



Organización de las Naciones  
Unidas para la Alimentación  
y la Agricultura

# ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

## METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Entre Ríos

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

N° 11



# ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Entre Ríos



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

FAO. 2019. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM*. Provincia de Entre Ríos. Colección Documentos Técnicos N° 11. Buenos Aires. 96 pp.  
Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

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 978-92-5-131237-7**  
© FAO, 2019



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".

Todo litigio que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación vigentes serán el reglamento de mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de manera conforme al reglamento de arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

**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](mailto: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](http://www.fao.org/contact-us/licence-request). Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Fotografía de portada: © Secretaría de Gobierno de Agroindustria

## 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

Gustavo Lopetegui

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**

Hivy Ortiz Chour

Oficial Forestal Principal

Oficina Regional América Latina

Francisco Yofre

Oficial de Programas

Oficina Argentina

### **Autores**

Jorge Gvozdenovich

Juan Martín Gange

Alejandra Kemerer

Ángel Pioto

Natalia Tesón

Oscar Valentinuz

Mario Flores

Irma Bernigaud

### **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



© Secretaría de Gobierno de Agroindustria

---

# ÍNDICE

<b>Prólogo</b>	<b>ix</b>	<b>5.3 Módulo de oferta indirecta</b>	<b>40</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>xi</b>	5.3.1 Aserraderos	40
<b>Siglas y acrónimos</b>	<b>xiii</b>	5.3.2 Procesadoras de jugo	40
<b>Unidades de medida</b>	<b>xiv</b>	5.3.3 Procesadoras de nuez pecán	40
<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>xv</b>	<b>5.4 Módulo de demanda</b>	<b>45</b>
<hr/>			
<b>1.</b>		5.4.1 Sector residencial	45
<b>Introducción</b>	<b>1</b>	5.4.2 Sector industrial	45
<b>Ejecución de los WISDOM provinciales</b>	<b>3</b>	<b>5.5 Módulo de integración</b>	<b>46</b>
<hr/>			
<b>2.</b>		<b>6.</b>	
<b>Bioenergía</b>	<b>5</b>	<b>Módulo de oferta de biomasa húmeda</b>	<b>53</b>
<hr/>			
<b>3.</b>		6.1 <i>Feedlots</i>	55
<b>Marco de referencia geográfico y ambiental</b>	<b>11</b>	6.2 Criaderos porcinos	55
<hr/>			
<b>4.</b>		6.3 Tambos	55
<b>Sistemas bioenergéticos y metodología WISDOM</b>	<b>15</b>	6.4 Plantas avícolas de incubación	55
<hr/>			
<b>5.</b>		6.5 Granjas avícolas	60
<b>Módulos y resultados del WISDOM Entre Ríos</b>	<b>21</b>	6.6 Frigoríficos	65
5.1 Unidad de análisis y resolución espacial	21	<hr/>	
5.2 Módulo de oferta directa	21	<b>7.</b>	
5.2.1 Forestaciones	22	<b>Conclusiones</b>	<b>70</b>
5.2.2 Cítricos	23	<hr/>	
5.2.3 Arándanos	25	<b>8.</b>	
5.2.4 Nuez pecán	26	<b>Recomendaciones</b>	<b>72</b>
5.2.5 Bosques nativos	27	<hr/>	
5.2.I Accesibilidad física	31	<b>Bibliografía</b>	<b>73</b>
5.2.II Accesibilidad legal	34	<b>Anexo I. Marco normativo</b>	<b>76</b>
5.2.III Accesibilidad total	37	<b>Anexo II. Clases de coberturas arbóreas adoptadas por FRA 2000</b>	<b>77</b>
		<hr/>	

**Cuadros**

Cuadro 1	Clasificación de las fuentes de biocombustibles	7
Cuadro 2	Funciones para estimar la biomasa de <i>Eucalyptus sp</i>	23
Cuadro 3	Funciones para estimar la biomasa de <i>Pinus sp</i>	23
Cuadro 4	Cultivo de cítricos: superficie, plantas y productores en 2004 y 2016	25
Cuadro 5	Producción de naranjas y mandarinas	25
Cuadro 6	Destino de la producción de cítricos	26
Cuadro 7	Superficie cultivada con arándanos	26
Cuadro 8	IMA e IMA mínimo discriminado por provincia fitogeográfica	27
Cuadro 9	Extracción de productos forestales de bosques nativos por departamento	28
Cuadro 10	Coeficientes de restricción por tipo de red vial	32
Cuadro 11	Coeficientes de restricción según OTBN	37
Cuadro 12	Oferta directa accesible de cultivos y bosques nativos por departamento (t/año)	41
Cuadro 13	Oferta indirecta por fuente y departamento	43
Cuadro 14	Demanda de biomasa por tipo y departamento	48
Cuadro 15	Oferta directa accesible, oferta indirecta, demanda y balance por departamento	50
Cuadro 16	Estimación del potencial de generación de biogás por tipo de establecimiento	55
Cuadro 17	Potencial de biogás por tipo de establecimiento y departamento	56
Cuadro 18	Coeficientes para estimar el biogás a partir del guano de granjas avícolas	62
Cuadro 19	Coeficientes para estimar el biogás a partir de la mortandad aviar en granjas	63
Cuadro 20	Potencial de biogás en plantas de incubación y granjas avícolas por departamento	66
Cuadro 21	Generación y consumo de biogás de granjas avícolas en dos departamentos	66
Cuadro 22	Potencial de biogás de frigoríficos bovinos, porcinos y aviares por departamento	67
Cuadro 23	Cobertura y definiciones FAO	77

---

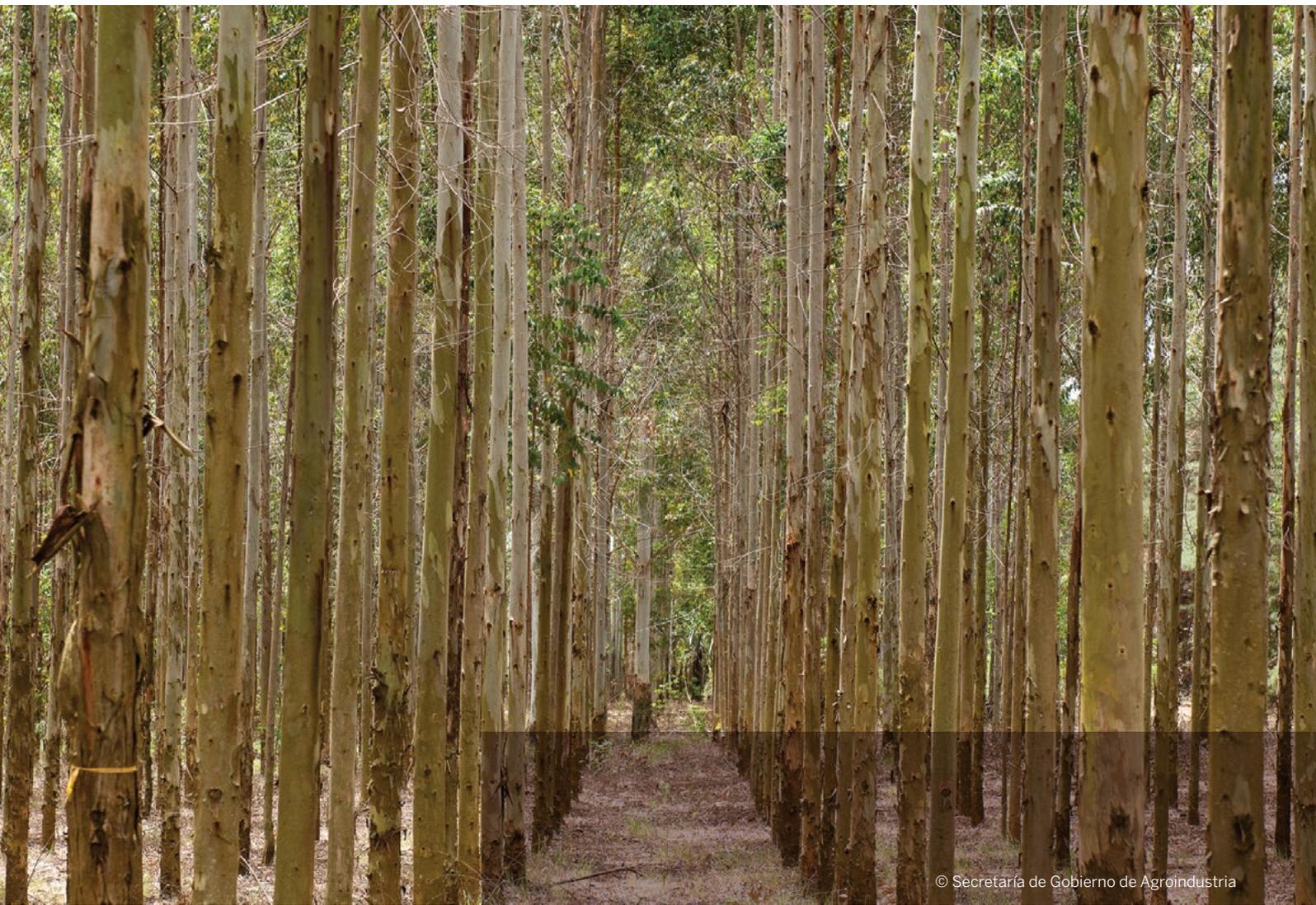
## Mapas

Mapa 1	Superficie ocupada por forestaciones	24
Mapa 2	Oferta directa de bosques nativos	29
Mapa 3	Oferta directa total	30
Mapa 4	Distribución de las redes vial y ferroviaria	33
Mapa 5	Asentamientos humanos y cursos de agua	35
Mapa 6	Accesibilidad física	36
Mapa 7	Accesibilidad legal	38
Mapa 8	Accesibilidad total	39
Mapa 9	Oferta directa accesible	42
Mapa 10	Aserraderos, procesadoras de jugo y procesadoras de nuez pecán	44
Mapa 11	Demanda total de biomasa	47
Mapa 12	Balance promedio focalizado	49
Mapa 13	Balance por radio censal	51
Mapa 14	Potencial de biogás en <i>feedlots</i>	57
Mapa 15	Potencial de biogás en criaderos porcinos	58
Mapa 16	Potencial de biogás en tambos	59
Mapa 17	Potencial de biogás en plantas avícolas de incubación	61
Mapa 18	Potencial de biogás en granjas avícolas de crianza	64
Mapa 19	Potencial de biogás en frigoríficos bovinos, porcinos y avícolas	69

---

## Gráficos

Gráfico 1	Composición de la oferta interna de energía primaria en la Argentina	8
Gráfico 2	Modelo Conceptual WISDOM Entre Ríos	19



© Secretaría de Gobierno de Agroindustria

---

# 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, de acuerdo con 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 este informe ha sido posible gracias a la cooperación de los siguientes organismos y empresas, particularmente a través de algunas personas: Delfina Galleri y Carlos Morilla, del SENASA; Silvana Sione, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER; Karina Lamelas, directora de Aves y Porcinos de la Secretaría de Gobierno de Agroindustria; Mariano Butti, Virginia Fain Binda y Zulma Canet, de la EEA INTA Pergamino; Natalia Almada, Claudia Gallinger y Francisco Rodríguez, de la EEA INTA Concepción del Uruguay; Guillermo Stamatiti, del CRER INTA; Juan Manuel Roncaglia, de la AER INTA Chajarí; Fernanda Rivadeneira, Marina G. Panozzo, Alejandro Batistella y Fernando Bello, de la EEA INTA Concordia; Enrique Frusso, del INTA IRB; Analía Dragan, del Mercado Concentrador El Charrúa; Elbio Woeffray, de Las Camelias SA; Juan I. Valls, de Baggio; Carlos Pagani, de Litoral Citrus SA; Federico Lavista Llanos, de Delta Berries SA; Gustavo Cechetto, de Jucofer; Fernando Borgo y Germán Scattone, de la FECIER; y María Alemán, de CIAER.

Se agradece también a las EEA Paraná, Concordia y Concepción del Uruguay y sus respectivas Agencias de Extensión Rural, y el acompañamiento, asesoramiento, predisposición y cordialidad de Claudia González, Daniel Grasso y Roxana Páez, del INTA. Asimismo, a Agustina Branzini y Juan Ignacio Paracca, por su cuidadosa revisión de este documento.





© Secretaría de Gobierno de Agroindustria

---

# Siglas y acrónimos

BAHRA: Base de Asentamientos Humanos de la República Argentina  
BEN: Balance Energético Nacional  
CNPhyV: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas  
CREA: Consorcio Regional de Experimentación  
CRER: Centro Regional Entre Ríos  
CIAER: Cámara de Industriales Arroceros de Entre Ríos  
DB: Dirección de Bosques  
MDE: Modelo Digital de Elevaciones  
DPF: Dirección de Producción Forestal  
EEA: Estación Experimental Agropecuaria  
EEAC: Estación Experimental Agropecuaria Concordia  
EEACdeLU: Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay  
EEAP: Estación Experimental Agropecuaria Paraná  
EGO: Environment for Geoprocessing Objects  
ENARSA: Energía Argentina SA  
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura  
FECIER: Federación del Citrus de Entre Ríos  
FODER: Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables  
GEI: Gases de efecto invernadero  
GENREN: Generación de Energía Eléctrica a partir Fuentes Renovables  
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  
MECON: ex Ministerio de Economía  
MEHF: Ministerio de Economía, Hacienda y Finanzas de Entre Ríos  
MINAGRO: ex Ministerio de Agroindustria de la Nación  
MINEM: ex Ministerio de Energía y Minería  
MinPlan: ex Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios  
NOA: Noroeste Argentino  
OTBN: Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos  
PERMER: Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales  
PIB: Producto Interno Bruto  
PRECOP: Proyecto de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos  
PROSAP: Programa de Servicios Agrícolas Provinciales

---

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

RAC: Residuos agrícola de cosecha  
RSU: Residuos sólidos urbanos  
SA: Sociedad Anónima  
SAyDS: ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable  
SEMA: Secretaría de Estado de Medio Ambiente  
SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria  
SIG: Sistema de Información Geográfica  
UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México  
UNER: Universidad Nacional de Entre Ríos  
UNSE: Universidad Nacional de Santiago del Estero  
WISDOM: Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping

### Unidades de medida

GW/h: Gigavatio-hora  
ha: hectárea  
kcal: kilocaloría  
km<sup>2</sup>: kilómetro cuadrado  
kW: kilovatio  
l: litro  
m: metro  
mm: milímetro  
mm<sup>3</sup>: milímetro cúbico  
msnm: metros sobre el nivel del mar  
MW: Megavatio  
tep: tonelada equivalente de petróleo  
t: tonelada

---

# Resumen ejecutivo

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

La oferta directa provincial accesible, física y legalmente, se estimó en 1 380 873 toneladas por año (t/año), conformada por: forestaciones (55,47%), cultivos de cítricos (40,28%), bosques nativos (3,70%), arándano y nuez pecán (0,55%).

La oferta indirecta estimada fue de 223 681 t/año, compuesta por: industria forestal (51,60%), procesadoras de nuez pecán (48,33%) y procesadoras de jugo (0,07%).

En cuanto a la demanda de biomasa con fines energéticos, fue estimada en 190 659 t/año entre los sectores consumidores considerados: los hogares (83,4%), los hornos ladrilleros (13,8%) y las calderas de industrias citrícolas (2,8%).

En consecuencia, el balance resultante entre la oferta potencial y el consumo actual estimado arroja un superávit de 1 413 895 t/año de recursos biomásicos con fines energéticos.

Para enriquecer el estudio, se analizó el potencial de generación de biogás a partir de la oferta de biomasa húmeda proveniente de distintas actividades productivas. Los resultados de este análisis muestran que la provincia podría generar 106 837 tep de biogás anuales, considerando el aporte de: granjas de pollos parrilleros, granjas de ponedoras y plantas de incubación (91,2%), criaderos de porcinos (6,8%), frigoríficos avícolas, porcinos y bovinos (1,9%), y tambos y *feedlots* bovinos (0,1%).

En conclusión, el presente análisis demuestra que Entre Ríos tiene un gran potencial bioenergético en base al volumen y la variedad de fuentes de biomasa seca y húmeda con que cuenta. Adicionalmente, establece una base sólida para avanzar en estrategias bioenergéticas consistentes y precisas a nivel provincial y promover la viabilidad de proyectos que utilicen energía derivada de biomasa.

---

# 1. INTRODUCCIÓN



---

---

## La metodología WISDOM emplea sistemas de información geográfica que permiten integrar y analizar datos estadísticos y espaciales sobre la producción y el consumo de combustibles biomásicos.

---

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

En 2009, el gobierno de la República Argentina publicó, junto con la FAO, el trabajo *Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina - WISDOM Argentina*<sup>1</sup> (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 cantidades significativas de biomasa apta y disponible para uso energético.

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

combustibles leñosos. Esta metodología está basada en los sistemas de información geográfica (SIG), que permiten integrar y analizar información estadística y espacial sobre la producción (oferta) y el 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 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 diversas fuentes de biomasa en energía. Además, se trata de una metodología que es accesible, fácil de aplicar y permite presentar los resultados del análisis espacial de manera comprensible no sólo para especialistas del sector, sino también para funcionarios y público en general.

Con el objetivo de realizar un análisis más abarcador, 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

---

<sup>1</sup> Proyecto de Cooperación Técnica TCP/ARG/3103.

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 orígenes de aprovisionamiento, suministrada 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 aplicó 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.

---

**El análisis espacial de la oferta y la demanda de biomasa en las distintas provincias pudo llevarse a cabo tras un largo proceso interinstitucional que generó conocimiento y redes de trabajo, condiciones fundamentales para formular políticas públicas y promover proyectos de bioenergía.**

---

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

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

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

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

En noviembre de 2016 se dictó en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Paraná del INTA en la ciudad de Oro Verde el “Curso-taller para la implementación de la metodología WISDOM” para los equipos de las provincias de Santa Fe y Entre Ríos. Así, los profesionales de instituciones públicas y académicas de ambas provincias fueron capacitados tanto en la lógica y en la estructura de la metodología WISDOM como en el empleo de las aplicaciones informáticas utilizadas.

A partir del modelo conceptual trabajado para la provincia de Salta (FAO, 2016b), se repasaron entre todos los asistentes cada uno de los elementos que componen los módulos de la metodología y se adaptaron a la provincia de Entre Ríos. Se identificaron los elementos que debían incluirse en el análisis y los criterios de trabajo. Para cada componente se trabajó la posible fuente de información, su nivel de detalle y grado de actualización. Asimismo, se consensuaron aquellos elementos que debían priorizarse en el modelo provincial y otros que sólo debían ser incorporados para estudios específicos, ya sea porque requieren relevamientos de campo complejos como porque superan el nivel de detalle pretendido para un WISDOM a escala provincial.

En el transcurso de 2017 se incorporaron nuevos datos y las recomendaciones aportadas por las instituciones convocadas, cuyo resultado se vuelca en el presente documento.

---

## 2. BIOENERGÍA



---

---

## La electricidad y el gas son las dos grandes fuentes de energía de Entre Ríos, principalmente a través de la represa hidroeléctrica Salto Grande y el gasoducto subfluvial que conecta la red nacional de gas con el Gasoducto Troncal Entrerriano.

---

El término bioenergía hace referencia a la energía generada a partir de combustibles biomásicos. Se entiende por biomasa toda la materia orgánica de origen vegetal o animal, no fósil, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial (FAO, 2004). Desde el punto de vista de su aprovechamiento energético, en este documento sólo se considerarán como biomasa 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, ampliamente dispersa y con alta dependencia geográfica. En este sentido, el costo de transporte representa una parte significativa del costo total de produc-

ción, que puede oscilar entre un 33 y un 50% (Sultana y Kumar, 2012). Es por ello que resulta clave conocer espacialmente su disponibilidad, para lo cual las herramientas SIG son particularmente apropiadas.

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

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

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

El Cuadro 1 muestra la clasificación de los biocombustibles de acuerdo con sus características, donde los “dendrocombustibles” se circunscriben a las fuentes de biomasa leñosa, mientras que los “agrocombustibles” se refieren a la biomasa herbácea, de frutas y semillas, y la categoría de “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 a 60%, como la leña y el residuo agrícola de cosecha (RAC), se denomina “biomasa seca” y es utilizada energéticamente mediante procesos termoquímicos o físicoquímicos que producen directamente energía térmica o produc-

tos secundarios en forma de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. Por otro lado, se designa “biomasa húmeda” a la que supera el 60% de humedad, que en su mayoría proviene de residuos animales y efluentes industriales, tratados mediante procesos biológicos de los que se obtienen principalmente combustibles gaseosos.

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

En la República Argentina, la composición de la matriz energética se caracteriza por una elevada dependencia de combustibles fósiles. Según las cifras del Balance Energético Nacional (MINEM, 2016), sobre un total de 80,06 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep), la biomasa representó aproximadamente el 6,10% de la oferta interna de energía primaria, y estuvo conformada



**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)

por leña (1,04%), bagazo (1,04%), aceites vegetales (3,08%), alcoholes vegetales (0,58%) y otros sub-productos 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).

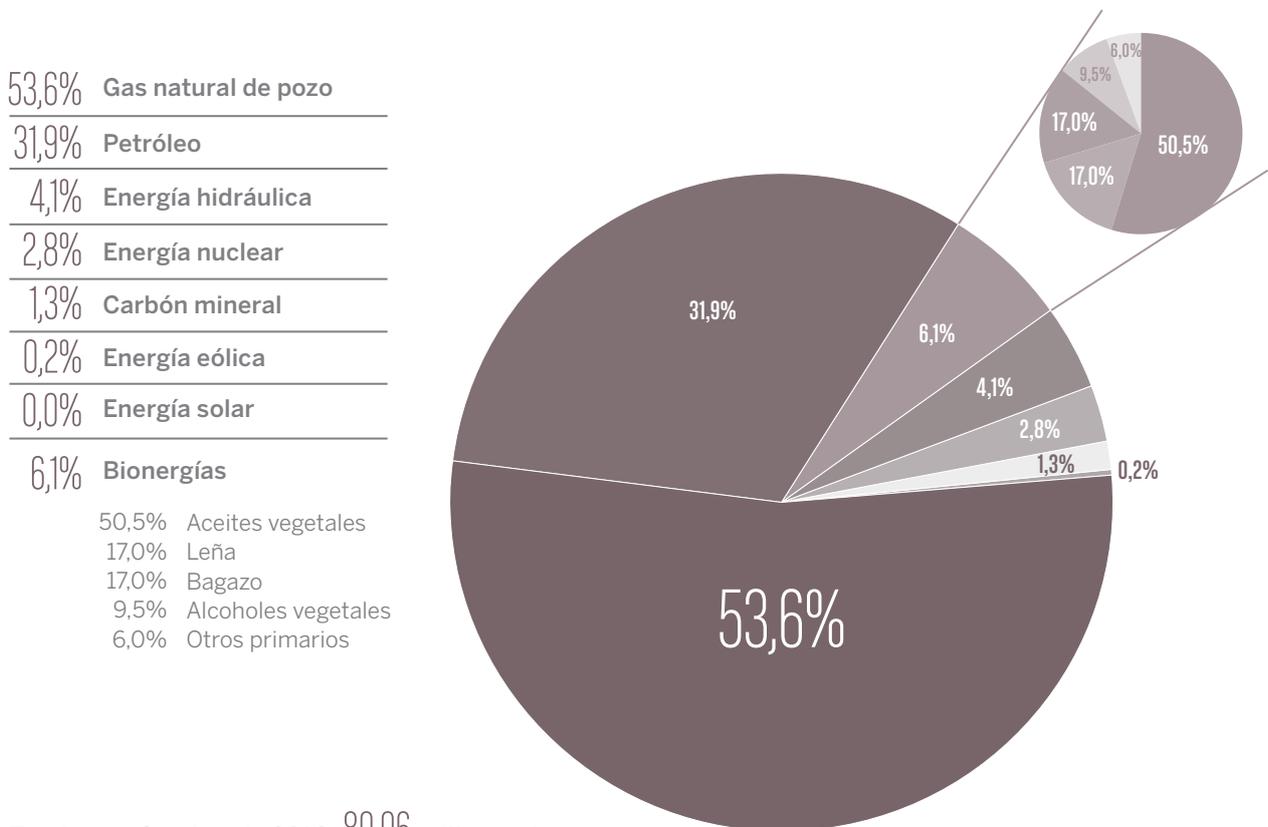
En la región del Noreste Argentino (NEA), Entre Ríos es la provincia con mayor capacidad instalada para generación de energía eléctrica. Su mayor parte proviene del Complejo Hidroeléctrico Salto

Grande, que cubre en promedio el 7% de la energía consumida en la Argentina al año y el 50% de la utilizada en Uruguay, aproximadamente.

En cuanto al suministro de energía de Entre Ríos, las dos grandes fuentes son la electricidad y el gas. La represa hidroeléctrica Salto Grande es la principal generadora de energía eléctrica provincial. Respecto de la provisión de gas natural, Entre Ríos está conectada al sistema nacional a través del cruce subfluvial del río Paraná que continúa en el Gasoducto Troncal Entrerriano. Este sistema provee a la mayoría de los departamentos y a todas las áreas y parques industriales provinciales (MEHF, 2015).

