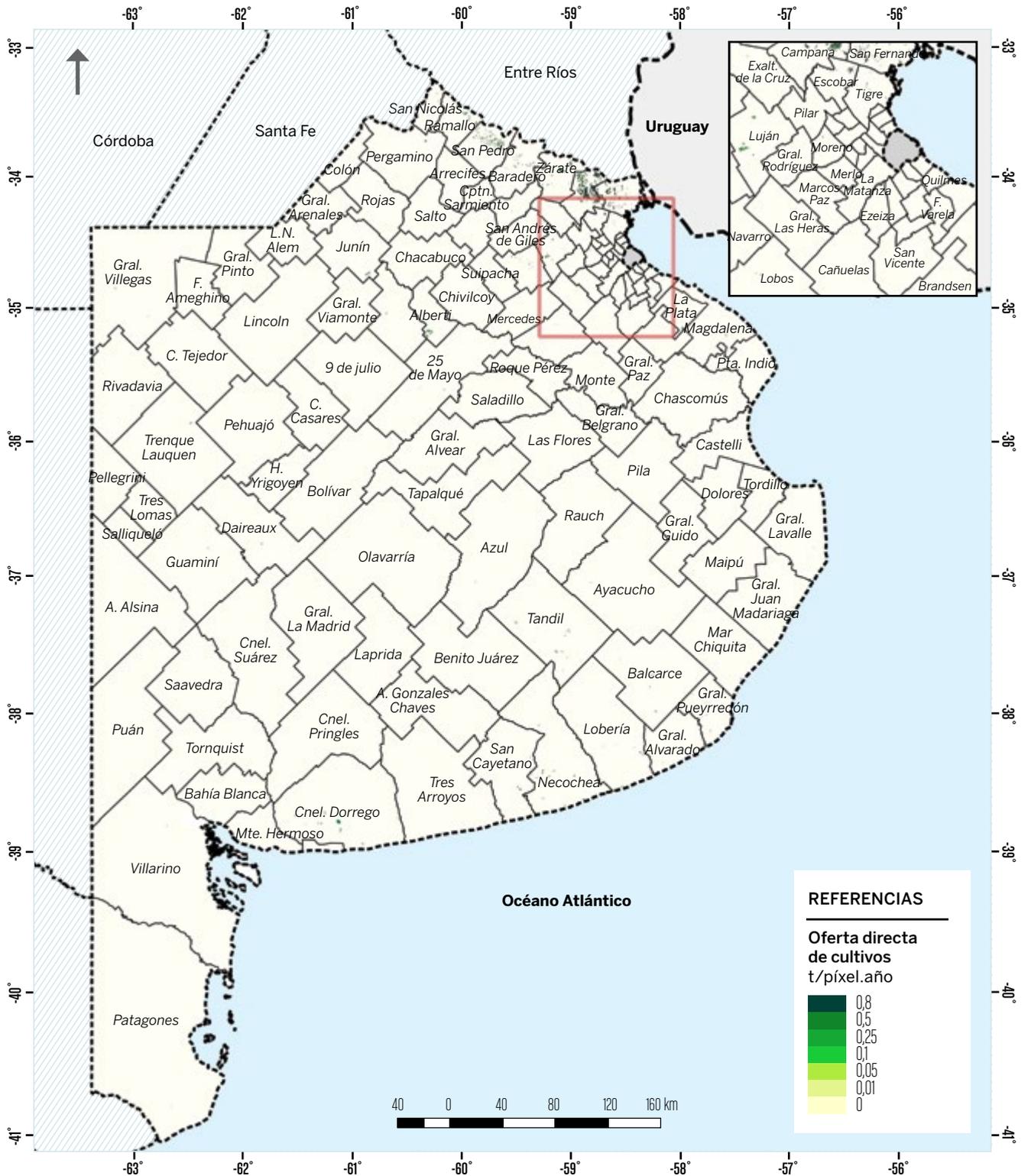
La información de poda fue únicamente procesada por radio censal urbano, de lo que resultó la oferta total, estimada en 20490 t/año (Mapa 6).

Mapa 4. Oferta de biomasa de marlos



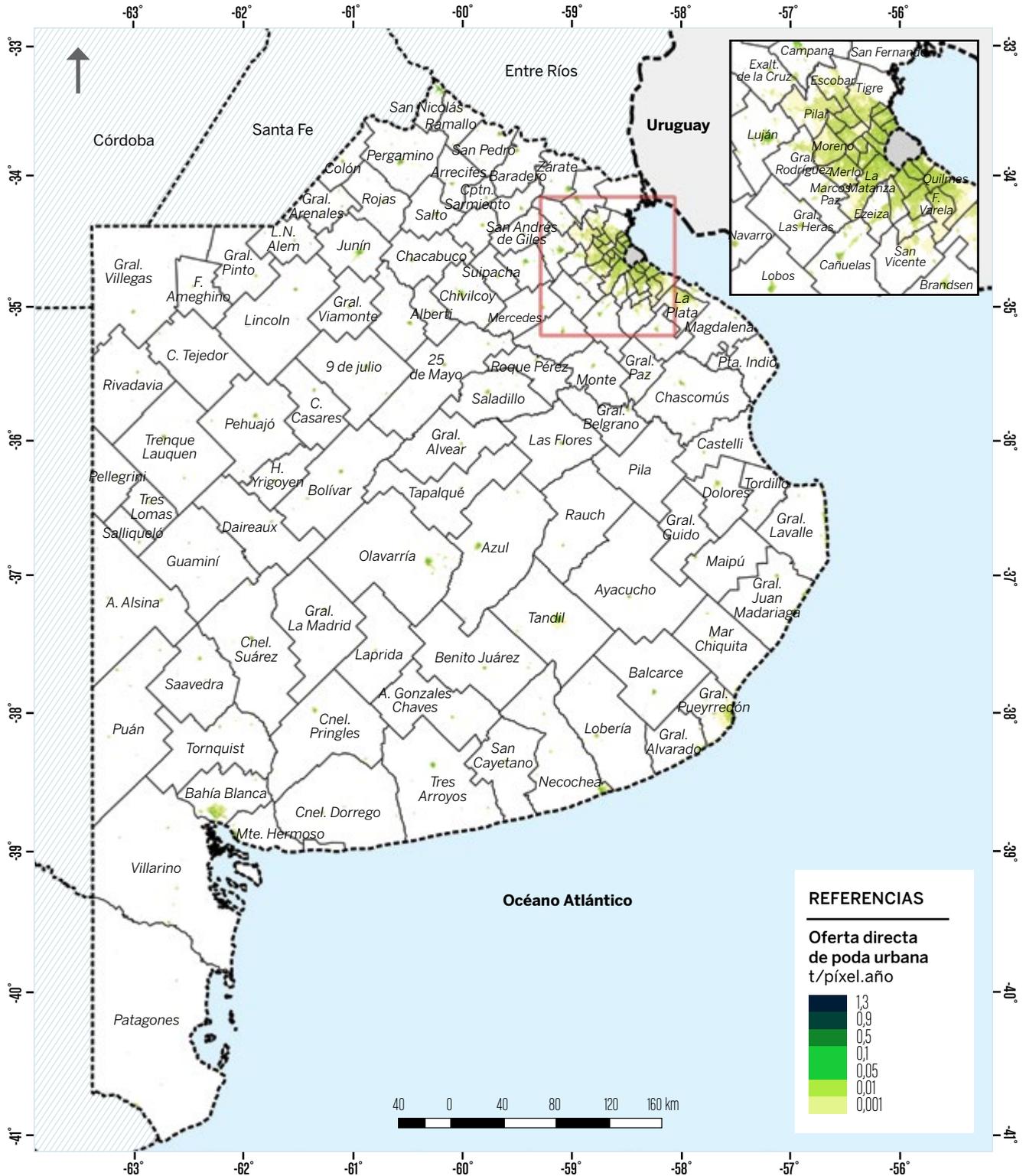
Fuente: Ferreyra, Adriana; Kaufmann, Ingrid y Llorente, Ricardo

Mapa 5. Oferta directa total de cultivos



Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 6. Residuos de poda urbana



Fuente: Elaborado por los autores

Síntesis oferta directa total

En el Mapa 7 se muestra la integración de la biomasa estimada, tanto para forestaciones, parches rurales y cortinas forestales, como plantaciones frutícolas, marlo y poda urbana.

La mayor oferta potencial la aportarían los pequeños parches de árboles y cortinas forestales, la recolección del marlo de maíz y los residuos de las forestaciones, seguidos por el aporte de la poda urbana y el manejo de los frutales. En el Cuadro 8 se detalla la cantidad de biomasa disponible para cada fuente.

5.2.1 Accesibilidad física

La metodología WISDOM contempla la incorporación de una variable limitante, que tiene relación con la topografía y la distancia que existe entre un lugar poblado o vías de comunicación y la localización del recurso biomásico analizado. Esencialmente, la metodología propone aplicar esta restricción o limitante a la oferta directa de biomasa proveniente del bosque nativo y cultivos, dado que estos recursos se encuentran dispersos en el territorio.

El desplazamiento entre dos puntos del espacio implica una fricción, que se expresa en términos de costos económicos y energéticos (combustible, mano de obra) y de tiempo de traslado, depen-

diendo de la distancia y pendientes que separan a estos puntos.

La accesibilidad física es un parámetro espacial que define la accesibilidad de un determinado recurso biomásico 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 expresan la resistencia que presenta una celda a ser recorrida. Por esta razón, se creó un mapa de accesibilidad que contempla los factores mencionados en relación con el mapa de fricción.

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

Las capas utilizadas para realizar este análisis fueron:

Red vial

Corresponde a la capa de Red Vial del SIG250 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). El Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA) realizó una búsqueda bibliográfica sobre relaciones entre tipo de calzada de los caminos y dificultad de desplazamiento, de modo de estimar la accesibilidad en función de las características de la red vial (Banco Mundial, 1995). Así, para realizar el análisis espacial se ponderó la accesibilidad en función de las características de la red vial y, por ello, considerando los atributos de la

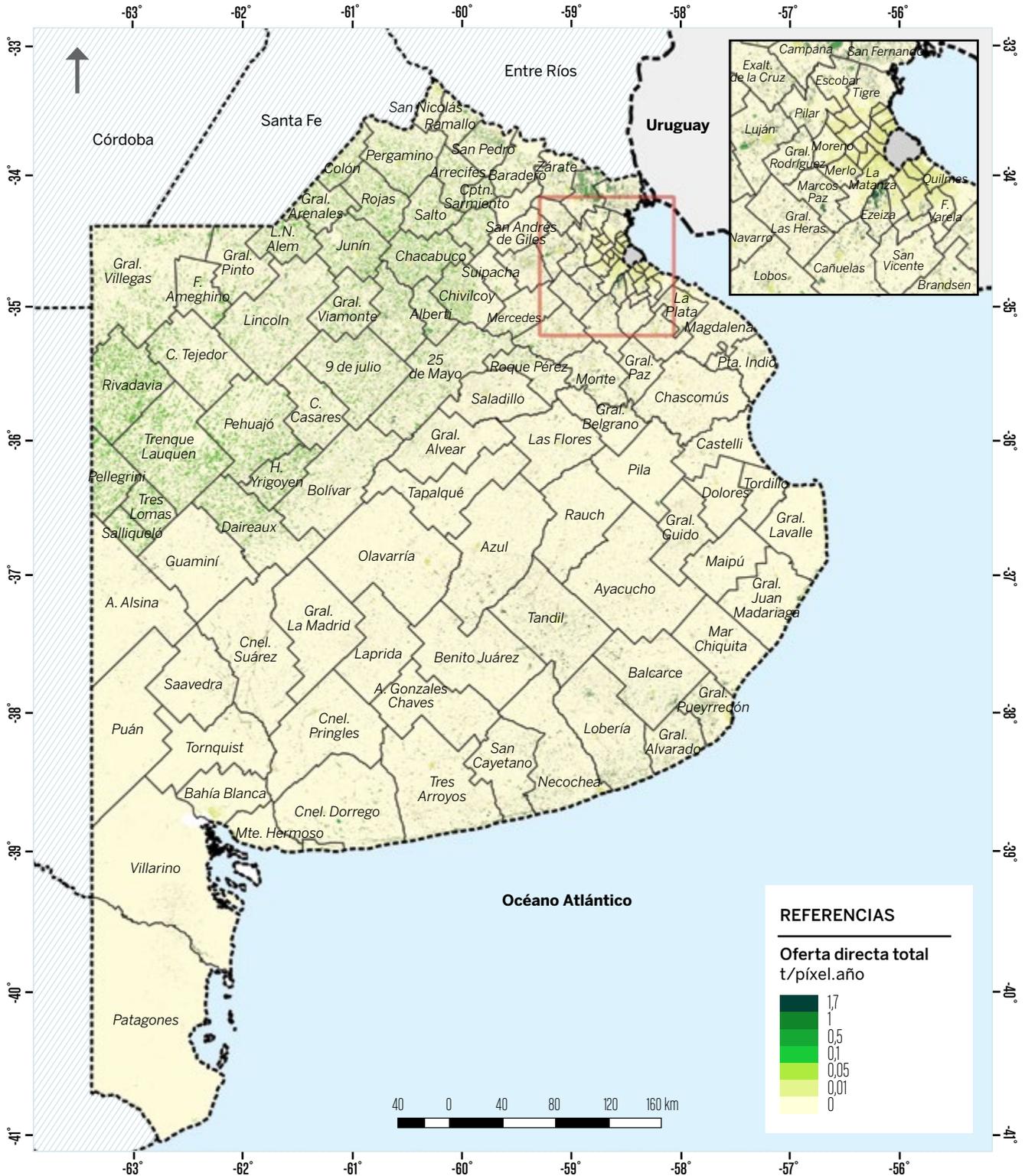
Cuadro 8

Oferta directa de biomasa por tipo de fuente

Fuente	Oferta directa total (t/año)
Formaciones arbóreas	2218951
Marlo (maíz)	1108300
Forestaciones	97383
Poda urbana	20490
Fruticultura	20339
Total	3465463

Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 7. Oferta directa total



Fuente: Elaborado por los autores

capa, se asignaron cuatro coeficientes, tal como se detalla en el Cuadro 9.

Ferrocarriles

Se empleó la capa de Ferrocarriles correspondiente al Proyecto SIG 250 del Instituto Geográfico Nacional (IGN, actualización 2016). 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 del 2010 (INDEC, 2010). En el análisis espacial, se consideró que la accesibilidad a los recursos biomásicos en los ejidos urbanos es del 100% (coeficiente 1).

Parajes rurales

Con el objetivo de complementar la capa de ejidos urbanos se recurrió a la Base de Asentamientos Humanos de la República Argentina (BAHRA), de

modo de incorporar al análisis aquellos parajes rurales. A los mismos se les asignó una accesibilidad del 100 por ciento.

Pendiente del terreno

El IGN proveyó el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de 45 m de resolución espacial, basado en el producto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) con ajustes locales. Se realizó un mosaico con todas las escenas que cubren la provincia de Buenos Aires (58), con un tamaño de la celda de 40 m. El MDE fue utilizado como insumo para realizar un mapa de pendientes (mapa de fricción o impedancia) y, a su vez, este se utilizó para calcular el costo acumulado de una variable en el espacio (red vial, ferrocarriles, ejidos urbanos y parajes rurales).

En el Mapa 8 se aprecia que la accesibilidad es mayor en el conurbano bonaerense y muy alta en un radio de 200 km en los alrededores de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. A medida que se aleja de la ciudad capital la accesibilidad disminuye, y es mínima en el sudoeste de la provincia.

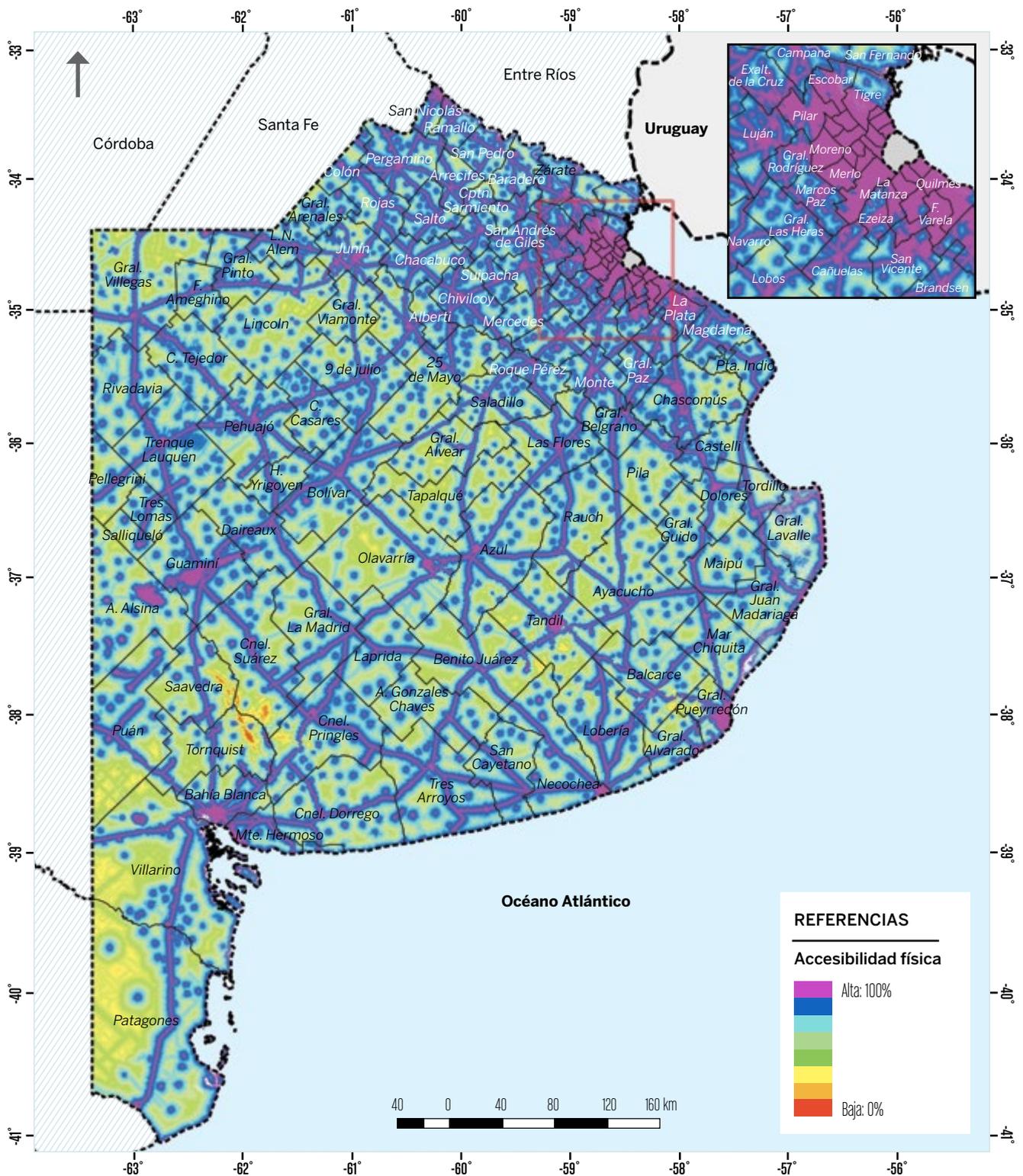
Cuadro 9

Accesibilidad de la red vial

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

Fuente: Adaptado en base a Banco Mundial (1995)

Mapa 8. Accesibilidad física



Fuente: Elaborado por los autores

5.2. II Accesibilidad legal

Este es un parámetro espacial que define la accesibilidad a un determinado recurso biomásico en relación con 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). Adicionalmente, en el desarrollo del WISDOM provincial se incluyó el OTBN.

Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos

La Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos N.º 26331/07 establece la necesidad de realizar el Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN), que define tres categorías de conservación de la biodiversidad. La Ley 14888 establece las normas complementarias para la conservación y el manejo sostenible de los bosques nativos de la provincia de Buenos Aires y aprueba el ordenamiento territorial de los mismos bajo los términos de la Ley 26331/07.

En este marco, a las categorías del OTBN de la provincia se les asignaron las ponderaciones de accesibilidad presentadas en el Cuadro 10. La información sobre esta capa fue proporcionada por el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, de la Dirección Provincial de Recursos Naturales.

En el análisis espacial, la categoría Rojo, que circunscribe sectores de muy alto valor de conservación que no pueden transformarse, ha sido restringida totalmente en el análisis espacial. La categoría Amarillo admite un aprovechamiento

sostenible del recurso, por lo tanto, se le asignó una disponibilidad del 20% del IMA. La categoría Verde comprende sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcial o totalmente dentro de los criterios de la ley; se le asignó una disponibilidad del 100% de accesibilidad legal (Anexo I).

Vale señalar que para hacer un aprovechamiento del bosque nativo en un área definida con categoría Amarillo debe contarse con un plan de manejo sostenible aprobado por la autoridad de aplicación. Por otro lado, de acuerdo con la ley, en las zonas Verde se permiten también actividades de desmonte parcial o total, las que deberán ser ejecutadas de conformidad con un Plan de Cambio de Uso de Suelo aprobado por la autoridad de aplicación y se deberá cumplir con el procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

Desde el INTA se deja constancia de que, pese a las restricciones establecidas, no se puede recomendar de ningún modo el empleo de zonas boscosas –en muchos casos relictuales– como insumo de cualquier industria. El crecimiento de dichas masas es mínimo y el acervo genético de dichos bosques es un recurso que debe ser preservado. Complementariamente, deben realizarse planes de incentivo a la forestación que alienten la formación de nuevas masas arbóreas para satisfacer esa demanda. Existe un sinnúmero de especies adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la provincia, con tasas muy superiores de crecimiento a las observadas en los bosques nativos.

Áreas naturales protegidas

Para generar la capa de restricción legal correspondiente a las áreas protegidas se utilizaron las capas de áreas naturales protegidas provistas por la ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS). En el análisis espacial, se estableció una restricción legal total (coeficiente 0) en las áreas más restringidas, y a las áreas menos estrictas, tales como Paisaje Protegido, un coeficiente de 0,5. En las áreas intermedias, como Parque Nacional o Provincial, se empleó un coeficiente de 0,2 (Cuadro 11).

En este sentido, el mapa de accesibilidad legal (Mapa 9), correspondiente a la disponibilidad de

Cuadro 10

Coeficientes de accesibilidad de bosques nativos según OTBN

Categoría	Coeficiente
Rojo	0
Amarillo	0,2
Verde	1

Fuente: Adaptado en base a Banco Mundial (1995)

los recursos biomásicos, se constituyó integrando las distintas categorías de las áreas protegidas y del OTBN con sus respectivas ponderaciones y es coincidente con las formaciones boscosas ya detalladas en el Mapa 2.

5.2.III Accesibilidad total

A partir de la conjunción de las restricciones físicas y legales, se combinaron los mapas de coeficientes a los efectos de construir el mapa de accesibilidad total de modo de incluir todas las limitaciones (Mapa 10). Las áreas que no son restringidas por ninguno de esos parámetros aparecen en el mapa con valores de accesibilidad del 100% (por ejemplo, el ejido del conurbano bonaerense), mientras que las áreas donde la restricción es total fueron consideradas de accesibilidad nula (por ejemplo, la zona costera en los alrededores de la Bahía de San Borombón). Puede observarse cómo el área comprendida bajo la categoría Rojo del OTBN anula totalmente la accesibilidad en la diagonal boscosa del territorio provincial.

En Buenos Aires, la oferta directa de biomasa seca sin restricciones físicas ni legales para destinarla a producción de energía, sumada a la oferta indirecta, ronda los 2,45 millones de toneladas al año.

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 11, donde se observa una reducción de la disponibilidad de biomasa con fines energéticos en los cultivos analizados y en las formaciones arbóreas. En el Cuadro 12 se detalla la oferta total accesible por fuente y departamento.

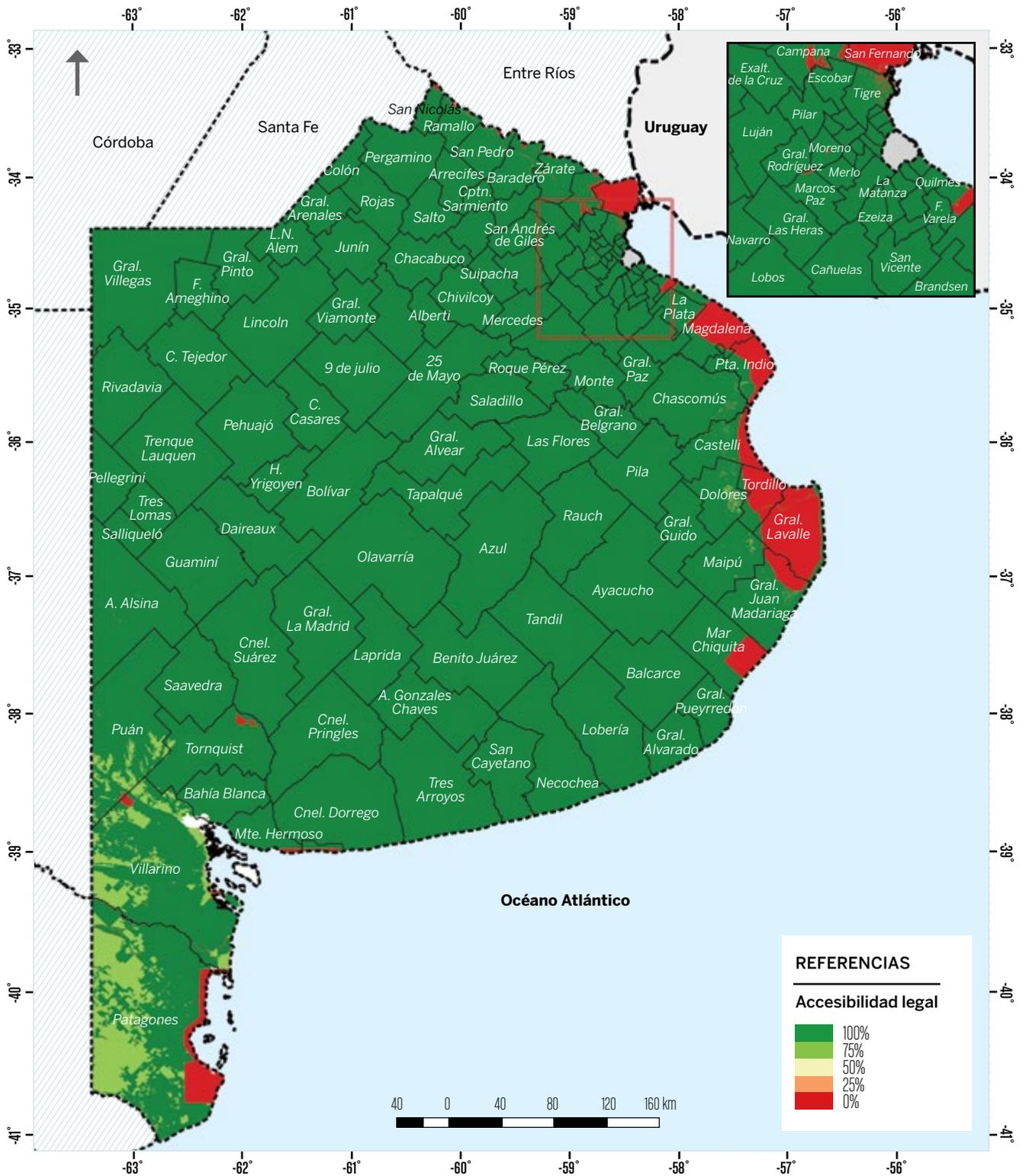
Cuadro 11

Coeficientes de restricción según áreas naturales protegidas

Región	Coeficiente	Código
Parque Nacional	0,2	2
Parque Provincial	0,2	2
Monumento Natural	0	1
Área protegida provincial	0	1
Reserva de uso múltiple	0,5	3
Reserva nacional	0	1
Reserva provincial	0	1
Otras reservas	0,5	3
Patrimonio de la humanidad	0,5	1
Paisaje protegido patrimonio	0,5	1

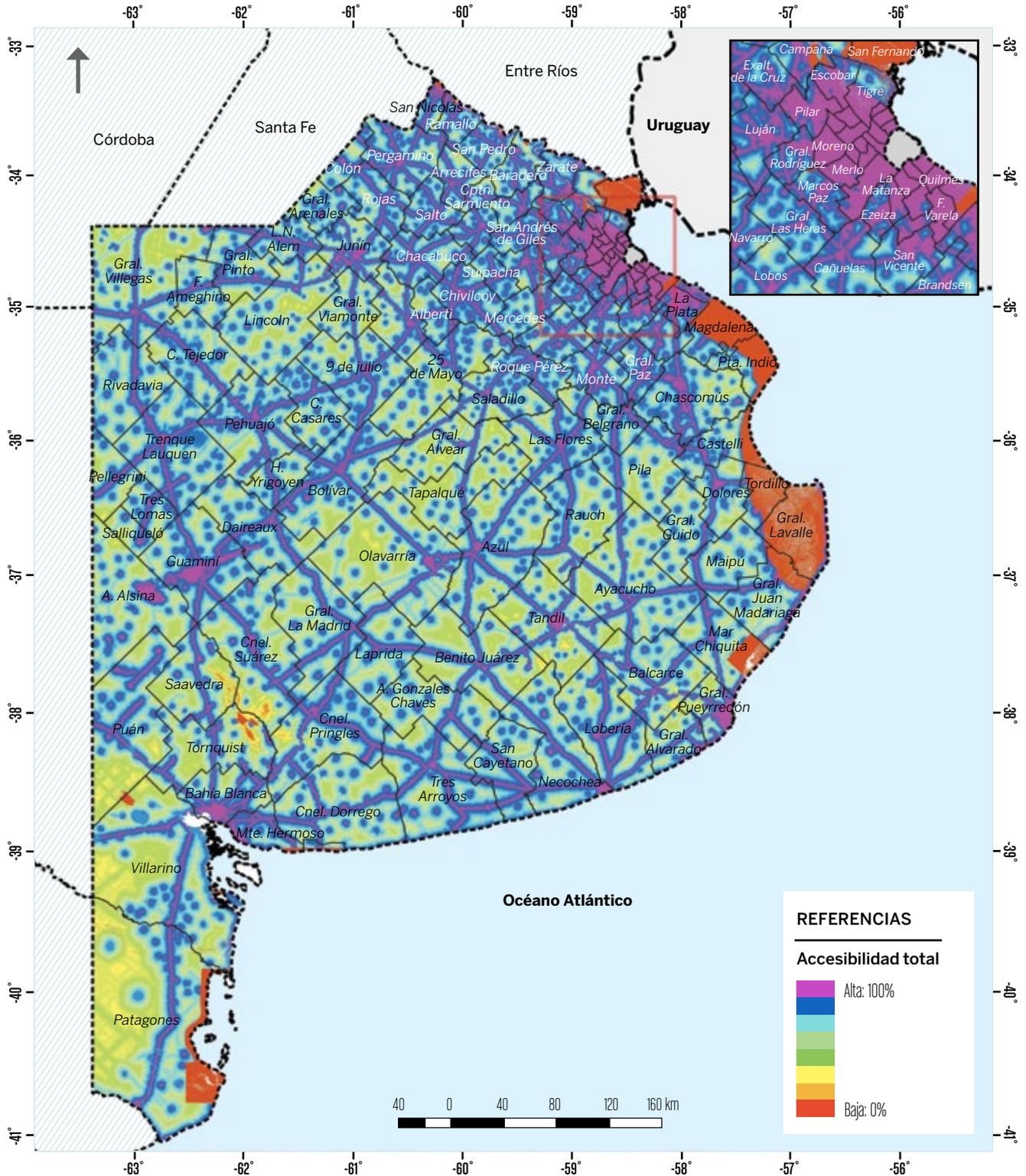
Fuente: Adaptado en base a Banco Mundial (1995)

Mapa 9. Accesibilidad legal



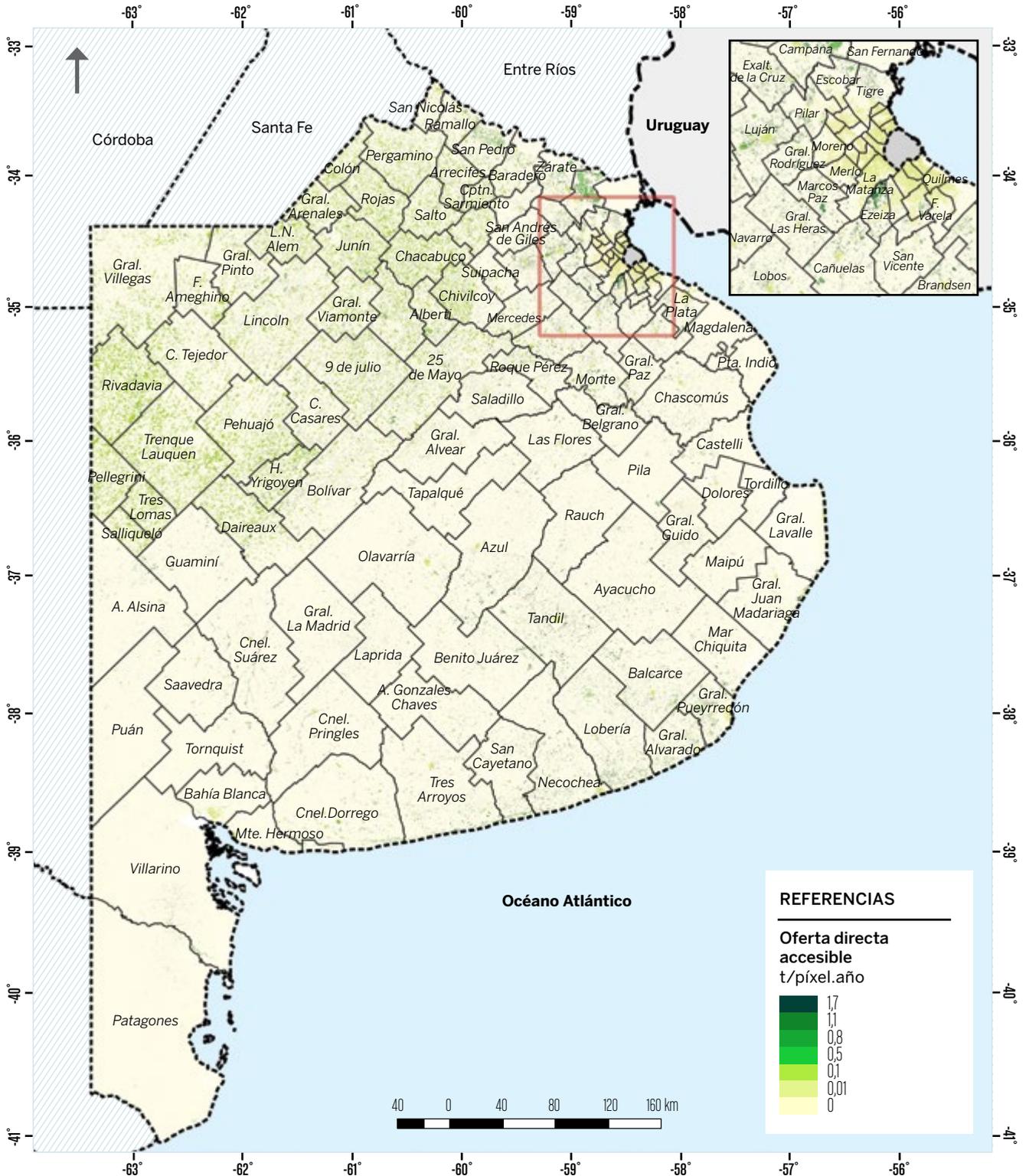
Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 10. Accesibilidad total



Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 11. Oferta directa accesible



Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 12. Oferta directa accesible por fuente y departamento (t/año)

Departamento	Formaciones árboresas	Marlo	Forestaciones	Poda Urbana	Frutales	Total
Adolfo Alsina	8 113,60	–	–	61,21	–	8 174,81
Gonzales Chaves	8 316,48	510,81	–	42,93	–	8 870,22
Alberti	12 685,04	9 256,22	1 280,10	41,62	–	23 262,98
Alte. Brown	1 509,94	–	–	313,58	–	1 823,52
Avellaneda	1,05	–	–	251,75	–	252,80
Ayacucho	25 935,76	–	15,64	64,00	–	26 015,41
Azul	31 735,28	–	27,62	232,06	–	31 994,96
Bahía Blanca	1 331,31	–	–	667,13	23,68	2 022,12
Balcarce	32 115,36	–	302,15	145,70	3,48	32 566,70
Baradero	10 026,00	5 012,20	201,08	104,13	2 380,58	17 723,99
Arrecifes	8 995,04	12 273,20	27,31	90,80	–	21 386,35
Benito Juárez	18 102,80	–	–	72,51	–	18 175,31
Berazategui	52,85	–	–	187,59	–	240,43
Berisso	712,43	–	4,95	60,51	–	777,89
Bolívar	29 580,40	14 560,60	–	128,58	–	44 269,58
Bragado	21 166,88	19 505,90	76,19	143,19	–	40 892,16
Brandsen	11 132,08	–	–	83,67	–	11 215,75
Campana	32 961,68	–	34 316,30	289,65	–	67 567,63
Cañuelas	15 570,16	–	0,39	144,79	–	15 715,34
Capitán Sarmiento	4 946,22	7 163,79	337,83	42,65	–	12 490,49
Carlos Casares	16 407,76	10 527,20	–	80,90	–	27 015,86
Carlos Tejedor	8 707,04	25 988,50	–	37,88	–	34 733,42
Carmen de Areco	6 770,34	13 569,30	–	44,36	–	20 384,00
Castelli	6 107,42	–	–	25,78	–	6 133,20
Colón	3 021,58	12 273,70	–	79,16	–	15 374,45
Cnel. Rosales	3 467,37	–	–	224,80	–	3 692,17
Cnel. Dorrego	16 423,36	1 879,64	195,23	63,68	2 246,40	20 808,31
Cnel. Pringles	12 640,32	–	1,12	89,13	–	12 730,58
Cnel. Suárez	23 610,64	–	4,68	142,53	–	23 757,85
Chacabuco	16 486,00	41 678,30	8,61	147,61	–	58 320,51
Chascomús	19 300,56	–	5,65	150,00	–	19 456,21
Chivilcoy	15 408,16	29 189,40	–	246,54	–	44 844,10
Daireaux	14 600,96	40 358,10	87,89	43,51	–	55 090,46

