



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

Estudio de cuencas de biogás

COLECCIÓN
INFORMES
TÉCNICOS

N.º 4



Secretaría de Energía
Ministerio de Hacienda
Presidencia de la Nación



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Estudio de cuencas de biogás

COLECCIÓN INFORMES TÉCNICOS N.º 4

Cita requerida:

FAO. 2019. *Estudio de cuencas de biogás*. Colección Informes Técnicos N.º 4. Buenos Aires.

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 978-92-5-131734-1

© 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".

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

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

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

Este documento fue realizado en el marco del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG), iniciativa de los siguientes ministerios:

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca

Luis Miguel Etchevehere
Ministro de Agricultura, Ganadería y Pesca

Andrés Murchison
Secretario de Alimentos y Bioeconomía

Miguel Almada
Director de Bioenergía

Ministerio de Hacienda

Hernán Lacunza
Ministro de Hacienda

Gustavo Lopetegui
Secretario de Gobierno de Energía

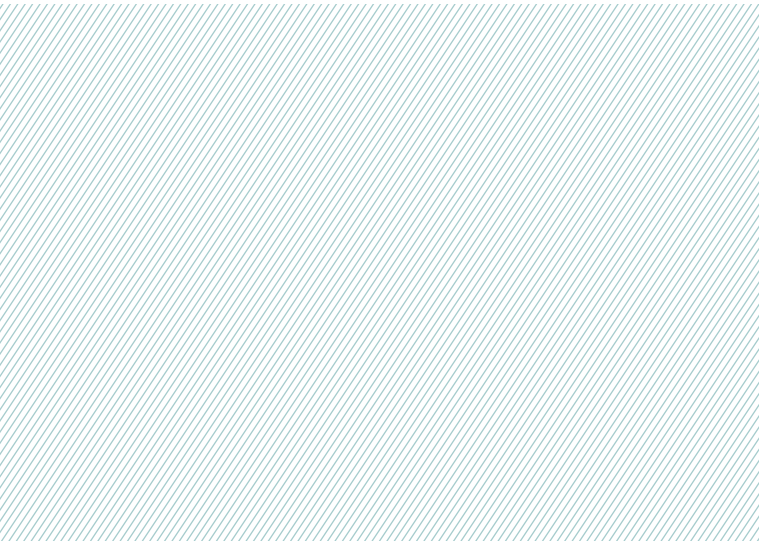
Sebastián A. Kind
Subsecretario de Energías Renovables

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



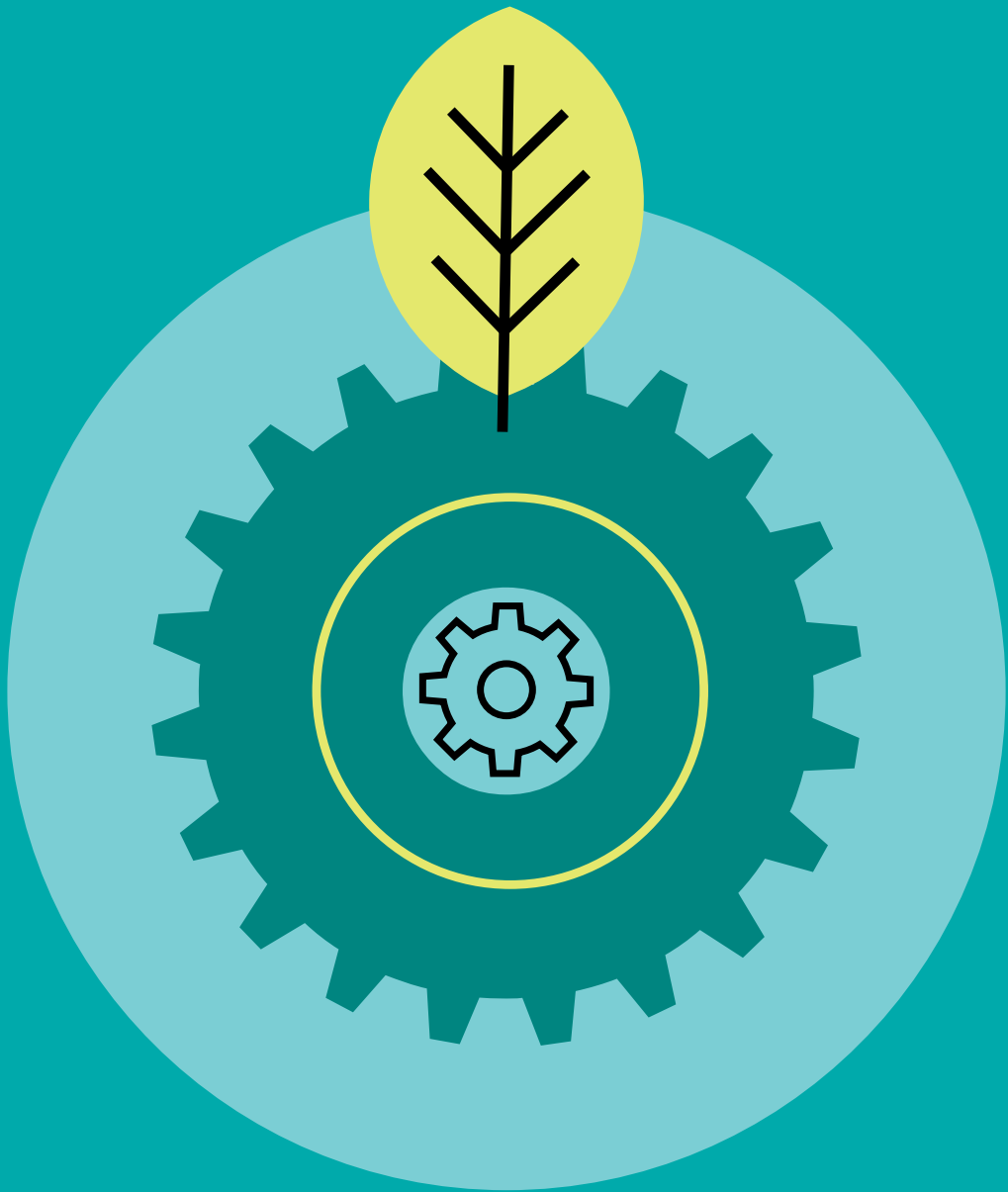
Agustina Branzini
Francisco Denaday
Celina Escartín
Autores