**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)

Entre Ríos se adhirió al "Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica". La Ley 10499 establece la adhesión de Entre Ríos a las disposiciones de la Ley nacional 26190 y su modificatoria Ley nacional 27191. La Ley provincial 10499 establece además que es el Poder Ejecutivo provincial el responsable de determinar la autoridad de aplicación. Y dispone que se invite a municipios y comunas de la provincia a adherir a la ley y a dictar las ordenanzas pertinentes a fin de promover la generación eléctrica a partir de fuentes renovables de energía.

Según la normativa nacional, son fuentes de energía renovable la eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás. Adicionalmente, la ley provincial considera renovables las energías hidrocinética, mini hidráulica y la proveniente del hidrógeno. A raíz de esto, la Secretaría de Energía de Entre Ríos cuenta con un programa de energías alternativas, con seis ejes principales: aprovechamiento de energía eólica, de energía solar, de energía a partir de biomasa, de energía hidráulica a través de microturbinas y generación de biocombustibles.



---

# 3. MARCO DE REFERENCIA GEOGRÁFICO Y AMBIENTAL



---

---

**Entre Ríos es una de las principales provincias productoras de arroz, de cítricos y de arándanos. Se destaca en soja, maíz, trigo y lino. Tiene la mayor producción de carne de aves del país, y también porcina y bovina, y cada vez más áreas forestadas.**

---

La provincia de Entre Ríos tiene una superficie de 78 781 km<sup>2</sup>, que representa el 2,83% del territorio nacional, con una densidad poblacional de 15,6 habitantes por km<sup>2</sup>. Administrativamente, se divide en 17 departamentos y, según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (CNPHyV), en 2010 contaba con 1 308 000 habitantes (INDEC, 2010).

Junto con Misiones y Corrientes, Entre Ríos integra la Mesopotamia argentina. Los límites de la provincia están dados por ríos o arroyos: al oeste y sur, el río Paraná; al norte, el Guayquiraró, el Mocreotá y los arroyos Basualdo y Tunas; al este, el río Uruguay, con el embalse de Salto Grande al norte; al sur, el Delta del Paraná, con terrenos bajos y formación de islas. En total, la provincia tiene 41 790 kilómetros de ríos y arroyos, y 7 736 cursos de agua interiores.

El relieve es llano, con suaves ondulaciones (denominadas impropriamente cuchillas, ya que, a diferencia de las de la Banda Oriental, no tienen un origen geológico rocoso, sino que son en gran medida albardones fosilizados), con una pendiente que sube paulatinamente hacia el norte y el oeste. Las cuchillas se originan en la meseta del Payubré, en la provincia de Corrientes, y, ya en Entre Ríos, a unos 20 o 30 km del límite provincial, se bifurcan en la Cuchilla Grande (al este, extendida de norte

a sur) y la Cuchilla de Montiel (al oeste, de noreste a sureste). Entre Ríos es la provincia con la menor altitud, y su mayor elevación alcanza los 127,5 metros sobre el nivel del mar. La homogeneidad del paisaje ondulado se interrumpe al sur, en la zona deprimida del Delta del Paraná. En el norte del departamento de La Paz existe otra zona deprimida, denominada Bajo del Yacaré o Esteros del Yacaré. Al noreste el río Uruguay forma terrazas fluviales, sumergidas hoy en gran parte por el embalse de Salto Grande.

Entre Ríos tiene cinco tipos de suelos: molisoles, que ocupan 24% del territorio, sobre la costa del Paraná; vertisoles, que abarcan el 30%, desde los departamentos de Tala y Uruguay hacia el norte; alfisoles, con el 11%, en áreas elevadas y onduladas de los departamentos de Feliciano, Federal, La Paz, Paraná, Tala y Villaguay; entisoles, que representan el 8%, en el noreste, en una franja paralela al río Uruguay hasta Concepción del Uruguay y en el delta inferior; inceptisoles, con el 6%, en los valles de los ríos Gualeguay, Gualeguaychú y Feliciano, y mezcla de entisoles e inceptisoles, con un 21% del territorio provincial, en el delta del Paraná. Desde el punto de vista productivo, la provincia presenta suelos muy fértiles que favorecen el desarrollo de la actividad agrícola y ganadera.



En la provincia se presentan dos regiones climáticas: una subtropical sin estación seca, al norte, y una templada pampeana, al sur. Los vientos predominantes provienen del Océano Atlántico, además de otros, como el Pampero, la Sudestada y el Viento Norte. Las precipitaciones son abundantes, con un promedio de 1 030 mm anuales, siempre en forma de lluvia pues no se registran nevadas. La temperatura promedia los 30 °C de noviembre a marzo, y los 8 °C de junio a octubre.

Entre Ríos está ubicada en un corredor estratégico del Mercosur y por ella atraviesa el corredor bioceánico sudamericano, que une Chile, la Argentina, Uruguay y el sur de Brasil. Cuenta, además, con la hidrovía Paraná-Paraguay, que permite la navegación de buques de gran calado.

El sistema productivo de la provincia ha pasado de ser ganadero-agrícola a tener una gran predominancia agrícola, debido a la expansión e intensificación de las tecnologías agrarias. Asimismo, se ha producido en las últimas décadas una modernización del sistema agroindustrial y un salto tecnológico con importantes innovaciones en el sector agroalimentario, que agregan valor a la cadena productiva (MEHF, 2015).

La provincia es una de las principales productoras del país de arroz, con suelos muy aptos para este cultivo; de cítricos (naranjas y mandarinas) y de arándanos. Se destaca también en la producción de soja, maíz, trigo y lino.

En la actividad ganadera provincial se destaca la avicultura, con la mayor producción de carne de aves del país gracias a un complejo integrado por 2 500 granjas y 18 frigoríficos (MEHF, 2015). También se desarrolla la producción de carne porcina y bovina, con creciente agregado de valor.

El sector forestal se encuentra actualmente en alza, si bien tiene aún poco peso en el conjunto del país. En la provincia ocupa 145 000 hectáreas, en su mayor parte junto al río Uruguay, y las principales especies son eucalipto, pino y salicáceas. La industria cuenta con una infraestructura de aserraderos y establecimientos procesadores de madera.

Si bien el sector forestal entrerriano tiene aún poco peso en el conjunto del país, ya supera las 145 000 hectáreas, la mayoría junto al río Uruguay. Las especies principales son eucalipto, pino y salicáceas. La industria se compone de aserraderos y establecimientos que procesan madera.

---

# 4. SISTEMAS BIOENERGÉTICOS Y METODOLOGÍA WISDOM



---

---

**Aunque la metodología WISDOM se centraba inicialmente en la biomasa de los bosques nativos, forestaciones e industria forestal, ha sido ampliada para incluir tipos no leñosos, como los subproductos agrícolas y agroindustriales.**

---

Un sistema bioenergético comprende todas las fases y operaciones que se requieren para la producción, preparación, transporte, comercialización y 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 (FAO, 2016a).

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:* estos sistemas 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 puntos de alta concentración, como las industrias procesadoras de materia prima. En cuanto a la demanda, las características productivas regionales y las pautas de consumo residencial, combinadas con el acceso diferencial a las redes eléctricas y de gas, generan diferentes patrones espaciales. Por ello, la necesidad de comprender los sistemas bioenergéticos a diferentes escalas haciendo énfasis en estudios de sitios específicos.
- *Heterogeneidad en las fuentes de oferta de biomasa:* la oferta de residuos biomásicos abarca forestaciones implantadas o sistemas de silvicultura de corta rotación, el incremento medio anual (IMA) de formaciones vegetales nativas, residuos agrícolas de cosecha, la poda urbana y de frutales, estiércol pecuario, entre las más importantes. Conocer la disponibilidad y el tipo de recurso a ser utilizado facilita la planificación estratégica de proyectos con fines energéticos.



- *Heterogeneidad en los sectores de demanda de biomasa:* la demanda involucra sectores disímiles, tanto cualitativa como cuantitativamente. Así, hallamos grandes consumidores industriales que generan energía para su propia producción y también para vender a la red, consumidores comerciales como panaderías y parrillas, y pequeños consumidores residenciales que utilizan la leña, carbón vegetal o residuos vegetales y animales para cocinar, calefaccionar o calentar 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, se ha destacado históricamente la leña, ya que ha sido la primera fuente en proporcionar usos energéticos tales como la cocción y calefacción, necesarios para la alimentación y la protección frente a las inclemencias climáticas.

Debido que aún existen regiones no abastecidas por fuentes modernas de distribución comercial, como la electricidad, los combustibles fósiles o tecnologías alternativas, el uso tradicional de la leña continúa constituyendo un elemento vital para la satisfacción de necesidades energéticas diarias de más de 2 000 millones de personas en los países en desarrollo (FAO, 2010b).

Asimismo, un aspecto crítico de los sistemas bioenergéticos, que se relaciona directamente con la especificidad geográfica, es el acceso y traslado de los recursos biomásicos. La baja densidad energética de la biomasa y su alta dispersión geográfica hacen que los grandes volúmenes a ser transportados 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, la metodología WISDOM desarrollada por el Programa de Dendroenergía de la FAO aborda con una visión sistémica esta problemática y ofrece respuestas a los diferentes niveles gubernamentales y a los sectores de la energía, forestal, industrial y agrícola, generando sinergias e interrelaciones entre los mismos.

Si bien la metodología WISDOM presentaba inicialmente un enfoque centrado en la evaluación de la biomasa leñosa proveniente del bosque nativo, de las forestaciones y de la industria forestal, ha sido ampliada para considerar otros tipos de biomasa no leñosa, como los residuos y subproductos agrícolas y los agroindustriales. Esta versión "extendida" fue utilizada para realizar el WISDOM Argentina (FAO, 2009).

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

Para realizar el análisis espacial integrado de la oferta y demanda de biomasa con fines energéticos de Entre Ríos se utilizaron diversos *software* de código abierto: R, Quantum Gis y Dinamica EGO (*Environment for Geoprocessing Objects*, por sus siglas en inglés). El programa R se usó para sistematizar las bases de datos geográficas vectoriales (*shapes*), convirtiendo a formato ráster los datos

---

**En la planificación pública de los sistemas bionergéticos, los sectores involucrados (forestal, industrial, agrícola, energético, residencial, comercial) deben concebirse en sus interrelaciones. También se requiere la concurrencia de varias disciplinas: silvicultura, gestión forestal, ciencias ambientales, ingeniería, agronomía y geografía, entre otras.**

---

que no lo estuvieran aún, y para homogeneizar y estandarizar la base de datos completa<sup>2</sup>; el Quantum Gis se empleó para editar archivos vectoriales, enmascarar y recortar las capas ráster, y producir los mapas temáticos presentados en este informe; por último, el Dinamica EGO se utilizó para integrar la información y para realizar todo el análisis espacial a través de sucesivos modelos.

De esta manera, en concordancia con el WISDOM Argentina, la aplicación de la metodología de análisis WISDOM para representar el balance de oferta y demanda de biomasa con fines energéticos 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

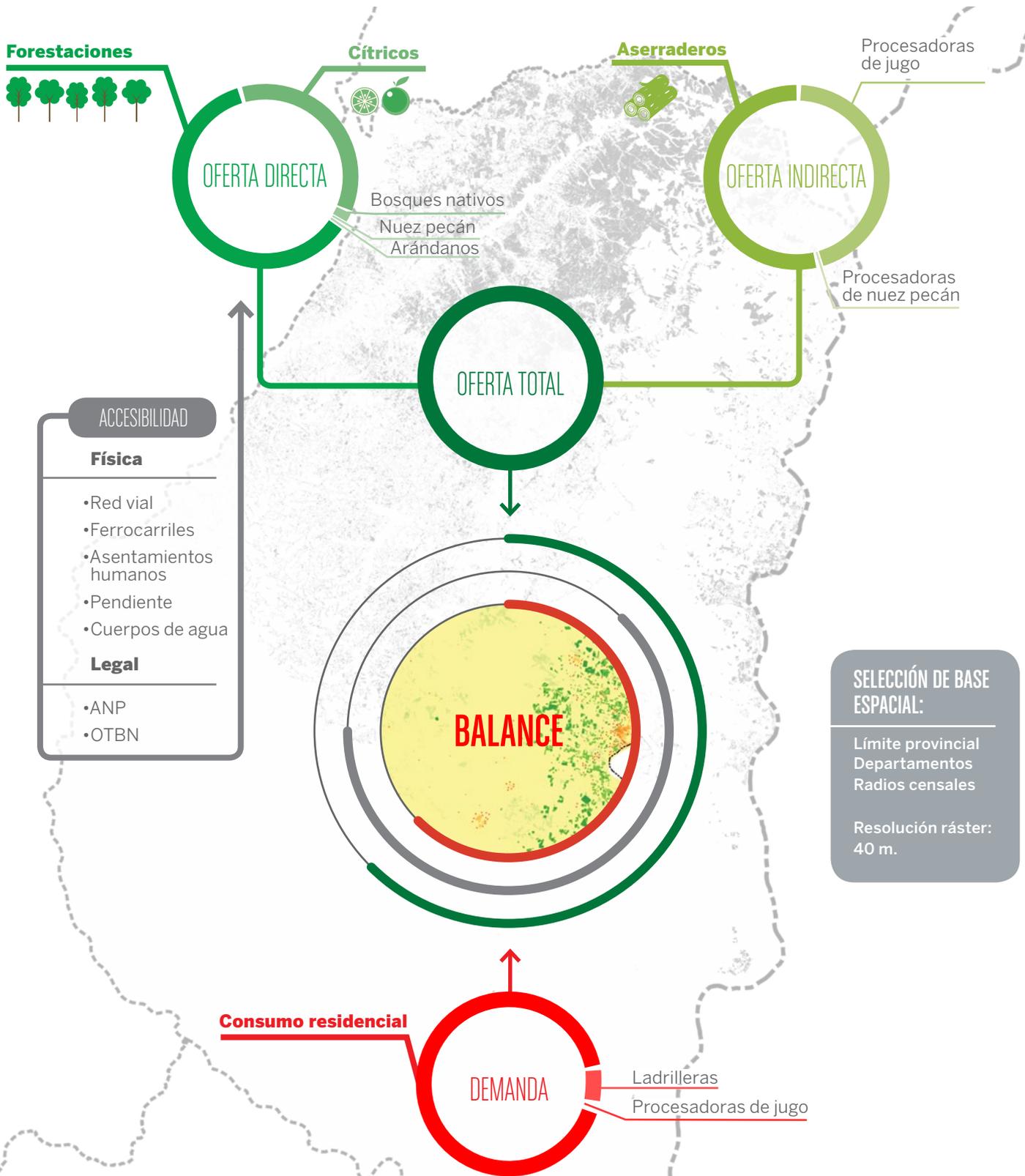
Adicionalmente, se desarrolló un quinto módulo sobre oferta de biomasa húmeda.

En el Gráfico 2 se muestran de manera ilustrativa los módulos y las principales capas utilizadas. La metodología de análisis espacial WISDOM se aplicó en la provincia de Entre Ríos 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.

---

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

Gráfico 2. Modelo conceptual WISDOM Entre Ríos



Fuente: Elaborado por los autores

---

# 5. MÓDULOS Y RESULTADOS DEL WISDOM ENTRE RÍOS

- 
- 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 Entre Ríos se cortan entre 3 500 y 4 000 ha/año de árboles para aserrado. En función de las especies, la ubicación y la edad de los rodales, se estima que la biomasa con fines energéticos proveniente de forestaciones es de 766 032 t/año.**

---

### **5.1 Unidad de análisis y resolución espacial**

El nivel mínimo de análisis utilizado fue el radio censal, correspondiente a la unidad censal de mayor desagregación cartográfica, con el objeto de lograr el más alto nivel de detalle y garantizar la correspondencia con los datos del CNPhyV (INDEC, 2010). No obstante, se trabajó a escala departamental cuando la información y datos estadísticos se encontraban disponibles a este nivel de detalle. De esta manera, la estructura administrativa considerada presenta 17 departamentos con 2 671 radios censales.

En cuanto a la unidad de análisis ráster, la resolución espacial empleada fue de 40 m (0,16 ha), lo que mejora el nivel de detalle del WISDOM Argentina, en el que se utilizó una resolución espacial de 250 m (6,25 ha). En la mayoría de los casos, la información disponible se encuentra expresada en toneladas de biomasa seca por hectárea. Para adaptar estos valores a la resolución utilizada, todas las capas se multiplicaron por un valor constante de 0,16, que representa la superficie en hectáreas de cada píxel.

El sistema de coordenadas empleado fue Gauss Krüger Faja 5 POSGAR 94 WGS84. El límite provincial se confeccionó a partir de los límites departa-

mentales de la Dirección General de Catastro de Entre Ríos.

### **5.2 Módulo de oferta directa**

Se entiende por oferta directa la biomasa que se encuentra en campo. Una de sus características es su dispersión territorial. Entre las fuentes directas de biomasa potencialmente disponibles para usos energéticos en Entre Ríos se consideraron: la biomasa resultante de la poda, el raleo y los residuos de cosecha de las plantaciones forestales; las podas y/o renovación de plantas provenientes del manejo de cítricos, arándanos y nuez pecán, y el incremento medio anual (IMA) de los bosques nativos.

En relación con los cultivos agrícolas extensivos relevados en la provincia, como soja, maíz, trigo, sorgo, girasol y arroz, los residuos de cosecha no han sido considerados para usos energéticos ya que, bajo la práctica del sistema de siembra directa, estos se mantienen sobre el suelo para cuidarlo de la erosión hídrica, a la vez que impactan sobre la mineralización y, por ende, en su fertilidad y estructura. Es relevante señalar que, para el análisis espacial, en los casos en que existía superposición entre distintas capas geográficas se priorizaron aquellas que poseían una mayor resolución y ajuste espacial.

### 5.2.1 Forestaciones

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

Entre Ríos cuenta en la actualidad con unas 145 000 ha forestadas, de las que un 75% corresponde a eucaliptos, principalmente el *Eucalyptus grandis*, mientras que el 25% restante se distribuye entre especies de pinos y salicáceas.

Las forestaciones se concentran sobre las terrazas del Río Uruguay, en una franja de 20 km paralela a la costa (Mapa 1). En el caso de pequeños y medianos macizos, es común encontrar que las plantaciones comparten la superficie con otros cultivos, como cítricos, arándanos y también con monte nativo, fundamentalmente, en las orillas de los ríos y arroyos. Esta característica, sumada a la tendencia de manejo actual con raleos, tiende a favorecer el mantenimiento de la biodiversidad procurando minimizar los impactos negativos en el ambiente, que, como en toda actividad antrópica, siempre están presentes (Brizuela *et al.*, 2004).

El *Eucalyptus grandis* es una especie de rápido crecimiento, lo que permite rotaciones de 10 a 15 años cuando el destino de la madera es el aserrado, y más cortas cuando es la obtención de pulpa celulósica. Otras especies, como *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus saligna*, el *Pinus elliotii* y el *Pinus taeda*, son utilizadas en suelos que no son aptos para el *E. grandis*.

Según consultas a contratistas, actualmente, el remanente de madera en el monte puede ser de 14 a 25 t/ha, entre puntas de los árboles, ramas y trozas de mala forma, dependiendo de variables como densidad, edad, forma y la mayor exigencia o no de diámetro de la industria a la que se destina la cosecha.

Dado que en Entre Ríos el destino industrial de las plantaciones es el aserrado y que el turno de corta oscila entre los 10 y los 12 años, se decidió

considerar como oferta de biomasa de cosecha los residuos provenientes de los rodales con 9 o más años de edad al momento de realización del inventario. Estos rodales representan las plantaciones que podrían aportar biomasa con fines energéticos en forma instantánea si se los cortara para el destino actual de la madera. Al asignar 1 a tales rodales y 0 a los restantes, se obtuvo la distribución espacial de la oferta.

Además de las ramas gruesas resultantes de la cosecha, se debe sumar la madera que podría extraerse de los tocones de los árboles talados. Para estimar su aporte de biomasa se tomaron en cuenta estudios del INTA Concordia (Aparicio y López, 1995), en los que se cita la producción discriminada por compartimento de una plantación de *Eucalyptus grandis* de 10 años de edad. Allí, los tocones representan casi un 1,4% del volumen total.

En relación con el material resultante de las podas y el raleo perdido, se da por supuesto que permanece en el campo para contribuir al ciclado de nutrientes. Además, en el caso del eucalipto, existe un mercado de madera redonda (varas, tutores, rodrigones e inclusive tijeras) que comercializa rollos de pequeñas dimensiones.

En Entre Ríos se cortan cerca de 3 500 a 4 000 ha/año de árboles para aserrado. Por lo tanto, la oferta anual de residuos de cosecha resultaría de multiplicar dicha superficie por la cantidad de biomasa estimada por hectárea, según se trate de pinos o eucaliptos. El hecho de conocer la distribución espacial de todos los lotes forestados que tienen 9 o más años de edad nos permite inferir la ubicación potencial de dicha biomasa como herramienta para la planificación y toma de decisiones vinculadas a su aprovechamiento.

Para la estimación de biomasa de *Eucalyptus sp* (Cuadro 2) y *Pinus sp* (Cuadro 3) proveniente de las fracciones de madera, corteza, ramas gruesas, ramas finas, ramitas y hojas, se ajustaron las ecuaciones de biomasa, en donde se tuvo en cuenta el diámetro a la altura del pecho (cm), altura del árbol (m) y área basal (m<sup>2</sup>).

Así se obtuvo una estimación de biomasa con fines energéticos para forestaciones de 766 032 t/año.

### 5.2.2 Cítricos

En Entre Ríos, la citricultura se localiza en la franja de suelos arenosos de la margen occidental del Río Uruguay, en los departamentos de Concordia, Federación y norte de Colón. Esta zona agroecológica, que continúa hasta parte de la provincia de Corrientes, conforma la denominada región cítrica del Río Uruguay. Según el Censo Provincial

Cítrica (Brizuela *et al.*, 2016), se produjeron cambios significativos en la estructura productiva de la provincia en los últimos 12 años. En el Cuadro 4 se muestra la superficie plantada con cítricos, la cantidad de plantas y los productores de Entre Ríos, en 2004 y 2016.