Departamento	Formaciones árbores	Marlo	Forestaciones	Poda Urbana	Frutales	Total
Dolores	2 951,48	–	–	102,73	–	3 054,21
Ensenada	690,36	–	–	42,15	–	732,51
Escobar	4 719,44	–	765,97	128,20	–	5 613,60
Esteban Echeverría	1 459,57	–	–	172,85	–	1 632,42
Exaltación de la Cruz	11 313,28	–	–	57,37	38,52	11 409,17
Ezeiza	19 304,00	–	–	95,19	–	19 399,19
Fcio. Varela	38,97	–	–	215,05	–	254,02
F. Ameghino	6 797,76	11 830,00	–	30,08	–	18 657,84
Gral. Alvarado	21 930,80	–	71,50	236,63	3,00	22 241,93
Gral. Alvear	11 760,32	2,26	–	31,08	–	11 793,65
Gral. Arenales	5 039,59	17 913,90	–	58,94	–	23 012,44
Gral Belgrano	9 114,96	24,60	13,63	68,06	–	9 221,26
Gral. Guido	8 297,12	–	–	5,55	–	8 302,67
Gral. Madariaga	6 751,68	–	4,01	65,54	77,55	6 898,78
Gral. La Madrid	9 406,40	–	–	39,84	–	9 446,24
Gral. Las Heras	10 162,40	–	–	46,03	–	10 208,43
Gral. Lavalle	35,47	–	–	9,29	–	44,76
Gral. Paz	7 738,74	768,64	–	40,64	–	8 548,02
Gral. Pinto	11 321,60	14 431,10	–	42,94	–	25 795,64
Gral. Pueyrredón	23 121,44	–	291,50	702,73	419,36	24 535,03
Gral. Rodríguez	8 171,20	–	–	53,45	–	8 224,65
Gral. San Martín	1,13	–	–	278,11	–	279,24
Gral. Viamonte	16 853,60	17 350,50	4,42	57,92	–	34 266,44
Gral. Villegas	15 750,48	38 080,60	105,16	103,60	–	54 039,84
Guaminí	14 525,28	41,82	36,59	37,63	–	14 641,32
Hipólito Yrigoyen	15 146,48	26 805,70	–	32,50	–	41 984,68
Hurlingham	1,98	–	–	114,02	–	116,00
Ituzaingó	5,06	–	–	111,51	–	116,57
José C. Paz	3,87	–	–	144,13	–	148,00
Junín	17 137,68	33 045,00	493,69	348,62	–	51 024,99
La Costa	2 261,44	–	–	898,59	–	3 160,03
La Matanza	2 280,48	–	–	879,30	–	3 159,78
Lanús	0,43	–	–	318,85	–	319,28
La Plata	7 865,16	–	637,21	490,11	–	8 992,48

Departamento	Formaciones árbores	Marlo	Forestaciones	Poda Urbana	Frutales	Total
Laprida	9 140,32	–	–	32,37	–	9 172,69
Las Flores	14 185,44	–	–	83,88	–	14 269,32
L.N. Alem	11 369,12	20 658,80	–	52,36	–	32 080,28
Lincoln	36 330,64	27 948,60	–	143,20	–	64 422,44
Lobería	49 619,04	–	433,83	53,12	–	50 105,99
Lobos	21 000,16	3 748,73	–	109,08	–	24 857,97
Lomas de Zamora	1,13	–	–	374,23	–	375,35
Luján	19 518,80	–	860,15	319,23	–	20 698,18
Magdalena	2 392,44	–	3,34	48,95	–	2 444,73
Maipú	5 688,10	–	58,56	38,36	–	5 785,02
Malvinas Argentinas	6,19	–	–	176,97	–	183,16
Mar Chiquita	11 302,24	–	242,29	132,14	–	11 676,67
Marcos Paz	9 529,52	–	22,97	33,53	–	9 586,02
Mercedes	17 994,40	158,61	115,93	193,97	542,41	19 005,31
Merlo	1 308,36	–	11,87	283,29	–	1 603,52
Monte	18 913,12	3 799,86	–	66,03	–	22 779,01
Monte Hermoso	1 572,62	–	–	93,34	–	1 665,97
Moreno	55,35	–	34,08	261,98	–	351,42
Morón	1,13	–	–	239,82	–	240,95
Navarro	10 824,80	4 151,84	–	53,34	–	15 029,98
Necochea	34 273,12	–	1 539,67	401,24	–	36 214,03
9 de Julio	37 759,84	31 559,50	–	176,73	–	69 496,07
Olavarría	14 174,80	–	–	403,86	–	14 578,66
Patagones	2 658,02	–	–	99,17	–	2 757,18
Pehuajó	17 790,32	52 949,20	–	153,24	–	70 892,76
Pellegrini	3 390,18	28 175,30	–	20,40	–	31 585,88
Pergamino	12 814,00	28 477,20	–	362,19	382,75	42 036,14
Pila	7 641,45	–	–	10,04	–	7 651,48
Pilar	7 433,31	–	–	173,19	–	7 606,50
Pinamar	5 581,98	–	–	239,38	–	5 821,37
Pte. Perón	1 209,55	–	28,95	41,38	–	1 279,88
Puán	3 029,15	–	–	67,72	–	3 096,88
Punta Indio	1 461,88	–	–	29,96	–	1 491,84
Quilmes	2,41	–	–	367,87	–	370,28
Ramallo	9 614,24	3 260,84	1 613,71	100,54	80,03	14 669,36
Rauch	12 703,52	–	–	42,36	–	12 745,88

Departamento	Formaciones árbores	Marlo	Forestaciones	Poda Urbana	Frutales	Total
Rivadavia	9 816,00	80 366,00	–	51,50	–	90 233,50
Rojas	9 639,44	32 117,30	–	85,03	–	41 841,77
Roque Pérez	11 298,64	4 774,32	9,85	42,46	–	16 125,27
Saavedra	6 845,32	–	–	79,04	–	6 924,36
Saladillo	16 194,96	4,07	–	110,90	–	16 309,93
Salto	7 358,19	19 699,50	–	106,53	–	27 164,22
Salliqueló	690,59	11 530,70	–	35,64	–	12 256,93
San Andrés de Giles	9 866,72	81,22	–	61,32	6,54	10 015,80
San Antonio de Areco	7 181,03	634,19	58,11	74,21	–	7 947,55
San Cayetano	18 131,20	889,18	593,99	28,99	123,93	19 767,29
San Fernando	1 254,32	–	434,78	104,63	–	1 793,73
San Isidro	3,80	–	–	219,74	–	223,53
San Miguel	6,59	–	–	170,30	–	176,89
San Nicolás	2 717,22	1 101,73	–	460,61	184,35	4 463,90
San Pedro	21 780,88	3 615,99	70,48	180,76	9 952,24	35 600,35
San Vicente	4 878,14	45,51	–	38,84	–	4 962,49
Suipacha	4 503,48	1 832,27	–	30,94	–	6 366,69
Tandil	50 307,76	–	526,34	468,87	–	51 302,97
Tapalqué	9 574,72	2,70	–	27,01	–	9 604,43
Tigre	5 293,71	–	233,38	230,55	–	5 757,64
Tordillo	380,70	–	–	5,19	–	385,89
Tornquist	6 795,72	–	–	58,16	27,00	6 880,88
Trenque Lauquen	9 250,16	81 891,90	165,65	150,99	–	91 458,70
Tres Arroyos	31 132,24	1 479,59	156,05	256,20	–	33 024,09
Tres de Febrero	0,65	–	–	238,52	–	239,17
Tres Lomas	1 122,21	20 159,80	–	30,37	–	21 312,38
25 de Mayo	44 966,88	23 984,30	53,88	120,27	–	69 125,33
Vicente López	1,21	–	–	228,18	–	229,39
Villa Gesell	350,46	–	433,78	297,69	–	1 081,93
Villarino	7 008,20	–	–	87,62	35,05	7 130,87
Zárate	17 099,12	1 176,44	3 762,02	328,21	1 113,21	23 479,00
Total	1 437 642,48	89 4316,1	50 780,09	20 490,84	17 640,08	2 420 870

Fuente: Elaborado por los autores

5.3 Módulo de oferta indirecta

5.3.1 Industria forestal

En la Argentina, la cadena de valor de la industria forestal está desarrollada sobre la base de las plantaciones. Los bosques nativos tienen una participación menor, de sólo 4,2% en 2013. La extracción total de madera de bosques nativos ese año fue de 3 892 millones de toneladas en el país (MECON, 2016c). El Parque Chaqueño, con una producción de 3 694 millones de toneladas, aportó el 94,9% de la madera total extraída, mientras que las regiones restantes tuvieron una participación poco significativa: el Bosque Andino Patagónico participó con el 2,5%; el Espinal con el 1%; la Selva Tucumano Boliviana, la Selva Misionera, el Monte y la Estepa Patagónica aportaron menos de 1%. La leña, tanto para carbón como para combustible, fue el producto más representativo, alcanzando los 3 175 millones de toneladas, el 81,6% del total extraído. En segundo lugar, aparecen los rollizos (17,2%), seguidos por los postes (1%) y el resto de los productos (trociillos, rodrigones, varejones, varillas, estacones, varillones, puntales y varas), que no alcanzan el 1%. La especie más utilizada fue el quebracho colorado, con 374 000 toneladas (9,6%). Le siguen el algarrobo y el quebracho blanco, superando el 2% cada uno; la lenga, con el 1,52%, y el vinal con menos del 1%; el resto se encuentra en el agrupamiento de especies nativas varias.

La mayor parte del consumo nacional de madera corresponde a especies implantadas. De 1,2 millones de hectáreas de bosques de cultivo con especies exóticas de rápido crecimiento, en 2013 se extrajeron 12 232 millones de toneladas de madera. El 96,1% de la extracción total fueron rollizos, el 2,5% postes, el 1% leña y el 0,6% restante corresponde a otros productos. Entre las especies sobresale el pino 60%, y en menor medida el eucalipto 34% y las salicáceas (álamo 3% y sauce 2%) (MECON, 2016c).

En 2013 se produjeron más de 3,6 millones de metros cúbicos de madera aserrada, que se destinaron a las industrias de manufactura de la madera, de la construcción y del mueble. La producción nacional de tableros reconstituidos, para el mismo

año, fue cercana a 1,2 millones de metros cúbicos. Del total producido, el 58% corresponde a tableros de fibra (655 000 metros cúbicos) y el 42% restante a paneles de partículas (472 000 m³). El principal uso de la producción es la industria del mueble; también se destina a molduras y estructuras para la construcción. La producción nacional de pasta celulósica en 2013 alcanzó las 882 000 toneladas, cantidad que se mantiene prácticamente sin variaciones desde 2010. En el Cuadro 13 se muestran los volúmenes de la producción de la industria forestal nacional en 2013 (MECON, 2016c).

La información estadística del sector de la madera y muebles es muy escasa en la Argentina. Esto obedece a diferentes factores, entre ellos:

- La industria está conformada por microempresas y pymes con alta atomización, lo que dificulta el macro y micro relevamiento.
- Existe un importante mercado informal de estos productos, con el consecuente bajo grado de cumplimiento de las normas impositivas y laborales.

Cuadro 13

Producción de la industria forestal argentina en 2013

Productos obtenidos	Volumen (m ³)
Tableros de fibra	654 511
Tableros de partículas	472 389
Pasta celulósica	881 569
Papel	1 241 046
Tanino	57 321
Carbón	439 181
Fabricación de muebles	s/d

Fuente: Elaborado por los autores a partir de datos de MECON (2016c)

- Hay una escasa valoración de la información como elemento determinante para la toma de decisiones empresariales.

Esto trae como consecuencia que todas las fuentes de información tradicionales, primarias y secundarias, sean incompletas y que, paralelamente, existan diferencias en los datos y estadísticas de acuerdo con la fuente consultada (CFI, 2015a). En 2015, la Secretaría de Gobierno de Agroindustria publicó un informe con datos relevados por provincia, que mostró que en Buenos Aires el principal volumen de producción está representado por los tableros, en primer lugar los de partículas, en segundo los de fibra y por último los de listones, como se observa en el Cuadro 14 (MINAGRO, 2015).

Para este análisis, fueron identificados 30 aserraderos; la mayoría se encuentran en el Delta del

Paraná y en el Gran Buenos Aires. Su ubicación georreferenciada así como la información parcial de los volúmenes de madera trabajada y el porcentaje de residuos fue brindada por técnicos del INTA Delta y algún referente del sector, aunque no resultó suficiente para establecer cuánta madera trabaja cada aserradero por año. Esto se podrá precisar cuando finalice el censo de aserraderos que se está llevando adelante durante los meses de redacción de este trabajo.

Se tuvieron en cuenta los valores globales por zona (Mapa 12), que fueron divididos por el número de aserraderos, lo que dio 2 000 t/año en promedio, de las cuales el 45% es residuo, es decir, 900 t por aserradero y por año. A partir de estas estimaciones, se estima en 27 000 t/año el aporte total de residuo de la industria forestal.

Cuadro 14

Capacidad instalada de la industria forestal para aserrado

Industria en Buenos Aires Capacidad instalada (m ³ / año)		Materia prima utilizada				Producción (m ³)
		Rollizo (t)	Otra materia prima** (t)	Postes (m ³)	Madera aserrada (m ³)	
Impregnación	12 400	–	–	5 859	–	4 980
Laminados*	14 600	–	5 965	–	–	3 802
Tableros de fibra	94 000	123 765	–	–	–	59 172
Tableros de partículas	270 000	168 943	5 452	–	–	156 096
Tableros de listones	850	–	206	–	–	136

(*) Laminados para otros usos que no sean tableros (**) Chips, residuos de aserraderos y astillas.

Fuente: Adaptado de MINAGRO (2015)

5.3.2 Semilleros

En la Argentina la producción promedio anual de semillas, desde la campaña 2011/2012 hasta la 2015/2016, se conformó de la siguiente manera: 52% de semillas de soja, 27% de trigo, 16% de maíz y el 5% restante de sorgo y girasol (MINAGRO, 2016). Estos porcentajes pueden observarse en el Gráfico 5. En la campaña 11/12 se produjeron en total 798 907 toneladas de semillas, que fueron descendiendo campaña tras campaña hasta llegar a 610 689 toneladas en la campaña 14/15, lo que representa una caída del 24 por ciento.

Para la producción de granos se diferencian dos tipos de semillas, las híbridas¹ y las autógamias². De las híbridas, las de maíz son las de mayor importancia a nivel nacional. La Asociación de Semilleros Argentinos (ASA), que nuclea a las productoras de semillas en el país, está integrada por 31 empresas que producen híbridos de maíz, 24 de las cuales se encuentran en la provincia de Buenos Aires, una en Córdoba, y el resto mayoritariamente en la provincia de Santa Fe.

La cosecha y la logística del maíz para semillas requiere un tratamiento diferencial, ya que no se utilizan cosechadoras convencionales porque se recolecta el marlo entero, para llevarlo en transportes especializados hasta la planta clasificadora. De esta manera, los semilleros concentran la chala y el marlo como residuo de su producción, y existe también un descarte, que corresponde a las semillas que no cumplen con las exigencias de calidad, y a otros residuos como polvillo, semillas rotas, restos de plantas y semillas pequeñas de algunas malezas.

1. Se trata de semillas de reproducción cruzada que son el resultado del cruzamiento de líneas diferentes con la finalidad de generar un híbrido específico con características definidas; como ejemplos de este tipo de semillas se puede mencionar al maíz, al sorgo y al girasol (MINAGRO, 2016).

2. En estas semillas, la reproducción la realiza el mismo individuo, cuando los gametos masculinos y los femeninos se fusionan en la misma flor, lo que genera autopolinización y autofecundación. La característica más importante en este caso es que dichas plantas son homocigotas, esto quiere decir que los descendientes que generen van a ser genéticamente iguales entre sí (MINAGRO, 2016).

La materia verde de maíz se compone de los siguientes elementos que, en términos de peso, tienen la siguiente distribución (Gráfico 6):

El destino de los residuos es considerado uno de los puntos más críticos del sistema de producción de semillas de maíz híbrido. Si bien se conoce que estos pueden utilizarse para consumo animal en *feedlots* (chala, marlo y semillas rotas), o como abono o relleno de campos en las inmediaciones de las plantas o como combustible para ser directamente incinerados, no se cuenta con información puntual respecto del uso o tratamiento que cada empresa hace de sus residuos.

Por ello, en este trabajo no fue posible estimar los residuos de la industria semillera como oferta indirecta. De todos modos, se considera que parte de esta biomasa ha sido incluida en la estimación de marlo en el módulo de oferta directa (ver apartado 5.2.4).

5.3.3 Aceiteras

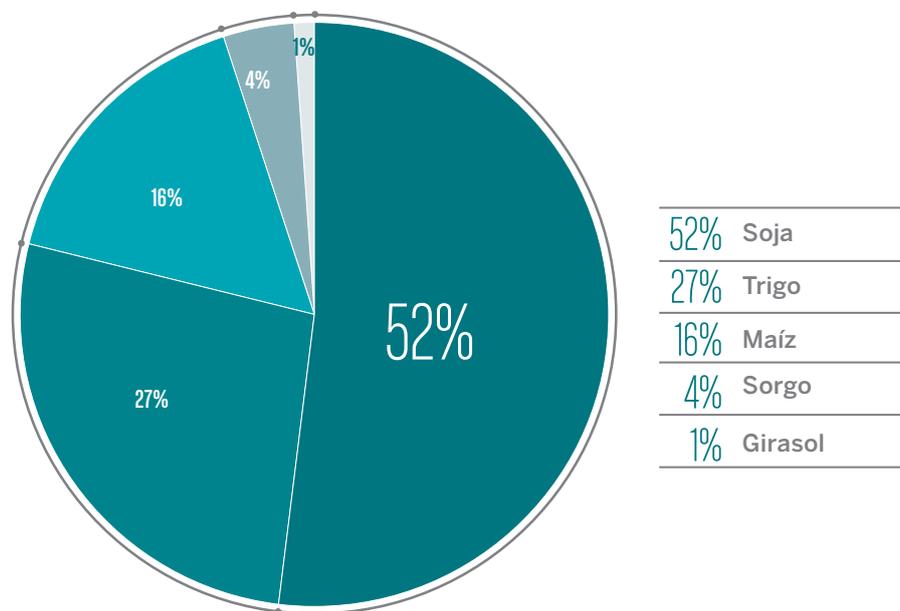
La cáscara de girasol es un residuo de la industria aceitera, fuente de energía renovable de aplicación directa (Fernández *et al.*, 2014). El porcentaje de cáscara de girasol remanente del proceso de extracción de aceites varía entre 17 y 20 por ciento.