Verónica González
Coordinación Colección

Sofía Damasseno
Colaboración Colección

Alejandra Groba
Edición y corrección

Mariana Piuma
Diseño e ilustraciones



ÍNDICE

Prólogo	ix
Siglas y acrónimos	xi
Unidades de medida	xi
Resumen ejecutivo	xiii

1.	
Introducción	1

2.	
Relevamiento de cuencas bioenergéticas	3

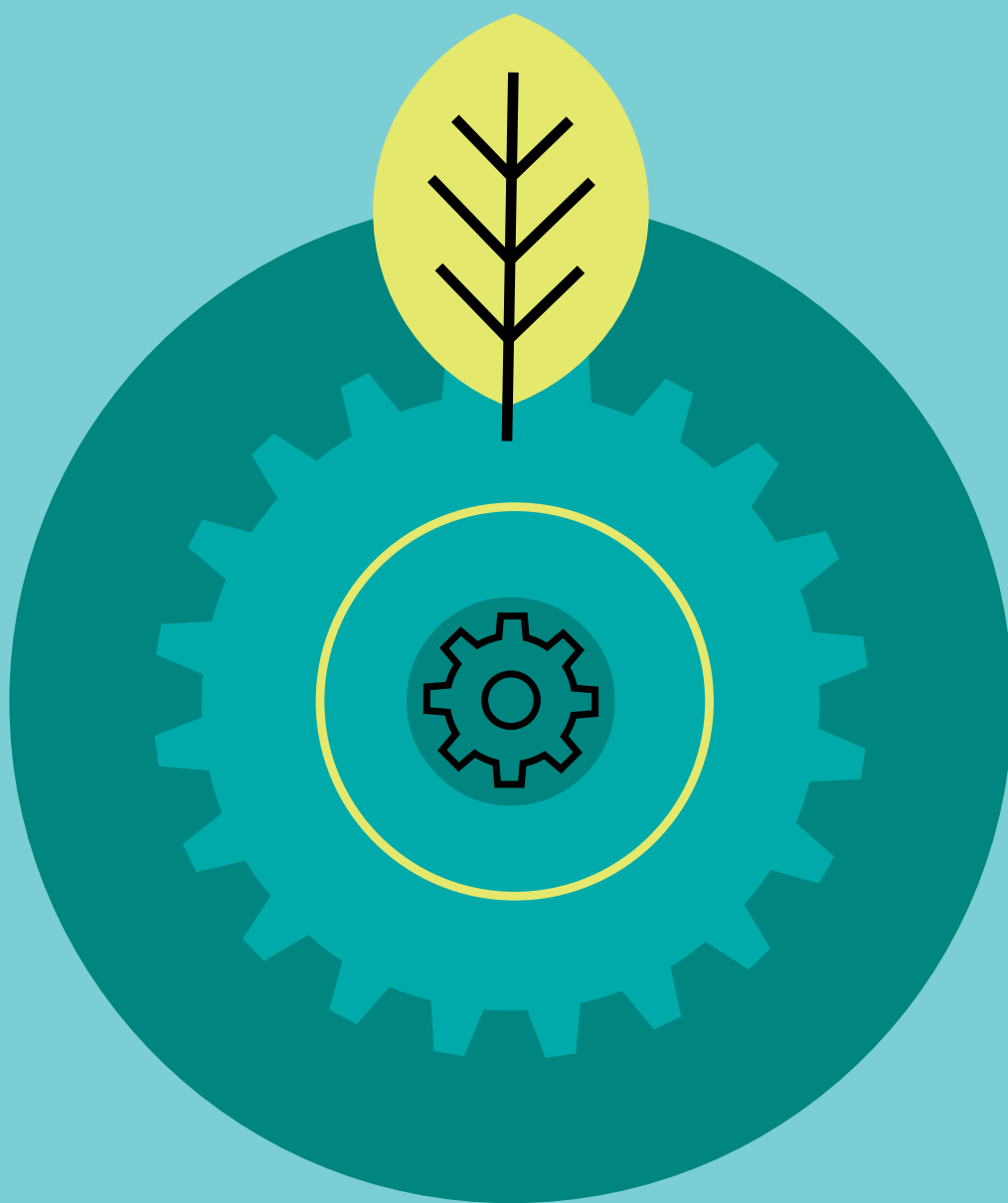
3.	
Cuencas de producción porcina	5
Contexto nacional	5
Gestión sustentable de los residuos de la producción porcina	7
Análisis de cuencas bioenergéticas de establecimientos porcinos	16
Cuenca porcina Unión – Marcos Juárez (Córdoba)	17
Cuenca porcina Juárez Celman – Río Cuarto (Córdoba)	17
Cuenca porcina Roque Pérez – Saladillo (Buenos Aires)	17
Cuenca porcina San Andrés de Giles (Buenos Aires)	17
Cuenca porcina Bolívar (Buenos Aires)	18
Aspectos de la producción porcina que determinan la viabilidad de proyectos de biodigestión	18

4.	
Cuencas de engorde bovino a corral (<i>feedlots</i>)	25
Contexto nacional	25
Análisis de cuencas bioenergéticas de <i>feedlots</i>	26
Cuenca de <i>feedlots</i> Saladillo – Roque Pérez (Buenos Aires)	31
Cuenca de <i>feedlots</i> Villa Constitución (Santa Fe – Buenos Aires)	31
Cuenca de <i>feedlots</i> Rivadavia – Gral. Villegas (Buenos Aires)	32
Cuenca de <i>feedlots</i> Colón (Córdoba)	32
Cuenca de <i>feedlots</i> Trenque Lauquen (Buenos Aires)	32
Aspectos de la producción de engorde bovino confinado determinantes para la viabilidad de proyectos de biodigestión	32

5.

Cuencas de producción lechera	39
Contexto nacional	39
Análisis de cuencas bioenergéticas de producción lechera	45
Cuenca lechera Central de Santa Fe	46
Cuenca lechera Este de Córdoba	46
Cuenca lechera Oeste de Buenos Aires	46
Cuenca lechera Abasto Sur de Buenos Aires	47
Cuenca lechera Abasto Norte de Buenos Aires	47
Aspectos de la producción lechera determinantes para la viabilidad de proyectos de biodigestión	47
Conclusiones	53
Recomendaciones	55
Bibliografía	57
Gráficos	
Gráfico 1 Distribución de existencias porcinas en las provincias, en porcentaje	6
Gráfico 2 Distribución de la gestión de purines porcinos, en porcentaje	7
Gráfico 3 Tecnologías consideradas óptimas para mejorar la sustentabilidad en la gestión de los purines, en porcentaje	15
Gráfico 4 Barreras identificadas por el sector para implementar un plan de gestión integral de purines porcinos	16
Gráfico 5 Número de establecimientos porcinos en función de la cantidad de animales, por provincia	16
Gráfico 6 Destino de los efluentes generados en los establecimientos lecheros, en porcentaje	45
Cuadros	
Cuadro 1 Cálculo de biogás por tipo de producción animal	3
Cuadro 2 Distribución de la totalidad de los <i>feedlots</i> por provincia	26
Cuadro 3 Características de los núcleos identificados dentro de la cuenca Saladillo – Roque Pérez	31
Mapas	
Mapa 1 Distribución de existencias porcinas en la Argentina, según potencial de generación de biogás	8
Mapa 2 Distribución de existencias porcinas en Buenos Aires, según potencial de generación de biogás	9
Mapa 3 Distribución de existencias porcinas en Córdoba, según potencial de generación de biogás	10
Mapa 4 Distribución de existencias porcinas en Santa Fe, según potencial de generación de biogás	11
Mapa 5 Distribución de existencias porcinas en San Luis, según potencial de generación de biogás	12

Mapa 6	Distribución de existencias porcinas en La Pampa, según potencial de generación de biogás	13
Mapa 7	Distribución de existencias porcinas en Entre Ríos, según potencial de generación de biogás	14
Mapa 8	Cuenca porcina Unión – Marcos Juárez: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	19
Mapa 9	Cuenca porcina Juárez Celman – Río Cuarto: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	20
Mapa 10	Cuenca porcina Roque Pérez – Saladillo: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	21
Mapa 11	Cuenca porcina San Andrés de Giles: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	22
Mapa 12	Cuenca porcina Bolívar: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	23
Mapa 13	Distribución de <i>feedlots</i> en la Argentina, según potencial de generación de biogás	27
Mapa 14	Distribución de <i>feedlots</i> en Córdoba, según potencial de generación de biogás	28
Mapa 15	Distribución de <i>feedlots</i> en Buenos Aires, según potencial de generación de biogás	29
Mapa 16	Distribución de <i>feedlots</i> en Santa Fe, según potencial de generación de biogás	30
Mapa 17	Cuenca de <i>feedlots</i> Saladillo – Roque Pérez: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	33
Mapa 18	Cuenca de <i>feedlots</i> Villa Constitución: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	34
Mapa 19	Cuenca de <i>feedlots</i> Rivadavia – Gral. Villegas: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	35
Mapa 20	Cuenca <i>feedlots</i> Colón (Córdoba): A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	36
Mapa 21	Cuenca de <i>feedlots</i> Trenque Lauquen: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	37
Mapa 22	Distribución de tambos en la Argentina, según potencial de generación de biogás	40
Mapa 23	Distribución de existencias de vacas lecheras en Buenos Aires, según potencial de generación de biogás	41
Mapa 24	Distribución de existencias de vacas lecheras en Córdoba, según potencial de generación de biogás	42
Mapa 25	Distribución de existencias de vacas lecheras en Santa Fe, según potencial de generación de biogás	43
Mapa 26	Distribución de existencias de vacas lecheras en Entre Ríos, según potencial de generación de biogás	44
Mapa 27	Cuenca lechera Central de Santa Fe: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	48
Mapa 28	Cuenca lechera Este de Córdoba: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	49
Mapa 29	Cuenca lechera Oeste de Buenos Aires: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	50
Mapa 30	Cuenca lechera Abasto Sur de Buenos Aires: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	51
Mapa 31	Cuenca lechera Abasto Norte de Buenos Aires: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor	52



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, otorgándole 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, 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 Informes 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.