La significativa caída del 13% de la superficie con cítricos se explica principalmente por la disminución en el departamento de Concordia,

#### Cuadro 2

Funciones para estimar la biomasa de *Eucalyptus sp.*

Fracción	Ecuación	R <sup>2</sup>
Madera	$W = 0,0062 * d^{2,35} * h^{1,001}$	0,97
Corteza	$W = 0,0093 * d^{2,46}$	0,71
Ramas gruesas	$W = 0,0076 * d^{3,39} * G^{-0,83}$	0,70
Ramas finas	$W = 0,0264 * d^{2,63} * G^{-0,81}$	0,85
Ramitas	$W = 0,0451 * d^{3,08} * G^{-1,59}$	0,76
Hojas	$W = 0,0043 * d^{3,69} * G^{-1,22}$	0,75

W=biomasa de la fracción (kg), d=diámetro a la altura del pecho (cm), h= altura del árbol (m) y G= área basal (m<sup>2</sup>)

Fuente: Faroppa (2010)

#### Cuadro 3

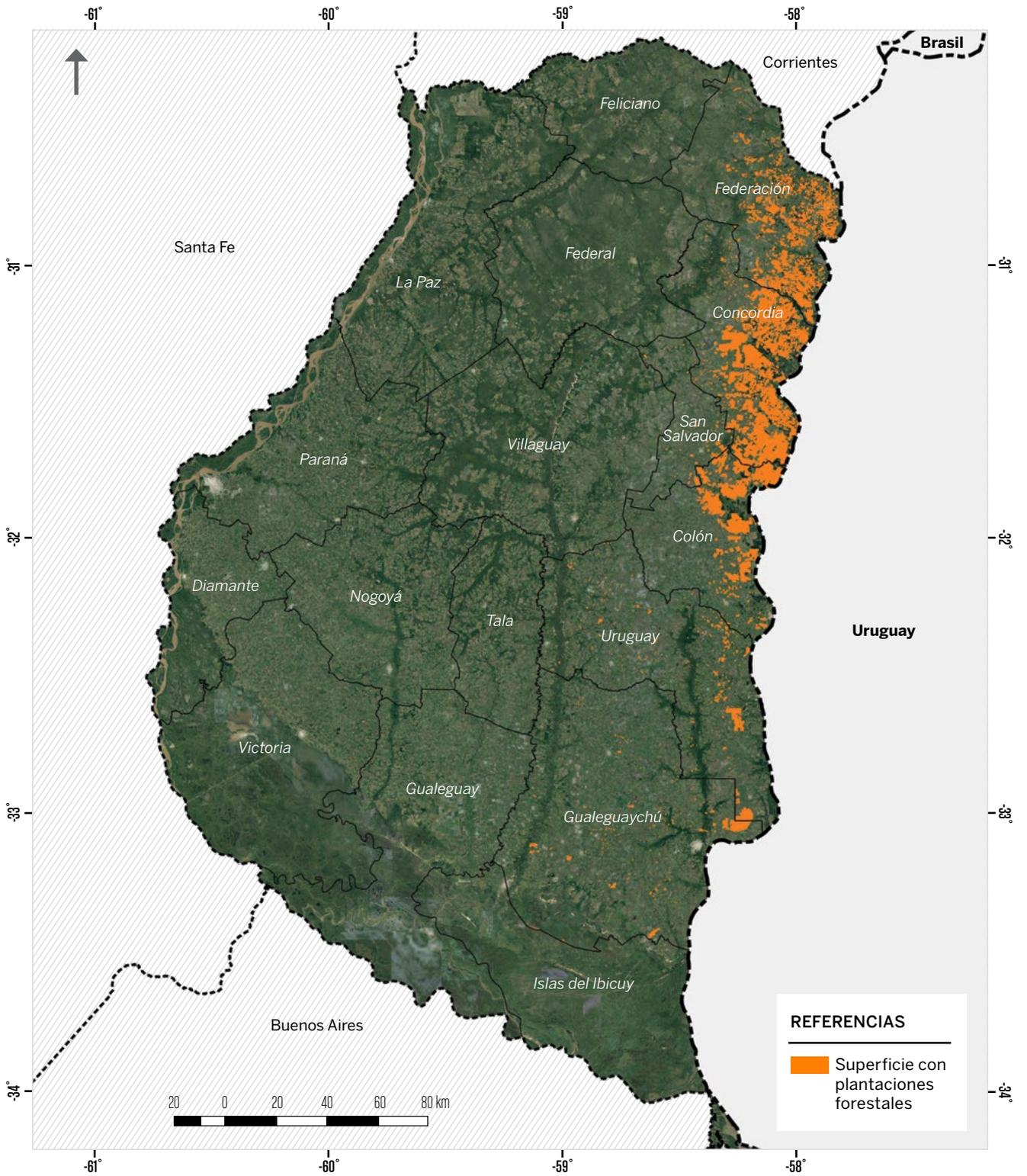
Funciones para estimar la biomasa de *Pinus sp.*

Fracción	Ecuación	R <sup>2</sup>
Madera	$W = 0,00258399 * d^{1,734} * h^{1,851}$	0,88
Corteza	$W = 0,00792497 * d^{2,098} * h^{0,446}$	0,92
Ramas gruesas	$W = 0,002399 * d^2 * h$	0,74
Ramas finas	$W = 0,040929 * d^{2,766} * h^{-1,236}$	0,77
Ramitas	$W = 0,00219693 * d^{2,116}$	0,51
Hojas	$W = 0,00501024 * d^{2,383}$	0,81

W=biomasa de la fracción (kg), d=diámetro a la altura del pecho (cm), h= altura del árbol (m)

Fuente: Faroppa (2010)

Mapa 1. Superficie ocupada por forestaciones



Fuente: Elaborado por los autores

donde pasó de 13 977 ha a sólo 6 891 ha, lo que representa una disminución de 50%. Federación presentó un crecimiento de un 5% en el mismo período, y llegó a cerca de 30 000 ha. Por otra parte, se redujo de 23,6 a 19 ha la superficie promedio por productor.

Considerando la cantidad de plantas de mandarina y naranja del Censo Provincial Citrícola (Brizuela *et al.*, 2016), se estimó la superficie que ocupa cada una de las especies utilizando para el cálculo diferentes densidades (mayor en mandarina, menor en naranja). Por otro lado, a partir de la producción estimada en 2016 para la región (Cuadro 5) es posible estimar un rendimiento global. Los principales destinos de la producción cítrica de la provincia (industria y comercialización para consumo en fresco, tanto en el mercado interno como externo) se presentan en el Cuadro 6, donde se observa que la mayor parte se destina al mercado interno para consumo en fresco.

La oferta de biomasa seca del cultivo de cítricos proviene principalmente de los residuos de poda anual. Para estimar los residuos de la poda se utilizó información suministrada por el área citrícola del INTA Concordia, que propuso para el cálculo un valor de 10 kilos por planta por año (kg/pl/año).

Los lotes cítricos y la cantidad de plantas por lote se obtuvieron del Censo Provincial Citrícola (Brizuela *et al.*, 2016) con 6 882 ha, por lo que los resultados del análisis permiten estimar 556 212 t/año de residuos provenientes del cultivo de cítricos.

### 5.2.3 Arándanos

El cultivo del arándano ha crecido vertiginosamente en los últimos tres años en la provincia de Entre Ríos, fundamentalmente en las ciudades ubicadas sobre el río Uruguay. Más allá de su tradición frutícola, esta región tiene las mejores condiciones agroecológicas del país para el desarrollo de la planta de arándano.

#### Cuadro 4

Cultivo de cítricos: superficie, plantas y productores en 2004 y 2016

Año	Superficie	Productores	Sup./prod.
2016	36 389	1 878	19
2004	41 977	1 779	24
	-13%	6%	-18%

Fuente: FECIER (2004) y Brizuela *et al.* (2016)

#### Cuadro 5

Producción de naranjas y mandarinas

	Plantas	Densidad (pl/ha)	Superficie (ha)	Producción estimada 2016 (t)	Rendimiento global estimado (t/ha)
Naranja	7 798 441	397	19 650	404 743	21
Mandarina	6 577 148	429	15 344	210 091	14

Fuente: Brizuela *et al.* (2016)

**Cuadro 6**

Destino de la producción de cítricos

	Producción año 2016 (t)	Industria*	Mercado interno	Exportación**
Naranja	404 743	142 060	230 307	32 376
Mandarina	210 091	66 110	111 083	32 898
<b>Total</b>	<b>614 834</b>	<b>208 170</b>	<b>341 390</b>	<b>65 274</b>

\*Estimado en base a encuesta a industrias de la provincia.

\*\*Estimado en base a datos de la Oficina de Estadísticas de Comercio Exterior del SENASA (incluido diciembre de 2016).

Fuente: Elaborado por los autores

Hasta 2001, el 72% de las plantaciones se ubicaba en la provincia de Buenos Aires, 17% en Entre Ríos y 4% en Corrientes. Pero, desde entonces, esa distribución ha cambiado sustancialmente (Dansa, 2007). En la actualidad, la mayoría de las estimaciones asegura que 50% de la producción nacional se concentra en Entre Ríos, de la que 85% se ubica en el departamento de Concordia, que se ha convertido en el polo arandanero más importante del país. Este cultivo también es importante en Gualeguaychú y Federación.

Según datos de la Asociación de Productores de Arándanos de la Mesopotamia Argentina (APAMA), en la última década, el cultivo de arándano se sextuplicó (pasó de 400 ha a 2 600 ha en 2014). La campaña de 2014 cerró en una producción de 16 500 toneladas de arándanos, un rendimiento 30% superior al de la campaña anterior.

Actualizando los datos del censo APAMA 2015 y en base a la información obtenida a partir de los principales referentes técnicos de cada región, se obtuvo que las plantaciones de arándanos en Entre Ríos ocupan 1040 ha. Se estima que, en promedio, se cultivan 3333 plantas por hectárea (Cuadro 7).

Para estimar la biomasa proveniente del cultivo de arándanos se consideró un residuo de poda de 1,86 kg/pl/año, con un promedio de 3333 plantas por hectárea. Esto dio como resultado aproximadamente 6200 t anuales.

**5.2.4 Nuez pecán**

La producción y comercialización de nuez pecán a nivel nacional es una actividad en crecimiento en los últimos años. En la Argentina se producen 500 toneladas promedio por año de nuez pecán con cáscara. Las regiones de mayor producción nacional son Entre Ríos, que –excluida la región del Delta– representa el 42%; Buenos Aires, con un 25%, y el Delta del Paraná, con 18%. Entre Ríos,

**Cuadro 7**

Superficie cultivada con arándanos

Zona	Porcentaje de la producción
Colonia Ayuí	20,8
O. Magnasco / V.Zorraquín	9,5
La Criolla	18,6
Los Charrúas	3,1
Concordia	4,8
Yerúa	5,2
Calabacilla	10,5
Yuquerí	27,6

Fuente: Elaborado por los autores

Buenos Aires y Santa Fe concentran el 85% de la producción del país.

En Entre Ríos, la superficie estimada de nuez pecán es de 1960 hectáreas, con una producción anual de 182 toneladas. Cabe mencionar que estas cifras son estimativas y corresponden a un relevamiento realizado por técnicos de UCAR en 2011 mediante entrevistas a referentes, dado que no se cuenta con estadísticas oficiales sobre el sector (PROSAP-UCAR, 2015).

Para estimar los residuos provenientes del cultivo de la nuez pecán se tuvo en cuenta como biomasa solamente la poda de las plantas, ya que no se dispone de información fehaciente de la producción de cáscaras de pecán. Así, para los departamentos evaluados, se calculó la oferta directa en función de un coeficiente de poda de 0,7 t/ha sobre una superficie de alrededor de 2000 ha.

### 5.2.5 Bosques nativos

El uso dendroenergético de los bosques nativos se contempló bajo estrictas consideraciones de sustentabilidad. Para estimar su oferta, se trabajó con

el mapa de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos de la provincia (Ley provincial 10284, en el marco de la Ley nacional 26331, ver Anexo I).

La superficie de bosques nativos de Entre Ríos se calculó en función de las capas correspondientes al *Primer inventario nacional de bosques nativos*, otorgadas por la Dirección de Bosques de la ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS) y su actualización al año 2012, que contempla la pérdida de bosques. Asimismo, se asignaron valores de incremento medio anual (IMA) según el tipo de cobertura de bosque. Los valores de IMA incluidos en el modelo son los presentados en el WISDOM Argentina (FAO, 2009) para cada una de las clases de cobertura de bosque consideradas (Cuadro 8).

A su vez, debido a que el valor del IMA se distribuye homogéneamente según el mapa de OTBN, se trabajó con la información de las capas de cobertura arbórea Tree Cover, Loss y Gain generadas por el Departamento de Ciencias Geográficas de la Universidad de Maryland y la NASA (Hansen *et al.*, 2013). Estas coberturas fueron obtenidas

## Cuadro 8

IMA e IMA mínimo discriminado por provincia fitogeográfica

Provincia fitogeográfica	IMA (t/ha/año)	IMA mínimo (t/ha/año)
Bosque en galería	0,8	0,344
Arbustales	0,8	0,344
Palmares	0,1	0,043
Bosque de ñandubay y espinillo	0,847	0,364
Bosque de ñandubay, espinillo y otras especies	1,021	0,520
Bosque de transición	0,4356	0,187
Ñandubay tipo parque	0,3125	0,134

Fuente: FAO (2009)

a partir del análisis de colecciones de imágenes Landsat. La capa Tree Cover contiene estimaciones del porcentaje de cobertura de la vegetación leñosa mayor a 5 m de altura en cada píxel en el año 2000. La capa Loss muestra la pérdida de bosques definida como la alteración del reemplazo del *stand* de plantas o la eliminación completa del dosel de la cubierta arbórea entre 2000 y 2012. Y la capa Gain, que representa la ganancia, se definió como la inversa de la pérdida o el cambio de un estado no forestal a uno forestal en el mismo período.

En los casos en que el mapa de bosques nativos indica la presencia de cobertura arbórea pero no así la capa Tree Cover, se asume que en esos píxeles la cobertura existe pero es inferior a 5 m. Por lo tanto, se procedió a corregir el valor del IMA en esas situaciones asignando un IMA mínimo a esos píxeles, como se muestra en el Cuadro 8.

También se incluyó en este análisis la cobertura arbórea que no fue considerada en la capa de bosques nativos de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Esta se corresponde con superficies pequeñas de bosque inmersas dentro de una matriz agrícola o urbana, como pueden ser cortinas forestales, cascos rurales o pequeños parches dispersos de bosque nativo. Para registrar estas coberturas se utilizó la capa *Tree Cover*.

A fin de evitar conflictos con otros usos maderables de los bosques nativos, se dedujeron del mapa de IMA los volúmenes correspondientes a las extracciones registradas por la SAyDS para rollizos, leña y postes para alambrados entre los años 2012 y 2015. Se estimó un promedio de esa serie de datos y se dedujo de las estimaciones realizadas anteriormente (Cuadro 9).

Finalmente, se redujo el valor de IMA aplicando un factor de fracción dendroenergética que contempla el porcentaje de la biomasa que se deja en campo para que cumpla las funciones de protección de suelos, como una práctica de manejo sustentable. En este sentido, se aplicaron dos valores, uno (0,88) para formaciones densas y otro (0,83) para formaciones abiertas (FAO, 2009).

Para el análisis de aquellas zonas donde existe cobertura arbórea, como cortinas forestales o bosquesillos aislados, la estimación fue similar a la realizada para bosques nativos: el IMA fue asignado según las provincias fitogeográficas, usando para Entre Ríos los datos de IMA y de IMA mínimo (Cuadro 8).

El resultado de la estimación del potencial de IMA disponible de bosque nativo con fines energéticos se presenta en el Mapa 2. Cabe aclarar que en la zona sur de la provincia y en los departamentos de Concordia y Colón no se pudo acceder a la información del OTBN, por lo que no hay datos de estas áreas.

El IMA de biomasa leñosa de bosques nativos disponible de modo sustentable para usos energéticos muestra que los mayores valores coinciden con

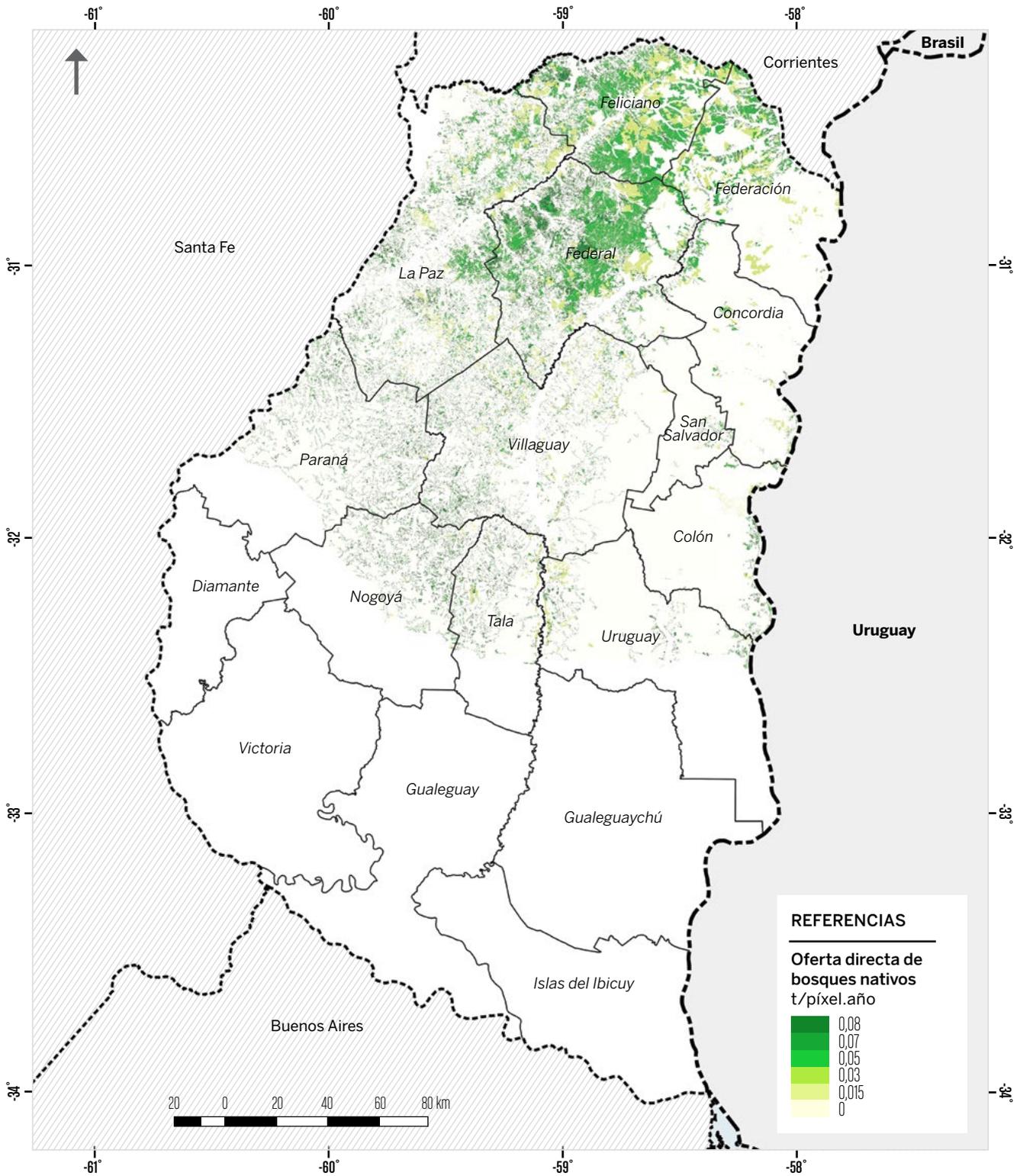
#### Cuadro 9

Extracción de productos forestales de bosques nativos por departamento

Departamento	Extracciones (t/año)
Federación	201,3
Federal	2900,4
Feliciano	1382,0
La Paz	4363,1
Nogoyá	1088,6
Paraná	1192,2
San Salvador	375
Tala	821,3
Uruguay	485,2
Villaguay	2032,9

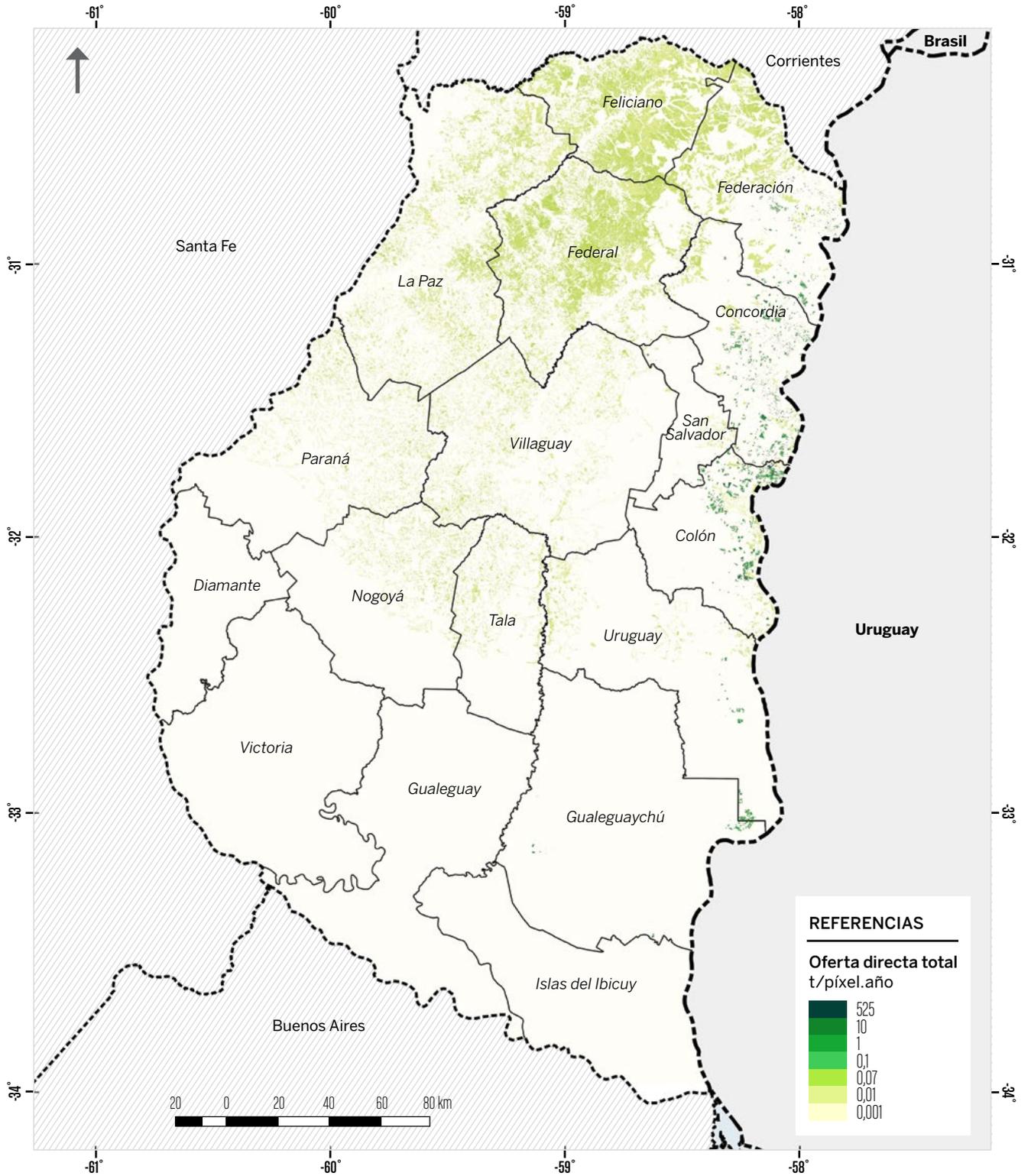
Fuente: Elaborado por los autores en base a datos de la SAyDS

Mapa 2. Oferta directa de bosques nativos



Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 3. Oferta directa total



Fuente: Elaborado por los autores

la zona norte de la provincia y, en menor medida, con el centro. Hacia el sur de Entre Ríos, la oferta estimada no se analizó por falta de datos, aunque empíricamente se puede observar que son áreas con un alto desarrollo de producción agrícola, en las que predominan los cultivos de soja, maíz, sorgo, trigo y girasol, con remanentes de bosques o parches aislados de bosques secundarios.

De acuerdo con lo descripto más arriba, se integraron los resultados de las estimaciones de residuos con posibilidad de aprovechamiento energético correspondientes a forestaciones, cítricos, arándanos, nuez pecán y bosques nativos. En el Mapa 3 se observa que los mayores valores de biomasa disponible se concentran en los departamentos de Colón, Concordia y Federación.

### 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, propone aplicar esta restricción o limitante a la oferta directa de biomasa proveniente de bosques nativos, forestaciones, etc., dado que estos recursos se encuentran dispersos en el territorio. El desplazamiento entre dos puntos del espacio implica una fricción, que puede expresarse en términos de costos económicos, energéticos (transporte, combustible, mano de obra) y tiempo, dependiendo de la distancia y pendientes que separan a estos puntos (FAO, 2016a).

La accesibilidad física es un parámetro espacial que define la posibilidad de acceder a un determinado recurso biomásico en relación con la distancia del lugar más cercano y de fácil acceso 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 red vial, red ferroviaria y de centros poblados (con sus respectivas ponderaciones) en función del Modelo Digital de Elevaciones (MDE). En este caso, el costo expresa la resistencia ofrecida por el medio físico para desplazarse a través del mismo en un punto concreto. Las su-

perficie de fricción contienen valores de costo que expresan la resistencia que presenta una celda a ser recorrida. (FAO, 2016a).

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

#### Red vial

El análisis de la red vial se realizó empleando la capa vectorial correspondiente al SIG250 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), que fue complementada con otra capa de red vial de Entre Ríos y con una capa de caminos terciarios rurales suministradas por la Dirección Provincial de Vialidad, como se observa en el Mapa 4. Las mismas fueron codificadas en base a bibliografía específica sobre relaciones entre el tipo de calzada y la dificultad de desplazamiento (Banco Mundial, 1995). De este modo, para realizar el análisis espacial se ponderó la accesibilidad en función de las características de la red vial y, considerando los atributos de la capa, se asignaron cuatro coeficientes, tal como se detalla en el Cuadro 10.

El trazado de rutas es muy importante para la actividad agropecuaria de la provincia, ya que es la principal forma de traslado de la producción. En total hay 2 491 km de rutas pavimentadas, entre las que se destacan las rutas nacionales RN 12, RN 14 (ruta del Mercosur), RN 18 y RN 127 y las provinciales RP 11, RP 6 y RP 39.

Dado que la provincia está rodeada de ríos, los puentes revisten una gran importancia para la comunicación vial con el exterior. Tres puentes la unen con la República Oriental del Uruguay, por sobre el río Uruguay (dos viales y uno ferroviario). Entre los cruces sobre el río Paraná, conectan la

**Cuadro 10**

Coeficientes de restricción por tipo de red vial

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

Fuente: FAO, 2015 (adaptado en base a Banco Mundial, 1995)

provincia de Entre Ríos con la de Santa Fe el Túnel subfluvial Raúl Uranga-Carlos Sylvestre que une las capitales de ambas provincias, y el puente Rosario-Victoria. Con la provincia de Buenos Aires, la principal conexión es el Complejo Ferroviario Zárate-Brazo Largo y, en el límite con la provincia de Corrientes, hay tres puentes que cruzan el río Guayquiraró, dos (uno carretero y otro ferroviario) que cruzan el río Mocoretá y otros dos que cruzan el arroyo Tunas.