A partir del conocimiento de la capacidad instalada de la industria (en toneladas por día) disponible en la página de internet de la Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (CIARA, 2017), fue posible estimar la oferta indirecta. Considerando 18% de residuos en el descascarado y un funcionamiento de 248 días, se determinó que la oferta indirecta estimada es de 2 993 911 t/año. Si bien la Bolsa de Comercio de Rosario utiliza 330 días para realizar los cálculos (Fernández *et al.*, 2014), se consideró conveniente hacerlo en base a un tiempo de funcionamiento menor, con el fin de no sobreestimar el recurso. El residuo de cáscara de girasol es utilizado como combustible en la producción de vapor (calderas) para el mismo proceso de producción aceitera y, si queda un excedente, se comercializa generalmente para su uso como cama de pollo.

En el Cuadro 15 se listan las empresas productoras de aceite de girasol que se encuentran actualmente en la provincia.

Gráfico 5

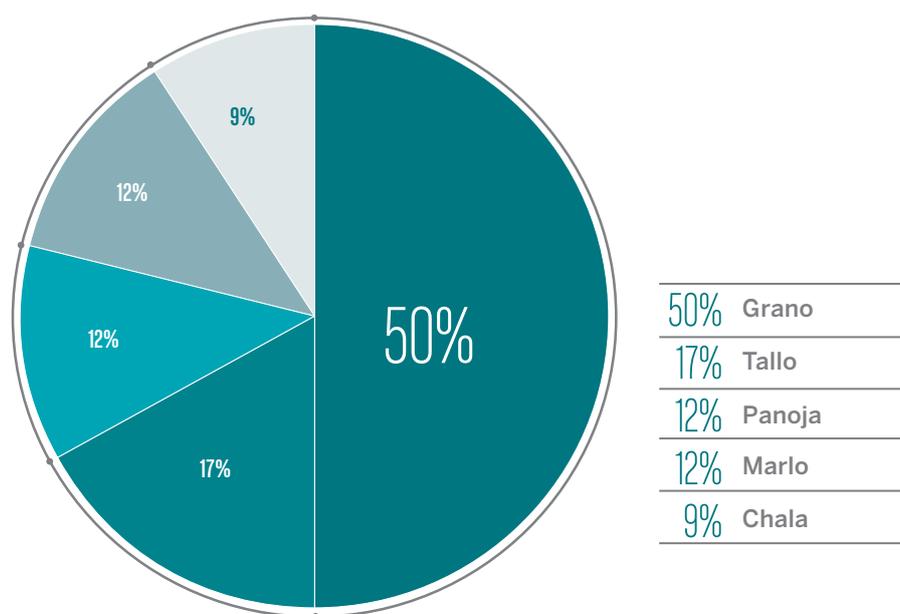
Producción promedio anual de semillas en la Argentina (2011/12 a 2015/16)



Fuente: Instituto Nacional de Semillas (MINAGRO, 2016)

Gráfico 6

Composición de la espiga de maíz en peso



Fuente: MINCYT (2016)

Síntesis de la oferta indirecta

Las fuentes indirectas de biomasa son las que corresponden a residuos de aserraderos, de semilleros y de plantas aceiteras. Sin embargo, no fue posible acceder a la información de estos dos últimos tipos de industrias (en el caso de los semilleros, el marlo en parte se consideró como oferta directa, ya que se contabilizó como recolectado potencialmente junto con la cosecha del maíz). Por lo tanto, la oferta indirecta estimada es la de los aserraderos y se detalla por departamento en el Cuadro 16.

5.4. Módulo demanda

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

En el sector doméstico o residencial, se utilizó la biomasa con fines energéticos para hacer frente a las condiciones climáticas, para cocinar los alimentos, calentar agua y también, para iluminar.

Con respecto al sector industrial, los recursos biomásicos han tenido diversas finalidades, de acuerdo a la actividad productiva desarrollada. La industria ladrillera consume leña para el proceso de cocción del ladrillo. En la provincia de Buenos Aires, la actividad de los ladrilleros es informal en la mayoría de los casos, muchas familias consideran este rubro como un segundo ingreso cuando la actividad principal de subsistencia decae.

El consumo de biomasa en el sector público se encontraba representado por las escuelas rurales que utilizaban leña para satisfacer las necesidades de cocción de alimentos del comedor escolar. Si bien, en 2012, el Relevamiento de Escuelas Rurales del Programa Mapa Educativo Nacional del Ministerio de Educación de la Nación había detec-

tado 10 escuelas rurales que utilizaban leña para cocinar, se decidió no incluirlas en el análisis debido a que actualmente emplean garrafas –GLP– y energía eléctrica.

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

5.4.1 Sector residencial

En el análisis del consumo residencial, a cada radio censal de tipo “urbano” y a los centros poblados de la BAHRA³, se les asignó la cantidad de habitantes que viven en hogares que emplean leña o carbón vegetal como combustible principal para cocinar (INDEC, 2010; Bedía y Sacchi, 2016). Según el INDEC, la provincia de Buenos Aires cuenta con 7 463 hogares que emplean leña o carbón como principal combustible. Esto corresponde al 2,33% de los hogares de la provincia (Mapa 13).

Se consideró la demanda residencial de leña, teniendo en cuenta los radios censales obtenidos del CNPhyV 2010. De cada radio censal se extrajeron los datos de cantidad de habitantes y de hogares, lo que dio un promedio de habitantes por hogar que consume leña, dividiendo la cantidad de hogares por la cantidad de habitantes. A dicha cantidad de habitantes se le asignó una demanda de leña de 0,75 t/año persona (coeficiente establecido para WISDOM Argentina). De esta manera se obtuvo el consumo de leña por radio censal, que se asignó a los radios de tipo “urbano” y a aquellos de tipo “rural” y “mixto” que contienen un asentamiento de la BAHRA.

5.4.2 Sector industrial

Las ladrilleras son unidades productivas destinadas a la fabricación de ladrillos en una parcela, en la que se desarrollan las diferentes fases productivas: mezcla, corte, quema, acopio y la primera

3. En el análisis espacial, cuando los radios de tipo “mixto” o “rural” no se correspondían con ningún BAHRA, se los consideró en su totalidad.

Cuadro 15

Capacidad de molienda de productoras de aceite de girasol

Empresa	Localidad	Capacidad diaria (t) Base girasol
Ingredion SA	Chacabuco	50
Arcor SAIC	San Pedro	23
SEDA SA	Lezama	180
Molino Cañuelas SACIFIA	Cañuelas	300
Nidera SA	Valentín Alsina	650
Germaíz SA	San Justo	150
Refinadora Pilar	Pilar	120
Molino Navarro SRL	Villa Madero	700

Fuente: CIARA (2017)

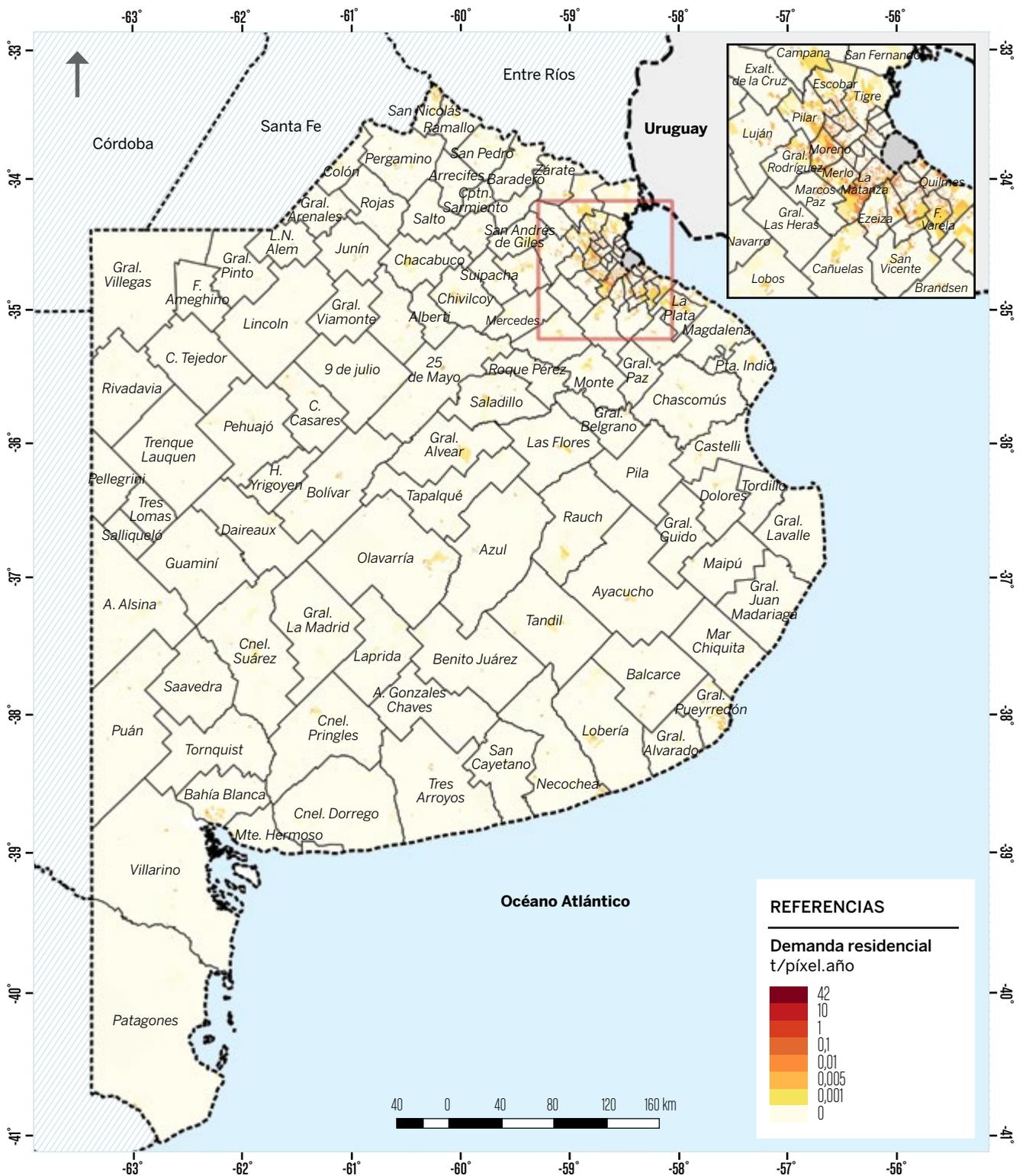
Cuadro 16

Oferta indirecta de aserraderos por partido

Departamento	Oferta indirecta de aserraderos (t/año)
Almte. Brown	900
Avellaneda	900
Balcarce	900
Berazategui	1800
Castelli	900
Escobar	900
Esteban Echeverría	1800
Gral. Pueyrredón	900
Gral. San Martín	1800
La Matanza	1800
La Plata	900
Mercedes	900
Morón	1800
San Isidro	900
San Vicente	900
Tigre	4500
Tres de Febrero	2700
Villa Gesell	1800
Total	27000

Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 13. Demanda residencial



Fuente: Elaborado por los autores

venta. La cocción (quema) se realiza en hornos por combustión de leña (Coyoupetrou, 2016).

Al no disponer del volumen de recursos biomásicos consumidos para generar energía ni de la cantidad de ladrillos producidos por cada establecimiento, se utilizó una estimación. Según la fuente consultada, en Buenos Aires las ladrilleras utilizan entre 45 y 80 toneladas de leña en la producción anual (Ambiental, 2011). Para el presente trabajo se decidió utilizar 45 t/año de biomasa consumida, porque se ajusta al consumo relevado en ladrilleras de la zona de Chivilcoy, Chacabuco y San Andrés de Giles.

De esta manera, el consumo total estimado para esta industria fue de 16 785 t/año de leña. Vale destacar que no fue considerado dicho aporte en el análisis espacial debido a la imposibilidad de espacializar dicho consumo.

5.4.3 Escuelas rurales

En general, la mayoría de las escuelas usa energía eléctrica proveniente de la red y gas envasado para la calefacción. Si bien la información brindada por el Relevamiento de Escuelas Rurales daba cuenta de muy pocas escuelas que utilizaban biomasa para cocinar, al chequear en el territorio las mismas revelaron uso de energía eléctrica o gas licuado para abastecerse energéticamente.

5.5 Módulo de integración

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

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

Otra forma de representar espacialmente esta relación es realizar un balance promedio focalizado, en el que se promedian los valores de los píxeles comprendidos en ventanas de 20 píxeles de

lado, o sea, una ventana de 800 m de lado (64 ha), como muestra el Mapa 14.

Con el fin de obtener información más detallada, se realizó una evaluación a nivel de radio censal. En los mapas 14 y 15 se muestra el resultado obtenido. Puede observarse que, con excepción de algunos radios censales, se aprecia un balance positivo de biomasa en todo el territorio de Buenos Aires, con la mayor oferta ubicada principalmente en el centro y oeste de la provincia. Los aportes de la potencial recolección de marlos, el incremento medio anual de las formaciones arbóreas junto a la poda urbana son las fuentes que configuran una estructura de balance superavitario en la mayor parte de los radios de los partidos bonaerenses. En este sentido, plantear un manejo sustentable de estos recursos es indispensable para el corto plazo.

Los radios censales deficitarios se circunscriben a los cordones periurbanos de los grandes aglomerados donde los servicios de red no tienen alcance. En el zoom del Mapa 15 se aprecia la predominancia del consumo biomásico en el tercer cordón del Conurbano. Asimismo, se pueden observar radios de la costa este con balance negativo, en parte, como consecuencia de la baja oferta biomásica existente.

En el Cuadro 17 se presenta la estimación del balance por departamentos. Los que presentan los mayores valores superavitarios se ubican en el noreste provincial: Trenque Lauquen, Rivadavia, Pehuajó, 9 de Julio y 25 de Mayo. En los tres primeros domina la oferta directa a partir del marlo de maíz acompañado del IMA de las formaciones arbóreas. En cambio, en los dos últimos prevalece la oferta proveniente de las formaciones arbóreas, con aportes significativos de marlo.

Cabe resaltar el corredor norte, contiguo a la RN 9, por su variedad de fuentes, sobre todo en los departamentos de Baradero, San Pedro, Ramallo y San Nicolás de los Arroyos.

Los únicos departamentos deficitarios son Moreno, Lomas de Zamora, Florencio Varela, José C. Paz, Malvinas Argentinas, Quilmes y San Miguel, por la escasez de fuentes biomásicas y la inaccesibilidad a las redes de energía convencional.

Cuadro 17

Demanda total por fuente y departamento

Departamento	Demanda residencial (t/año)
Adolfo Alsina	50
A. Gonzales Chaves	13
Alberti	24
Almte. Brown	435
Avellaneda	9
Ayacucho	170
Azul	101
Bahía Blanca	145
Balcarce	121
Baradero	174
Arrecifes	47
Benito Juárez	27
Berazategui	213
Berisso	75
Bolívar	165
Bragado	72
Brandsen	61
Campana	260
Cañuelas	103
Cap. Sarmiento	23
Carlos Casares	53
Carlos Tejedor	15
Carmen de Areco	29
Castelli	52
Colón	33
Cnel. Rosales	22
Cnel. Dorrego	27
Cnel. Pringles	87
Cnel. Suárez	150
Chacabuco	141
Chascomús	115
Chivilcoy	125
Daireaux	32

Departamento	Demanda residencial (t/año)
Dolores	45
Ensenada	45
Escobar	244
Esteban Echeverría	1297
Exaltación de la Cruz	57
Ezeiza	180
Florencio Varela	402
Florentino Ameghino	11
Gral. Alvarado	53
Gral. Alvear	105
Gral. Arenales	32
Gral. Belgrano	42
Gral. Guido	43
Gral. Madariaga	53
Gral. La Madrid	65
Gral. Las Heras	17
Gral. Lavalle	23
Gral. Paz	70
Gral. Pinto	15
Gral. Pueyrredón	367
Gral. Rodríguez	235
Gral. San Martín	215
Gral. Viamonte	49
Gral. Villegas	22
Guaminí	37
H. Yrigoyen	20
Hurlingham	51
Ituzaingó	38
José C. Paz	280
Junín	41
La Costa	42
La Matanza	2774
Lanús	153

Departamento	Demanda residencial (t/año)
La Plata	525
Laprida	40
Las Flores	187
Leandro N. Alem	33
Lincoln	36
Lobería	101
Lobos	92
Lomas de Zamora	743
Luján	120
Magdalena	72
Maipú	38
Malvinas Argentinas	224
Mar Chiquita	44
Marcos Paz	152
Mercedes	146
Merlo	416
Monte	49
Monte Hermoso	0
Moreno	855
Morón	61
Navarro	54
Necochea	132
9 de Julio	81
Olavarría	263
Patagones	87
Pehuajó	56
Pellegrini	4
Pergamino	122
Pila	24
Pilar	410
Pinamar	10
Presidente Perón	99
Púan	40
Punta Indio	81
Quilmes	397

Departamento	Demanda residencial (t/año)
Ramallo	65
Rauch	158
Rivadavia	16
Rojas	38
Roque Pérez	67
Saavedra	34
Saladillo	193
Salto	25
Salliqueló	11
San Andrés de Giles	66
San Antonio de Areco	13
San Cayetano	21
San Fernando	178
San Isidro	24
San Miguel	177
San Nicolás	147
San Pedro	219
San Vicente	82
Suipacha	25
Tandil	171
Tapalqué	78
Tigre	338
Tordillo	15
Tornquist	28
Trenque Lauquen	47
Tres Arroyos	77
Tres de Febrero	73
Tres Lomas	18
25 de Mayo	216
Vicente López	19
Villa Gesell	30
Villarino	133
Zarate	164
Totales	19 055

Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 18

Balance total por departamento

Balance total por departamento (t/año)				
Departamento	Oferta directa accesible	Oferta indirecta	Demanda	Total por departamento
Adolfo Alsina	8174,81	-	50	8124
Adolfo Gonzales Chaves	8870,22	-	13	8858
Alberti	23262,98	-	24	23239
Almte. Brown	1823,52	900	435	2289
Arrecifes	21386,35	-	9	21377
Avellaneda	252,80	900	170	982
Ayacucho	26015,41	-	101	25914
Azul	31994,96	-	145	31850
Bahía Blanca	2022,12	-	121	1901
Balcarce	32566,70	900	174	33292
Baradero	17723,99	-	47	17677
Benito Juárez	18175,31	-	27	18148
Berazategui	240,43	1800	213	1827
Berisso	777,89	-	75	703
Bolívar	44269,58	-	165	44105
Bragado	40892,16	-	72	40820
Brandsen	11215,75	-	61	11155
Campana	67567,63	-	260	67308
Cañuelas	15715,34	-	103	15612
Capitán Sarmiento	12490,49	-	23	12468
Carlos Casares	27015,86	-	53	26963
Carlos Tejedor	34733,42	-	15	34719
Carmen de Areco	20384,00	-	29	20355
Castelli	6133,20	900	52	6981
Colón	15374,45	-	33	15341
Cnel. Rosales	3692,17	-	22	3670
Cnel. Dorrego	20808,31	-	27	20781
Cnel. Pringles	12730,58	-	87	12643
Cnel. Suárez	23757,85	-	150	23607
Chacabuco	58320,51	-	141	58180
Chascomús	19456,21	-	115	19341
Chivilcoy	44844,10	-	125	44719

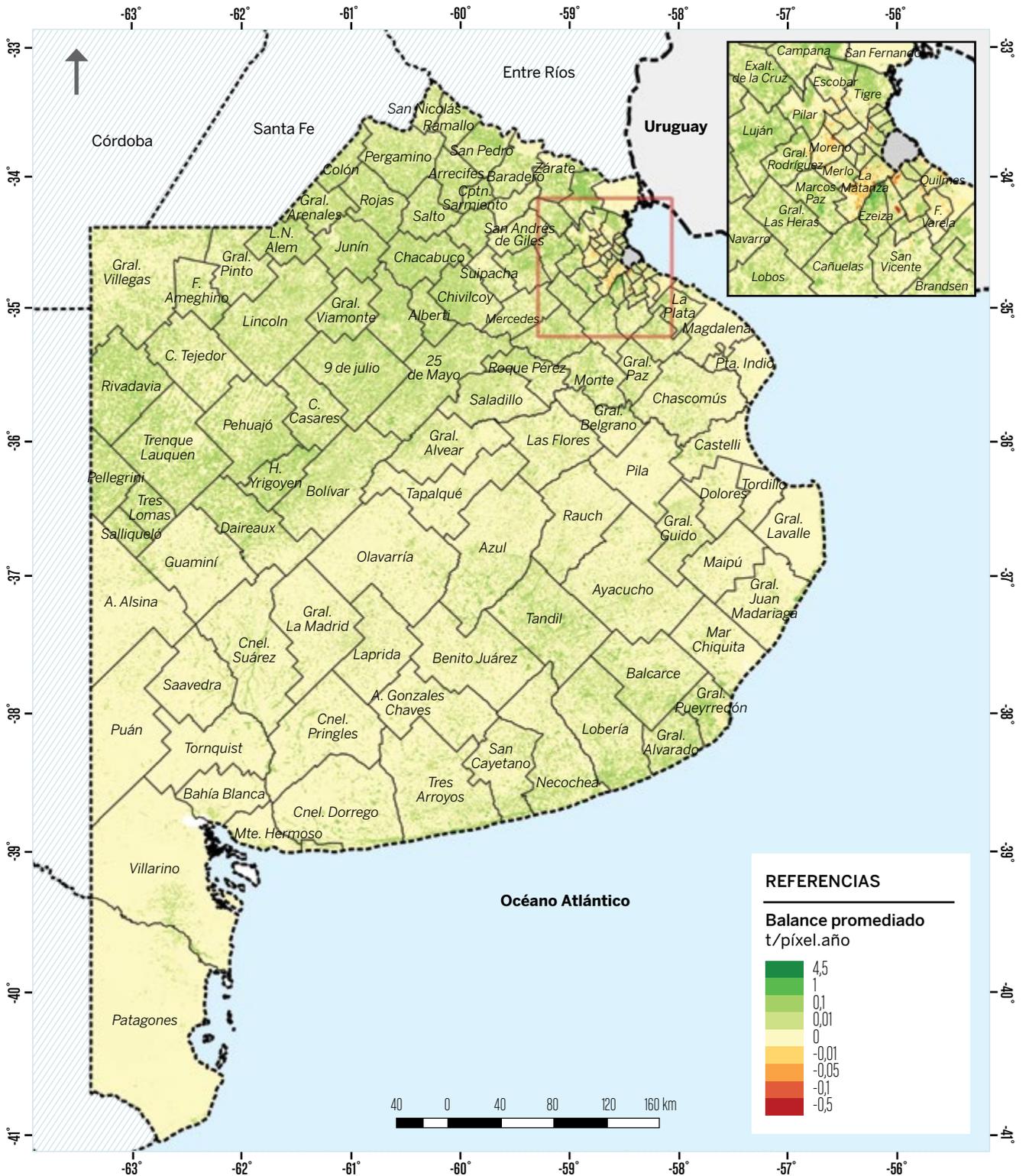
Balance total por departamento (t/año)				
Departamento	Oferta directa accesible	Oferta indirecta	Demanda	Total por departamento
Daireaux	55 090,46	-	32	55 059
Dolores	3 054,21	-	45	3 009
Ensenada	732,51	-	45	687
Escobar	5 613,60	900	244	6 269
Esteban Echeverría	1 632,42	1 800	1 297	2 136
Exaltación de la Cruz	11 409,17	-	57	11 352
Ezeiza	19 399,19	-	180	19 219
Florencio Varela	254,02	-	402	-148
Florentino Ameghino	18 657,84	-	11	18 646
Gral. Alvarado	22 241,93	-	53	22 189
Gral. Alvear	11 793,65	-	105	11 689
Gral. Arenales	23 012,44	-	32	22 981
Gral. Belgrano	9 221,26	-	42	9 179
Gral. Guido	8 302,67	-	43	8 259
Gral. Madariaga	6 898,78	-	53	6 846
Gral. La Madrid	9 446,24	-	65	9 381
Gral. Las Heras	10 208,43	-	17	10 191
Gral. Lavalle	44,76	-	23	22
Gral. Paz	8 548,02	-	70	8 478
Gral. Pinto	25 795,64	-	15	25 780
Gral. Pueyrredón	24 535,03	900	367	25 068
Gral. Rodríguez	8 224,65	-	235	7 990
Gral. San Martín	279,24	1 800	215	1 864
Gral. Viamonte	34 266,44	-	49	34 217
Gral. Villegas	54 039,84	-	22	54 018
Guaminí	14 641,32	-	37	14 605
Hipólito Yrigoyen	41 984,68	-	20	41 964
Hurlingham	116,00	-	51	65
Ituzaingó	116,57	-	38	79
José C. Paz	148,00	-	280	-132
Junín	51 024,99	-	41	50 984
La Costa	3 160,03	-	42	3 118
La Matanza	3 159,78	1 800	2 774	2 185
Lanús	319,28	-	153	166
La Plata	8 992,48	900	525	9 367

Balance total por departamento (t/año)				
Departamento	Oferta directa accesible	Oferta indirecta	Demanda	Total por departamento
Laprida	9172,69	-	40	9132
Las Flores	14269,32	-	187	14082
Leandro N. Alem	32080,28	-	33	32047
Lincoln	64422,44	-	36	64386
Lobería	50105,99	-	101	50005
Lobos	24857,97	-	92	24766
Lomas de Zamora	375,35	-	743	-368
Luján	20698,18	-	120	20578
Magdalena	2444,73	-	72	2373
Maipú	5785,02	-	38	5747
Malvinas Argentinas	183,16	-	224	-40
Mar Chiquita	11676,67	-	44	11632
Marcos Paz	9586,02	-	152	9434
Mercedes	19005,31	900	146	19759
Merlo	1603,52	-	416	1188
Monte	22779,01	-	49	22730
Monte Hermoso	1665,97	-	-	1666
Moreno	351,42	-	855	-503
Morón	240,95	1800	61	1980
Navarro	15029,98	-	54	14976
Necochea	36214,03	-	132	36082
9 de Julio	69496,07	-	81	69415
Olavarría	14578,66	-	263	14316
Patagones	2757,18	-	87	2670
Pehuajó	70892,76	-	56	70837
Pellegrini	31585,88	-	4	31582
Pergamino	42036,14	-	122	41914
Pila	7651,48	-	24	7628
Pilar	7606,50	-	410	7196
Pinamar	5821,37	-	10	5811
Presidente Perón	1279,88	-	99	1180
Puán	3096,88	-	40	3057
Punta Indio	1491,84	-	81	1411
Quilmes	370,28	-	397	-27
Ramallo	14669,36	-	65	14604

Balance total por departamento (t/año)				
Departamento	Oferta directa accesible	Oferta indirecta	Demanda	Total por departamento
Rauch	12 745,88	–	158	12 588
Rivadavia	90 233,50	–	16	90 217
Rojas	41 841,77	–	38	41 804
Roque Pérez	16 125,27	–	67	16 059
Saavedra	6 924,36	–	34	6 890
Saladillo	16 309,93	–	193	16 117
Salto	27 164,22	–	25	27 139
Salliqueló	12 256,93	–	11	12 246
San Andres de Giles	10 015,80	–	66	9 950
San Antonio de Areco	7 947,55	–	13	7 935
San Cayetano	19 767,29	–	21	19 746
San Fernando	1 793,73	–	178	1 616
San Isidro	223,53	900	24	1 100
San Miguel	176,89	–	177	-1
San Nicolás	4 463,90	–	147	4 317
San Pedro	35 600,35	–	219	35 381
San Vicente	4 962,49	900	82	5 780
Suipacha	6 366,69	–	25	6 342
Tandil	51 302,97	–	171	51 132
Tapalqué	9 604,43	–	78	9 526
Tigre	5 757,64	4 500	338	9 920
Tordillo	385,89	–	15	371
Tornquist	6 880,88	–	28	6 853
Trenque Lauquen	91 458,70	–	47	91 412
Tres Arroyos	33 024,09	–	77	32 947
Tres de Febrero	239,17	2 700	73	2 866
Tres Lomas	21 312,38	–	18	21 295
25 de Mayo	69 125,33	–	216	68 910
Vicente López	229,39	–	19	211
Villa Gesell	1 081,93	1 800	30	2 852
Villarino	7 130,87	–	133	6 998
Zárate	23 479,00	–	164	23 315
Total	2 420 869,65	27 000	19 055	2 428 815

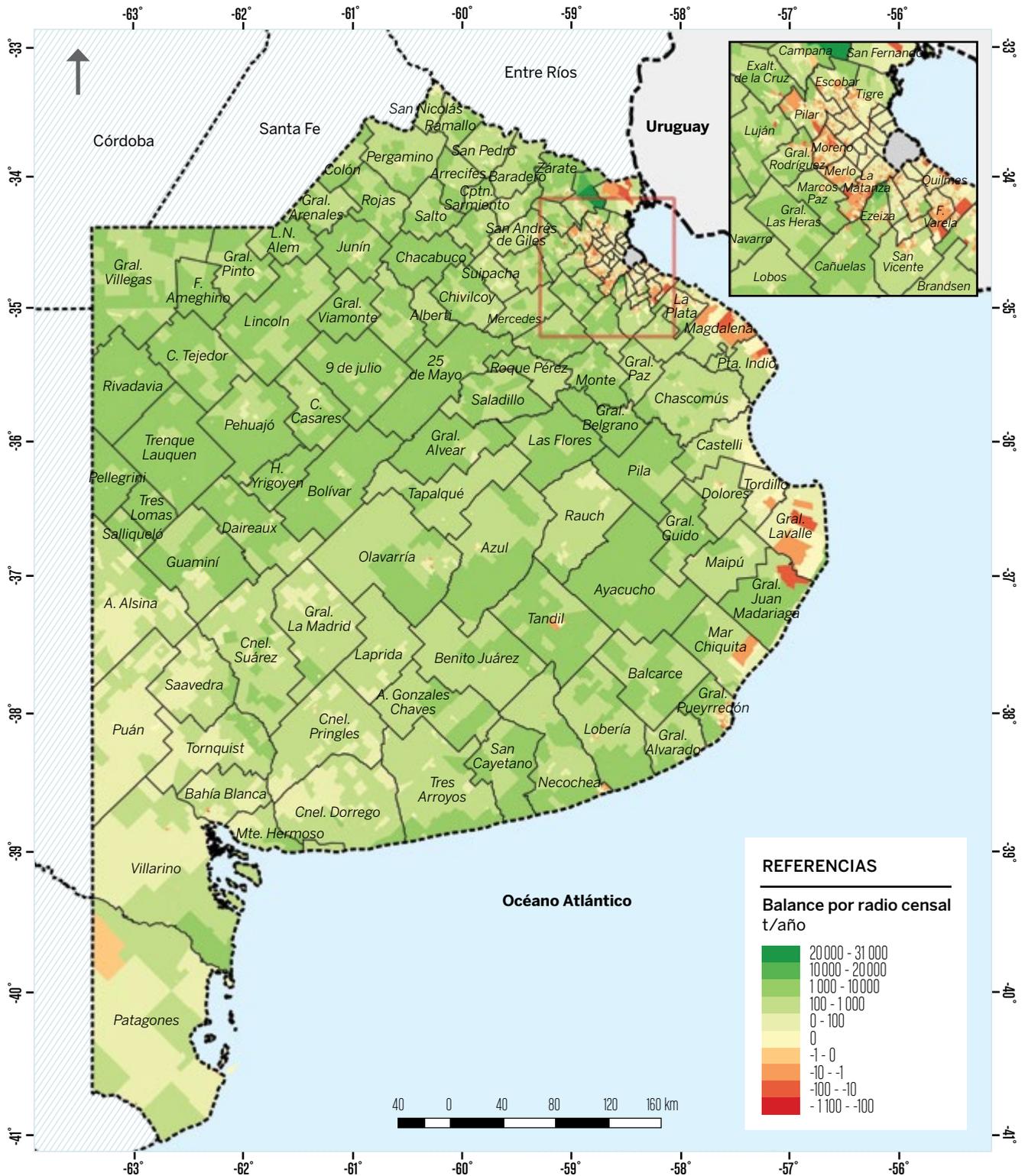
Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 14. Balance promedio focalizado



Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 15. Balance total por radio censal



Fuente: Elaborado por los autores

6. MÓDULO DE OFERTA DE BIOMASA HÚMEDA

-
- 6.1 *Feedlots* bovinos
 - 6.2 Establecimientos tamberos
 - 6.3 Establecimientos porcinos
 - 6.4 Frigoríficos bovinos y porcinos
 - 6.5 Establecimientos avícolas



Buenos Aires tiene una gran oferta potencial de biomasa húmeda, que se estimó en 209 463,18 tep/año, proveniente de residuos de *feedlots*, criaderos porcinos, avícolas de pollo y huevo, tambos y frigoríficos.

Para llevar a cabo este análisis, se consideraron como biomasa húmeda todos los efluentes de origen orgánico resultantes de actividades agropecuarias: *feedlots*, tambos, establecimientos porcinos y avícolas. Por su importancia a nivel provincial, también se analizaron los residuos de la faena de bovinos, porcinos y aves.

La fracción orgánica de la biomasa húmeda puede transformarse en compost mediante un proceso natural de descomposición biológica, que se da en presencia de oxígeno (aeróbico), liberando calor y dióxido de carbono (CO₂), o en ausencia de oxígeno (anaeróbico), convirtiéndose en biogás. A este último proceso se lo conoce como digestión anaeróbica y se lleva a cabo en contenedores herméticamente cerrados, denominados reactores anaeróbicos o biodigestores, en los que hay un variado grupo de microorganismos que transforma la materia orgánica en una mezcla de gases –fundamentalmente metano (CH₄) y CO₂– conocida como biogás. El biogás puede combustionarse para generar energía térmica o eléctrica y su valor energético depende principalmente del contenido de CH₄, que varía entre 50 y 75%. A su vez, del proceso se obtiene también un material biodigerido denominado digestato, rico en macro y micronutrientes, que puede ser empleado como una enmienda orgánica en los campos de cultivo, ya que

presenta excelentes características agronómicas y permite aumentar la fertilidad química de los suelos y, por lo tanto, sustituir algunos agroquímicos de origen sintético.

La biodigestión anaeróbica surge como alternativa a la disposición inadecuada de los efluentes de las actividades pecuarias, que podría provocar una severa contaminación del suelo, del aire y de los cuerpos de agua. Esta tecnología de aprovechamiento de la biomasa húmeda contribuye a la sustentabilidad y sostenibilidad de los establecimientos pecuarios y presenta innumerables beneficios ambientales, económicos y sociales:

- Generación de energía renovable.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Reducción de la contaminación de cuerpos de agua y de la proliferación de vectores de enfermedades; mejora de las condiciones higiénicas y sanitarias de la zona.
- Independencia en el abastecimiento de energía, reemplazando total o parcialmente los combustibles fósiles
- Sustitución total o parcial de fertilizantes inorgánicos.

- Fomento del desarrollo regional mediante nuevas actividades y técnicas agropecuarias.
- Aprovechamiento de los subproductos derivados de la producción agroalimentaria.
- Beneficios económicos y mejora en la calidad de vida para productores locales.
- 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 brindada por el SENASA, con la localización de cada establecimiento y el número de cabezas, lo que permitió realizar los cálculos de la oferta por tipo de actividad.

6.1 Feedlots bovinos

En un *feedlot*, un vacuno puede excretar por día alrededor del 5 al 6% de su peso. Para un novillo de 400 kg, esto significaría entre 20 y 25 kg diarios de estiércol más orina. Dado que el porcentaje de humedad del estiércol es de 80 a 85%, finalmente se eliminarían al corral cerca de 3 kg diarios de residuo sólido por animal, en promedio (Gil, 2006).

Si bien la orina es importante por el aporte de sales minerales y nutrientes, para el cálculo de biogás no se debe tener en consideración ya que no aporta materia orgánica, por lo que solo se tuvo en cuenta el estiércol fresco. De acuerdo con las estimaciones sugeridas por Pordomingo (2005 y 2013), la producción diaria de heces puede rondar entre 3,4 y 3,8% del peso vivo; la materia seca de las heces, entre 20 y 30%, y la producción diaria de orina, entre 1,2 y 1,8% del peso vivo.

En base a los pesos considerados por el autor se tomó como peso vivo promedio 300 kg por animal. Se estimó un residuo potencial diario de 10,8 kg de estiércol fresco por animal, que da 3942 kg por año. Tomando en cuenta el rendimiento de biogás, que

ronda los 0,04 m³/kg de estiércol (FAO, 2009), podrían producirse 157,68 m³ de biogás por animal al año. Según las bases de datos aportadas por el SENASA, las existencias de bovinos en feedlots en la provincia de Buenos Aires en 2015 ascendían a 634 984 cabezas, que permitirían obtener 55 068 tep anuales, es decir, 100 124 277 m³/año de biogás (Mapa 16).