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

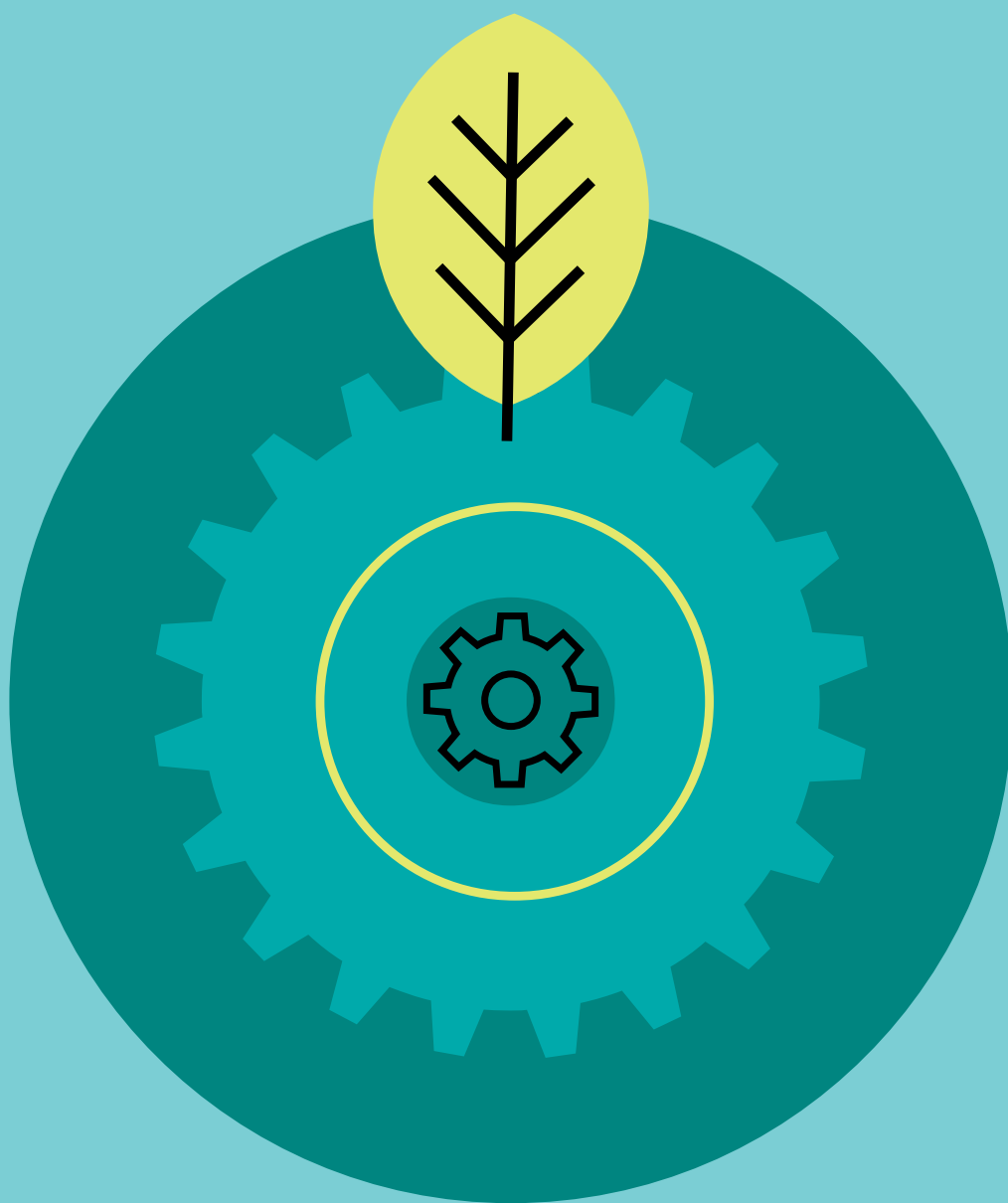
CT	Central térmica
FAUBA	Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Buenos Aires
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
MINAGRO	ex Ministerio de Agroindustria
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
WISDOM	<i>Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping</i> – Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles

Unidades de medida

°C	grado Celsius
cm	centímetro
ha	hectárea
kcal/m ³	kilocalorías por metro cúbico
kg	kilogramo
kg/ha	kilogramo por hectárea
km	kilómetro
km ²	kilómetro cuadrado
m	metro
m ³ /año	metro cúbico por año
m ³ /animal.año	metro cúbico por animal por año
MS	materia seca
MW	Megavatio
tep	tonelada equivalente de petróleo

Elementos químicos

N	nitrógeno
P	fósforo
K	potasio
N-NH ₄	nitrógeno amoniacal



RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del presente documento fue identificar y estudiar las principales cuencas productoras de efluentes o de biomasa residual pasible de ser transformada en biogás, a fin de aportar información de base para impulsar el desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de biogás.

Se identificaron 15 cuencas: cinco de establecimientos de engorde bovino a corral (*feedlots*), cinco de establecimientos porcinos y cinco de establecimientos lecheros (tambos). Las principales zonas de producción se encuentran en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos.

El trabajo ha logrado evidenciar que la República Argentina tiene un significativo potencial para la generación de biogás a partir de los efluentes de esos tres tipos de producciones pecuarias. La producción que presentó la mayor oferta potencial fue la proveniente de los *feedlots*: 198 748 tep/año. En segundo lugar, la proveniente de establecimientos porcinos, con una oferta potencial de biogás de 112 686 tep/año; y en tercer lugar quedaron los tambos, con 64 964 tep/año.

1.



INTRODUCCIÓN

En la Argentina, la generación de energía de biomasa, y especialmente de biogás, se ha revalorizado a partir de 2015, con la normativa que fomentó una nueva etapa respecto de las energías renovables (Ley 27191).

En esta línea, en la primera licitación del Programa RenovAr (Ronda 1) se adjudicaron seis proyectos de generación eléctrica a partir de biogás que sumaban 8,6 MW. Córdoba fue la provincia con más adjudicaciones (tres proyectos), seguida de Santa Fe¹ (dos) y San Luis (uno). En la Ronda 2 del Programa RenovAr se adjudicaron 31 proyectos de biogás, que alcanzaron una oferta de 56,2 MW. Esta mayor inclusión de las bioenergías se debió a cambios en las condiciones de los pliegos licitatorios, que fueron ajustándose a las experiencias y demandas del sector. De estos proyectos, diez se ubicaron en Córdoba; ocho, en Santa Fe; siete, en Buenos Aires; tres, en San Luis, y La Pampa, Santiago del Estero y Tucumán tuvieron un proyecto adjudicado cada una.

Por otra parte, los análisis WISDOM a escala provincial, realizados en 11 territorios a través del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA), generaron conocimiento sobre el significativo potencial de generación de biogás a partir de efluentes porcinos, de *feedlots* y de establecimientos lecheros (FAO 2016a, b y c; 2017a y b; 2018a, b, c, d, e y f). Esto puso en evidencia la valoración energética de los residuos generados en los establecimientos, como, por ejemplo, la menor contaminación debida al manejo de los efluentes y/o por reemplazo de combustibles fósiles.

Se supone que todos los aportes al conocimiento sobre la generación de energía a partir de efluentes residuales dará confianza e impulsará la aparición de nuevos proyectos de aprovechamiento energético del biogás.

Para este Informe, en el marco del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa, y en estrecha cooperación con la Dirección de Bioenergía de la Secretaría de Gobierno de Agroindustria, se identificaron y analizaron las cinco principales cuencas de establecimientos porcinos, de engorde bovino en corral y lecheros, potencialmente productoras de biogás a partir de efluentes o biomasa residual. Esas 15 cuencas son:

- Establecimientos porcinos: Cuenca Unión – Marcos Juárez y Cuenca Juárez Celman – Río Cuarto, en Córdoba; Cuenca Roque Pérez – Saladillo, Cuenca San Andrés de Giles y Cuenca Bolívar, en Buenos Aires.
- Establecimientos de engorde en corral (*feedlots*): Cuenca Saladillo – Roque Pérez, Cuenca Rivadavia – Gral. Villegas, y Cuenca Trenque Lauquen, en Buenos Aires; Cuenca Villa Constitución, entre Santa Fe y Buenos Aires; Cuenca Colón, en Córdoba.
- Establecimientos lecheros: Cuenca Central de Santa Fe; Cuenca Este de Córdoba; Cuenca Oeste, Cuenca Abasto Sur y Cuenca Abasto Norte, en Buenos Aires.