**Red ferroviaria**

Con relación a los ferrocarriles, la capa vectorial que se utilizó fue suministrada por SIG250 del IGN (Mapa 4). La ponderación otorgada a las vías férreas fue de 0,72 (72% de accesibilidad), equivalente a una calzada de camino consolidado.

En las últimas décadas, la actividad ferroviaria se redujo significativamente. Servicios de traslado de pasajeros han vuelto a implementarse incipientemente en ese ramal y en otros internos de la provincia. Hay un total de 2 000 km de vías de trocha media, correspondientes al Ferrocarril General Urquiza.

**Ejidos urbanos**

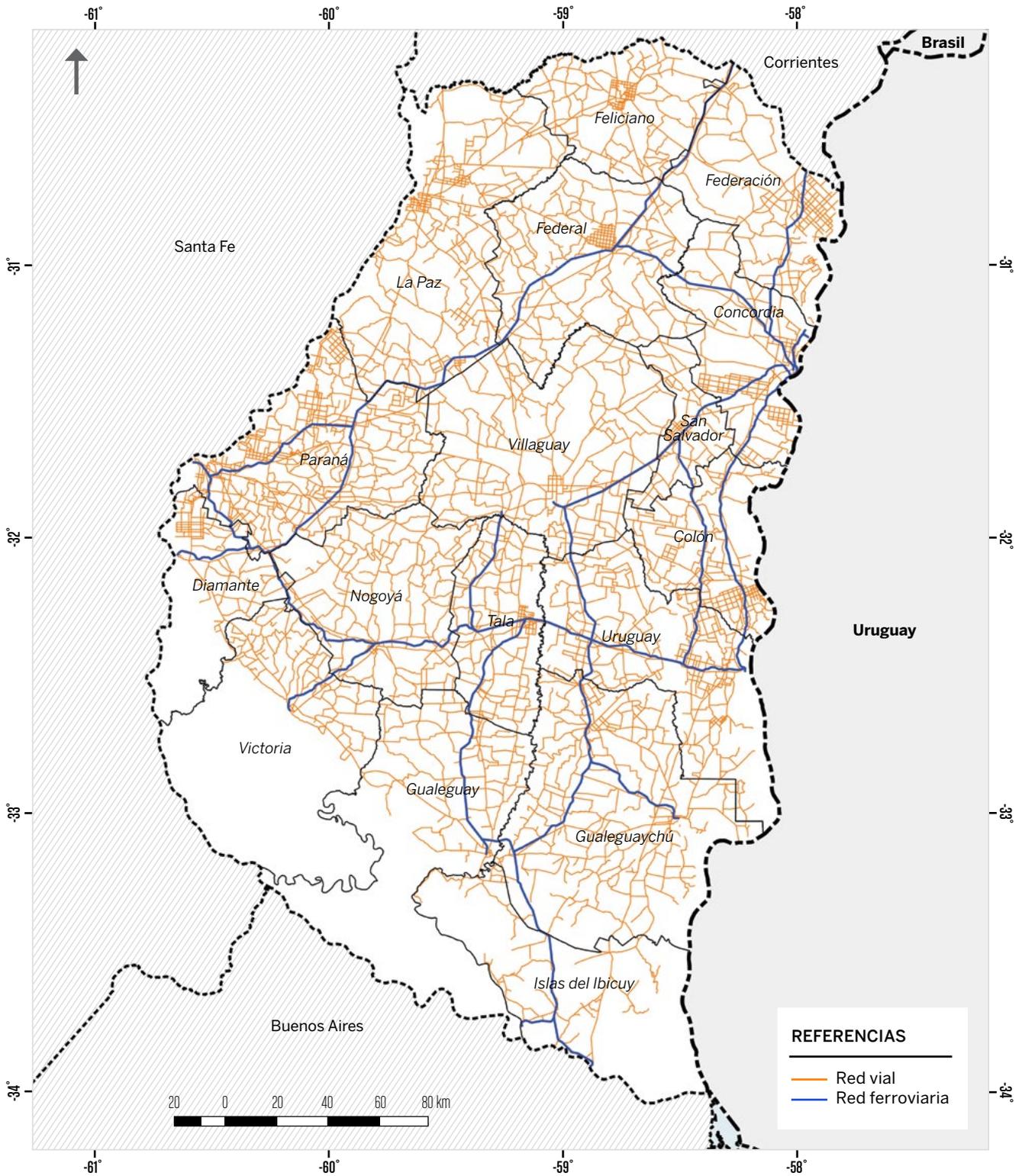
La geometría de los ejidos urbanos de Entre Ríos fue extraída a partir del CNPHYV (INDEC, 2010) (Mapa 5), que discrimina con alta precisión estos espacios. En el análisis espacial, se consideró que la accesibilidad a los recursos biomásicos en los ejidos urbanos es del 100% (coeficiente 1).

La población de la provincia no se concentra en un centro urbano principal, sino que se encuentra dispersa en todo el territorio. Igualmente, se destacan el aglomerado urbano Gran Paraná (comprende las localidades de Paraná, Oro Verde, San Benito, Colonia Avellaneda y Sauce Montrul) y la ciudad de Concordia.

**Parajes rurales**

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

Mapa 4. Distribución de las redes vial y ferroviaria



Fuente: Adaptado en base al SIG250 (IGN)

### *Pendiente del terreno*

Se creó un mosaico a partir de siete escenas correspondientes al MDE provistas por el IGN. El MDE fue utilizado como insumo para realizar un mapa de pendientes (mapa de fricción o impedancia) que sirvió para estimar el costo acumulado de una variable en el espacio (red vial, ferrocarriles, ejidos urbanos y parajes rurales). También se tuvo en cuenta la vasta superficie de ríos que tiene la provincia, que le permite tener alta navegabilidad, como se muestra en el Mapa 5.

En el Mapa 6 se observa que Entre Ríos presenta niveles medios y altos de accesibilidad física donde se encuentran los principales centros urbanos y la mayor densidad de rutas pavimentadas, donde no se exhiben mayores restricciones de acceso a los recursos biomásicos, de acuerdo a los criterios tomados en consideración.

Las principales localidades y sus áreas de influencia presentan una accesibilidad del 100%. Hacia el sur, en el área del Delta, los niveles de accesibilidad disminuyen en virtud de la hidrología de la zona y una baja densidad de centros poblados y de vías de comunicación.

### **5.2.II Accesibilidad legal**

Este es un parámetro espacial que define la accesibilidad a un determinado recurso biomásico con relación a las restricciones legales a las que está sujeta su explotación y su gestión comercial. Estas restricciones están impuestas sobre las áreas protegidas para la conservación de la naturaleza, tal como fue considerado en el WISDOM Argentina (FAO, 2009). Adicionalmente, en el desarrollo del WISDOM provincial se incluyó el OTBN. En este sentido, el mapa de accesibilidad legal correspondiente a la disponibilidad de los recursos biomásicos se constituyó integrando las distintas categorías de las áreas protegidas y del OTBN, con sus respectivas ponderaciones.

### *Áreas naturales protegidas*

Para generar la capa de restricción legal correspondiente a las áreas protegidas, se utilizó la capa respectiva provista por la provincia, ya que presentaba un buen detalle geométrico.

Un Área Natural Protegida (ANP) es un espacio físico de interés científico, educativo y cultural por sus características paisajísticas y sus riquezas de fauna y flora autóctonas. Estos lugares son objeto de especial protección y conservación de muestras de los ambientes naturales representativos de unidades biogeográficas existentes en el territorio, que se deben sustraer y restringir de la libre intervención humana.

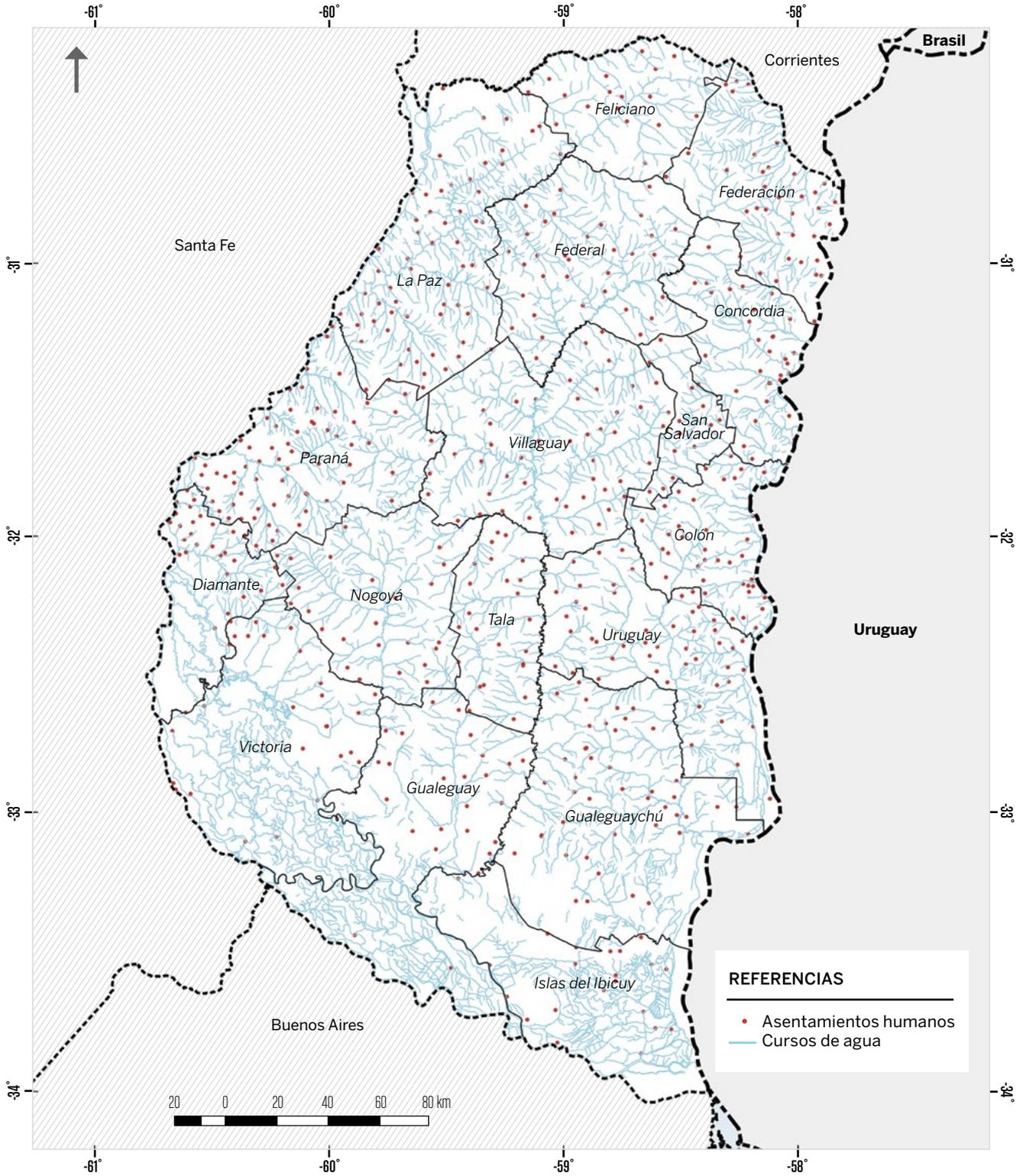
Existen en la provincia más de 40 áreas naturales protegidas (ANP), incluyendo dos parques nacionales, un sitio Ramsar y dos reservas ícticas intangibles: el Parque Nacional El Palmar (departamento de Colón, 8 200 ha, creado en 1966); el Parque Nacional Predelta (departamento de Diamante, 2 458 ha, creado en 1992) y el Sitio Ramsar Palmar Yatay (departamentos de Colón y San Salvador, 21 450 ha, declarado en 2011).

Las ANP, en Entre Ríos, son públicas y/o privadas, y se clasifican en: Parque Natural (PN); Monumento Natural (MN); Reserva Natural Manejada (RNM); Paisaje Protegido (PP) y Reserva de Uso Múltiple (RUM). En Entre Ríos las ANP abarcan en total 561 926 hectáreas.

Las públicas son: Carpincho (ANP), Escuela Juan Bautista Alberdi (ANP), Escuela Justo José de Urquiza (ANP), El Gato y Lomas Limpias (ANP), Vizcachita (ANP), Islote Coria (ANP), La Chinita (ANP), Montecito de Lovera (ANP), Parque Mutio (ANP), Isla de Victoria (ANP), Escuela Manuel Bernard (ANP). Abayuba (RN), Los Ombúes (RN), Isla del Puerto (RUM), Parque General San Martín (RUM). El Alisal (isla El Espinillo) (PP), Las Piedras (PP), Parque Ecológico Gazzano (PP), Balneario Thompson (PP), Camping Toma Vieja (PP), Arroyo de la Leche (PP y PN), Isla Banco de la Inés (PN), Reserva Natural Urbana Ribera Sur de Colón (PP y PN). Islote Municipal (MN). La Curtiembre (RM), San Carlos (RM),

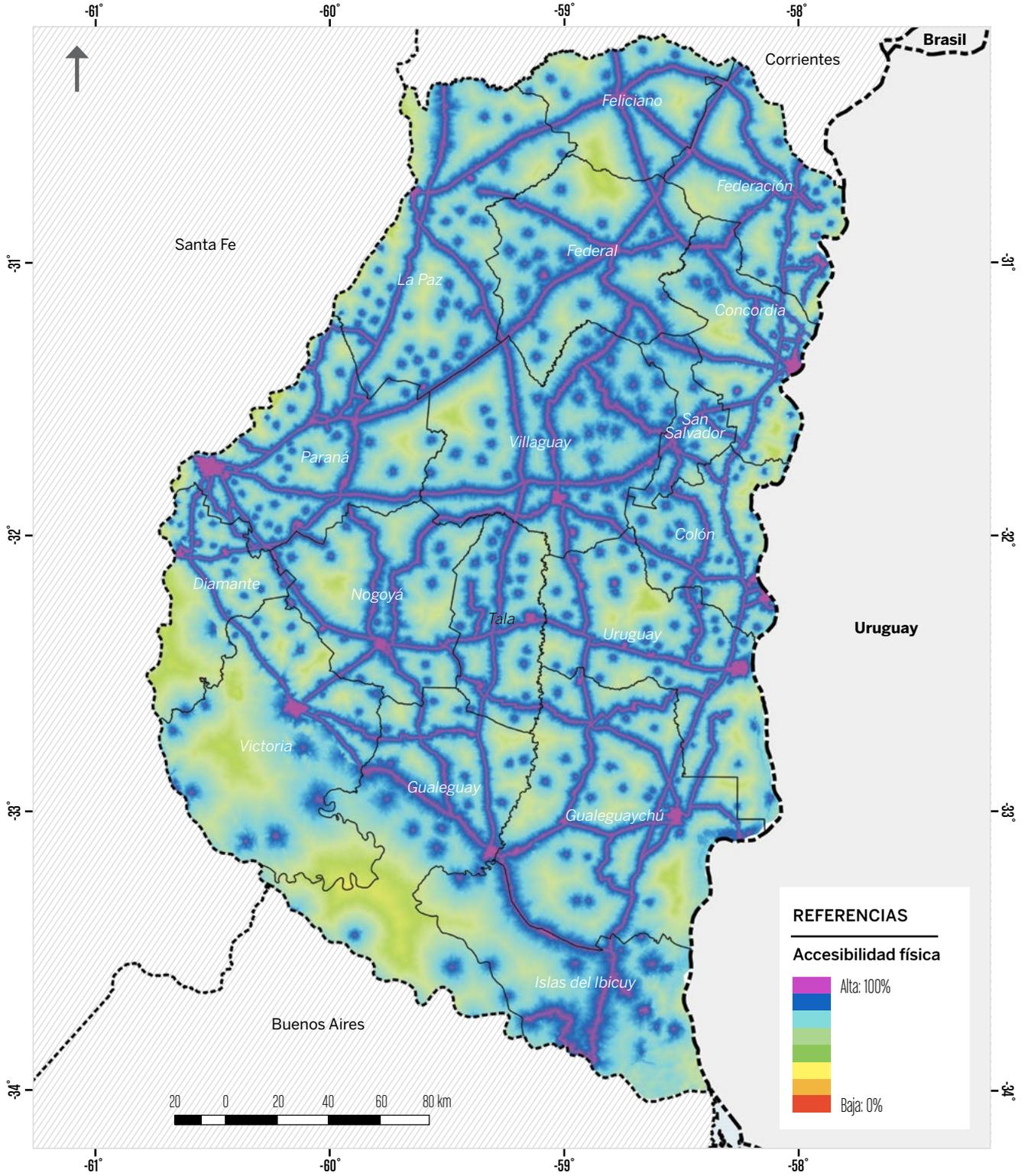
Las privadas son La Aurora del Palmar (ANP), La Lydia (ANP), El Naranjo (ANP), Malabrigo (PN), Centella (ANP), Reserva Natural Privada (ANP), San Juan y Los Gringos (ANP), El Potrero (ANP), Don Sebastián (ANP), El Carayá (ANP), Centinela (ANP), Santa Rosa (ANP), La Armonía (ANP), El Chajá (ANP), La Palma (ANP), Don Esteban (ANP),

Mapa 5. Asentamientos humanos y cursos de agua



Fuente: Adaptado en base al CNPhyV (INDEC, 2010)

Mapa 6. Accesibilidad física



Fuente: Elaborado por los autores

Estancia La Palma (ANP), Los Cerrillos (ANP), El Cimarrón (ANP), Mutio Mirta (ANP), Ñandú (ANP), Laguna del Yacaré (ANP), Taguató (ANP), San Patricio de Pago Largo (ANP), Palma Yatay (ANP), Don Justo (ANP), El Rincón (ANP), San José (ANP), La Estela (ANP), La República (ANP), Isla Osuna Sur (ANP), Isla Vilardebo (ANP).

### 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 los Bosques Nativos (OTBN). En dicho ordenamiento se definen tres categorías de conservación de la biodiversidad (Anexo I).

En este sentido, a las categorías del OTBN de la provincia se les asignó las ponderaciones de accesibilidad presentadas en el Cuadro 11.

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

Vale señalar que, según la ley, para hacer un aprovechamiento de los bosques nativos en áreas definidas como Amarillo es preciso tener un plan de

manejo forestal aprobado por la autoridad local de aplicación. En el caso de los bosques nativos en zonas Verde, para aprovecharlos se deberá cumplir con el procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

A partir de los insumos mencionados, se elaboró el mapa de accesibilidad legal, que muestra el acceso a los recursos biomásicos disponibles en Entre Ríos de acuerdo con las restricciones normativas.

En el Mapa 7 se observa que el centro norte de la provincia, sobre todo los departamentos de Federal, Feliciano y Villaguay, tiene alta proporción de zonas que no pueden ser aprovechadas legalmente ya que están incluidas dentro de la Categoría Rojo del OTBN. Las ANP se ubican en esta región y presentan una restricción total con respecto al aprovechamiento de biomasa con fines energéticos.

Otras áreas con accesibilidad restringida son los parques nacionales en Victoria, Diamante y Colón, categorizadas por distintos niveles de restricción (Categorías Rojo y Amarillo). Asimismo, se pueden observar las restricciones totales sobre las márgenes de los cursos de agua.

### 5.2.III Accesibilidad total

A partir de la conjunción de las restricciones físicas y legales se multiplicaron los coeficientes a efectos de construir el mapa de accesibilidad total incluyendo todas las limitaciones (Mapa 8). Las áreas no restringidas por ninguno permanecen en el mapa con valores de accesibilidad del 100%, mientras que las áreas donde la restricción es total fueron consideradas de accesibilidad nula.

La accesibilidad física estimada quedó restringida luego de integrarla con la accesibilidad legal. En la costa de los ríos Paraná y Uruguay no se exhiben mayores restricciones a los recursos biomásicos para su aprovechamiento energético (Mapa 9). La presencia de una densa red de infraestructura vial pavimentada y de centros poblados permite que los niveles de accesibilidad se encuentren siempre por encima del 70%, a excepción del área correspondiente al centro norte de la provincia y Victoria, que presenta restricciones legales en virtud de su protección.

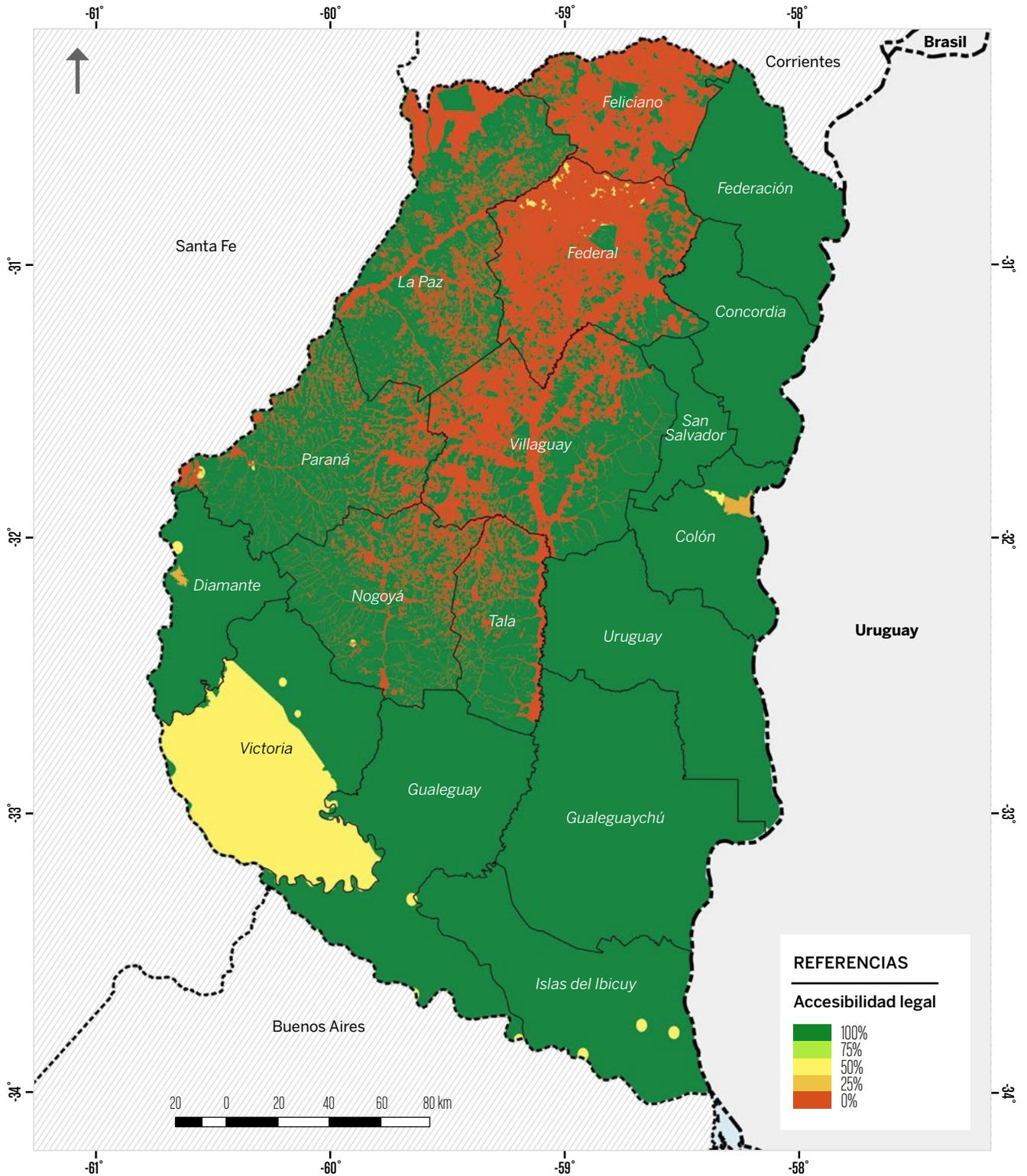
**Cuadro 11**

Coeficientes de restricción según OTBN

Categoría	Coeficiente
Rojo	0
Amarillo	0,5
Verde	1

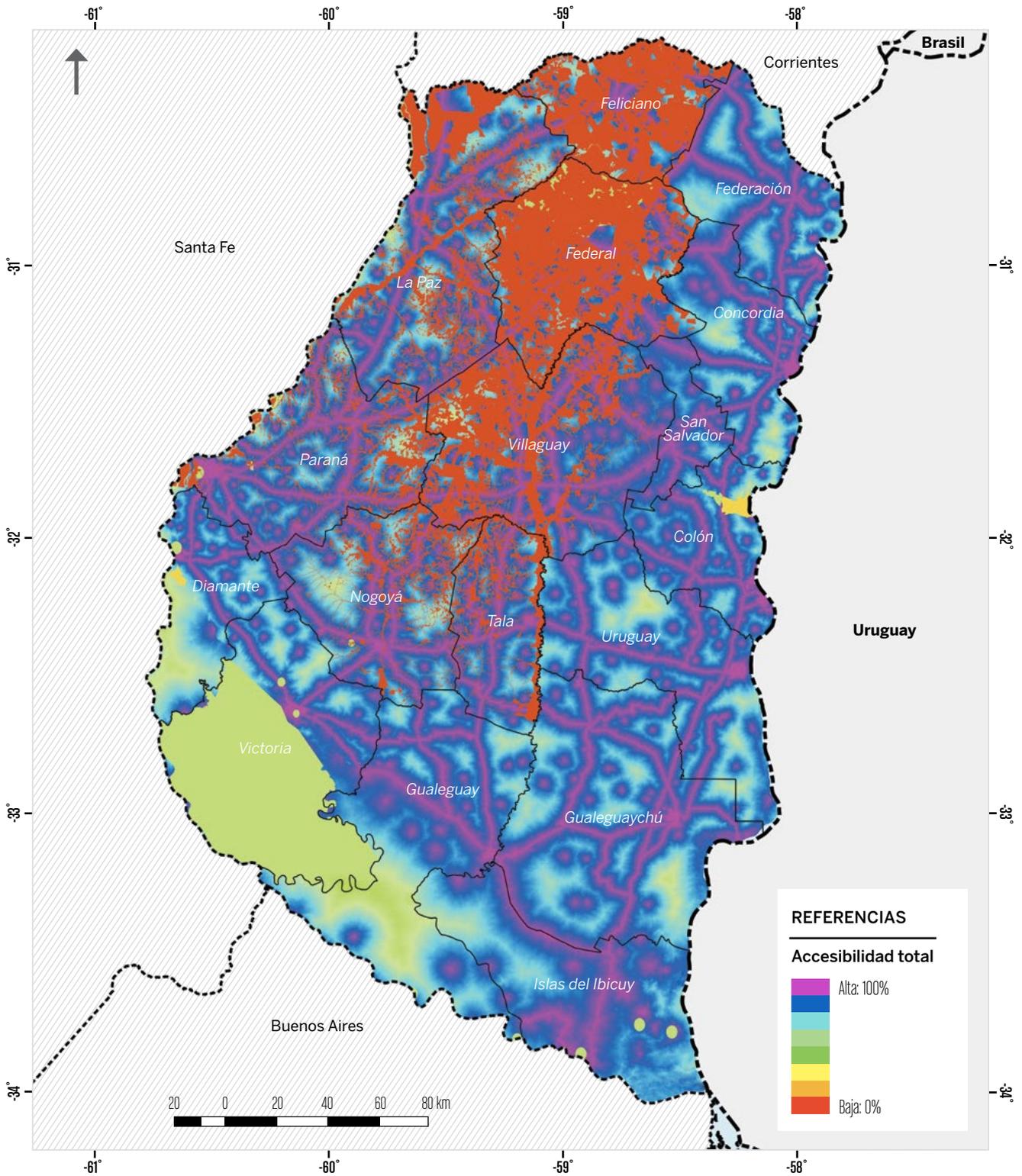
Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 7. Accesibilidad legal



Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 8. Accesibilidad total



Fuente: Elaborado por los autores

### **Síntesis de oferta directa accesible**

La oferta directa estimada de los bosques nativos se recalculó en función de la accesibilidad total. El resultado se muestra en el Mapa 9, donde se observa una reducción de la disponibilidad de biomasa con fines energéticos de las formaciones nativas en relación con las condiciones de accesibilidad y los valores totales estimados para los cultivos. En el Cuadro 15, puede apreciarse que Federación y Colón presentan los máximos valores de oferta directa accesible (517 372 y 469 636 t/año, respectivamente).