Consideraciones metodológicas

La estimación de la producción de heces está sujeta a variaciones debidas al balance de nutrientes en función de los requerimientos del animal, de la digestibilidad y del consumo de alimento y agua, con el peso vivo como factor más relevante. (Pordomingo, 2013). Esto pone en evidencia la importancia de ajustar los valores de cantidad de estiércol realizando mediciones in situ.

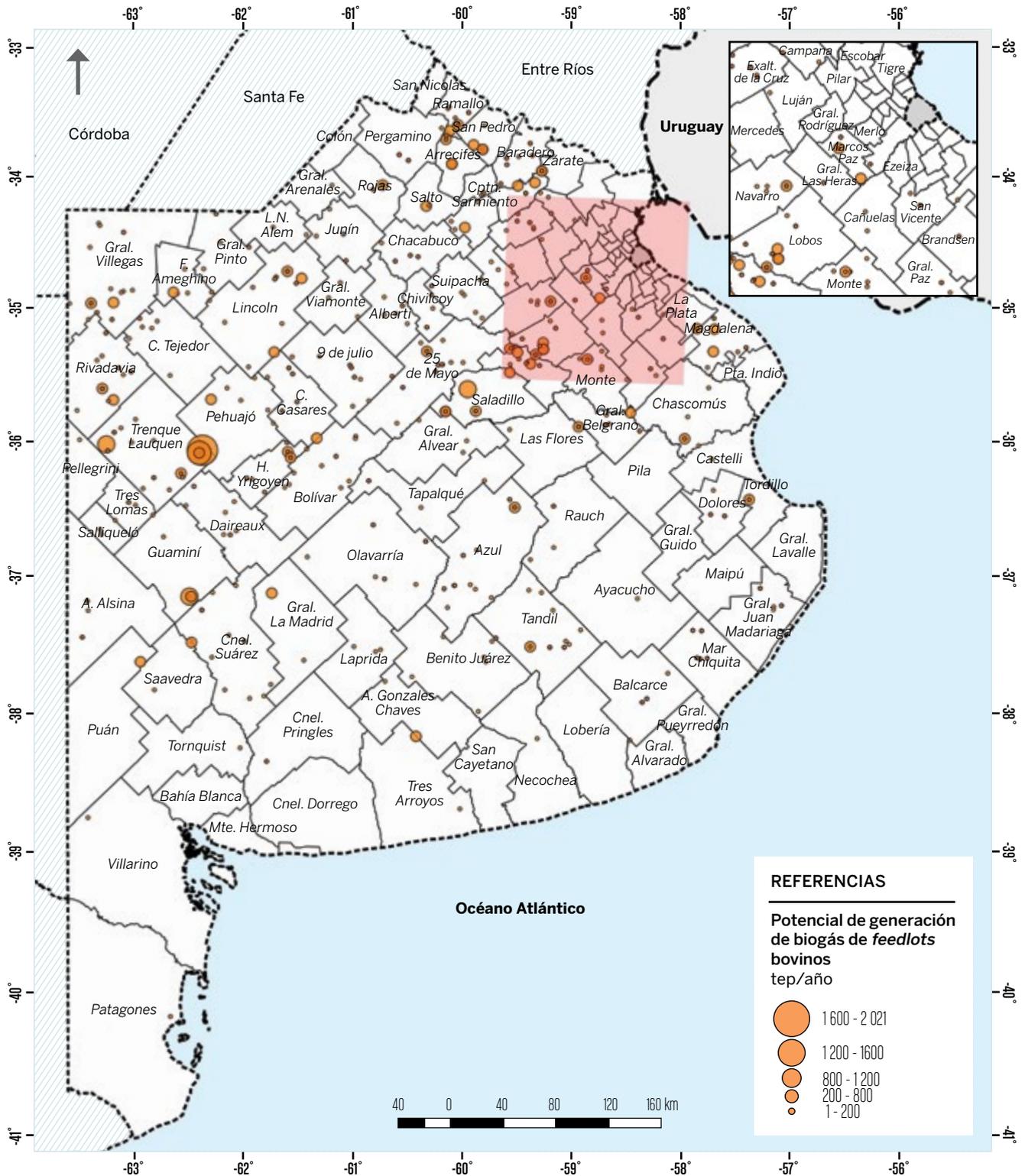
Por otro lado, para poder transformar estos residuos en biogás, los pisos no deberían ser de tierra sino de cemento y tener la pendiente necesaria para la recolección de los efluentes hacia la planta de tratamiento y, en el caso de ser necesario, la concentración y separación de la fracción sólida a través de sedimentadores, tamices, tornillos prensa, etcétera.

6.2 Tambos

La mayoría de los trabajos coincide en que una vaca lechera genera estiércol equivalente a entre 7 y 10% de su peso vivo. Esto corresponde a 45-55 kg de estiércol (base fresca) por vaca por día, con un contenido de materia seca de 18%, aproximadamente (García, 2008). Sin embargo, esta cantidad de estiércol solo podría recolectarse si todos los animales estuvieran estabulados sobre piso de cemento.

Como actualmente la mayoría de los tambos no es del tipo intensivo, sólo podría recuperarse el estiércol generado en el corral de espera. En este sentido, los valores obtenidos en diferentes estudios resultan ampliamente variables y dependen directamente del manejo y la rutina que se tenga en cada instalación: según Charlón (2004), cada vaca produce allí entre 7 y 9% del bosteo diario, es decir, entre 3,8 y 5 kg de estiércol por día; según

Mapa 16. Potencial de biogás en *feedlots*



Fuente: Elaborado por los autores

Rodríguez (2002), hasta el 10% diario; según García (2008), hasta alrededor de 8,9 kg por día en tambos que manejan grandes rodeos.

En la mayoría de los casos, el estiércol no se recupera tal cual, ya que está diluido con agua, producto de la limpieza de los corrales con manguera. Por esta razón, la materia seca es de alrededor del 3%. Para concentrar estos sólidos se requiere usar un sedimentador o tamiz que retenga y separe la fracción sólida, que es la que se podría utilizar para alimentar un biodigestor. Teniendo en cuenta esto, se podrían recuperar hasta 3 kg de estiércol/vaca diarios, con un 5% de materia seca ni bien se separa, llegando al 25% de materia seca a $t = 20$ días (García *et al.*, 2011 y 2012).

Tomando la referencia diaria, se calculó que se podrían recuperar por año 1 095 kg de estiércol fresco por animal. Asumiendo un rendimiento de biogás que ronda los 0,04 m³/kg de estiércol (FAO, 2009), se podrían generar 43,8 m³ de biogás por animal anuales.

De acuerdo con las bases de datos del SENASA, los tambos de Buenos Aires suman un stock de 448 600 vacas. Considerando un 70% del rodeo en ordeño, se podrían obtener de estos establecimientos 7 564 tep anuales, que equivalen a 13 754 076 m³ de biogás por año (Mapa 17).

Consideraciones metodológicas

Si los tambos realizaran encierres estratégicos para alimentación (por diferentes causas: climáticas, avance de agricultura, etc.) y los corrales

estuvieran bien diseñados (es decir con el sector crítico, inmediato a los comederos, con piso de cemento), se podrían recuperar hasta 25 kg de estiércol por vaca por día, con un promedio de materia seca de 17% (García *et al.*, 2012).

Por otro lado, como fue mencionado, la cantidad de heces puede ser muy variable, por lo cual se sugiere realizar monitoreos y mediciones de la cantidad diaria de estiércol y agua utilizada en cada establecimiento.

6.3 Establecimientos porcinos

La cantidad de excretas (heces, orina y agua) porcinas varía significativamente de acuerdo con el tipo de producción, de animal, su etapa fisiológica, factores ligados al alimento y el tipo de instalaciones (diseño y equipo) (Salazar, 2004; Mariscal, 2004).

Algunos autores estimaron la cantidad de excretas que se producen en una explotación porcina. Pérez Espejo (1992), por ejemplo, establece que, por cada 70 kg de peso vivo en granja, se producen entre 4 y 5 kg de excretas; Gadd (1973) menciona que el promedio de producción de excretas en engorde puede ser un décimo del peso vivo por día (sólido y líquido); Penz (2000) proporciona los datos del volumen diario de excretas producidas por tipo de cerdo (Cuadro 19).

Para los establecimientos porcinos se utilizó como valor promedio de referencia una producción de 2,35 kg de estiércol fresco por animal por día (Mariscal Landín, 2007) y de 857,75 kg por año.

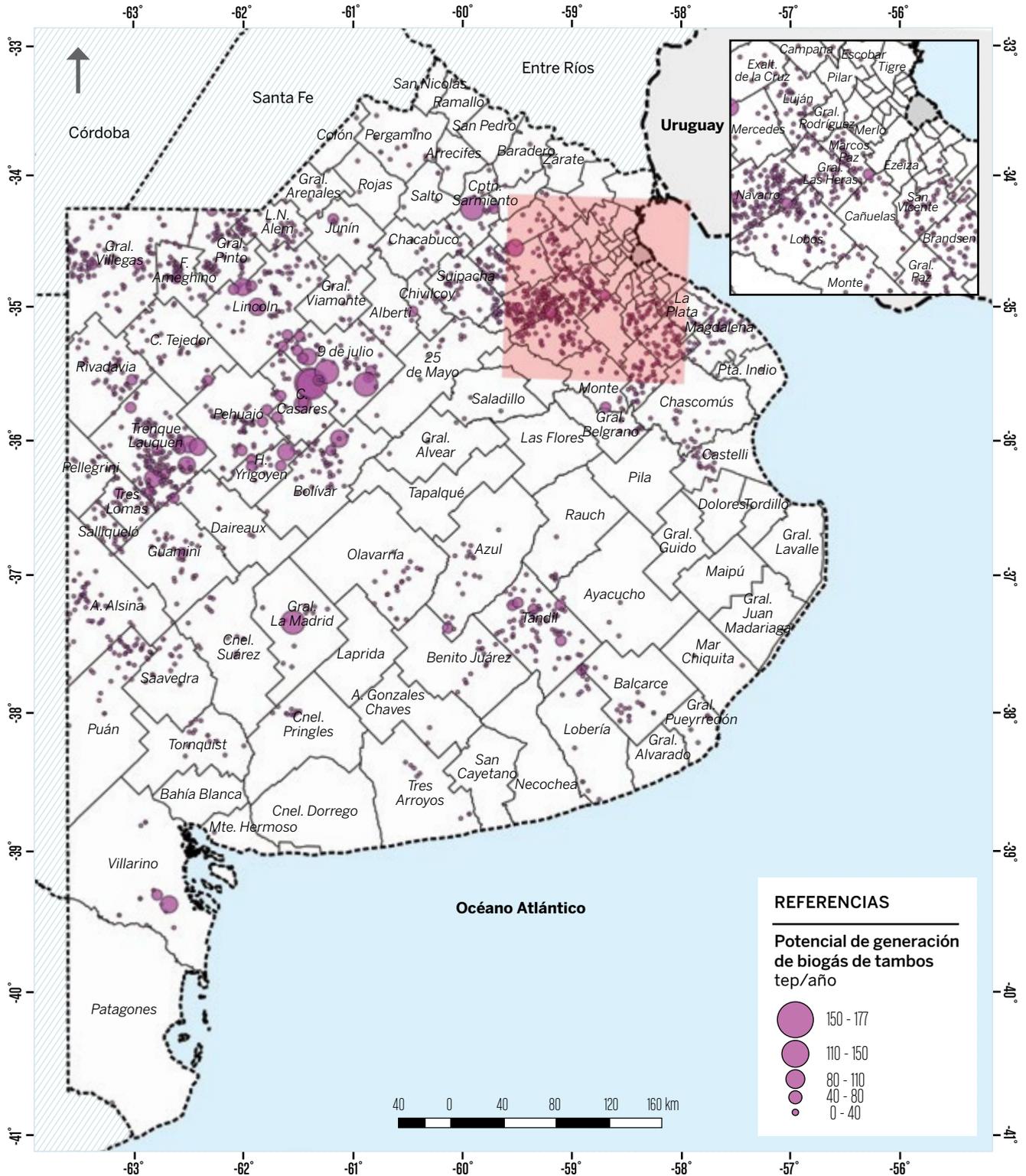
Cuadro 19

Producción media diaria de estiércol, estiércol con orina y efluentes líquidos por categoría de animal

Etapa	Estiércol (kg/día)	Estiércol + orina (kg/día)	Volumen (l/día)
25-100 kg	2,30	4,90	7,0
Hembra	3,60	11,00	16,0
Hembra en lactación	6,40	18,00	27,0
Semental	3,00	6,00	9,0
Lechón	0,35	0,95	1,4

Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 17. Potencial de biogás en tambos



Fuente: Elaborado por los autores

Teniendo en cuenta un rendimiento de biogás que ronda los 0,06 m³ por kilogramo de estiércol de cerdo (FAO, 2009), se podrían generar 51,46 m³ de biogás por animal anuales.

Las bases de datos del SENASA indican que las existencias al 2015 en los establecimientos porcinos de la provincia de Buenos Aires alcanzan 1295 974 cabezas, lo que arrojaría una producción potencial de 36 674 tep/año, que se traducen en 66690822 m³ de biogás por año (Mapa 18).

6.4 Frigoríficos bovinos y porcinos

Buenos Aires es la provincia que faena mayor cantidad de bovinos y porcinos, con 5 345 265 y 2 625 030 de cabezas al año, respectivamente, que representan el 54% y el 56% del total faenado de cada especie en el país, según datos del SENASA.

Para poder estimar el potencial de generación de biogás de los animales faenados, se consideró en primera instancia la cantidad total de sangre, vísceras y contenido estomacal de bovinos y porcinos. Para el caso de los bovinos se tomó de referencia el valor de 38 kg de residuos por animal faenado, correspondientes a 12 kg de sangre y 26 kg de contenidos estomacales (Oliveira, 2009).

En tanto, para el caso de los porcinos, se consideraron 10 kg de residuos por animal faenado, correspondientes a 3 kg de sangre y 7 kg de contenidos estomacales (Gobierno de Tenerife, 2011).

Con el fin de estimar la cantidad de biogás generado tanto para bovinos como para porcinos, se utilizó la ecuación de Oliveira (2009):

$$\text{Biogás (m}^3\text{)} = \text{Cabezas faenadas (n)} \times \text{Residuos (kg/n)} \times \text{Factor de conversión (0,07 m}^3\text{/kg)}$$

Teniendo en cuenta los animales faenados de cada especie en 2015, se calculó un potencial de generación de biogás de 7 821 tep/año para frigoríficos bovinos y 1011 tep/año para porcinos.

Consideraciones metodológicas

Teniendo en cuenta la importancia de estos residuos a nivel provincial y dada la escasa informa-

ción existente, se sugiere realizar un relevamiento de todas las corrientes de desechos producidos en estos establecimientos para realizar un adecuado sistema de tratamiento o aprovechamiento y poder generar a partir de ellos un producto con mayor valor agregado. Es importante verificar los valores estimados en este cálculo ya que, en la práctica, puede haber variaciones en el peso vivo, la cantidad y calidad del material recolectado, la eficiencia del sistema de tratamiento y la disponibilidad real del residuo.

6.5 Establecimientos avícolas

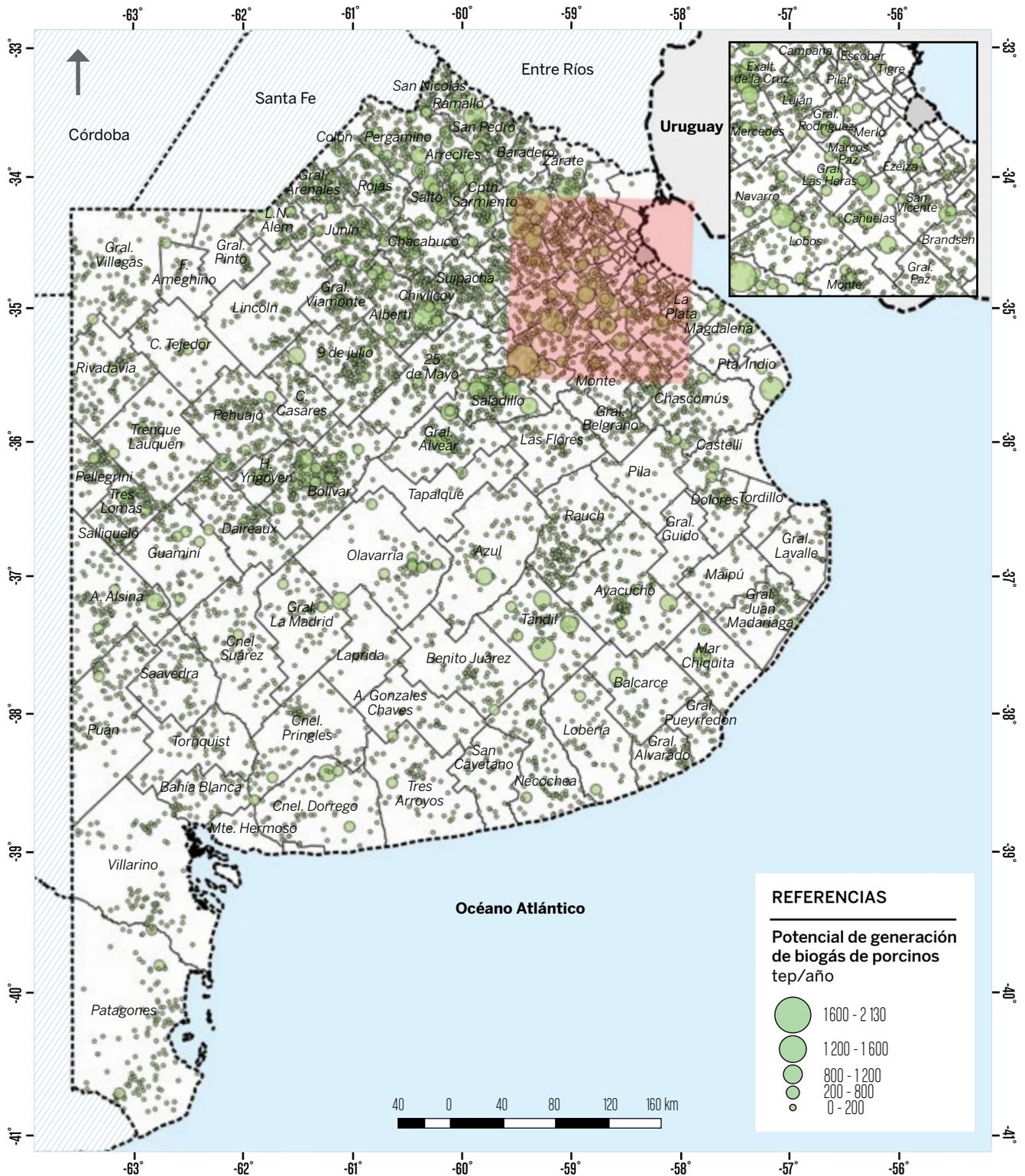
Las existencias de establecimientos avícolas de Buenos Aires fueron consultadas en las bases de datos del SENASA (2017). Para el análisis se tuvo en cuenta el tipo de producción (gallinas ponedoras o pollos parrilleros) y, en base a esto, se estimaron los coeficientes para determinar la cantidad de biogás de los sustratos generados a partir de los diferentes tipos de producciones, que se detallan en el Cuadro 20.