¹ El Proyecto Central Térmica (CT) San Pedro Verde, adjudicado en la Ronda 1, entró en operaciones a fin de noviembre de 2017.

2.



RELEVAMIENTO DE CUENCAS BIOENERGÉTICAS

Con el objetivo de estudiar las principales cuencas productoras de efluentes potencialmente aprovechables para transformar en biogás, se identificaron y seleccionaron zonas con alta concentración de establecimientos de producción pecuaria intensiva (porcina, *feedlots* y tambos).

El potencial de biogás se estimó en función de la cantidad de animales por establecimiento y de su localización, con información brindada por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) de fines del 2015. A partir de estos datos se calculó la producción de biomasa residual por tipo de actividad: bovinos (*feedlots* y tambo) y porcinos, según el criterio aplicado por Flores *et al.* (2009).

Para los *feedlots* bovinos se estimó un residuo potencial de 23,9 kilogramos (kg) de estiércol fresco por día por animal, que al multiplicarlo por la cantidad de días del año resulta en 8 708 kg de estiércol fresco por animal por año.

En el caso de los establecimientos porcinos se calculó un residuo potencial de 3,4 kg de estiércol fresco diarios por animal, equivalentes a 1 241 kg de estiércol fresco por animal por año.

En tanto, para los establecimientos tamberos se contemplaron 3,0 kg de estiércol fresco por animal por día (sólo se considera el residuo que puede ser recolectado cuando la vaca está en el proceso de ordeño), lo que da un valor estimado de 1 095 kg de estiércol fresco por animal al año.

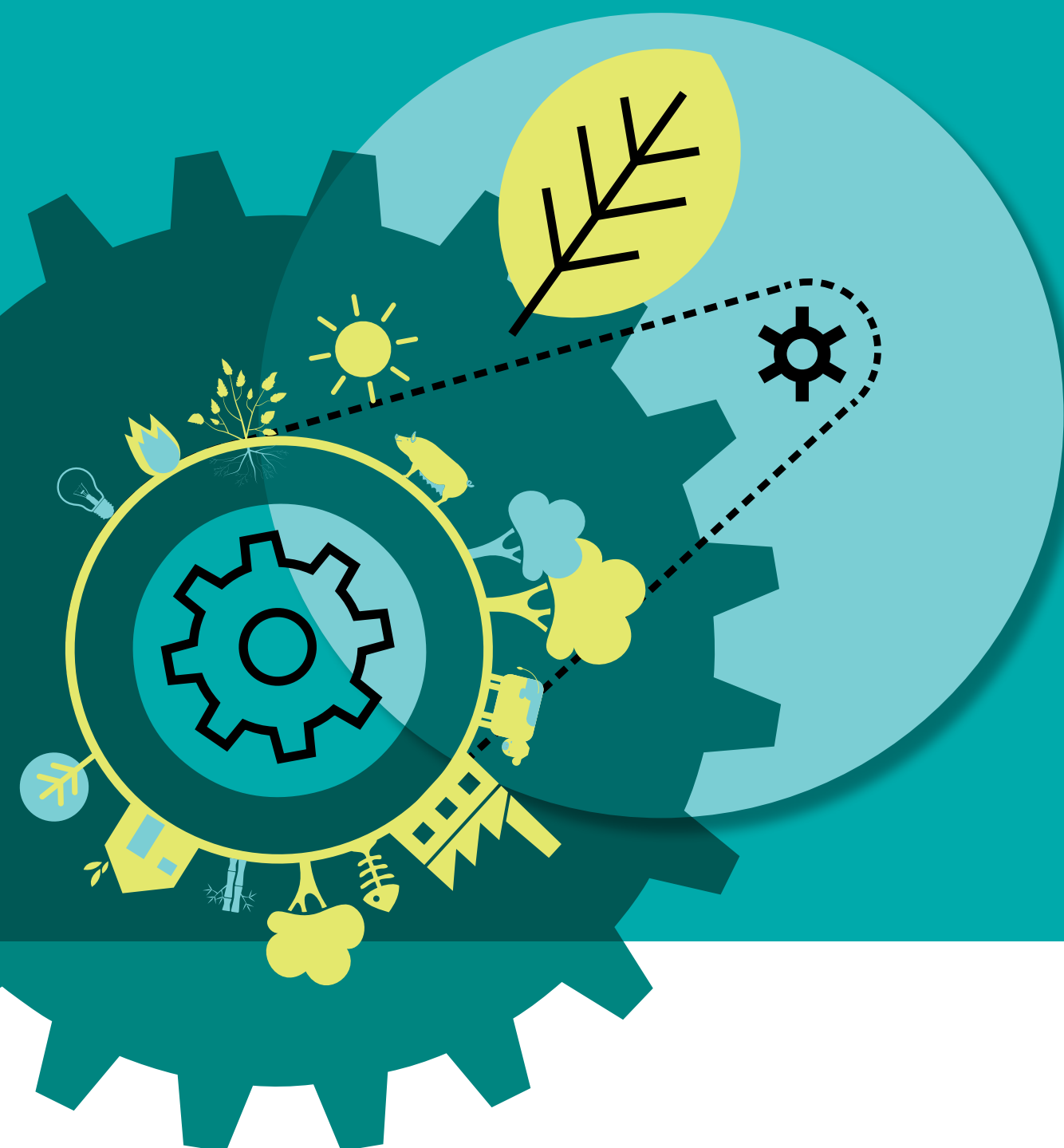
En el Cuadro 1 pueden observarse los valores de conversión utilizados para cada tipo de actividad. Además, se adoptó como poder calorífico del biogás 5 500 kilocalorías por metro cúbico (kcal/m³), y para convertir a toneladas equivalentes de petróleo (tep) se usó el factor 10⁷ kcal por cada tep.

Cuadro 1. Cálculo de biogás por tipo de producción animal

	Establecimientos		
	<i>Feedlots</i>	Porcinos	Tambos
Biogás (m ³ /kg estiércol fresco)	0,0315	0,0495	0,0315
Biogás (m ³ /animal.año)	274,30	61,45	34,49
Energía (kcal/animal.año)	1508 627	337 962	189 709
Energía (tep/animal.año)	0,1509	0,0338	0,0190

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

3.



CUENCAS DE PRODUCCIÓN PORCINA

Contexto nacional

La producción de porcinos en la Argentina creció considerablemente luego de la devaluación de la moneda ocurrida en 2002, especialmente por el encarecimiento del cerdo importado y la demanda del consumo interno (Brunori, 2013). Específicamente, según datos oficiales (MINAGRO, 2017), en la década que va de 2005 a 2015 tal crecimiento fue superior al 120%.