Las forestaciones y los cítricos son las principales fuentes, ya que aportan casi el 96% de la biomasa accesible en la provincia, con 1 322 244 t/año.

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

Se entiende por oferta indirecta la biomasa que resulta de un proceso de transformación industrial. Este residuo o subproducto, a diferencia de la biomasa considerada como oferta directa, se encuentra concentrado espacialmente (FAO, 2016b).

En Entre Ríos, la oferta indirecta está determinada por subproductos generados en aserraderos, procesadoras de jugo y procesadoras de nuez pecán (Mapa 10). Para cumplir el objetivo de este módulo, que consistió en evaluar la disponibilidad de biomasa para producción de energía a partir de información de las actividades productivas mencionadas, se consiguieron datos de 187 aserraderos, 4 procesadoras de jugo y 5 procesadoras de nuez pecán.

#### **5.3.1 Aserraderos**

En el noreste de Entre Ríos hay cerca de 200 industrias que trabajan casi en su totalidad con madera de eucalipto. El destino principal es el aserrado, actividad en la que predominan las pequeñas industrias que utilizan madera corta y producen embalajes, pallets y cajones.

En la zona de Entre Ríos, para aserrado de tablas, se citan valores de rendimiento de entre 0,4 y 0,5 m<sup>3</sup> de tabla larga por tonelada de rollizo ingresada (30 y 48%, respectivamente). En el caso de los pequeños aserraderos que trabajan con made-

ra corta, los rendimientos son mayores (0,47 y 0,57 m<sup>3</sup> de tabla por tonelada de rollizo).

Los datos se obtuvieron de industrias de los departamentos de Colón, Concordia y Federación. Los residuos de los aserraderos proporcionan aproximadamente 33 500 t/ha de aserrín y 83 000 t/ha de residuos de costaneros y despuntes.

#### **5.3.2 Procesadoras de jugo**

Para obtener los residuos de la industria citrícola se consultó a seis procesadoras de jugo de la provincia: Litoral Citrus SA, Cooperativa de provisión, transformación y comercialización citrícola del noreste entrerriano LTDA, RPB SA, Baggio, Citric y ECA SA. Estas empresas producen entre 12 000 y 25 300 t al año de residuos (cáscara) por año. En conjunto, totalizan 108 123 t anuales.

#### **5.3.3 Procesadoras de nuez pecán**

La etapa industrial de la nuez pecán consiste en el secado, pelado y envasado. Se obtienen cuartos, medios y nueces partidas, proceso que puede hacerse en forma manual o mecánica. Las nueces son comercializadas con destino a la industria alimentaria, generalmente al por mayor, a través de distribuidores o grandes cadenas de retail y fábricas de alimento, cosmética, química, entre otras (UCAR, 2017). Para este análisis se obtuvo el dato de residuo de cáscara de la nuez para cinco plantas procesadoras.

#### **Síntesis de oferta indirecta**

De acuerdo a lo descrito, se integraron los resultados de las estimaciones de residuos susceptibles de aprovechamiento energético de aserraderos, procesadoras de jugo y procesadoras de nuez pecán. En el Mapa 10 se observa la distribución espacial de estas fuentes de oferta indirecta de biomasa, que se concentran en los departamentos de Federación, Colón y Concordia. El valor máximo obtenido de este análisis corresponde a los aserraderos y procesadoras de jugo (115 408 y 108 123 t/año, respectivamente) y el menor a las procesadoras de nuez pecán (Cuadro 13).

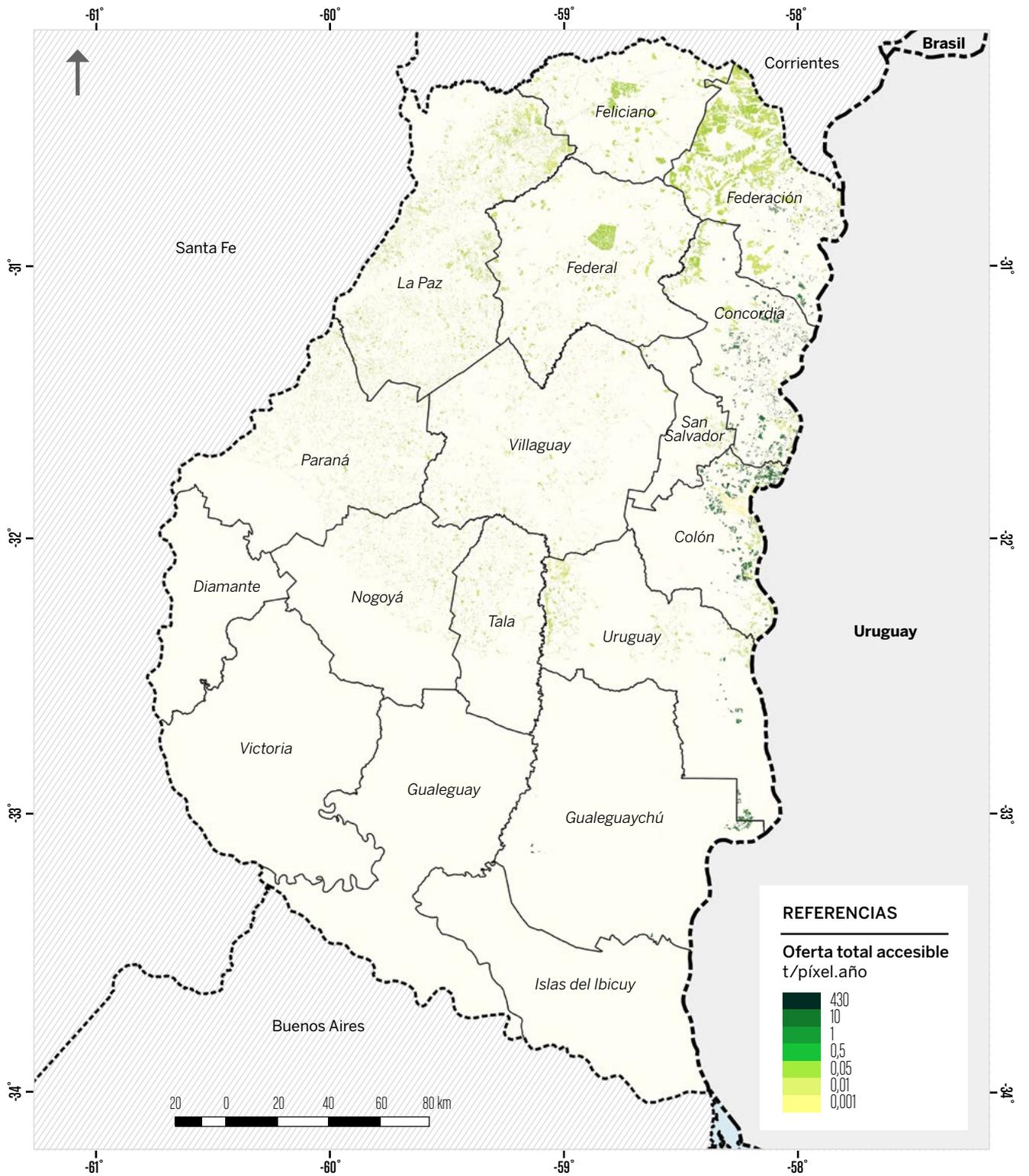
**Cuadro 12**

Oferta directa accesible de cultivos y bosques nativos por departamento (t/año)

Departamento	Forestaciones	Cítricos	Bosques nativos	Arándanos	Pecán	Total
Colón	467 847	1 789	0	0	0	469 636
Concordia	184 550	105 336	0	6 199	765	296 850
Diamante	0	0	0	0	0	0
Federación	53 211	449 087	15 074	0	0	517 372
Federal	0	0	5 544	0	0	5 544
Feliciano	0	0	4 492	0	0	4 492
Gauleguay	0	0	0	0	0	0
Gauleguaychú	25 224	0	0	0	0	25 224
Islas del Ibicuy	0	0	0	0	0	0
La Paz	0	0	11 424	0	0	11 424
Nogoyá	0	0	2 019	0	0	2 019
Paraná	0	0	4 150	0	0	4 150
San Salvador	5 850	0	630	0	0	6 480
Tala	0	0	1 800	0	0	1 800
Uruguay	29 350	0	2 457	0	0	31 807
Victoria	0	0	0	0	0	0
Villaguay	0	0	3 440	0	635	4 075
<b>Subtotal</b>	<b>766 032</b>	<b>556 212</b>	<b>51 030</b>	<b>6 199</b>	<b>1 400</b>	
<b>Total</b>						<b>1 380 873</b>

Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 9. Oferta directa accesible



Fuente: Elaborado por los autores

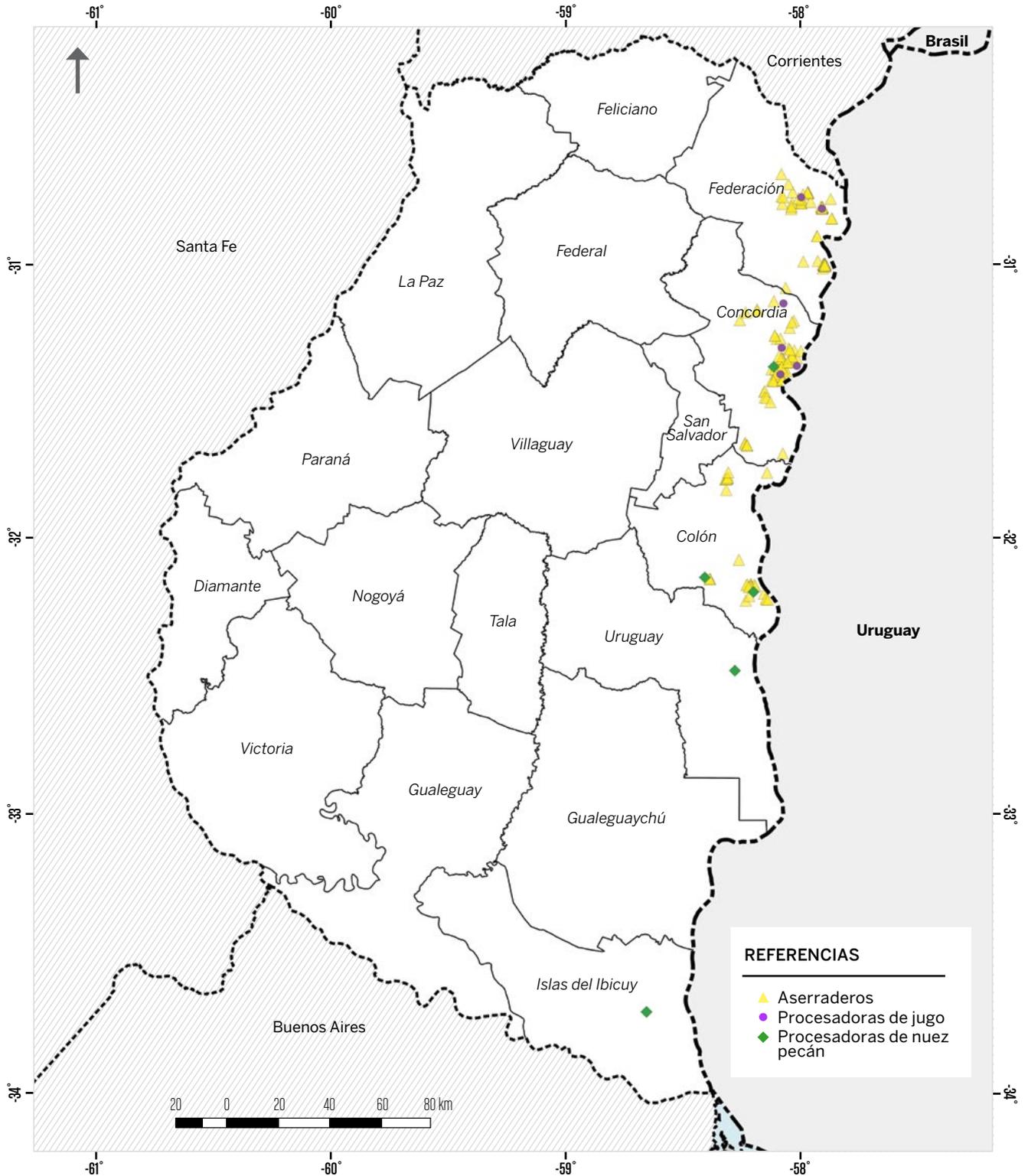
**Cuadro 13**

Oferta indirecta por fuente y departamento

Departamentos	Oferta Indirecta (t/año)			
	Aserraderos	Procesadoras jugo	Procesadoras pecán	Total
Colón	13 371,2	0,0	74,0	13 445,2
Concordia	42 919,7	70 823,0	3,0	113 745,7
Diamante	0,0	0,0	0,0	0,0
Federación	59 117,4	37 300,0	0,0	96 417,4
Federal	0,0	0,0	0,0	0,0
Feliciano	0,0	0,0	0,0	0,0
Gualeguay	0,0	0,0	0,0	0,0
Gualeguaychú	0,0	0,0	0,0	0,0
Islas del Ibicuy	0,0	0,0	36,0	36,0
La Paz	0,0	0,0	0,0	0,0
Nogoyá	0,0	0,0	0,0	0,0
Paraná	0,0	0,0	0,0	0,0
San Salvador	0,0	0,0	0,0	0,0
Tala	0,0	0,0	0,0	0,0
Uruguay	0,0	0,0	37,0	37,0
Victoria	0,0	0,0	0,0	0,0
Villaguay	0	0	0	0,0
<b>Total</b>	<b>115 408</b>	<b>108 123</b>	<b>150</b>	<b>223 681</b>

Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 10. Aserraderos, procesadoras de jugo y procesadoras de nuez pecán



Fuente: Elaborado por los autores

### **Residuos provenientes del procesamiento de arroz**

Entre Ríos concentró prácticamente el 80% del procesamiento total de arroz del país durante 2015, y participó con el 37% de la producción nacional, según el Informe de Coyuntura de la Cadena del Arroz (MINAGRO, 2016), lo que implica que procesa también arroz de otras provincias. La cáscara generada de la molienda 2016 en Entre Ríos se estima en 172 000 t, de acuerdo con una comunicación personal con la Cámara de Industriales Arroceros de Entre Ríos (CIAER). Sin embargo, desde la entidad se indicó que este subproducto se destina en su mayoría a la industria avícola de parrilleros como cama de pollo, por lo que en este trabajo se optó por no considerarla como una oferta de biomasa.

### **5.4 Módulo de demanda**

La biomasa como recurso energético ha sido utilizada a lo largo de la historia con diferentes fines. Estos usos responden tanto a patrones tradicionales como a factores ecosistémicos, socioeconómicos y técnicos. 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 factores, hacen de su empleo una necesidad fundamental, ya que es una de las fuentes energéticas más accesibles. Su uso más generalizado es la combustión directa (FAO, 2016a).

Históricamente, el uso energético de la biomasa en el sector doméstico tuvo como objetivo hacer frente a las condiciones climáticas, cocinar los alimentos, calentar agua e iluminar. En el sector industrial, los recursos biomásicos han tenido diversas finalidades de acuerdo con la actividad productiva desarrollada. Particularmente, en Entre Ríos se utiliza en la industria ladrillera, que en el proceso de cocción del ladrillo emplea leña como principal recurso.

Con relación al consumo 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 la demanda.

En cuanto al consumo de biomasa en el sector público, se encuentra representado por las escuelas rurales que utilizan leña para la cocción de alimentos de su comedor (FAO, 2016c), pero no se tuvo en cuenta en este análisis por no disponerse de información confiable sobre la cantidad de establecimientos que consumen leña en la provincia.

#### **5.4.1 Sector residencial**

En el ámbito doméstico, se usa biomasa como combustible para la cocción de alimentos, la provisión de agua caliente para uso sanitario, la calefacción y, en menor medida, para iluminar.

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

Debido a la ausencia de datos, se estimó el consumo de leña (y el equivalente de biomasa en carbón vegetal) en los hogares a partir de WISDOM Argentina (FAO, 2009), donde se considera que una persona consume un total de 0,75 t/año. Este coeficiente pretende compensar el total de hogares que, si bien utilizan otros combustibles para cocinar, consumen combustibles leñosos para calefaccionarse.

#### **5.4.2 Sector industrial**

##### **Ladrilleras**

La producción de ladrillos en Entre Ríos se localiza particularmente en los departamentos más poblados, como Concordia, Paraná y Gualeguaychú. Puede realizarse mediante métodos artesanales, basados en el trabajo manual (modalidad predominante en la región nororiental y oriental) o por procedimientos mecanizados (prevaleciente en el sur de la provincia). En ambos métodos, la etapa de cocción se realiza en hornos cuyo insumo principal es la leña.

Para esta industria, no se cuenta con datos censales, pero se estima que hay 600 ladrilleras y adoberas que fabrican aproximadamente 129 000 ladrillos al año (comunicación personal con la

Unión Obrera Ladrillera de la República Argentina, seccional Entre Ríos). El consumo de biomasa es de 0,34 kg de leña por ladrillo, lo cual determina una demanda total de 413 758 t de leña al año por ladrillera (Cuadro 17).

### Ladrilleras

En Entre Ríos hay varias procesadoras de jugo, aunque solo una compañía utiliza el residuo para su propio consumo, por ejemplo en las calderas. Es por esto que en el Cuadro 14 se muestran solo datos del departamento Federación, con una demanda de 5 280 t/año.

Como muestran el Mapa 11 y el Cuadro 14, la demanda se concentra en áreas urbanas y periurbanas del sistema metropolitano de Concordia y Paraná, y posee un patrón espacial que se corresponde con los principales ejes urbanos de la provincia. La demanda residencial es la que presenta los mayores valores de consumo.

### 5.5 Módulo de integración de la oferta y la demanda

El balance entre la oferta potencial y el consumo actual estimado de biomasa permite obtener un

mapa de disponibilidad de estos recursos que facilita la identificación de áreas deficitarias y zonas de superávit.

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

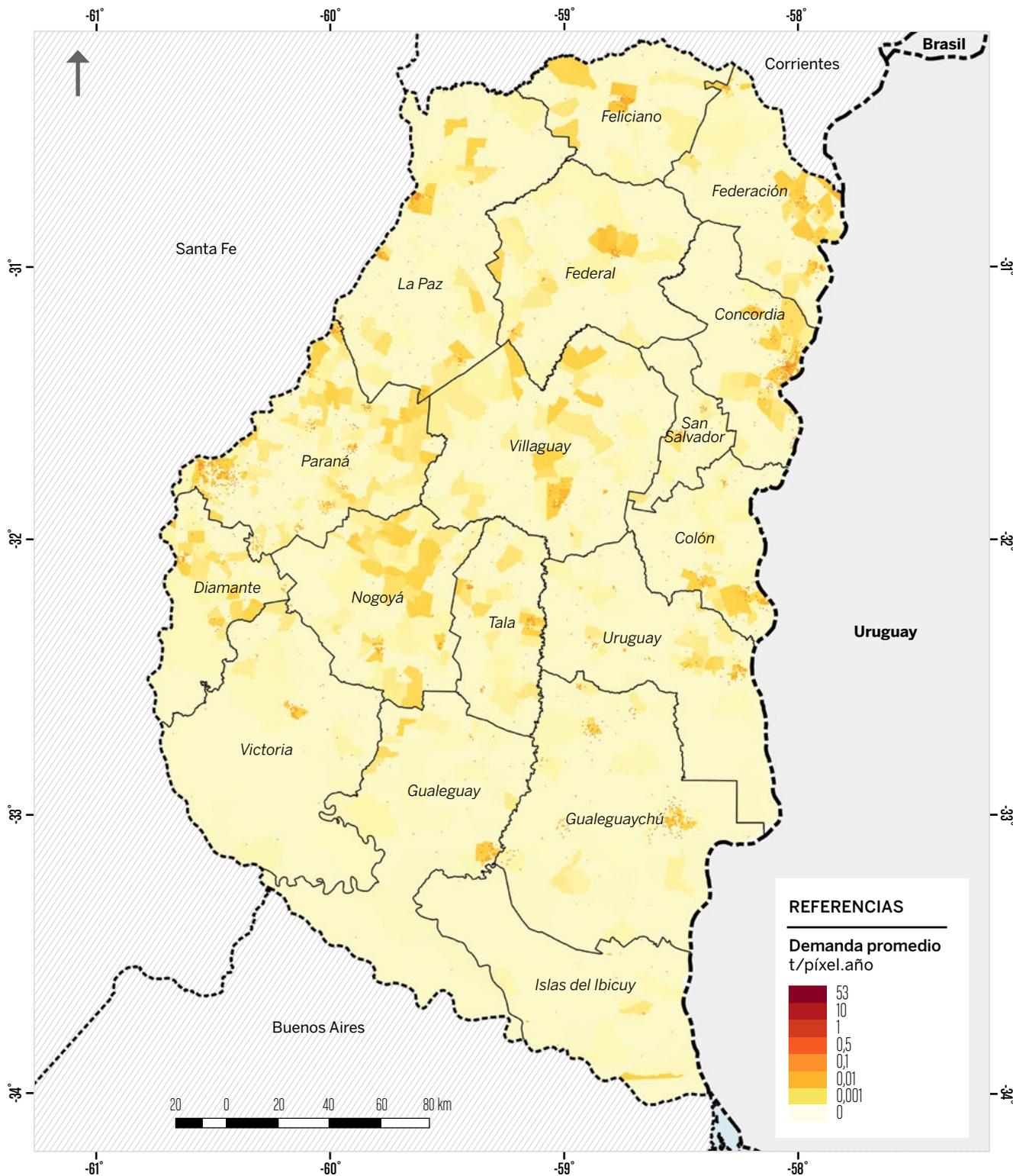
Otra forma de representarlo para poder visualizar espacialmente esta relación es realizar un balance promedio focalizado, en el que se promedian los valores de los píxeles comprendidos en ventanas de 20 píxeles de lado, o sea, una ventana de 800 m de lado (64 ha).