El stock de aves de la provincia totaliza 80 783 258, de las que 11 741 625 son gallinas ponedoras y 69 041 633, pollos parrilleros, con lo que representan alrededor del 15% y el 85% del total, respectivamente. El potencial de biogás estimado para gallinas ponedoras es de 16 596 tep/año, y para pollos parrilleros, de 82 021 tep/año, con lo que totalizan 98 617 tep/año de biogás. En el Mapa 19 se observa la ubicación de las granjas de ponedoras de la provincia de Buenos Aires.

Consideraciones metodológicas

Para ambas producciones solo se tuvo en cuenta el guano proveniente de las deyecciones de las aves, desestimando del cálculo de biomasa la cama de los pollos parrilleros, compuesta generalmente por cáscara de arroz, aserrín de eucaliptus, viruta de pino y, en menor medida, cascara de maní. La decisión se fundamentó en que estos materiales lignocelulósicos poseen una muy baja tasa de degradabilidad anaeróbica y además provocan serios problemas de funcionamiento dentro de un biodigestor, por la formación de capas superficiales que impiden la salida normal de biogás.

Mapa 18. Potencial de biogás establecimientos porcinos



Fuente: Elaborado por los autores

Cuadro 20

Coeficientes de estimación de biogás a partir de guano de granjas avícolas

	Ponedoras	Parrilleros	Fuente y consideraciones
Generación de estiércol (kg/día)	0,088		American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 2005. Manure Production and Characteristics. ASAE D 384.2. March, 2005. Cuadro 12a (Ponedoras). Los valores citados pueden diferir de los parámetros zootécnicos actuales para nuestro país, lo que ameritaría un cálculo específico.
Generación de estiércol (kg/crianza)		4,9	American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 2005. Manure Production and Characteristics. ASAE D 384.2. March 2005. Cuadro 10a (Parrilleros). Los valores citados pueden diferir de los parámetros zootécnicos actuales para nuestro país, lo que ameritaría un cálculo específico.
Generación de biogás (m ³ /kg estiércol fresco)	0,08		Varnero Moreno, M.T., 2011. Manual de biogás. Editado por FAO. ISBN 978-95-306892-0 http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf (Cuadro 3.6. Producción de biogás por tipo de residuo animal).
Generación de biogás (m ³ /ave/día)	0,007		
Generación de biogás (m ³ /ave/crianza)		0,392	
Crianzas o ciclos de engorde durante un año		5,5	En general se realizan entre 5 y 6 crianzas por año como promedio.
Días de crianza	365		Al considerarse un promedio anual de generación de estiércol se consideran 365 días de aves de postura alojadas, aunque el ciclo de posturas suele medirse en semanas y previo a este hay una etapa de recría.
Biogás por año por pollo/gallina alojado m ³ /año	2,57	2,16	Este valor se multiplicó por la capacidad instalada y se obtuvo la generación por granja.

Fuente: Elaborado por los autores y Juan Martín Gange

Otro factor de relevancia para tener en cuenta es la frecuencia de remoción o limpieza de la cama ya que, si la misma es muy prolongada, la materia orgánica puede degradarse y esto provocaría una disminución notable de la producción de biogás estimada. En consecuencia, con las prácticas de manejo actuales, no se recomienda utilizar este sustrato para su uso en biodigestión.

Una alternativa sería separar la materia orgánica digerible mediante el lavado de la cama. Otra, realizar un pretratamiento térmico o químico para aumentar la digestibilidad del material lignocelulósico. Actualmente se pueden emplear también otras tecnologías para el aprovechamiento energético de este material, como combustión directa, pirólisis y gasificación. Otra aplicación importante y muy utilizada en la actualidad para el tratamiento de la cama de pollo y el guano de ponedoras es el compostaje, mediante el cual se puede obtener un producto orgánico apto para ser utilizado como abono en cultivos de diferentes producciones (agricultura de granos, pasturas, cítricos y horticultura).

En el caso de las gallinas ponedoras se obtiene el guano puro e, inclusive, existen sistemas de recolección a través de cintas transportadoras que per-

mitirían una adecuación al aprovechamiento como biogás. No obstante, es importante mencionar que este residuo en particular posee elevada concentración de nitrógeno y baja de carbono, lo que puede provocar inhibición o desestabilización del proceso anaeróbico, por lo que es indispensable lograr una adaptación de las bacterias o realizar una codigestión con otros sustratos disponibles.

Biogás a partir de la mortandad aviar de la granja

Para el cálculo de la mortandad anual en las granjas avícolas se estimó un valor por tipo de producción, teniendo en cuenta un peso estimado de ave muerta para ponedoras y parrilleros. Con estos datos y en base a la capacidad instalada de cada granja, se calculó la cantidad de cadáveres que se generan en una granja durante un año, en kilogramos. En el Cuadro 21 se muestran los valores adoptados para realizar el cálculo.

Para estimar un valor de producción de biogás por kilogramo de sustrato se consideraron las siguientes composiciones porcentuales de la materia orgánica de un ave muerta: rendimiento o proporción de carcasa; tejido muscular; contenido de agua del músculo, y tejido adiposo. Se descartaron del

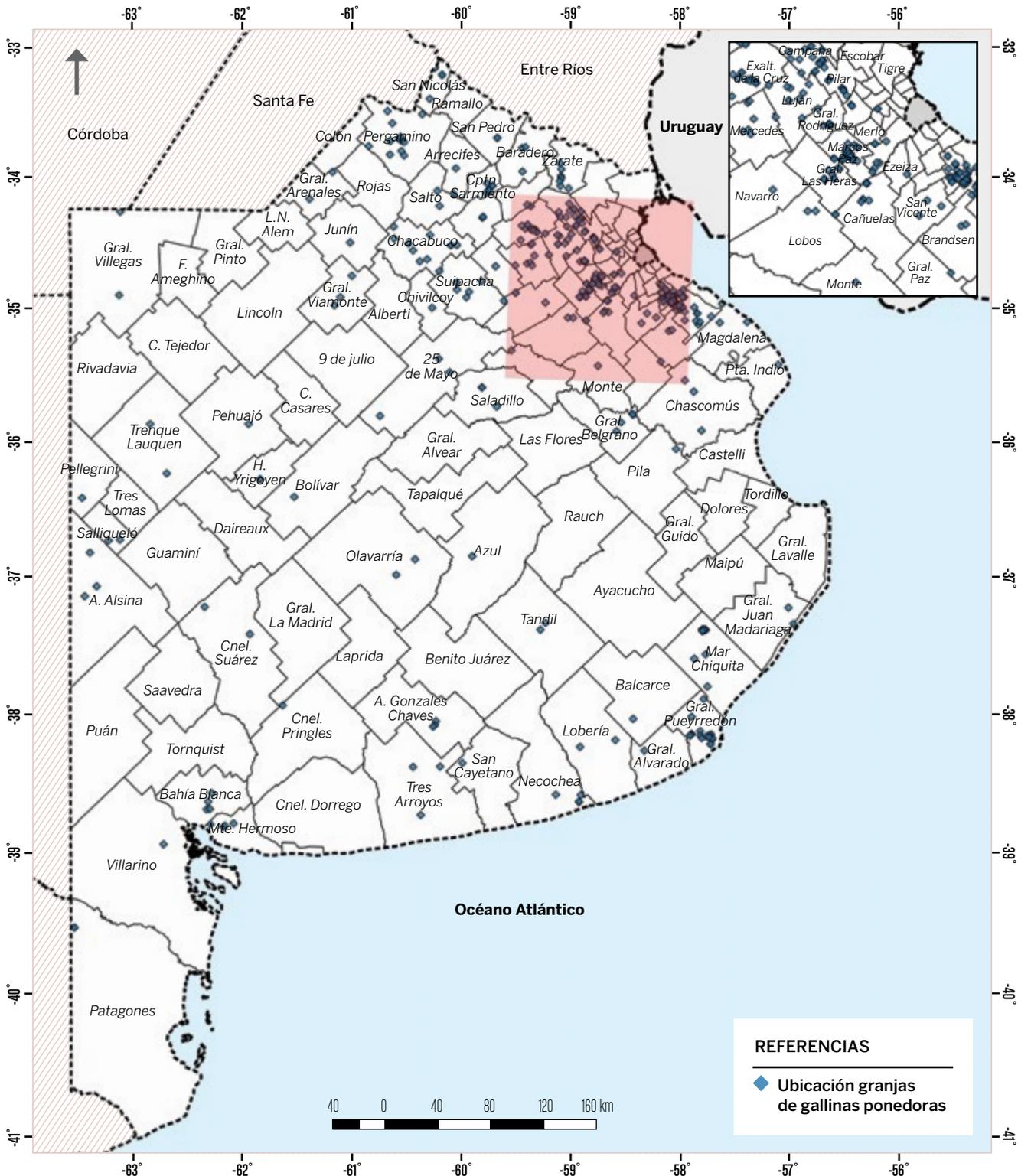
Cuadro 21

Coeficientes de estimación de biogás a partir de mortandad en granjas avícolas

	Ponedoras	Parrilleros
Mortandad anual	5,0%	-
Mortandad por crianza	-	3,0%
Crianzas o ciclos de engordes realizados durante un año	-	5,5
Peso promedio del cadáver (kg)	1,8	2,7
Potencial de biogás del residuo (m ³ /kg)	0,288	

Fuente: Elaborado por los autores y Juan Martín Gange

Mapa 19. Ubicación de las granjas de gallinas ponedoras



Fuente: Elaborado por los autores

cálculo las plumas, ya que no pueden ser transformadas en biogás. A partir de estos datos, se obtuvo un valor teórico de proteínas y lípidos por cada kilogramo de ave muerta. Conociendo la composición de ambos y sabiendo que un kilogramo de lípidos podría generar alrededor de 1 100 litros de biogás, y un kilogramo de proteínas, alrededor de 650 litros de biogás, se obtuvo que, por cada kilogramo de este material, podría producirse alrededor de 0,288 m³ de biogás.

Con la cantidad total de residuos generados por ambas producciones, se pudo estimar un potencial de generación de biogás anual de 5 031 tep anuales, es decir, 9 147 516 m³ para la provincia de Buenos Aires.

Consideraciones metodológicas

Para este cálculo se adoptó un valor de mortandad de 3% para un pollo de 2,7 kg. Es decir que se asumió un valor de mortandad inferior al real, con un peso de pollo de cierre de crianza. Este razonamiento pareció adecuado puesto que la mortandad de los primeros días es de aves muy pequeñas que, en términos de peso de material, no resulta importante. Otro criterio habría sido considerar la mortandad nacional, de 6,34% para 2016 (Avimetría), con un peso de pollo intermedio de 1,3 kg, de lo que se obtiene un valor final similar.

Es importante remarcar que, para poder transformar este residuo en biogás, es necesario realizar un pretratamiento que puede incluir una pasteurización, triturado y separación del material no digestible, como plumas y huesos.

Potencial total de biogás en granjas avícolas

La estimación del potencial total de biogás de las granjas se obtuvo sumando el originado a partir de las deyecciones con el originado a partir de la mortandad aviar. El resultado de dicha suma fue de 188 172 556,76 m³ de biogás.

Potencial de biogás a partir de efluentes de frigoríficos avícolas

Para estimar el potencial de biogás de los efluentes de los frigoríficos avícolas se tomó como referencia

el valor obtenido en una planta de una empresa reconocida que utiliza estos residuos para la producción de biogás. Esta planta obtiene 2 000 m³ de biogás por día de una faena de 210 000 aves diarias. A partir de ello, se calculó un valor de producción de biogás de 9,52 m³ cada 1 000 aves faenadas. Este valor fue aplicado luego al número total de aves faenadas de 2015 (SENASA), lo que permitió estimar un potencial de biogás por año de 2 328 447 m³ para este residuo.

Consideraciones metodológicas

Es importante mencionar que pueden existir otras formas de aprovechamiento para estos residuos, desde la separación de las grasas para la producción de biodiesel, la combustión en calderas, la producción de alimento de animales, etc. La opción que sea elegida dependerá de cada circunstancia en particular, por lo cual será necesario ajustar esta estimación o tener datos más precisos de las plantas que procesen este tipo de residuos para producir biogás.

Generación de energía a partir de residuos de plantas de incubación

Para la estimación de los residuos de las plantas de incubación y la generación de biogás a partir de ellos, se tuvo en cuenta el número de aves faenadas (SENASA) y la mortandad nacional 2016 (Avimetría), del 6,34%. Con estos datos se calculó el número de pollitos bajados en granjas de productores, considerando que para ese número de pollitos (huevos fértiles) hubo un 18% de huevos infértiles durante el proceso de incubación.

Para el cálculo de la generación de energía con este tipo de residuos, se desestimó el contenido de la cáscara, ya que la misma no produce biogás, considerando que la mayoría de los residuos (huevos infértiles) tiene una composición similar a la del huevo para consumo. Un huevo de 50 gramos tiene aproximadamente 6 gramos de proteínas y 5 de lípidos.

Por otra parte, como se comentó anteriormente, un kilogramo de lípidos podría generar alrededor de 1 100 litros de biogás y un kilogramo de proteínas, alrededor de 650 litros de biogás. Es decir que un

huevo generaría alrededor de 9,4 litros de biogás y 1 kilogramo de huevos (alrededor de 20 huevos) generaría 188 litros de biogás (0,188 m³)

En síntesis, la información existente permitió estimar una generación de 2 059 t/año de residuos, con un potencial de generación de biogás de 387 266 m³/año.

Consideraciones metodológicas

Para verificar esta estimación se requiere de un estudio específico con visitas in situ para incorporar valores reales. En el cálculo no se tuvo en cuenta el descarte de pollitos bebés, que, en el caso de las plantas de incubación de ponedoras, puede llegar a valores del 50 por ciento.

Aquí se consideró que todo el residuo estimado tiene una composición similar al huevo de consumo; sin embargo, hay huevos con embriones en distintitos estadios de desarrollo y pollitos nacidos que se descartan. Así, se requiere un estudio más profundo para determinar la composición real de este sustrato.

En el caso de utilizar estos residuos para la generación de biogás se deberá contemplar la trituration del material y la separación de la cáscara para aumentar la eficiencia del proceso y la vida útil del sistema.

Consideraciones generales

En el Cuadro 22 pueden observarse los valores obtenidos para cada tipo de establecimiento. Se adoptó como poder calorífico del biogás 5 500 kcal/m³ y para el factor de conversión a tonelada equivalente de petróleo (tep) se utilizó 10⁷ kcal por cada tep.

La oferta potencial provincial estimada es de 206 753 tep/año, que se constituye por los aportes de *feedlots* bovinos (55 068 tep/año), tambos bovinos (7 564 tep/año), establecimientos porcinos (36 674 tep/año), frigoríficos bovinos (7 820 tep/año), frigoríficos porcinos (1 010 tep/año) y avicultura: producción de ponedoras (16 596 tep/año) y parrilleros (82 021 tep/año).

Cuadro 22

Valores de biogás para cada tipo de producción

Biogás	Tipo de producción						
	<i>Feedlot</i>	Porcino	Tambo	Frigorífico bovino	Frigorífico porcino	Avicultura /ponedoras	Avicultura / parrilleros
Biogás (m ³ /kg estiércol fresco)	0,04	0,06	0,04	-	-	0,08	0,08
Biogás (m ³ /animal/año)	157,68	51,46	43,8	2,66	0,7	2,57	2,16
Energía (Kcal/animal/año)	867 240	283 030	240 900	14 630	3 850	14 135	11 880
Energía (tep/animal/año)	0,086724	0,028303	0,02409	0,001463	0,000385	0,0014	0,001188

Fuente: Elaborado por los autores



© INTA

7.

Conclusiones



© Secretaría de Gobierno de Agroindustria

Los resultados del presente análisis dan cuenta del potencial bioenergético que presenta la provincia de Buenos Aires. Se destaca no solo por la variedad de fuentes biomásicas secas y húmedas sino también por la cantidad. Este trabajo constituye la línea de base para la promulgación de proyectos a distintas 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, tal como se recomendaba en el WISDOM Argentina, considerando el incremento medio anual de las formaciones arbóreas y de las forestaciones, los residuos del manejo de los cultivos agrícolas y de la poda urbana, y los recursos provenientes de la industria forestal. Adicionalmente, se realizó la estimación del potencial de energía a partir de la oferta de biomasa húmeda proveniente de los efluentes de establecimientos bovinos (*feedlots* y *tambos*), porcinos y aviares, así como de los frigoríficos que los procesan.

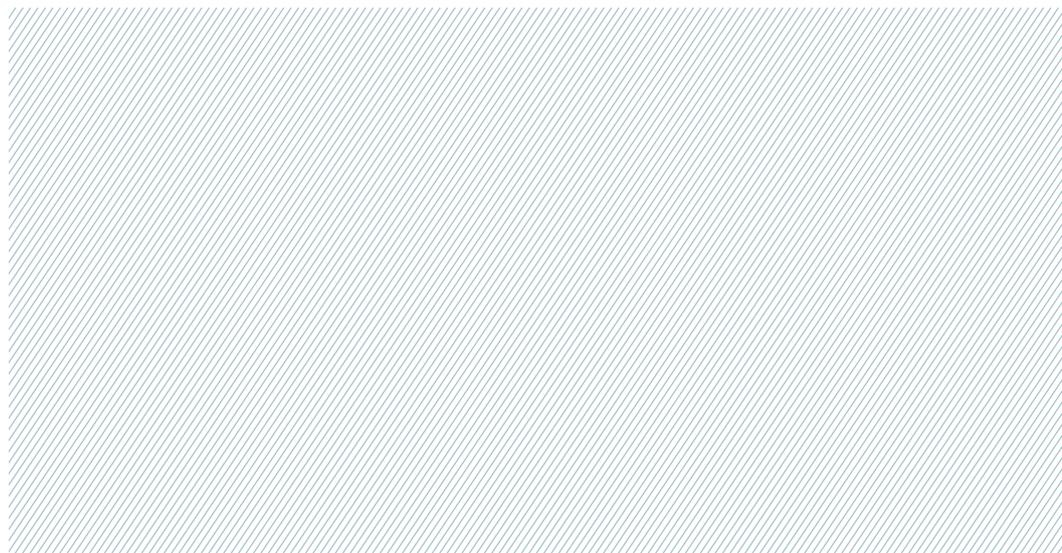
Considerando los recursos biomásicos existentes, se puede afirmar que las formaciones arbóreas, básicamente parches rurales y cortinas forestales, y las forestaciones representan casi el 62% de la oferta disponible. Mientras que en el primer caso esta biomasa resulta distribuida en todo el territorio, con menor concentración en los departamentos del Gran Buenos Aires, las forestaciones están en su mayoría ubicadas en la zona del Bajo Delta bonaerense.