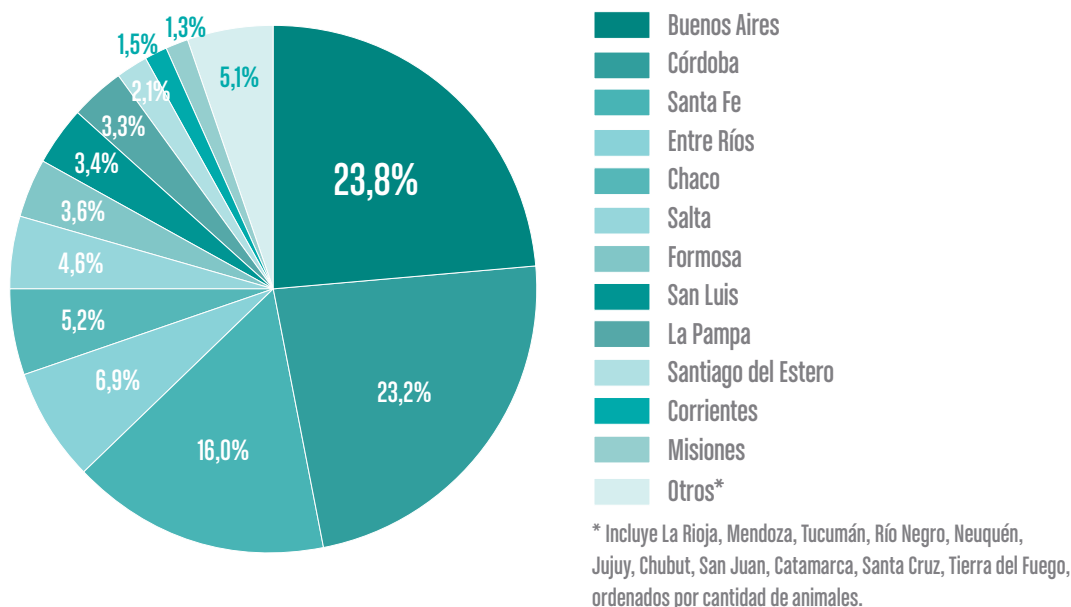
Los establecimientos porcinos se concentran en las provincias de la zona núcleo agrícola del país, donde coinciden la disponibilidad de granos y los centros de faena y consumo: norte de Buenos Aires, centro de Córdoba y sur de Santa Fe, que concentran aproximadamente el 63% de las existencias (alrededor de 3,2 millones de cabezas). En el resto del país se destaca la producción en Entre Ríos, Chaco, Salta, Formosa, San Luis, La Pampa y Santiago del Estero, que en conjunto albergan el 32% de las existencias de porcinos. El restante 5% se distribuye en las demás provincias argentinas (Gráfico 1).

Tanto a escala global como nacional, la producción porcina evolucionó hacia sistemas de mayor intensificación, donde los animales se encuentran en confinamiento absoluto y su ambiente está controlado. En estos sistemas la superficie utilizada exclusivamente para la producción animal es reducida en términos de números de animales, pero requiere altos niveles de inversión en instalaciones fijas (MINAGRO, 2017).

Según indicadores de eficiencia productiva, se estima que en la Argentina un 39% de los porcinos se encuentra bajo sistemas de producción en confinamiento, con una productividad promedio por madre de 20 animales terminados por año. El 61% restante de las madres se encuentra bajo sistemas de producción a campo o mixtos (a campo con alguna etapa intensificada), cuya productividad anual por madre se calcula en alrededor de 10 a 14 animales.

Si bien los sistemas de producción de pequeña y mediana escala productiva (10 a 200 madres) son los que prevalecen en el país, se ha producido un importante aumento de los productores que, a partir de estratos de 100 madres, han confinado en parte o totalmente sus animales, con lo que se convirtieron en empresas tecnificadas de mayor eficiencia productiva.

Cabe aclarar que, de cada gramo de proteína consumida por un animal, solo el 33% es utilizado para la formación de tejido (carne) y el resto se elimina a través de heces y orina.

Gráfico 1. Distribución de existencias porcinas en las provincias, en porcentaje

Fuente: MINAGRO (2017).

Las formas químicas solubles de los macronutrientes –nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K)– provenientes de la hidrólisis de la proteína generan elevadas cargas en las deyecciones líquidas, como el nitrógeno amoniacal (N-NH_4). Es necesario tener en cuenta que el N, al estar en forma amoniacal, facilita su disponibilidad para los cultivos.

El purín presenta un 12% de materia seca (MS), de la cual entre 85 y 90% es materia orgánica. Estos valores pueden cambiar cuando se utiliza agua para limpiar las instalaciones (Franco y Panichelli, 2013). Además, la composición físico-química del efluente porcino también varía dependiendo del sistema de producción, el tipo de explotación, la edad del animal, la dieta y el manejo de las granjas (por ejemplo, tipo de bebedero y manejo del agua). En los sistemas confinados, debido a que los porcinos se hallan en ambientes protegidos del clima y la lluvia, deben realizarse frecuentes tareas de limpieza de las naves de producción y remoción de las excretas. Una gestión adecuada de los purines resulta de gran importancia, ya que se suman el aumento de los volúmenes producidos y una mayor intensificación de las producciones. Su disposición deliberada en el ambiente provoca la degradación de los recursos agua, suelo y aire, la proliferación de plagas sinantrópicas (moscas, roedores, entre otras) y la generación de olores indeseables (INTA, 2012). Consecuentemente, su manejo y tratamiento es un aspecto fundamental para la sustentabilidad ambiental de los sistemas de producción animal intensivos.

El manejo de purines mediante la digestión anaeróbica resulta una alternativa viable para alcanzar los objetivos de mitigación de la contaminación y valorización energética de residuos pecuarios en la Argentina, con el desarrollo de proyectos que agreguen valor en origen a los productores de porcinos y fomenten la producción animal intensiva de manera sustentable.

En cuanto al potencial de generación de energía, la conversión de purines de porcinos en biogás es de 0,06 metros cúbicos por kilogramo de sólidos totales ($\text{m}^3/\text{kg ST}$) (Groppelli y Giampaoli, 2012).

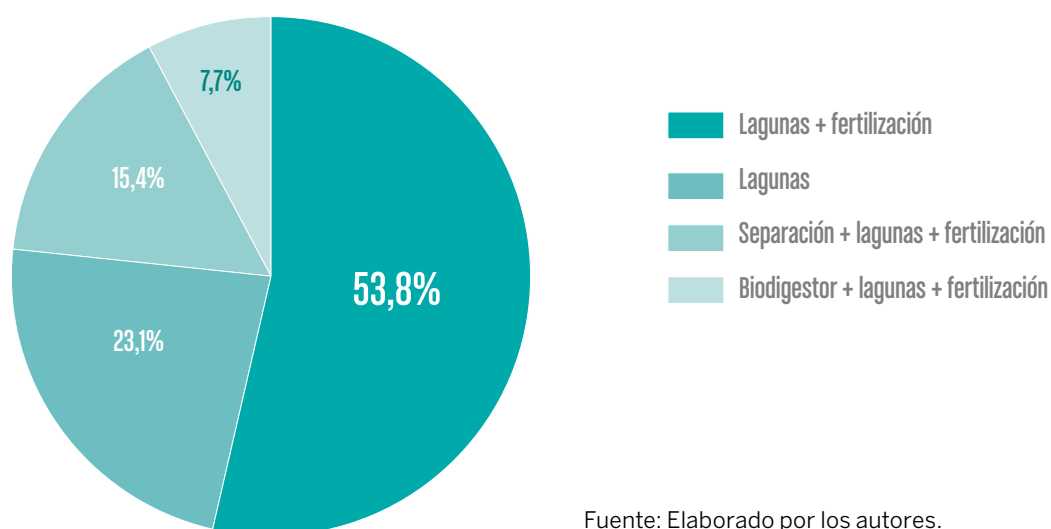
Existe un gran desarrollo de la actividad porcina en la Cuenca del Río Salado, que forma parte del sistema hidrográfico de la Cuenca del Río de la Plata. La Cuenca del Salado abarca 186 000 kilómetros cuadrados (km²), esto es, más de la mitad de la superficie de la provincia de Buenos Aires (donde se ubican 56 de sus 134 municipios), y es una de las áreas más importantes de la Argentina en términos socioeconómicos. Se caracteriza por tener las condiciones agroecológicas propicias para la crianza de cerdos y la producción de cereales y oleaginosas, que son los principales insumos de la actividad porcina. No obstante, en toda la región central del país existe gran potencial para generar energía a partir de purines (como puede apreciarse en los mapas 1 a 4).

Si bien, como se señaló, la producción porcina está concentrada en la zona núcleo agrícola, también existe dispersa en todo el territorio nacional, lo que allana el camino para la aparición de nuevas cuencas productivas en regiones donde la actividad se ha ido incrementando significativamente, sobre todo en las provincias de San Luis, La Pampa y Entre Ríos (mapas 5 a 7).