El resultado de la estimación del balance focalizado se muestra en el Mapa 12, donde se observa que el mayor potencial energético se encuentra en el área oeste de la provincia, debido, principalmente, a los aportes de oferta directa e indirecta de biomasa, derivada de los residuos de las plantaciones forestales y cítricos. Así, se obtuvo un balance positivo de 1 413 895 t/año (Cuadro 15). Estos resultados también pueden apreciarse en el Mapa 13, donde se estimó el balance por radios censales. En este último mapa se puede ver con mayor claridad que el sur de la provincia es el que presenta un mayor déficit de biomasa con fines energéticos.



© Secretaría de Gobierno de Agroindustria

Mapa 11. Demanda total de biomasa



Fuente: Elaborado por los autores

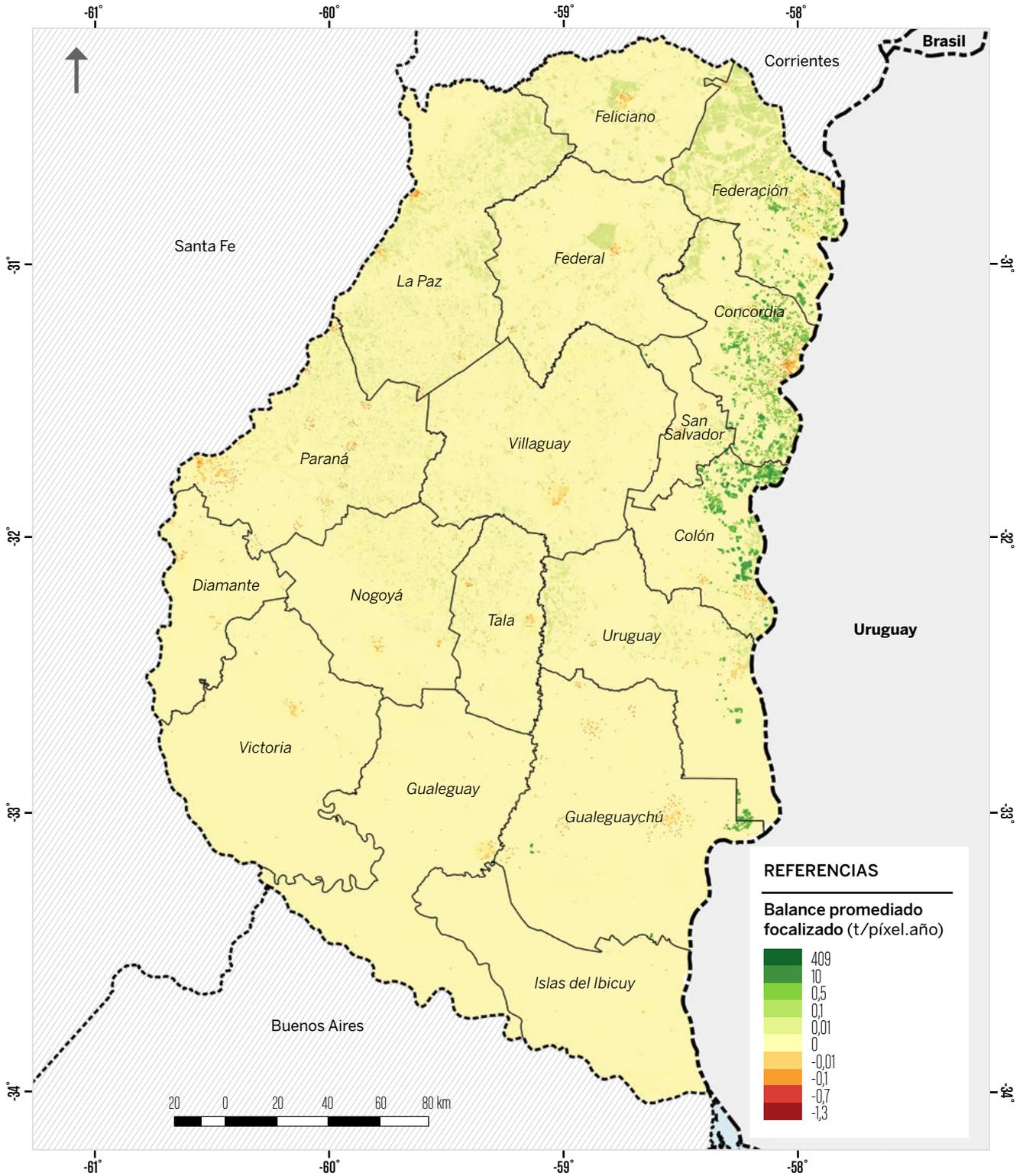
**Cuadro 14**

Demanda de biomasa por tipo y departamento

Departamento	Demanda (t/año)			
	Residencial	Ladrilleras	Procesadoras de jugo	Total
Colón	1672,1	875,2	0	2547,3
Concordia	78893,0	5951,3	0	84844,2
Diamante	1753,0	1094,0	0	2847,0
Federación	45637,0	875,2	5280	51792,3
Federal	1863,3	481,4	0	2344,8
Feliciano	1582,4	481,4	0	2063,8
Gualeguay	1069,4	437,6	0	1507,0
Gualeguaychú	5679,3	5032,2	0	10711,5
Islas del Ibicuy	221,8	0	0	221,8
La Paz	3198,8	1094,1	0	4292,9
Nogoyá	1717,8	481,4	0	2199,1
Paraná	8758,9	6520,0	0	15278,9
San Salvador	1113,7	875,2	0	1988,9
Tala	1157,3	437,6	0	1595,0
Uruguay	1492,7	875,2	0	2367,8
Victoria	1018,5	393,8	0	1412,4
Villaguay	2207,0	437,6	0	2644,6
<b>Total</b>	<b>159036,0</b>	<b>26343,2</b>	<b>5280,0</b>	<b>190659,3</b>

Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 12. Balance promedio focalizado



Fuente: Elaborado por los autores

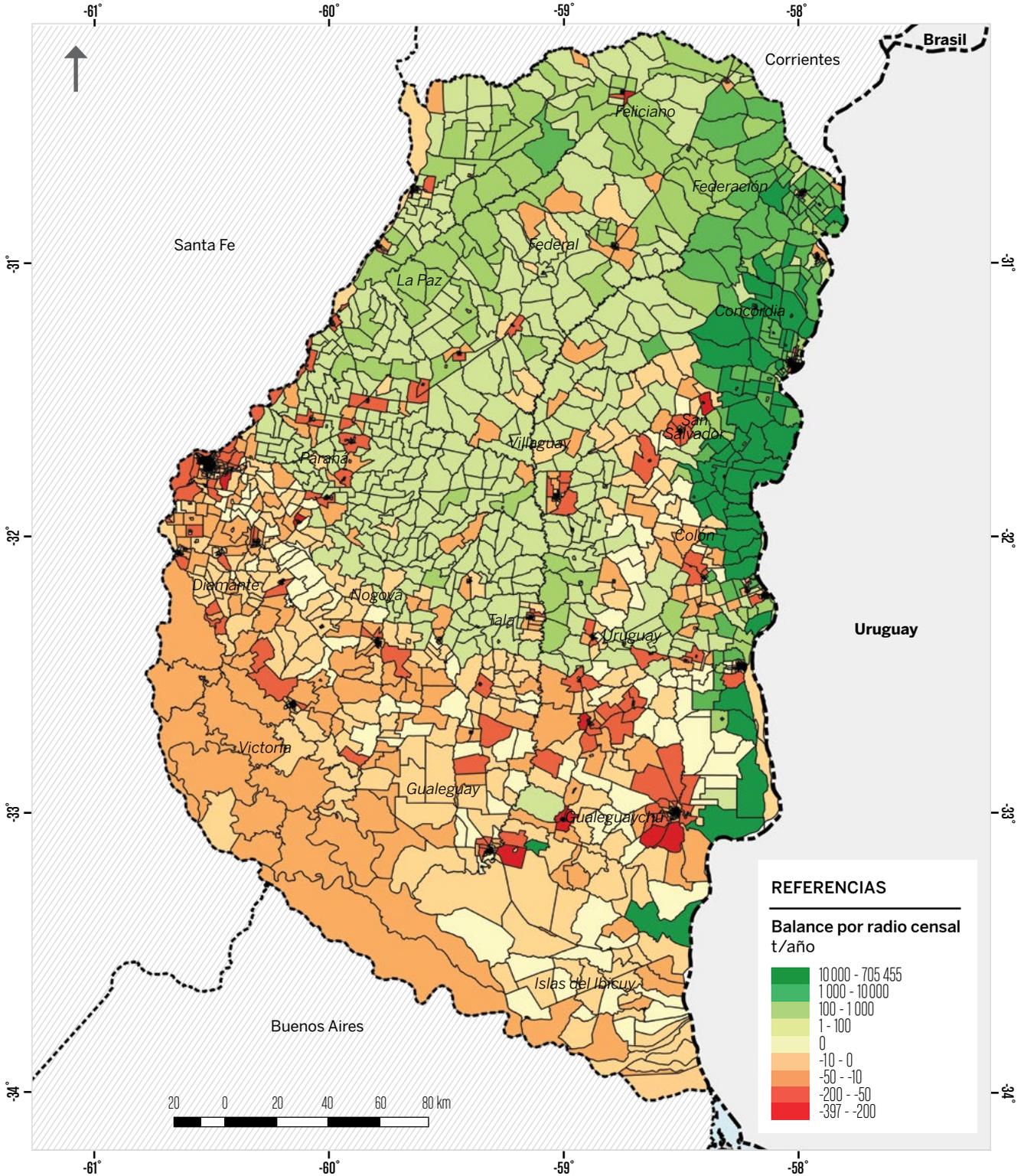
**Cuadro 15**

Oferta directa accesible, oferta indirecta, demanda y balance por departamento

Departamento	Oferta directa	Oferta indirecta	Demanda	Balance
Colón	469 636	13 445	2 547	480 534
Concordia	296 850	113 746	84 844	325 752
Diamante	0	0	2 847	-2 847
Federación	517 372	96 417	51 792	561 997
Federal	5 544	0	2 345	3 199
Feliciano	4 492,4	0	2 064	2 428
Gualeguay	0	0	1 507	-1 507
Gualeguaychú	25 224	0	10 712	14 512
Islas del Ibicuy	0	36	222	-186
La Paz	11 424	0	4 293	7 131
Nogoyá	2 019	0	2 199	-180
Paraná	4 150	0	15 279	-11 129
San Salvador	6 480	0	1 989	4 491
Tala	1 800	0	1 595	205
Uruguay	31 807	37	2 368	29 476
Victoria	0	0	1 412	-1 412
Villaguay	4 075	0	2 644	1 431
<b>Total</b>	<b>1 380 873</b>	<b>223 681</b>	<b>190 659</b>	<b>1 413 895</b>

Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 13. Balance por radio censal



Fuente: Elaborado por los autores

# 6. MÓDULO DE OFERTA DE BIOMASA HÚMEDA



- 
- 6.1 *Feedlots*
  - 6.2 Criaderos porcinos
  - 6.3 Tambos
  - 6.4 Plantas avícolas de incubación
  - 6.5 Granjas avícolas
  - 6.6 Frigoríficos

---

---

**Para estimar la producción potencial de biogás en Entre Ríos, se consideraron los efluentes de las granjas de pollos parrilleros y gallinas ponedoras, de los tambos y *feedlots* y de los criaderos porcinos, así como de los frigoríficos de faena.**

---

El procedimiento para estimar la oferta de biomasa húmeda fue el mismo para todas las provincias donde se usó la metodología WISDOM. Para llevar a cabo este análisis se consideraron los efluentes de origen orgánico resultantes de actividades agropecuarias intensivas e industriales.

La fracción orgánica de la biomasa húmeda se transforma a partir de un proceso natural de descomposición biológica, en presencia (aeróbica) o en ausencia (anaeróbica) de oxígeno. A partir de este último proceso se puede obtener bioenergía, mediante la utilización del metano ( $\text{CH}_4$ ) producido. La digestión anaeróbica es un proceso biológico que puede ser utilizado como un sistema de recuperación de energía y nutrientes contenidos en la materia orgánica. En él interviene un grupo de microorganismos que transforman la materia orgánica en una mezcla de gases (fundamentalmente  $\text{CH}_4$  y dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ ) conocida como biogás y en un efluente denominado digerido, que contiene macro y micronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, entre otros).

El valor energético del biogás depende principalmente del contenido de  $\text{CH}_4$ , que varía entre 50 y 75%. El digestato obtenido puede utilizarse como

mejorador del suelo, ya que presenta excelentes características agronómicas, lo que permite el aumento de la fertilidad química de los suelos y, por lo tanto, la sustitución de algunos agroquímicos de origen sintético (FAO, 2016).

El proceso de digestión anaeróbica se realiza en contenedores herméticamente cerrados, denominados reactores, biodigestores o fermentadores. La digestión anaeróbica es un proceso que puede ocurrir en residuos ganaderos y agrícolas, así como en los provenientes de las industrias de transformación de productos agropecuarios. Por su diseño y funcionamiento, los biodigestores permiten la codigestión con otras materias primas, como los recursos biomásicos provenientes de cultivos bioenergéticos, lo que garantiza el suministro de combustible a la planta de generación. Este tratamiento permite aprovechar la complementariedad de las composiciones de los distintos sustratos con el fin de lograr perfiles de procesos eficientes.

La implementación de la biodigestión anaeróbica surge como alternativa a la disposición inadecuada de los efluentes de actividades pecuarias, ya que un manejo inadecuado de los mismos puede producir contaminación del suelo, del aire y de los

cuerpos de agua. Durante el proceso de descomposición de estos residuos se liberan  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$  a la atmósfera, y el vertido de los efluentes a los cuerpos de agua produce contaminación por su alta carga orgánica. Los microorganismos que participan en el proceso de descomposición de la materia orgánica utilizan el oxígeno ( $\text{O}_2$ ) disuelto afectando al resto del ecosistema acuático.

Asimismo, por la composición química que suele tener este tipo de sustratos (alto contenido de sales minerales y en especial de nitrógeno), al degradarse la materia orgánica se forman compuestos volátiles como  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ , lo que produce altas concentraciones de nitrógeno en el agua y genera una elevada proliferación de algas, favoreciendo la eutrofización.

El proceso de biodigestión es muy versátil debido a la variedad de fuentes de biomasa que se pueden utilizar. Una aplicación estándar de estos sistemas puede contribuir a la generación de energías limpias y, en algunos casos, al autoabastecimiento energético de muchas actividades productivas.

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

- Uso de energía renovable.
- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ ).
- Reducción de la contaminación de cuerpos de agua y de la proliferación de vectores de enfermedades; mejora de las condiciones higiénico-sanitarias de la zona.
- Independencia en el abastecimiento de energía reemplazando total o parcialmente a los combustibles fósiles.
- Fomento del desarrollo regional mediante nuevas actividades y técnicas agropecuarias.
- Aprovechamiento de los subproductos derivados de la producción agroalimentaria.

- Beneficios económicos para productores locales e inversores.
- Contribución al arraigo de las poblaciones rurales al promover nuevas actividades económicas.
- Generación de infraestructuras y servicios para satisfacer las necesidades básicas de los productores y habitantes.
- Especialización de la mano de obra.
- Mejora de la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Si se tienen en cuenta los sectores productivos más relevantes de Entre Ríos, las materias primas que se pueden considerar para la producción de biogás son los efluentes de las actividades de cría y explotación de ganado bovino y porcino, de la producción de pollos parrilleros y gallinas ponedoras, de la industria láctea, de las industrias frigoríficas (aviar, bovina y porcina), así como residuos de las plantas de incubación, de la actividad citrícola, entre otras.

Cabe destacar que para el presente análisis solo se han tenido en cuenta los residuos ganaderos, bovinos, porcinos y aviares. Asimismo, para el caso de las producciones ganaderas, se consideró una restricción de carácter estructural que es el tipo de producción, ya que el mismo tiene incidencia directa en la disposición del residuo o recurso. Por tal motivo, se contempló únicamente la forma de producción intensiva debido a que simplifica las tareas de recolección del estiércol, purines y efluentes, lo que garantiza el abastecimiento continuo del sustrato en los biodigestores.

Para el caso de las producciones ganaderas, las estimaciones se llevaron a cabo a partir de datos del SENASA de octubre del 2015. La misma fue facilitada con la localización de cada establecimiento y número de cabezas. En base a estos datos se realizaron los cálculos de la oferta por tipo de actividad: porcinos y bovinos (*feedlot* y *tambo*). Para estimar los residuos generados por cabeza y por tipo de producción se utilizó el criterio aplicado por Flores Marco *et al.* (2009).

### 6.1 Feedlots

Para los *feedlots* bovinos se estimó un residuo potencial de 23,9 kg de estiércol fresco por día por animal, que al multiplicarlo por la cantidad de días del año dio como resultado 8 708 kg/año/animal (Mapa 14).

### 6.2 Criaderos porcinos

En el caso de los establecimientos porcinos se calculó un residuo potencial de 3,4 kg de estiércol fresco/día/animal, que al multiplicarlo por la cantidad de días del año dio por resultado 1 241 kg de estiércol fresco/año/animal (Mapa 15).

### 6.3 Tambos

Para los establecimientos tamberos se contemplaron 3 kg/día/animal, ya que sólo se considera la cantidad de residuo que puede ser recolectado cuando la vaca se encuentra en el proceso de ordeño. El valor estimado anual fue de 1095 kg de estiércol fresco/año/animal (Mapa 16).

En el Cuadro 16, se pueden observar los valores obtenidos para cada tipo de establecimiento.

Se adoptó como poder calorífico del biogás 5 500 kcal/m<sup>3</sup> y para el factor de conversión a tonelada equivalente de petróleo (tep) se utilizó 10<sup>7</sup> kcal por cada tep.

En el Cuadro 20 se muestran los resultados de las estimaciones de *feedlots*, tambos y establecimientos porcinos, que alcanzan un potencial total de 7 322 tep/año con las tres fuentes de biomasa húmeda.

Como se observa en el Cuadro 17, los criaderos porcinos tienen el mayor potencial de generación de biogás de las tres fuentes analizadas, aunque con una mayor dispersión territorial (Mapa 15). Por el contrario, los tambos se concentran en la región central de la provincia (Mapa 16) con un menor potencial. En cuanto a los *feedlots* bovinos, son la fuente con menor potencial de biogás y con una dispersión territorial que comprende toda la provincia (Mapa 14).

### 6.4 Plantas avícolas de incubación

Entre Ríos cuenta con 20 plantas de incubación de las 90 inscriptas a nivel nacional, según el Registro

## Cuadro 16

Estimación del potencial de generación de biogás por tipo de establecimiento

	Feedlots bovinos	Criaderos porcinos	Tambos
Biogás (m <sup>3</sup> /kg estiércol fresco)	0,0315	0,0495	0,0315
Biogás (m <sup>3</sup> /animal/año)	274,30	61,45	34,49
Energía (kcal/animal/año)	1508627	337962	189709
Energía (tep/animal/año)	0,1509	0,0338	0,0190

Fuente: Adaptado por Mariano Butti en base a Flores Marco *et al.* (2009) y Hilbert (2008)

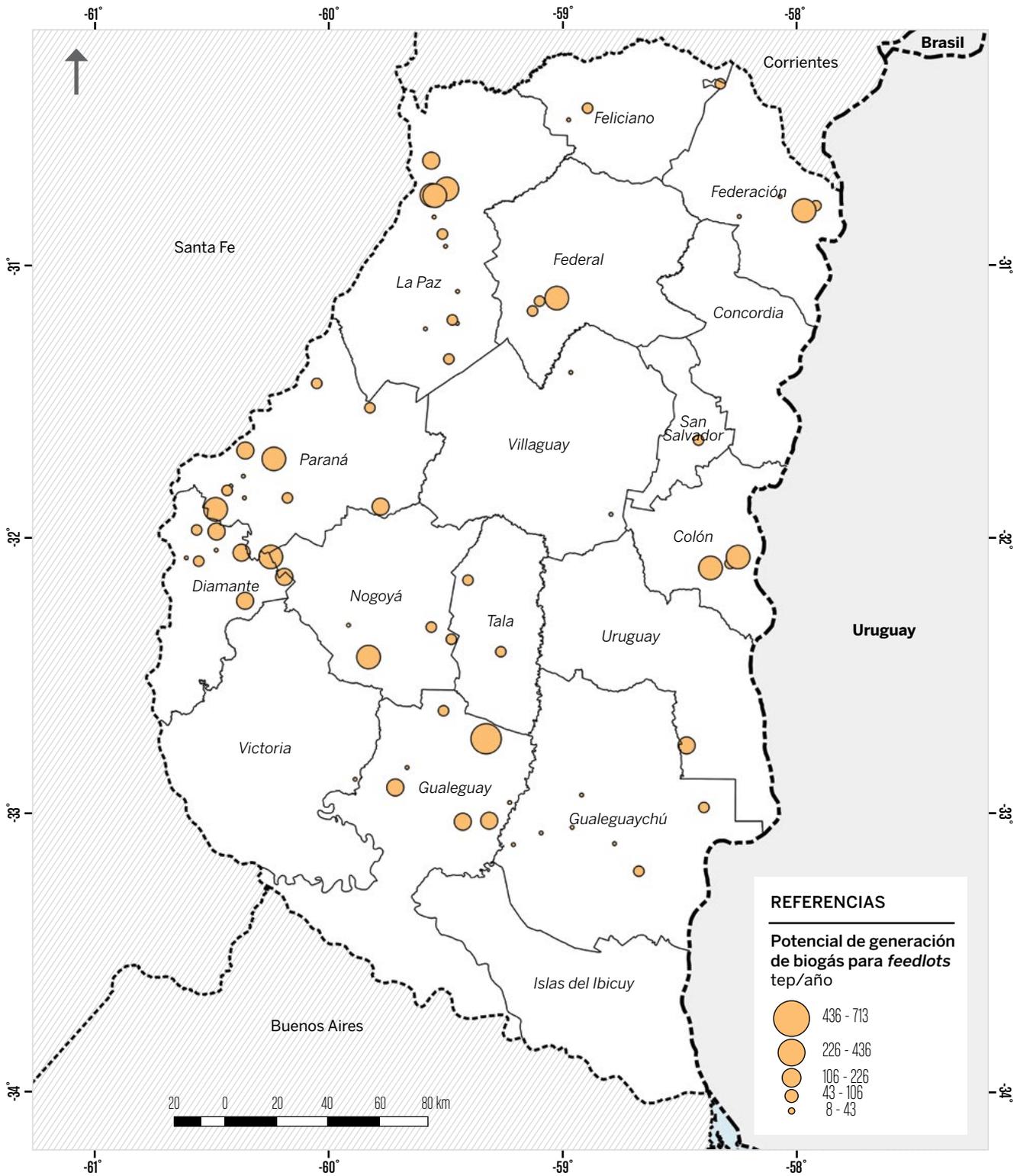
**Cuadro 17**

Potencial de biogás por tipo de establecimiento y departamento

Departamentos	Biogás (tep/año)			
	Criaderos porcinos	Tambos	Feedlots bovinos	Total
Colón	610,7	4,6	3,2	618,5
Concordia	12,5	0,0	0,0	12,5
Diamante	12,5	7,3	3,0	22,8
Federación	82,4	0,0	1,9	84,3
Federal	48,4	0,0	1,9	50,3
Feliciano	112,6	0,0	0,3	112,9
Gualeduay	136,2	2,7	6,3	145,3
Gualeduaychú	636,8	7,8	1,0	645,6
Islas del Ibicuy	10,0	0,0	0,0	10,0
La Paz	250,2	4,8	7,5	262,5
Nogoyá	530,2	17,9	3,5	551,6
Paraná	1839,5	22,3	6,3	1868,1
San Salvador	2,5	0,1	0,2	2,8
Tala	115,8	3,8	0,5	120,1
Uruguay	1457,8	4,7	0,8	1463,2
Victoria	1232,2	1,9	0,2	1234,3
Villaguay	115,9	1,5	0,1	117,5
<b>Total</b>	<b>7206,2</b>	<b>79,4</b>	<b>36,5</b>	<b>7322,2</b>