Con respecto a la oferta derivada del manejo de cultivos, esta aporta más del 38% de la biomasa disponible. Si bien el marlo es el que representa la mayor parte, se debe tener en cuenta que en este trabajo se ha realizado una valoración potencial de este recurso sin considerar la concentración que una parte sufre como consecuencia de la actividad de la industria semillera. A nivel local es importante el aporte realizado por los cultivos de frutales. Da cuenta de ello la gran oferta potencial existente en los partidos que se ven atravesados por la RN 9.

La concentración de aserraderos en la zona norte del Aglomerado Gran Buenos Aires genera un marco interesante al potencial uso de sus residuos, pasibles de generar energía eléctrica o vapor.

En relación con la demanda, la falta de datos oficiales imposibilitó un análisis profundo del papel que juega la biomasa en el escenario bonaerense. No obstante, la estimación a nivel de radio censal del consumo residencial evidenció patrones territoriales a tener en cuenta en el armado de políticas públicas dirigidas a los sectores más vulnerables.

Por otra parte, la evaluación detallada del aprovechamiento de la biomasa húmeda proveniente de la ganadería vacuna, porcina, de la producción aviar y de los efluentes de la industria frigorífica dio como resultado un potencial de biogás de 206 753 tep anuales, lo que resulta de importancia para el establecimiento de proyectos de generación de bioenergía, así como para mejorar la gestión de los residuos con una gran disminución del pasivo ambiental.





© Secretaría de Gobierno de Agroindustria

Recomendaciones

Para darle un marco institucional a la actualización del WISDOM de la provincia de Buenos Aires, se recomienda contar con un grupo técnico multidisciplinario capaz de enriquecer el análisis espacial a través de la incorporación de fuentes que no fueron consideradas o que resultaron de difícil acceso durante este estudio. Es menester contemplar siempre la protección de los ecosistemas y la renovabilidad del recurso.

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

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

- **Módulo de oferta directa:**

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

- Frutales: actualizar la digitalización de los predios con frutales, discriminar por tipo de cultivo y determinar, con mediciones en campo, el volumen de residuos biomásicos generados. En la misma línea, determinar el uso final de los residuos de poda o reemplazo que realiza cada establecimiento.

- Cultivos: relevar e incorporar información perteneciente a todos aquellos cultivos que generan residuos potencialmente utilizables con fines energéticos.

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

- Agroindustria: relevar e incorporar información perteneciente a todas aquellas industrias que generan residuos potencialmente utilizables con fines energéticos.

- Semilleros: localizar los semilleros que producen híbridos de maíz. Cuantificar el volumen de residuo que generan y establecer el origen de estos residuos para identificar el volumen de marlos que se producen en la provincia y que son concentrados por la industria.

- **Accesibilidad física:**

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

- Red vial: se sugiere discutir la ponderación asignada a la traza de la red vial. Asimismo, realizar un análisis sobre su estado actual.

- **Accesibilidad física:**

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

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

- **Módulo demanda**

- Ladrilleras: generar un listado actualizado de ladrilleras, calcular el consumo de biomasa con fines energéticos de cada establecimiento o, en su defecto, constatar la correlación entre unidad producida y consumo de leña requerido.

- Consumo residencial: dado que no existen datos sistemáticos sobre el consumo residencial de leña y carbón vegetal en la provincia, 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 y carbón vegetal consumidos.

- Sector Industrial: relevar las actividades industriales que usan biomasa con fines energéticos, cuantificar el consumo, geolocalizarlo y caracterizarlo.

- **Módulo biomasa húmeda:**

Actualizar la base de datos de establecimientos que producen biomasa húmeda e incorporar frigoríficos dedicados a la industria pesquera.

Medir in situ la cantidad de estiércol generado y realizar pruebas del potencial de producción de biogás.

Bibliografía

- AMBIENTAL.** 2011. Evaluación y Diagnóstico Integral de la Actividad Ladrillera Artesanal en la República Argentina. Informe final. Resultados nacionales (disponible <http://www.redladrilleras.net/assets/files/f01c-303191c24a5035e19188470f9b43.pdf>).
- Ángel, A., Paggi, Y., López Serrano, F.** 2013. Relevamiento de frutales de carozo y cítricos del noroeste de la provincia de Buenos Aires. Informe Técnico INTA San Pedro. Buenos Aires. INTA.
- Angel, A., Paggi, Y., López Serrano, F., Valentini, G.** 2017. "Cadena de frutales de carozo". *Agropost* N.º 138. Buenos Aires. CPIA (disponible en <http://www.cpia.org.ar/agropost/201506/nota2.html>).
- Arturi, M.F. y Goya, J.F.** 2004. "Estructura, dinámica y manejo de los talares del NE de Buenos Aires". *Ecología y manejo de los bosques de Argentina*. La Plata. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Avimetría.** 2008. Informe estadístico, abril de 2008. Buenos Aires.
- Banco Mundial.** 1995. *Vehicle operating cost (VOC)*. Versión 3.0. HDM III The highway design and maintenance standards model. Washington.
- Bilena, D. y Miñarro, F.** 2004. *Identificación de áreas valiosas de pastizal (AVP) en las pampas y campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil*. Buenos Aires. Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Bilena, D., Codesido, M., González Fischer, C., Pérez Carusi, L., Zufiaurre, E. y Abba, A.** 2012. "Impactos de la transformación agropecuaria sobre la biodiversidad en la provincia de Buenos Aires". *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* Vol. 14 N.º 2. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Bedia, G. y Sacchi, P.** 2016. *Consumo de leña y/o carbón de madera como combustible para la cocción de alimentos en hogares argentinos*. Santiago del Estero (Argentina). INTA.
- Burgos, A.** 2014. *Ley de bosques nativos: situación en Buenos Aires* (disponible en <http://www.espacio-natural.org/biodiversidad/ley-de-bosques-nativos-argentina-situacion-en-buenos-aires>. Acceso: 30 de agosto de 2017).
- Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (CIARA).** 2017. Estadísticas de la industria aceitera, capacidad instalada 1997-2016 (disponible en <http://www.ciara.com.ar/estadisticasNac.php>. Acceso: 15 de junio de 2017).
- CFI.** 2015a. *Sector forestal y foresto industrial argentino*. Informes sectoriales. Consejo Federal de Inversiones (disponible en <http://cfi.org.ar/wp-content/uploads/2015/02/informe-industria-forestal-pdf.pdf>. Acceso: 15 de junio de 2017).
- CFI.** 2015b. *Informe del sector citrícola en la Argentina 2014-2015*. Informes sectoriales. Consejo Federal de Inversiones (disponible en <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2015/11/informe-sector-citricola.pdf>).
- Chaneton, E.J.** 2006. "Impacto ecológico de las perturbaciones naturales. Las inundaciones en pastizales pampeanos". *Ciencia Hoy* N.º 16. Págs. 18-32.
- Couyoupetrou, L.** 2016. "Caracterización tecnológica de las materias primas empleadas en la fabricación del ladrillo cerámico artesanal y análisis de materiales alternativos para mejorar la sustentabilidad ambiental del sector". Informe científico de beca. Buenos Aires (disponible en <http://digital.cic.gba.gov.ar/handle/11746/2638>. Acceso: 10 de junio de 2017).
- FAO.** 2004. Terminología unificada sobre la bioenergía (TUB). Terminología de los dendrocombustibles sólidos. Roma.
- 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.gob.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.gob.ar/_pdf/WISDOM_Salta_baja.pdf).
- FAO.** 2016c. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de La Pampa*. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_la_Pampa_baja.pdf).
- FAO.** 2017a. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Mendoza*. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Mendoza_FAO-%20Final%20170904.pdf).
- FAO.** 2017b. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Córdoba*. Buenos Aires. 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).
- Fernández, M., Rodríguez, M.M., Martinefsky, C., De Figueiredo, A.K., Riccobene I.C., Nolasco S.M.** 2014. "Aspectos tecnológicos de la cáscara de girasol". *Boletín informativo* Año XXXI N.º 1.653. Rosario (Argentina). Bolsa de Comercio de Rosario (BCR).
- Gange, J.M.** 2016. "Aproximación al valor potencial de la cama de pollo como fertilizante en el centro-este de Entre Ríos". *Cama de pollo en Entre Ríos*. Aporte para su uso y manejo. Concepción del Uruguay (Argentina). Ediciones INTA.
- Gil, S.** 2006. *Engorde intensivo (feedlot), elementos que intervienen y posibles impactos en el medio ambiente*. Sitio argentino de Producción Animal (disponible en www.produccionanimal.com.ar. Acceso: 30 de junio de 2017).
- 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. Págs. 850-853.
- IEA.** 2009. *Bioenergy – A sustainable and reliable energy source: a review of status and prospects*. París. International Energy Agency.
- INDEC.** 2010. *Cartografía digital CNPhyV 2010 de la provincia de Buenos Aires*. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas de la Provincia de Buenos Aires 2010. Buenos Aires. (disponible en <http://www.estadistica.ec.gba.gov.ar/dpe/index.php/territorio/cartografia-digital>).
- INV.** 2017. *Análisis de la evolución de superficie de vid por provincias. Período 2000-2016*. Departamento de Estadísticas y Estudios de Mercado del INV (disponible en http://www.inv.gov.ar/inv_contenidos/pdf/estadisticas/anuarios/2016/An%C3%A1lisis_evoluci%C3%B3n_de_superficie_2000-2016.pdf).
- Lupín, B., Cincunegui, C., Pisani, M. V., Mangiapane, M.P., y Pérez, S.M.** 2016. *Caracterización de los consumidores de aceite de oliva de la ciudad de Bahía Blanca. Una aproximación*. Universidad Nacional del Mar del Plata (disponible en <http://www.oppad.uns.edu.ar/docs/oliva/mbii/informes/censo%202016%20fincas%20y%20aceiteras.pdf>. Acceso: 30 de junio).
- Madero, E., Frusso, E.A. y Casaubon, E.** 2007. "Manejo del Cultivo". *Producción de pecán en Argentina*. Buenos Aires. UBA - INTA.

-
- Madero, E., Trabichet, F., Pepé, E. Wright.** 2016. *Manual de manejo del huerto de nogal pecán*. Ediciones INTA (disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_manejo_de_huerto_de_nogal_pecan.pdf. Acceso: 30 de junio de 2017).
- MAGyP.** 2017. Inventario nacional de plantaciones forestales por superficie. Portal de Datos Agroindustriales (disponible en <https://datos.agroindustria.gob.ar/dataset/inventario-nacional-de-plantaciones-forestales-por-superficie/archivo/147acbc6-2048-4d2b-9cd7-df13efe328fa>).
- Mariscal Landín, G.** 2007. "Tecnologías disponibles para reducir el potencial contaminante de las excretas de granjas porcícolas". *Reporte de la Iniciativa de la Ganadería, el Medio Ambiente y el Desarrollo* (LEAD). FAO (disponible en <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6372S/x6372s08.htm#bm08>).
- MECON.** 2013. Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires. Estadísticas (disponible en <http://www.estadistica.ec.gba.gov.ar/dpe/index.php>. Acceso: 9 de agosto de 2017).
- MECON.** 2016a. *Informes de cadenas de valor. Frutícola – Cítricos dulces*. Año 1 N.º 19 (disponible en http://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/SSPE_Cadenas%20de%20valor_Citricos_Dulces.pdf. Acceso: 30 de agosto de 2017).
- MECON.** 2016b. *Informes de cadenas de valor. Frutícola – Fruta de carozo*. Año 1 N.º 7. Junio 2016 (disponible en http://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/SSPE_Cadena_Vvalor_Fruta_de_Carozo_.pdf. Acceso: 30 de agosto de 2017).
- MECON.** 2016c. *Informes de cadenas de valor. Forestal, papel y muebles*. Año 1 N.º 14 (disponible en http://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/SSPE_cadenas%20de%20valor_Forestal,%20papel%20y%20muebles.pdf. Acceso: 30 de agosto de 2017).
- MINAGRO.** 2015. *Industrias Forestales. Año 2014*. Buenos Aires (disponible en <http://forestoindustria.magyp.gob.ar/archivos/estadisticas/industrias-forestales/industrias2014.pdf>. Acceso: 30 de junio de 2017).
- MINAGRO.** 2016. *Mercado de semillas para la siembra de granos en Argentina*. Buenos Aires (disponible en http://www.agroindustria.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/Informe%20Semillas_Agosto%202016.pdf. Acceso: 1º de septiembre de 2017).
- MINCYT.** 2016. *Prospectiva tecnológica al 2025 del complejo de semillas*. Buenos Aires. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (disponible en <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/047/0000047567.pdf>. Acceso: 1º de septiembre de 2017).
- MINEM.** 2016. *Balance Energético Nacional (BEN) 2016*. Buenos Aires (disponible en <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>).
- Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires, 2012.** *Panorama productivo de la provincia de Buenos Aires*. Dirección Provincial de Estudios y Proyectos (disponible en [ec.gba.gov.ar/areas/estudios_proyecciones/Archivos/Panorama%20productivo%20de%20la%20provincia%20de%20Buenos%20Aires%20-%20Marzo%20de%202012.pdf](http://www.ec.gba.gov.ar/areas/estudios_proyecciones/Archivos/Panorama%20productivo%20de%20la%20provincia%20de%20Buenos%20Aires%20-%20Marzo%20de%202012.pdf). Acceso: 28 de agosto de 2017).
- Molina, C.** 2016. "Los biocombustibles en Argentina, actualidad y perspectivas". Presentación en el simposio *Del sur al mundo en 2030, seguridad alimentaria global y bioenergía*, 12 y 13 de abril de 2016. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Montenegro, C., Strada, M., Bono, J., Gasparri, I., Manghi, E., Parmuchi, E.** 2005. *Estimación de la pérdida de superficie de bosque nativo y tasa de deforestación en el norte de Argentina*. Buenos Aires. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF), Dirección Bosques. SAyDS.
- Neiff, J.J.** 2004. *Bosques fluviales de la cuenca del Paraná. Ecología y manejo de los bosques de Argentina*. La Plata (Argentina). UNLP (disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15915/Bosques_fluviales_de_la_Cuenca_del_Paran%C3%A1__Juan_Jos%C3%A9_Neiff_.pdf?sequence=6. Acceso: 30 de junio de 2017).

- Oliveira, R.D.** 2009. Geração de energia elétrica a partir do biogás producido pela fermentação anaeróbica de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono. Trabajo de fin de curso (Graduación en Ingeniería Eléctrica con énfasis en Sistemas de Energía y Automatización). Universidad de San Pablo (Brasil). (disponible en <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-26042010-091847/?&lang=br>).
- Gobierno de Tenerife.** 2011. "Residuos de mataderos, decomisos, subproductos cárnicos y animales muertos (RMDSAM)". Anexo I del Plan Territorial Especial de Ordenación de Residuos de Tenerife (disponible en http://www.tenerife.es/planes/PTEOResiduos/adjuntos/Anexo01_Info07.pdf).
- Picardi, M.S.** 2013. "La olivicultura del sudoeste bonaerense". Informe técnico. Universidad Nacional del Sur (disponible en <http://www.oppad.uns.edu.ar/docs/oliva/LA%20OLIVICULTURA%20EN%20EL%20SOB.pdf>). Acceso: 30 de junio de 2017).
- Pordomingo, A.J.** 2005. *Feedlot: Alimentación, diseño y manejo*. Ediciones INTA (disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/feedlot.-alimentacion-diseno-y-manejo>). Acceso: 30 de junio de 2017).
- Pordomingo, A.J., Kent, F., Pordomingo, A.B., Volpi Lagreca, G., Alende, M.** 2013. "Efecto del nivel de alimentación en recría a corral sobre la respuesta animal en el pastoreo subsiguiente". *Revista Argentina de Producción Animal* 30. Págs. 131-141.
- PROINGED.** 2017. Programa Provincial de Incentivos a la Generación de Energía Distribuida (disponible en <http://www.proinged.org.ar/proyectos-y-obras/>). Acceso: 30 de junio de 2017).
- Risio, L., Herrero, C., Bogino, S.M., Bravo, F.** 2014. "Aboveground and belowground biomass allocation in native *Prosopis caldenia* Burkart secundaries woodlands in the semi-arid Argentinean pampas". *Biomass and Bioenergy* 66. Elsevier. Págs. 249-260.
- Rivadeneira, F., Kirschbaum, D.** 2011. *Programa nacional frutales. Cadena arándano*. INTA (disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cadena_arandano.pdf). Acceso: 21 de junio de 2017).
- Rosúa, J. y Pasadas, M.** 2012. "Biomass potential in Andalusia, from grapevines, olives, fruit trees and poplar, for providing heating in homes". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. 16.
- Salvatierra, C., López Lastra, C.** 1983. *Estudios dasométricos para determinar el crecimiento de especies forestales en la zona de Sierra de la Ventana, Provincia de Buenos Aires*. Actas del V Congreso Forestal Argentino (Santa Rosa, La Pampa, Argentina). Tomo I. Págs. 45 - 49.
- Secretaría de Energía.** 2009. *Energías Renovables. Diagnóstico, barreras y propuestas*. Buenos Aires. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.
- CIECTI.** 2015. *Casos de Asociatividad e Innovación Bioenergía*. Año 2 N.º 4. Buenos Aires. Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. MINCYT.
- SayDS.** 2004. *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos Proyecto de Bosques Nativos y Áreas Protegidas* (Préstamo BIRF 4085-AR). Informe regional Espinal. Primera etapa. Buenos Aires.
- SENASA.** 2015. *Faena de aves, informe estadístico*. Buenos Aires.
- SENASA.** 2017. Informes y Estadísticas (disponible en <http://www.senasa.gob.ar/informacion/informes-y-estadisticas>). Acceso: 30 de junio de 2017).
- Soriano, A., León, R.J.C., Sala, O.E., Lavado, R.S., Deregibus, V.A., Cahuepé, M.A., Scaglia, O.A., Velázquez, C.A. y Lemcoff, J. H.** 1992. "Río de la Plata grasslands". En Coupland, R.T. (ed.), *Ecosystems of the world. Natural grasslands*. New York. Elsevier. Págs. 367- 407.
- Sultana, A y Kumar, A.** 2012. "Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors". *Biomass and Bioenergy* Vol. 39 Elsevier.
- Valentini, G. y Arroyo, L.** 2003. "La poda en frutales y ornamentales: Consideraciones básicas". *Boletín de Divulgación Técnica* N° 14. INTA.
- Varnero Moreno, M.T.** 2011. *Manual de biogás*. Santiago. MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF. (disponible en <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>).

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.

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 Buenos Aires

N° 10

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

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

www.fao.org

ISBN 978-92-5-131090-8



9 789251 310908

CA2284ES/1/12.18