Gestión sustentable de los residuos de la producción porcina

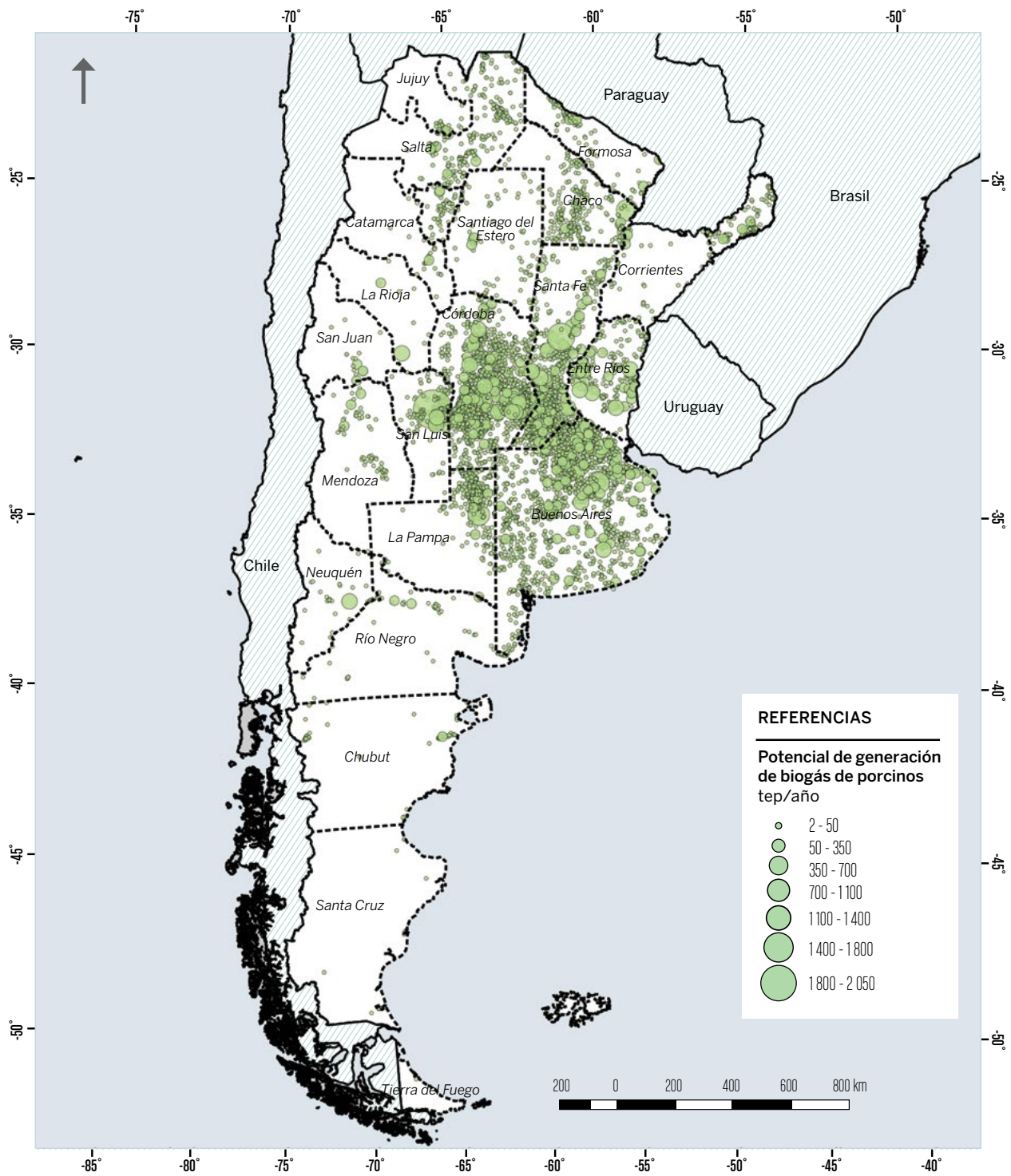
En 2017, la Dirección de Bioenergía y el Área de Porcinos del ex Ministerio de Agroindustria realizaron una encuesta con el objetivo de identificar y analizar las tecnologías existentes para promover una gestión integral y sustentable de los residuos de la actividad porcina (MINAGRO, 2017). De la misma surgió que, en cuanto a la gestión de los purines que llevan adelante las empresas, la mayoría utilizaba lagunas de estabilización para luego aplicarlos como fertilizante en campos agrícolas (Gráfico 2). Dentro de esta metodología existen variantes, como, por ejemplo, la separación de sólidos previa al vertido en lagunas o la extracción de sólidos de la última laguna, así como la aplicación de biodigestores con posterior utilización de lagunas. El uso de lagunas fue la tecnología central en todos los establecimientos consultados.

Gráfico 2. Distribución de la gestión de purines porcinos, en porcentaje



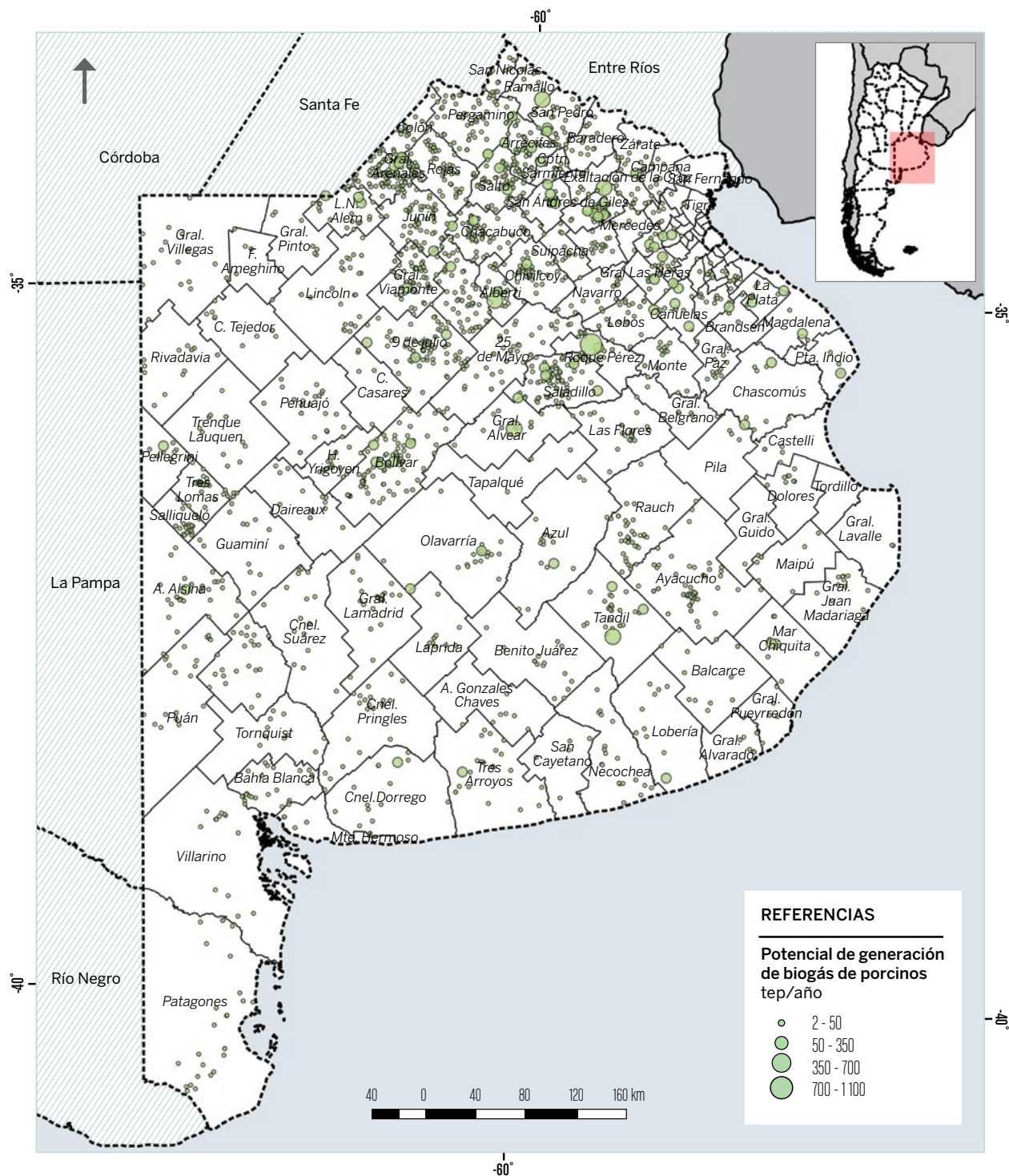
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 1. Distribución de existencias porcinas en la Argentina, según potencial de generación de biogás