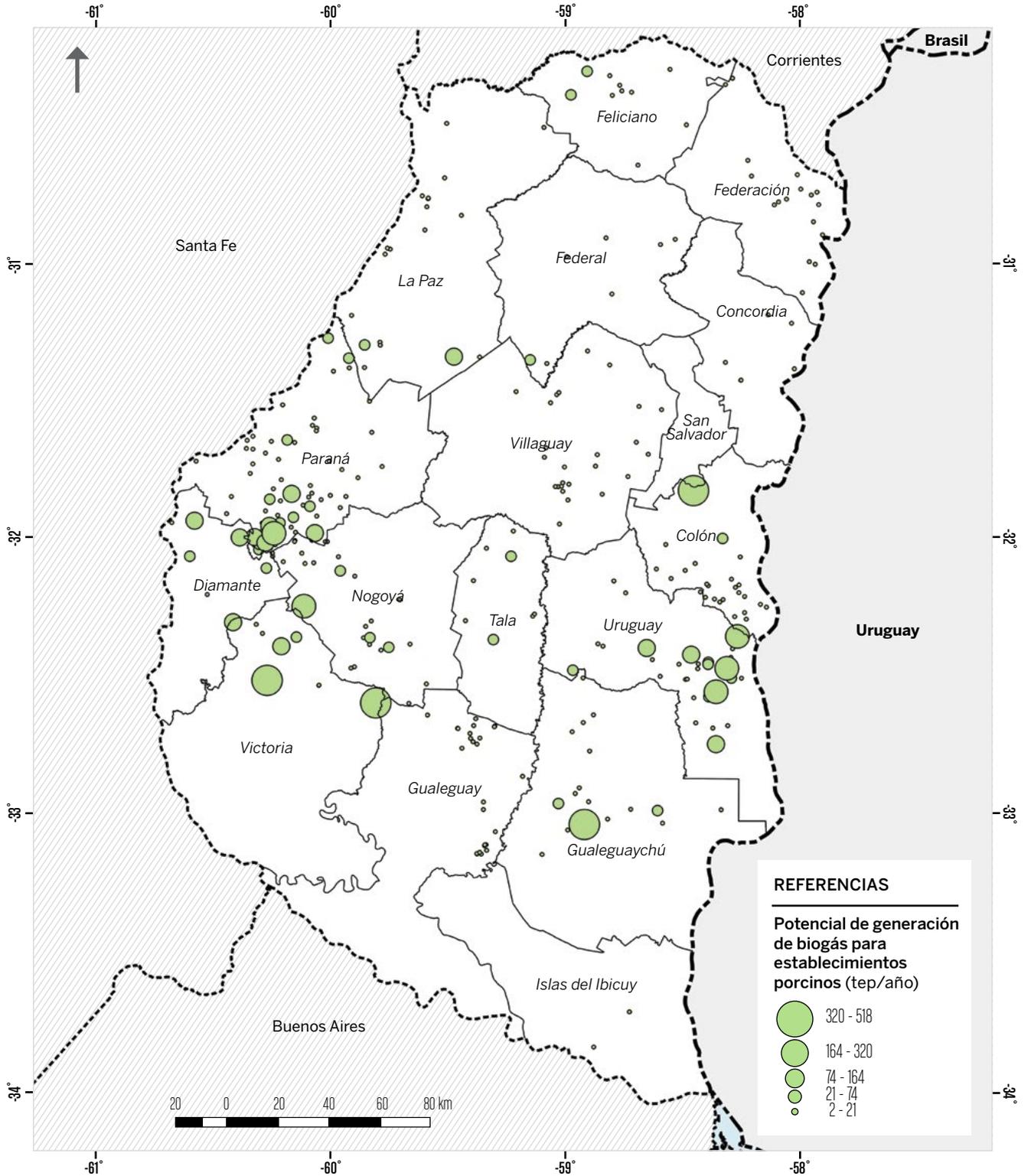
Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 14. Potencial de biogás en *feedlots*



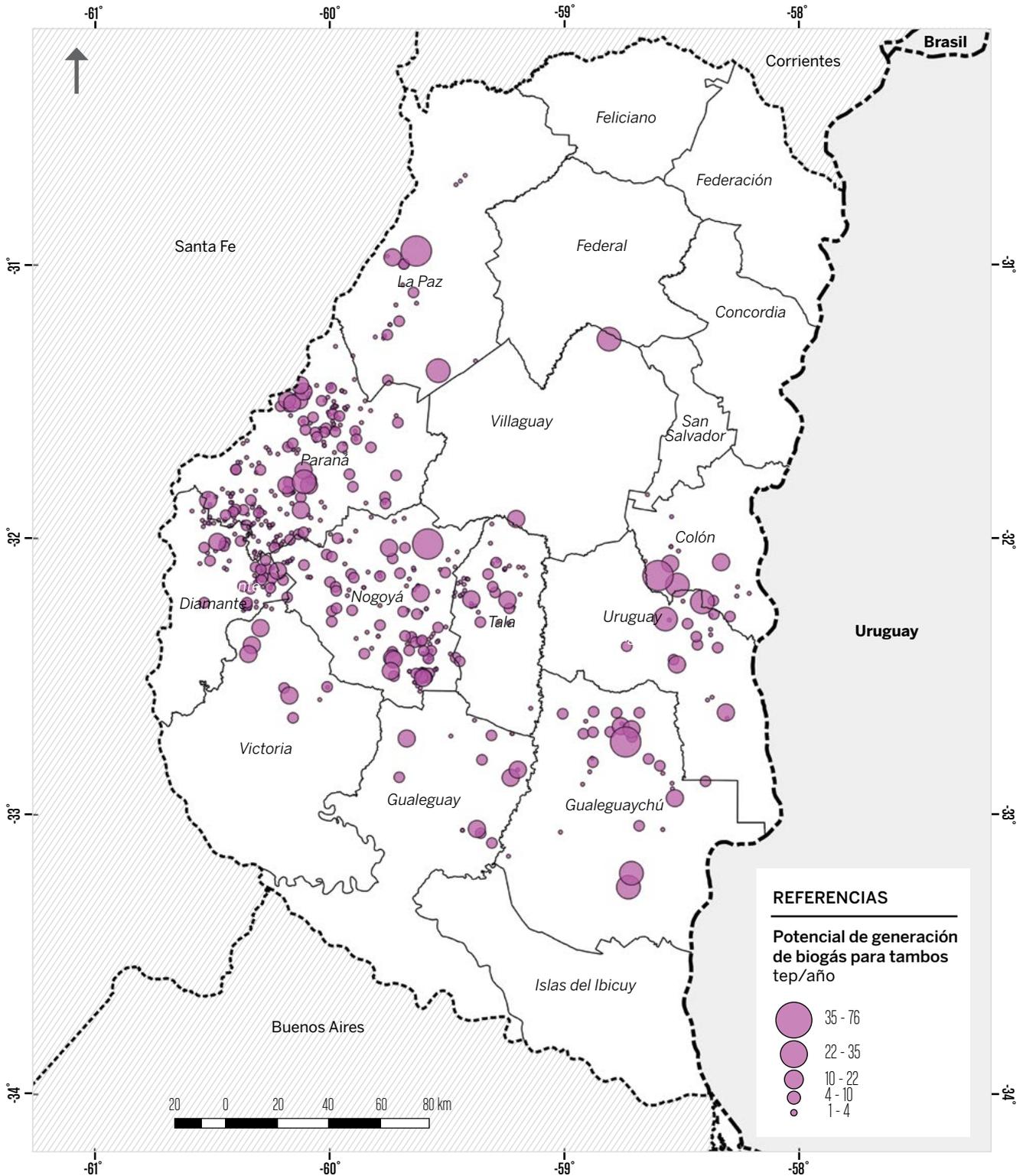
Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 15. Potencial de biogás en criaderos porcinos



Fuente: Elaborado por los autores

Mapa 16. Potencial de biogás en tambos



Fuente: Elaborado por los autores

Nacional de Multiplicadores e Incubadores Avícolas (RENAVI, 2017). De ellas, 17 plantas incuban líneas genéticas pesadas (pollos parrilleros), una líneas livianas (gallinas ponedoras) y dos son mixtas.

Para la estimación de los residuos de las plantas de incubación y la generación de biogás a partir de los mismos se partió de la faena de pollos parrilleros provincial. Al número de aves faenadas se le adicionó un 6,34% para estimar el número de pollitos bebé bajados en granjas de productores (es la cifra equivalente a la mortandad nacional 2016, según MINAGRO, 2017). Es decir que, para una faena de 359 millones de pollos, se debieron haber descargado en granjas al menos 381 millones de pollitos bebé. A su vez, para lograr ese número de pollitos (huevos fértiles), se consideró que hubo un 18% de huevos infértiles durante el proceso de incubación, los cuales constituyen el principal residuo con potencial bioenergético de estas plantas. Además, se adicionó un 0,2% de pollitos bebé descartados sobre los nacimientos (Karina Lamelas, comunicación personal; Virginia Fain Binda, comunicación personal).

Ante la ausencia de trabajos específicos sobre la generación de energía con este tipo de residuos, se estimó que la gran mayoría (huevos infértiles) presenta una composición similar a la del huevo para consumo. Se consideró que un huevo de 50 g tiene aproximadamente 6 g de proteínas y 5 g de lípidos. A pesar de que los huevos de las plantas pueden ser algo más chicos, se tomó este contenido de nutrientes.

Por otra parte, se consideró que 1 kg de lípidos podría generar alrededor de 1100 l de biogás y 1 kg de proteínas alrededor de 650 l de biogás. Es decir que un huevo generaría alrededor de 9,4 l de biogás y 1 kg de huevos (alrededor de 20 huevos) generaría 188 l de biogás (0,188 m<sup>3</sup>).

En síntesis, la información existente permitió estimar 3 869 t/año de residuos con un potencial de generación de biogás de 727 426 m<sup>3</sup>/año, equivalente a 400 tep/año (Cuadro 20, Mapa 17).

### ***Dificultades y consideraciones metodológicas respecto de la generación de energía a partir de residuos de plantas de incubación***

Algunas empresas cuentan con más de una planta de incubación por cada planta de faena, por lo cual la asignación de la incubación estimada para determinada faena se realizó de manera arbitraria y ameritaría un estudio específico con visitas in situ para incorporar valores reales. Además, puede darse el caso de incubación para terceros, como también incubación de reproductores, casos que no se contemplaron.

Tampoco se contó con información de algunas plantas que incuban ponedoras y donde los descartes de pollitos bebé machos pueden ser más importantes aún. No obstante, en Entre Ríos, casi la totalidad de las plantas incuban líneas pesadas (parrilleros).

Por otra parte, se consideró que todo el residuo estimado tiene una composición similar al huevo de consumo, cuando en realidad hay huevos con embriones en distintos estadios de desarrollo y pollitos nacidos que se descartan.

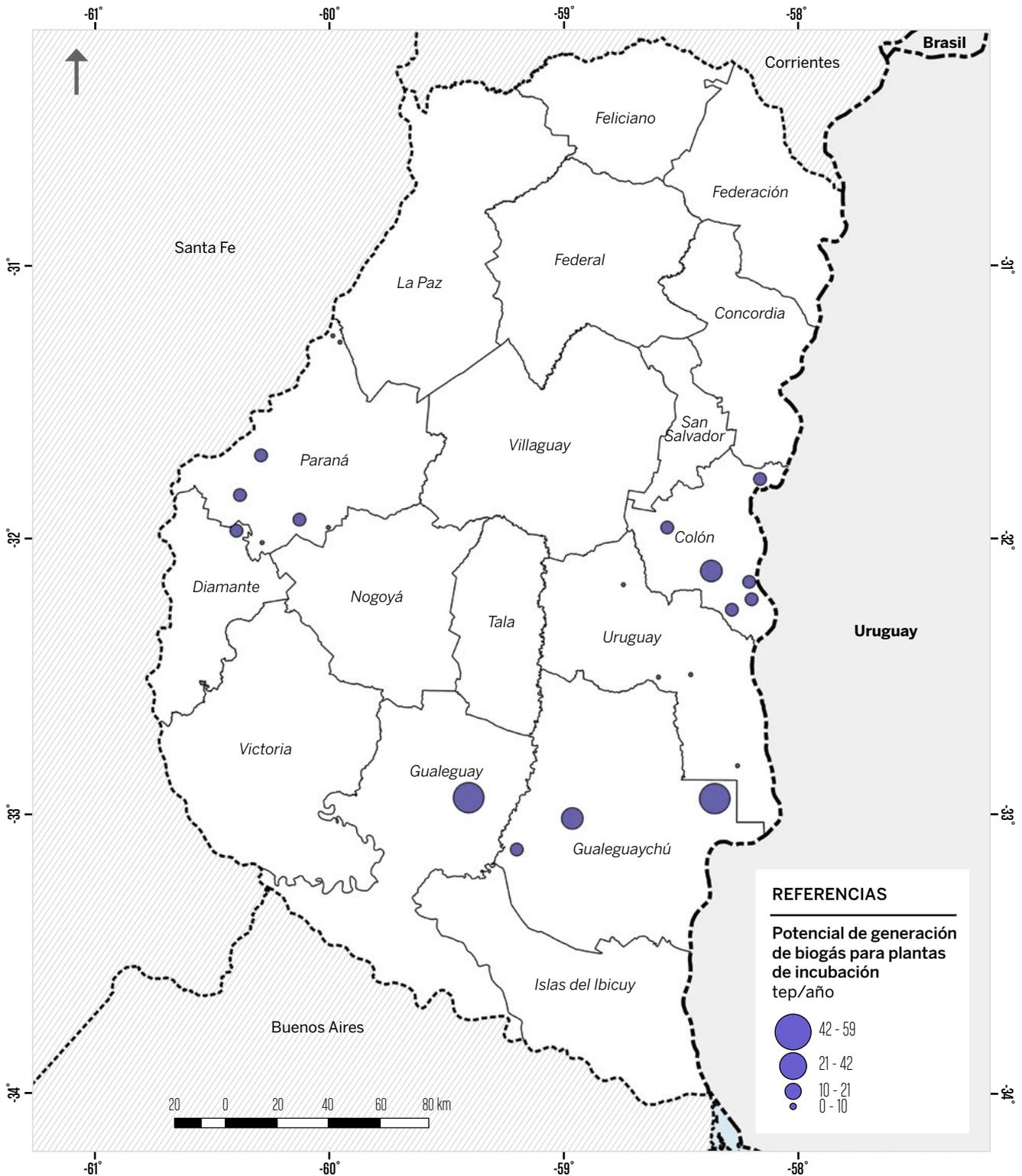
En los cálculos no se tomó en cuenta la cáscara por su composición mineral; no obstante, para los fines prácticos de un proceso de generación de biogás, podría llegar a ocasionar problemas operativos, con lo cual quizás debería separarse.

### **6.5 Granjas avícolas**

Según un informe del MAGYP de 2012 (Mair et al., 2012) Entre Ríos tenía 2 528 granjas avícolas (47,2%) de las 5 357 registradas en el país; en segundo lugar, se encontraba Buenos Aires, con 1 902 granjas (35,5%). En Entre Ríos, el 85% de esas granjas correspondía a pollos parrilleros y el 15% restante, a gallinas ponedoras.

La información de base para la elaboración del mapa de la avicultura de Entre Ríos fue provista por el SENASA (el reporte es de agosto de 2016). El SENASA brindó coordenadas geográficas, capacidad instalada de la granja y tipo de producción (parrilleros, ponedoras, reproductores). Después de la depuración de la base se obtuvieron 2 555 granjas

Mapa 17. Potencial de biogás en plantas avícolas de incubación



Fuente: Elaborado por los autores

(valor similar al reporte mencionado al comienzo de este apartado), de las cuales 2 244 (87,8%) contaba con el dato de capacidad instalada; estas son las que se consideraron en los cálculos. En términos relativos, la información de parrilleros fue más completa, mientras que en las granjas de ponedoras se produjo el mayor faltante de datos.

Básicamente, se contemplaron dos residuos como posibles generadores de energía: las deyecciones (estiércol) y los cadáveres (mortandad) de

las aves. A partir de la información disponible, se optó por la generación de biogás como método de aprovechamiento, aunque presenta algunas dificultades, como se comenta más adelante.

#### *Biogás a partir de deyecciones (estiércol)*

En el Cuadro 18 se sintetizan los coeficientes utilizados para la estimación de biogás a partir del estiércol de gallinas ponedoras y pollos parrilleros, respectivamente.

**Cuadro 18**

Coeficientes para estimar el biogás a partir del guano de granjas avícolas

	Ponedoras	Parrilleros	Fuente y consideraciones
Generación de estiércol (kg/día)	0,088		ASAE, 2005. Tabla 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	ASAE, 2005. Tabla 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 <sup>3</sup> /kg estiércol fresco)	0,08		Varnero Moreno, M.T. 2011. (Tabla 3.6. Producción de biogás por tipo de residuo animal).
Generación de biogás (m <sup>3</sup> /ave/día)	0,00704		
Generación de biogás (m <sup>3</sup> /ave/crianza)		0,392	
Crianzas o ciclos de engordes realizados durante un año		5,5	En general, en Entre Ríos se realizan entre 5 y 6 crianzas por año como promedio.
Días de crianza	365		Al calcularse 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 <sup>3</sup> /año	2,5696	2,156	Este valor se multiplicó por la capacidad instalada y se obtuvo la generación por granja.

Fuente: Elaborado por los autores

### ***Dificultades y consideraciones metodológicas respecto de la generación de energía a partir de residuos de granjas avícolas***

Los pollos parrilleros son criados sobre una “cama” de algún material capaz de absorber humedad (proveniente principalmente de las deyecciones y de los derrames de los sistemas de bebida), que a su vez actúa como una capa que impide el contacto directo entre las aves y el piso del galpón, evitando que estas pierdan temperatura corporal. En Entre Ríos se utilizan habitualmente como material para las camas cáscara de arroz, aserrín de eucaliptus, viruta de pino y, en menor medida, cáscara de maní. La presencia de materiales lignocelulósicos complicaría el funcionamiento de un biodigestor, según se pudo consultar a expertos en la materia. Esta consideración implicó que se utilizara el estiércol puro para el cálculo teórico de generación de biogás. Sin embargo, se debe aclarar que con las prácticas de manejo actuales no se podría colectar en esas condiciones (puro) para su uso en biodigestión.

En el caso de la cama de pollo, se podrían explorar otras alternativas de aprovechamiento energético como, por ejemplo, la gasificación. También es importante aclarar que tanto la cama de pollo como el guano de ponedoras se utilizan en la pro-

vincia como fertilizante de cultivos de diferentes producciones (agricultura de granos, pasturas, cítricos y horticultura). En el caso de la cama de pollo hay trabajos locales que desarrollan la temática (Gange, 2016). No obstante, se optó por incorporarlo a la estimación, sobre todo como alternativa conducente a la disminución del potencial contaminante. En el caso de las gallinas ponedoras, el estiércol se obtiene puro e inclusive existen sistemas modernos de recolección a través de cintas que permitirían una adecuación al aprovechamiento como biogás.

### ***Biogás a partir de la mortandad aviar***

Para calcular la potencialidad de biogás a partir de la mortandad aviar, se estimó la cantidad (kg) de cadáveres que se generan en una granja durante un año. Para ello, al dato de capacidad instalada de cada granja de la base de datos se aplicaron los coeficientes del Cuadro 19.

Para estimar el potencial de biogás se consideraron las siguientes composiciones porcentuales: rendimiento o proporción de carcasa, tejido muscular, contenido de agua del músculo, tejido adiposo (Rodríguez Saldaña, 2015; Gallinger, C., comunicación personal). A partir de estos datos, se obtuvo un valor teórico de proteínas y lípidos por kilogramo de ave muerta. A su vez, como se comentó para

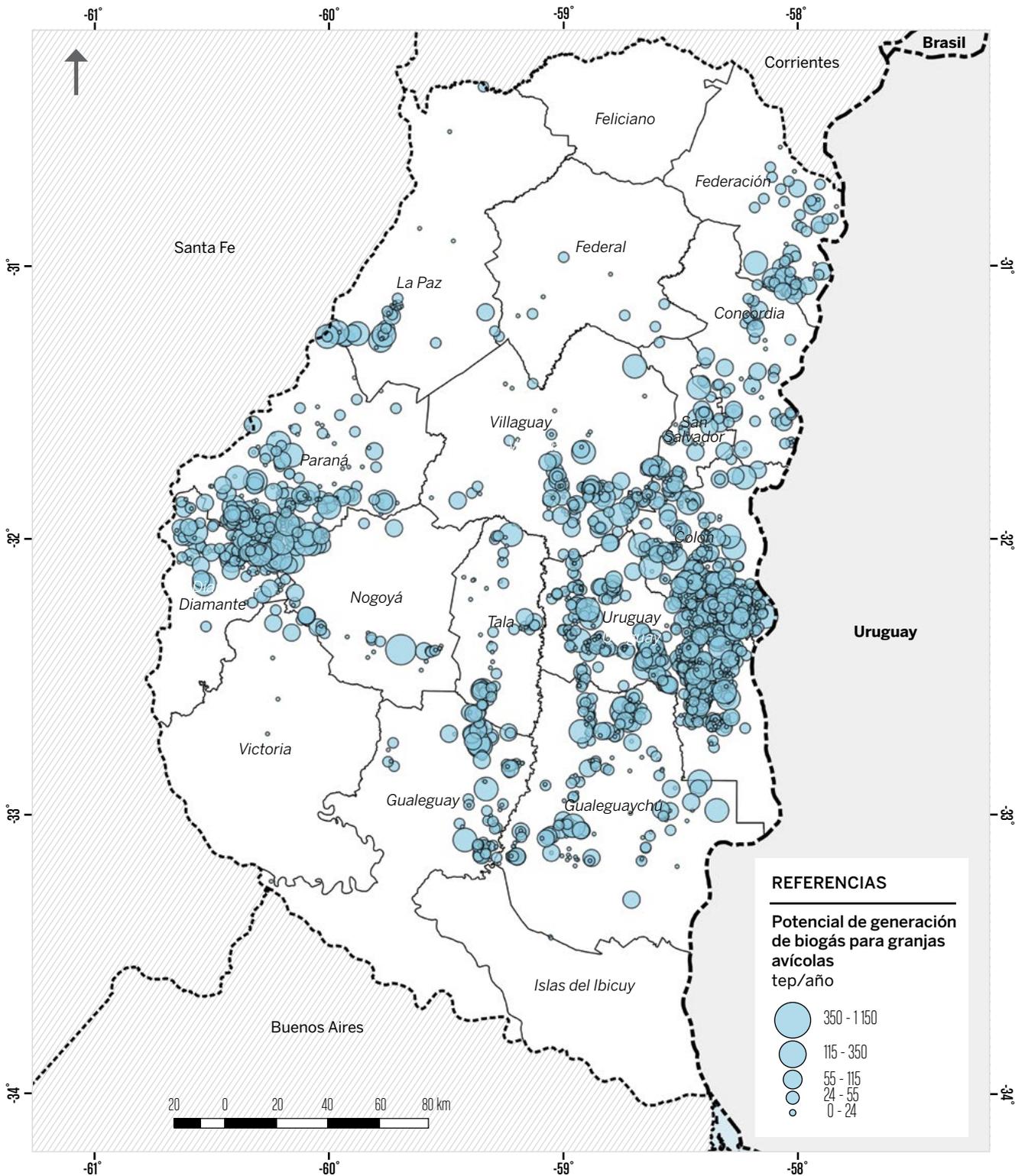
### **Cuadro 19**

Coeficientes para estimar el biogás a partir de la mortandad aviar en granjas

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

Fuente: Adaptado en base a Rodríguez Saldaña (2015) y Gallinger, C. (comunicación personal)

Mapa 18. Potencial de biogás en granjas avícolas de crianza



Fuente: Elaborado por los autores

residuos de plantas de incubación, se asumió que 1 kg de lípidos podría generar alrededor de 1100 l de biogás y 1 kg de proteínas, alrededor de 650 l de biogás. Como síntesis, se obtuvo que 1 kg de este material podría generar alrededor de 0,288 m<sup>3</sup> de biogás.

#### ***Dificultades y consideraciones metodológicas acerca del biogás a partir de la mortandad aviar de la granja***

Como se expresó en el Cuadro 19, se asumió una mortandad de 3% para un pollo de 2,7 kg. Es decir que se adoptó 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, no es importante. Otro criterio habría sido considerar la mortandad nacional, de 6,34% para 2016 (MINAGRO, 2017), para un peso de pollo intermedio de 1,3 kg, con lo que se obtiene un valor final similar.

#### ***Biogás potencial total en granjas de crianza y plantas de incubación avícolas***

La estimación del potencial de producción de biogás de las granjas avícolas se obtuvo sumando lo originado a partir de las deyecciones con lo originado a partir de la mortandad aviar. Así, utilizando los coeficientes del Cuadro 19, se calculó una generación potencial de 167 201 442 m<sup>3</sup> de biogás (91 961 tep/año) tomando como sustrato el estiércol, y de 9 240 319 m<sup>3</sup> (5 082 tep/año) a partir de la mortandad. La suma da 167 928 868 m<sup>3</sup> de biogás, que equivale a 97 443 tep/año (Cuadro 20).

En la provincia hay dos departamentos que consumen biogás, por un total de 529 tep/año a partir de la generación en granjas avícolas (Cuadro 21)

### **6.6 Frigoríficos**

En este caso se utilizaron diferentes metodologías para frigoríficos avícolas, por una parte, y para frigoríficos bovinos y porcinos, por otra. En ambos casos se consideró la obtención de biogás a partir de los residuos biomásicos.