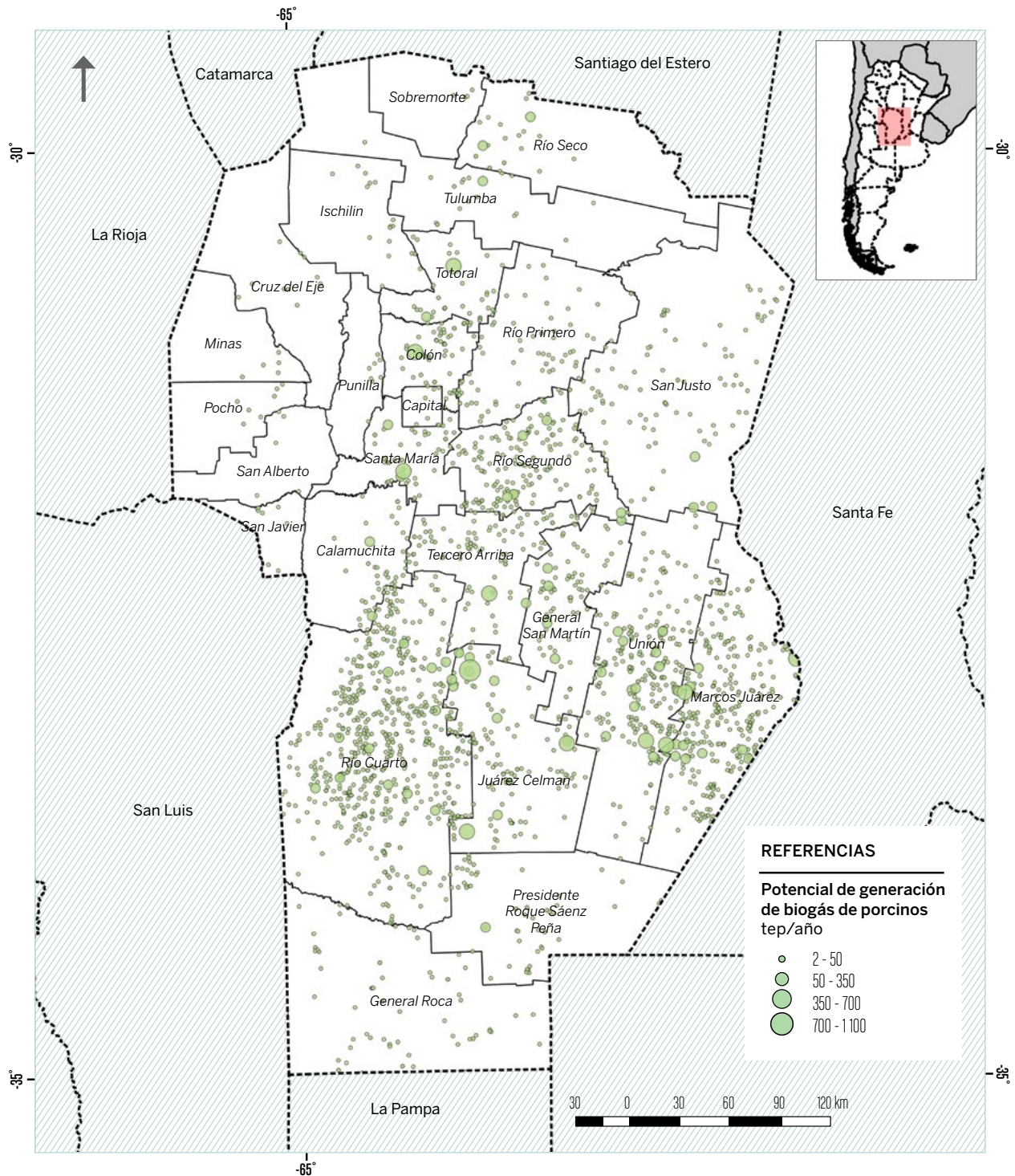
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 2. Distribución de existencias porcinas en Buenos Aires, según potencial de generación de biogás



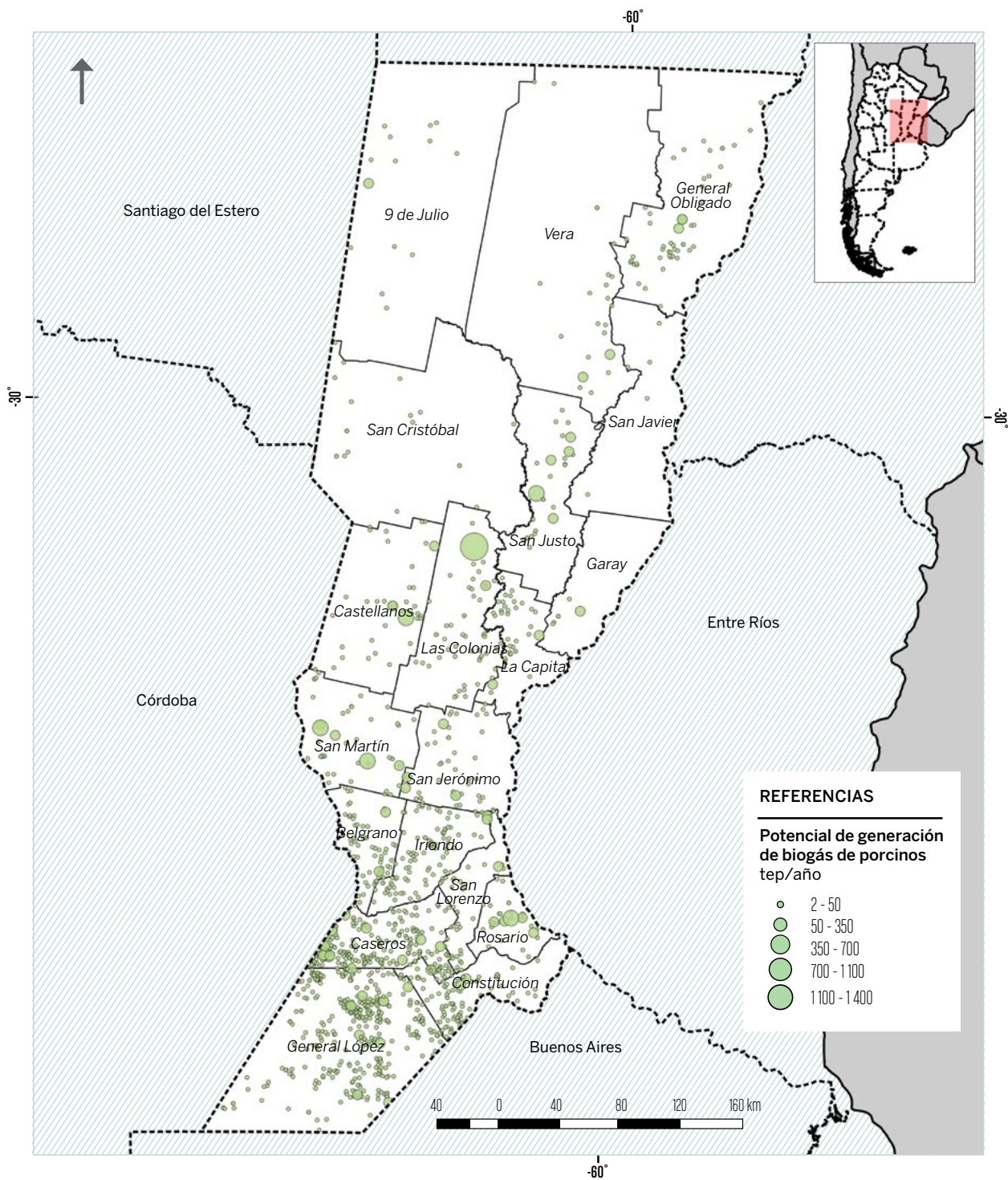
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 3. Distribución de existencias porcinas en Córdoba, según potencial de generación de biogás