#### ***Biogás potencial a partir de efluentes de frigoríficos avícolas***

Entre Ríos tiene la mayor producción de carne aviar del país: concentró el 48,7% de la faena nacional de parrilleros habilitada por SENASA en 2015, sobre un total de 729 millones de cabezas (MINAGRO, 2015), y el 51,0% en 2016, sobre un total de 704 millones de cabezas (MINAGRO, 2017).

En 2015, la faena nacional se llevó a cabo en 54 plantas, de las cuales 16 estaban en Entre Ríos, 26 en la provincia de Buenos Aires y el resto en Santa Fe, Córdoba, Río Negro, Mendoza y Salta.

La elección de generación de biogás a partir de efluentes de la industria avícola tiene sustento en la existencia de una planta perteneciente a una reconocida empresa de la provincia que está tratando residuos y, a su vez, aprovechando el sustrato de esta manera<sup>3</sup>. Esta planta obtiene 2000 m<sup>3</sup> de biogás diarios con una faena de 210 000 aves. De acuerdo con ello, se calculó un cociente de 9,52 m<sup>3</sup> de biogás cada 1000 aves faenadas. Ese coeficiente se extrapola al resto de las plantas, y se aplicó a la faena total de 2015. El valor final obtenido fue de 2 453 532 m<sup>3</sup> de biogás potencial (1349 tep/año), distribuidos como puede apreciarse en el Cuadro 22 y el Mapa 19.

De acuerdo con entrevistas a profesionales referentes en la temática, existe otra forma de aprovechamiento de ciertos residuos actualmente, que consiste en la combustión en calderas. La opción de biogás se fundamentó en la información existente; los análisis de rendimiento energético, inversiones y aspectos técnicos escapan al alcance de este documento.

#### ***Biogás potencial a partir de efluentes de frigoríficos bovinos y porcinos***

La estimación de biogás a partir de efluentes de frigoríficos bovinos y porcinos se realizó a partir de la siguiente ecuación:

Biogás (m<sup>3</sup>) = Cabezas faenadas \* Residuos/cabeza \* Factor de conversión (0,07 m<sup>3</sup>/kg) (Oliveira, 2009).

<sup>3</sup> [https://www.youtube.com/watch?v=E5FjIF9hw\\_w](https://www.youtube.com/watch?v=E5FjIF9hw_w)

**Cuadro 20**

Potencial de biogás en plantas de incubación y granjas avícolas por departamento

Departamento	Biogás (tep/año)			Total por departamento
	Residuos de plantas de incubación	Granjas avícolas		
		Biogás potencial de los cadáveres (mortandad aviar)	Biogás total del guano + mortandad aviar	
Colón	69	847	14 399	15 315
Concordia	0	123	2 072	2 195
Diamante	0	177	3 969	4 145
Federación	0	175	2 939	3 114
Federal	0	18	296	313
Feliciano	0	0	0	0
Gualeduay	59	228	3 864	4 151
Gualeduaychú	143	452	7 613	8 208
Islas del Ibicuy	0	2	31	33
La Paz	0	84	1 416	1 500
Nogoyá	0	143	3 671	3 814
Paraná	53	525	12 854	13 432
San Salvador	0	149	2 513	2 662
Tala	0	152	2 577	2 730
Uruguay	41	1 700	28 582	30 323
Victoria	0	11	184	195
Villaguay	36	296	4 980	5 312
<b>Total</b>	<b>400</b>	<b>5 082</b>	<b>91 961</b>	<b>97 443</b>

Fuente: Elaborado por los autores

**Cuadro 21**

Generación y consumo de biogás de granjas avícolas en dos departamentos

Departamento	Biogás (tep/año)		
	Generación de biogás	Demanda	Balance
Colón	565	263	302
Uruguay	586	266	320

Fuente: Elaborado por los autores

**Cuadro 22**

Potencial de biogás de frigoríficos bovinos, porcinos y aviares por departamento

Departamentos	Biogás por faena (tep/año)			
	Aves	Bovinos	Porcinos	Total
Colón	302	43	2	347
Concordia	0	53	2	56
Diamante	104	63	0	167
Federación	0	28	0	28
Federal	0	2	0	2
Feliciano	0	11	0	11
Gualeguay	288	73	0	362
Gualeguaychú	78	0	0	78
Islas del Ibicuy	0	0	0	0
La Paz	0	10	0	10
Nogoyá	0	12	1	14
Paraná	257	261	45	563
San Salvador	0	0	0	0
Tala	0	10	0	10
Uruguay	320	51	7	378
Victoria	0	8	6	14
Villaguay	0	32	1	33
<b>Total</b>	<b>1349</b>	<b>659</b>	<b>65</b>	<b>2073</b>

Fuente: Elaborado por los autores

En el caso de los residuos de bovinos se consideraron 38 kg por cabeza, correspondientes a 12 kg de sangre, 26 kg de contenidos estomacales, intestinales y otros (Oliveira, 2009). Con un criterio similar, para porcinos se consideraron 10 kg de residuos: 7 kg de contenidos estomacales y 3 kg de sangre por cabeza faenada (Gobierno de Tenerife, 2011).

Considerando la faena de 2015, se calculó un potencial de generación de biogás de 1 197 396 m<sup>3</sup> para bovinos (659 tep/año) y 118 432 m<sup>3</sup> (65 tep/año) para porcinos (Cuadro 22, Mapa 19).

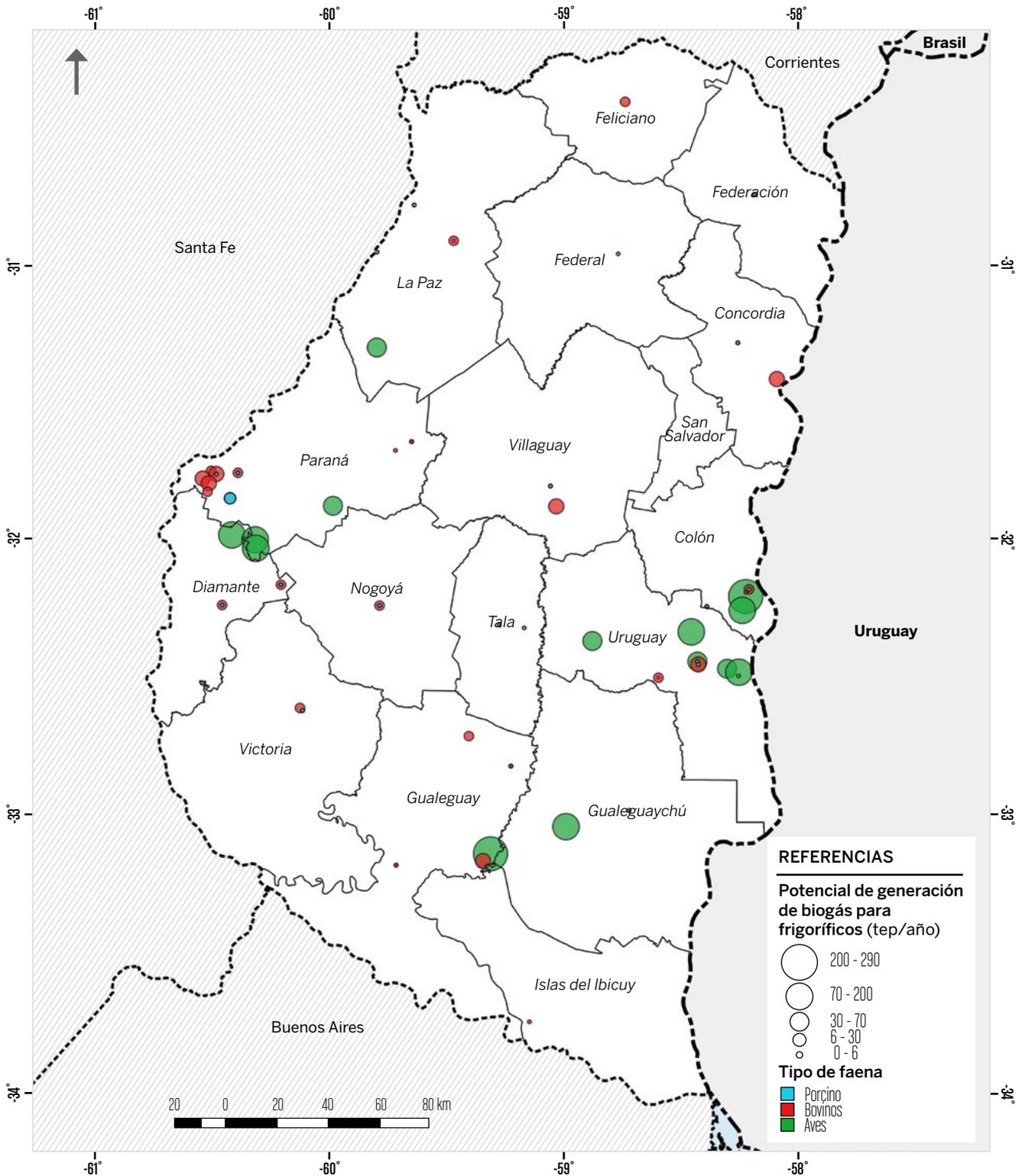
***Dificultades y consideraciones metodológicas sobre el potencial de biogás a partir de efluentes de frigoríficos bovinos y porcinos***

Es importante aclarar que pueden existir diferencias importantes entre los pesos de faena por animal que se dan en la práctica y los del cálculo teórico. A su vez, cada frigorífico tiene su estrategia de aprovechamiento de subproductos de la faena, que puede implicar discrepancias en el residuo final. En este aspecto se podría realizar una consulta bibliográfica y un análisis de terreno más exhaustivo, pero escapaba a las posibilidades de este estudio.

© Secretaría de Gobierno de Agroindustria



Mapa 19. Potencial de biogás en frigoríficos bovinos, porcinos y avícolas



Fuente: Elaborado por los autores



© Secretaría de Gobierno de Agroindustria

## Conclusiones

Los resultados del presente análisis refuerzan la noción de que la provincia de Entre Ríos tiene un gran potencial bioenergético, debido al volumen y a la amplia variedad de fuentes de biomasa existentes susceptibles de producir energía renovable, principalmente de biomasa húmeda.

Considerando los recursos biomásicos, más del 85% de la oferta directa accesible se distribuye en el noreste de la provincia, en los departamentos de Colón y Concordia. Esta oferta se deriva, esencialmente, de la forestación y del cultivo de cítrica, y, en menor medida, del cultivo de arándano y nuez pecán.

En cuanto a la oferta indirecta, para la que se tuvieron en cuenta los aserraderos, las procesadoras de jugo y de pecán, más del 95% se concentra en los departamentos de Concordia, Colón y Federación.

Con respecto a la demanda, se tuvo en cuenta el sector residencial y las industrias. Los departamentos del norte de la provincia (Colón, Concordia, Federación, Federal y Feliciano) son los que demandan más del 70% de la biomasa. En tanto, los ubicados en la costa del Paraná (La Paz, Paraná, Diamante, Victoria y Nogoyá) consumen alrededor del 14%, proporción similar a la de los departamentos del centro sur provincial (Gualeguay, Gualeguaychú, San Salvador, Tala, Uruguay y Villaguay), que demandan menos del 15% de la biomasa. En cuanto al tipo de demanda, más del 85% del consumo se registra en la actividad residencial y menos de 14% en las ladrilleras.

De acuerdo con el balance de oferta y demanda de biomasa con fines energéticos, los departamentos que constituyen un área prioritaria de atención son Colón, Gualeguaychú, San Salvador y Uruguay, que cuentan con suficiente biomasa para evaluar la posibilidad de instalar allí proyectos bioenergéticos.

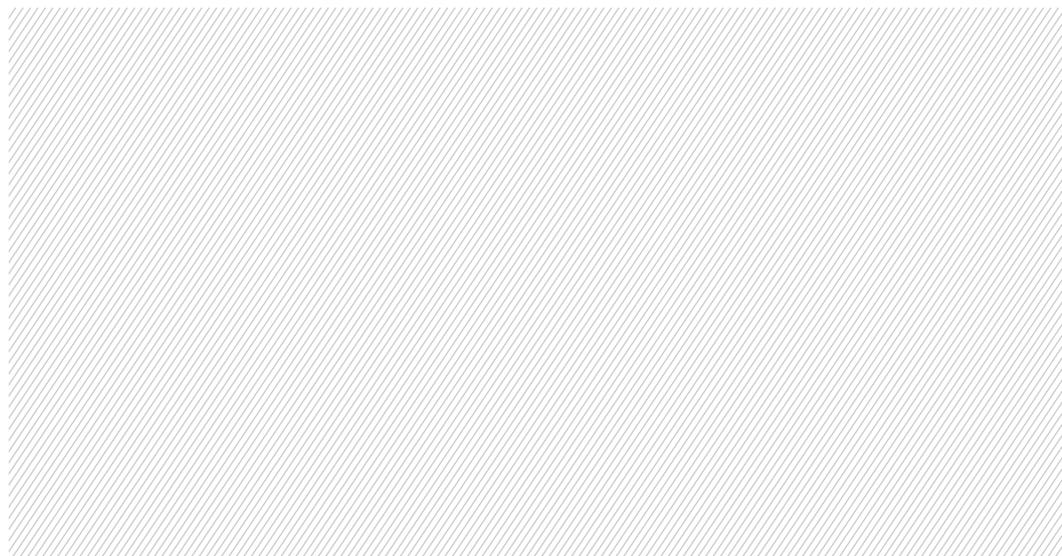
A la inversa, los departamentos de Diamante, Federal, Feliciano, Gualeguay, Islas del Ibicuy, La Paz, Nogoyá, Paraná, Tala, Victoria y Villaguay presentan un balance bioenergético negativo.

En este estudio se avanzó también en la evaluación del potencial de biogás derivado del aprovechamiento de las deyecciones de ganadería

---

bovina (tambos y *feedlots*), aviar, porcina, frigoríficos y granjas de incubación. Cabe destacar que más del 90% de dicho potencial de generación de biogás corresponde a la actividad avícola. El aprovechamiento de este potencial no sólo reemplaza la energía derivada de fuentes fósiles por fuentes renovables, sino que también favorece una gestión adecuada de los residuos, evitando un pasivo ambiental y produciendo un efluente estabilizado.

Así, el presente trabajo constituye la línea de base para la formulación de proyectos bioenergéticos de diferentes escalas, con la posibilidad de producir diversos vectores energéticos (biogás, electricidad, calor) de manera sustentable.



---

# 8.

## Recomendaciones



© Secretaría de Gobierno de Agroindustria

Considerando la gran diversidad de fuentes de biomasa con destino energético y la multiplicidad de instituciones y centros de investigación relacionados con distintos aspectos de la oferta y el consumo de dentro y agroenergía, se hace más necesario contar con un grupo técnico multidisciplinario para el análisis de la información. Por lo tanto, se recomienda la continuidad del equipo de trabajo de Entre Ríos, para otorgar un marco institucional a la actualización del WISDOM de la provincia que enriquezca el análisis espacial a través de la incorporación de fuentes que no fueron consideradas en este estudio. Es menester contemplar siempre la protección de los ecosistemas y la renovabilidad de los recursos.

Cabe destacar la dificultad para acceder a información oficial en temas relacionados con el cálculo de la biomasa. Resultará de interés que los organismos nacionales y provinciales puedan, en forma conjunta, instrumentar los mecanismos necesarios para generar y sistematizar la información, a la hora de realizar nuevas actualizaciones.

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

## Bibliografía

- Aparicio, J. y J.A. López.** 1995. "Potencial de Eucalyptus grandis en los suelos del sudeste de la provincia de Corrientes y algunos factores edáficos relacionados con la producción de la madera", Bosque N.º 16 Vol. 2 (disponible en <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v16n2/art07.pdf>).
- ASAE.** 2005. *Manure Production and Characteristics*. Standards. ASAE D384.2. American Society of Agricultural Engineers.
- Banco Mundial.** 1995. *Vehicle operating cost (VOC) Version 3.0. HDM III The highway design and maintenance standards model*. Washington.
- Brizuela, A.B., S. Milera y J. Mestres.** 2004. "Plantaciones de eucaliptos y pinos en los departamentos del este de Entre Ríos". *Miscelánea N.º 12: Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino*. Tucumán. Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO).
- Brizuela, A., C. Aguirre y G. Scattone.** 2016. *Censo provincial cítrica 2015/2016*. Federación del Citrus de Entre Ríos - Universidad Nacional de Entre Ríos (disponible en: <https://noticias.uner.edu.ar/public/attached/1071714702261.pdf>).
- Cabrera, Á.** 1971. *Fitogeografía de la República Argentina*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, N.º 1 y 2. SAB.
- Dansa, A.** 2007. *Perfil de arándanos*. Gacetilla informativa del sector agroalimentario. MAGYP (disponible en [http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/newsletters/nro33/newsletter\\_arandanos\\_1509.php](http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/programas/dma/newsletters/nro33/newsletter_arandanos_1509.php)).
- FAO.** 2004. "Terminología de los dendrocombustibles sólidos". *Terminología Unificada sobre la Bioenergía (TUB)*. Roma. Departamento Forestal de la FAO.
- FAO.** 2009. *Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina*. WISDOM Argentina. Informe final. Buenos Aires.
- FAO.** 2010a. *What woodfuels can do to mitigate climate change?* Roma. Forestry Paper N.º 162.
- FAO.** 2010b. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe Nacional Argentina*. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. Roma.
- FAO.** 2016a. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Tucumán*. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO. (disponible en [http://www.probiomasa.gob.ar/\\_pdf/WISDOM\\_Tucuman\\_baja.pdf](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](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](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.gov.ar/\\_pdf/WISDOM\\_Mendoza\\_FAO-%20Final%20170904.pdf](http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_Mendoza_FAO-%20Final%20170904.pdf)).
- FAO.** 2017b. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Córdoba.* Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO. (disponible en [http://www.probiomasa.gov.ar/\\_pdf/WISDOM\\_Cordoba\\_FAO-Final%20170904.pdf](http://www.probiomasa.gov.ar/_pdf/WISDOM_Cordoba_FAO-Final%20170904.pdf)).
- Faroppa, C.** 2010. *Evaluación de la disponibilidad de residuos o subproductos de biomasa a nivel nacional.* Consultoría de apoyo para el Componente de fortalecimiento de la Estrategia Nacional Energética 2030. Energy Consulting Service SA.
- FECIER.** 2004. Censo provincial citrícola 2003/2004. Concordia (Argentina). Federación del Citrus de Entre Ríos
- Flores Marco, N., J. Hilbert, S. Carballo y A. Anschau.** 2009. *Potencial de producción de biogás en la provincia de Santa Fe.* Instituto de Ingeniería Rural. Buenos Aires. INTA Castelar (mimeo).
- Gange, J.M. (comp.):** 2016. *Cama de pollo en Entre Ríos. Aportes para su uso y manejo.* Concepción del Uruguay (Argentina). Ediciones INTA. (disponible en [https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta\\_-cama\\_de\\_pollo\\_en\\_entre\\_rios\\_0.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_-cama_de_pollo_en_entre_rios_0.pdf)).
- 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](http://www.tenerife.es/planes/PTEOResiduos/adjuntos/Anexo01_Info07.pdf)).
- Hansen, M. et al.** 2013. "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change". Science Vol. 342. Washington DC. American Association for the Advancement of Science (disponible en 10.1126/science.1244693). Págs. 850-853.
- Hilbert, J.** 2008. Manual para la producción de biogás. Instituto de Ingeniería Rural. Buenos Aires. INTA Castelar.
- IEA.** 2009. *Bioenergy – A sustainable and reliable energy source: a review of status and prospects.* París. International Energy Agency.
- INDEC.** 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 (disponible en [http://www.indec.gov.ar/nivel4\\_default.asp?id\\_tema\\_1=2&id\\_tema\\_2=41&id\\_tema\\_3=13](http://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=13)).
- INDEC.** 2013. Ficha de la Provincia de Entre Ríos. Buenos Aires. MECON.
- Mair, G., G. Beczkowski y K. Lamelas.** 2012. "Aves". *Resultados Económicos Ganaderos.* Boletín trimestral N.º 1. MAGYP.
- Manrique, S., J. Franco, V. Núñez y L. Seghezzo.** 2011. "Propuesta metodológica para la toma de decisiones sobre bioenergía en un contexto complejo y diverso". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 12. Salta (Argentina). ASADES.
- MEHF.** 2015. *Informe Ejecutivo 2015.* Institucional, económico y fiscal. Ministerio de Economía, Hacienda y Finanzas de Entre Ríos (disponible en [https://www.entrerios.gov.ar/minecon/userfiles/files/otros\\_archivos/inf\\_eje\\_prov.pdf](https://www.entrerios.gov.ar/minecon/userfiles/files/otros_archivos/inf_eje_prov.pdf)).
- MINAGRO.** 2015. "Anuario 2014". *Boletín avícola* Año XVIII N.º 76. Buenos Aires.
- MINAGRO.** 2016. *Cadena del arroz.* Informe de coyuntura N.º 1. Buenos Aires (disponible en: [https://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/ss\\_alimentos\\_y\\_bebidas/\\_archivos/160600\\_Informe\\_ARROZ.pdf](https://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/ss_alimentos_y_bebidas/_archivos/160600_Informe_ARROZ.pdf)).
- MINAGRO.** 2017. *Boletín avícola.* Año XIX N.º 78. Buenos Aires.
- MINEM.** 2016. Balance Energético Nacional (BEN) 2016. Buenos Aires (disponible en <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>).
- Oliveira, R.D.** 2009. "Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono" (trabajo final para la 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>).

---

**PROSAP-UCAR.** 2015. *Plan de mejora competitiva. Cluster de la nuez pecán.* MAGYP (disponible en: <http://www.ucar.gob.ar/index.php/en/library/ebooks/24-documentos/404-plan-de-mejora-competitiva-cluster-de-la-nuez-pecan>).

**RENAVI.** 2017. Registro Nacional de Multiplicadores e Incubadores Avícolas (disponible en <http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/renavi/mapa/>).

**Rodríguez Saldaña, D.** 2011. "La carne de pollo (Procesamiento)". Capítulo XV. En Quintana López, J.A. *Avitecnia: Manejo de las aves domésticas más comunes* 4.º edición. México. Editorial Trillas.

**Sultana, A. y A. Kumar.** 2012. "Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors". *Biomass and Bioenergy*. Vol. 39. Elsevier.

**Secretaría de Energía.** 2009. *Energías Renovables. Diagnóstico, barreras y propuestas.* Buenos Aires. MinPlan. Buenos Aires.

**UCAR.** 2017. *Plan de mejora competitiva. Cluster de la nuez pecán.* MINAGRO (disponible en: <http://competitividad.ucar.gov.ar/wp-content/uploads/2014/11/PMC-Nuez-Pecan.pdf>)

**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, a saber:

- **Categoría I (Rojo):** Sectores de muy alto valor de conservación que no deben transformarse. Incluirá áreas que por sus ubicación es 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 podrá ser objeto de programas de restauración ecológica ante alteraciones y/o disturbios antrópicos o naturales.
- **Categoría II (Amarillo):** Sectores de mediano valor de conservación, que pueden estar degradados pero que a juicio de la Autoridad de Aplicación con la implementación de actividades de restauración pueden tener un valor alto de conservación y que podrán ser sometidos a los siguientes usos: aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica. Los mismos deberán efectuarse a través de Planes de Conservación o Manejo Sostenible, según corresponda,
- **Categoría III (Verde):** Sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad, aunque dentro de los criterios de la presente Ley.

En referencia al marco legal provincial, se debe mencionar la Ley N.º 10 284 de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos en aplicación de la Ley nacional N.º 26331/07.

# Anexo II

## Clases de coberturas arbóreas adoptadas por el FRA 2000

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

**Cuadro 23**  
Coberturas y definiciones FAO

Clase de cobertura de la tierra	Definición
Tierras forestales	Tierra con una cubierta de copa (o su grado equivalente de espesura) de más del 20% del área y una superficie superior a 10 ha. Los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 7 m a su madurez <i>in situ</i> . Puede consistir en formaciones forestales cerradas, donde árboles de diversos tamaños y sotobosque cubren gran parte del terreno.
Otras tierras forestales	Tierras donde la cubierta de copa (o su grado de espesura equivalente) tiene entre 5 y 20% de árboles capaces de alcanzar una altura de 7 m a su madurez <i>in situ</i> ; o tierras con una cubierta de copa de más del 20% (o su grado de espesura equivalente) en la que los árboles no son capaces de alcanzar una altura de 7 m a su madurez <i>in situ</i> (árboles enanos o achicados); o aquellas donde la cubierta arbustiva abarca más del 20%.
Bosques rurales	Remanentes de bosque natural en un paisaje agrícola menores a 1000 ha.
Otras tierras	Tierras no clasificadas como forestales u otras tierras forestales (especificadas más arriba). Incluye tierras agrícolas, praderas naturales y artificiales, terrenos con construcciones, tierras improductivas.

Fuente: FAO (2010b)







**ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE  
ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA**  
METODOLOGÍA WISDOM  
Provincia de Entre Ríos

---

N° 11

**COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS**

---

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

[www.fao.org](http://www.fao.org)

ISBN 978-92-5-131237-7



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

CA2951ES/1/04.19