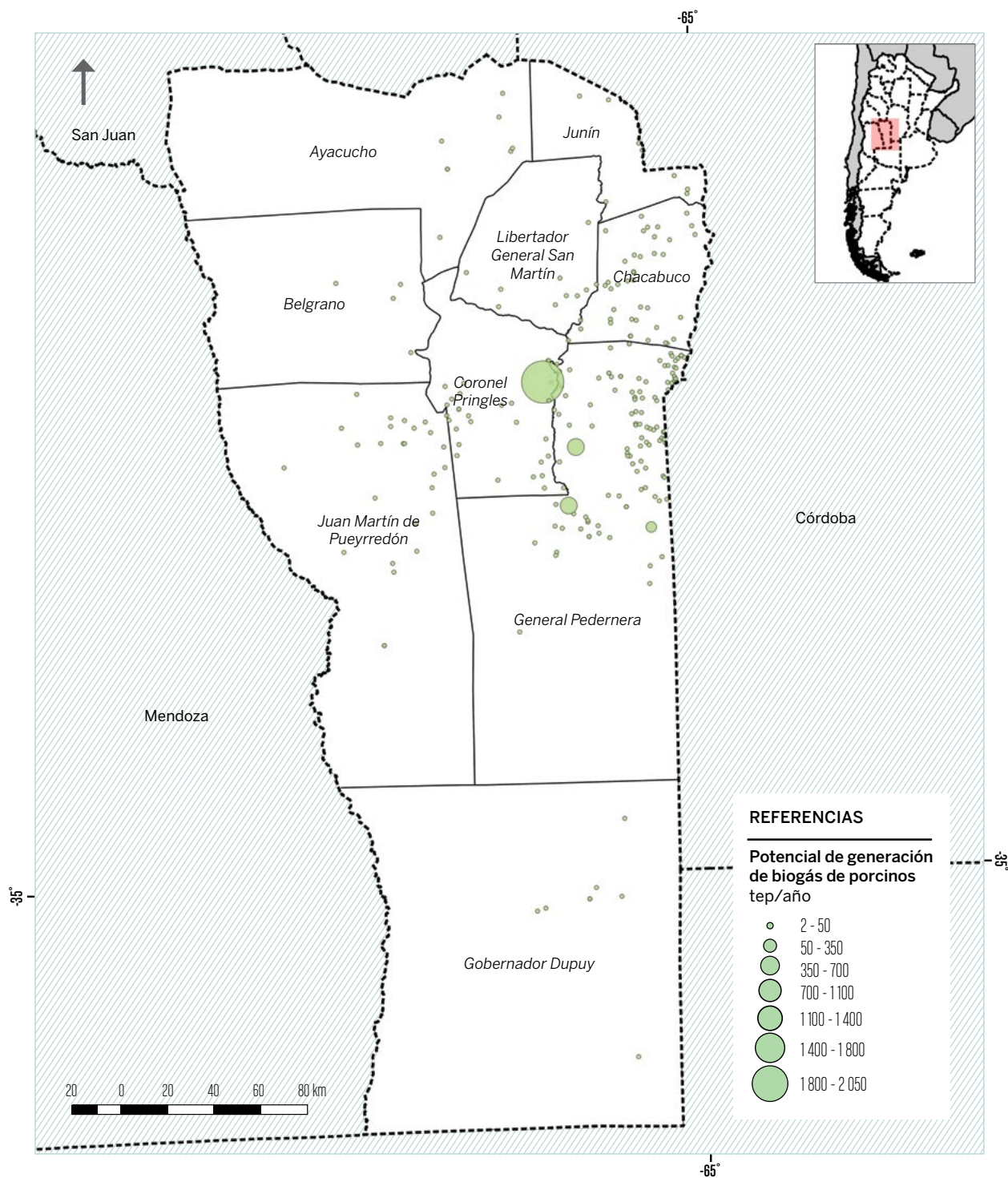
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 4. Distribución de existencias porcinas en Santa Fe, según potencial de generación de biogás



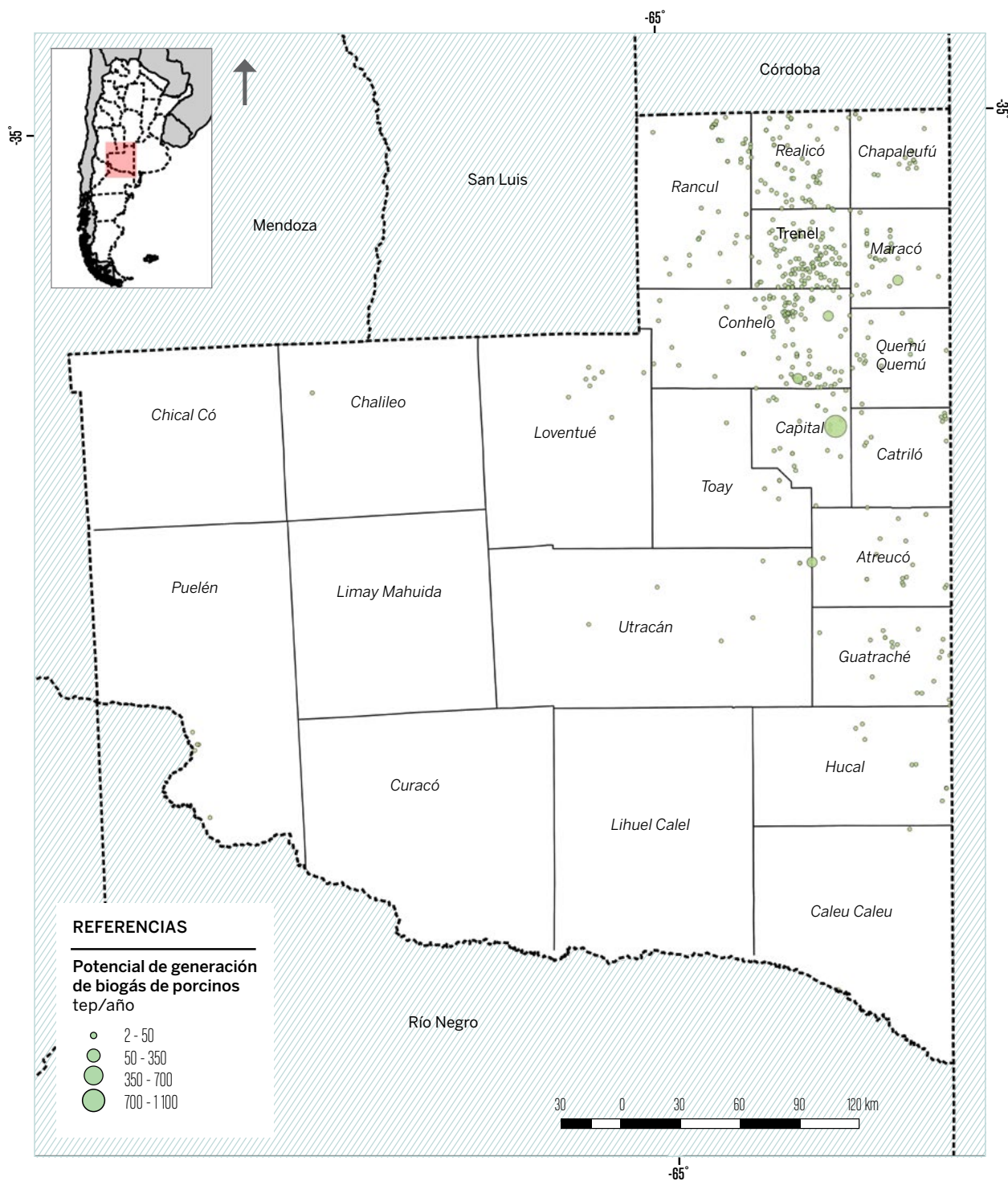
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 5. Distribución de existencias porcinas en San Luis, según potencial de generación de biogás



Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 6. Distribución de existencias porcinas en La Pampa, según potencial de generación de biogás



Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 7. Distribución de existencias porcinas en Entre Ríos, según potencial de generación de biogás



Fuente: Elaborado por los autores.

En cuanto a las tecnologías consideradas óptimas para mejorar la sustentabilidad en la gestión de los purines (Gráfico 3), el 60% de los encuestados eligió la digestión anaeróbica. Si bien el 34% mencionó la implementación de biodigestión solamente, el 30% propuso que esta debía ser complementada con otra tecnología (fertilización o lagunas más fertilización). Es importante destacar que la mayoría de los encuestados consideró necesario modificar el sistema de tratamiento actual, y, más interesante aún, propuso una combinación de tecnologías para lograr una solución más adecuada a la disposición de los purines.

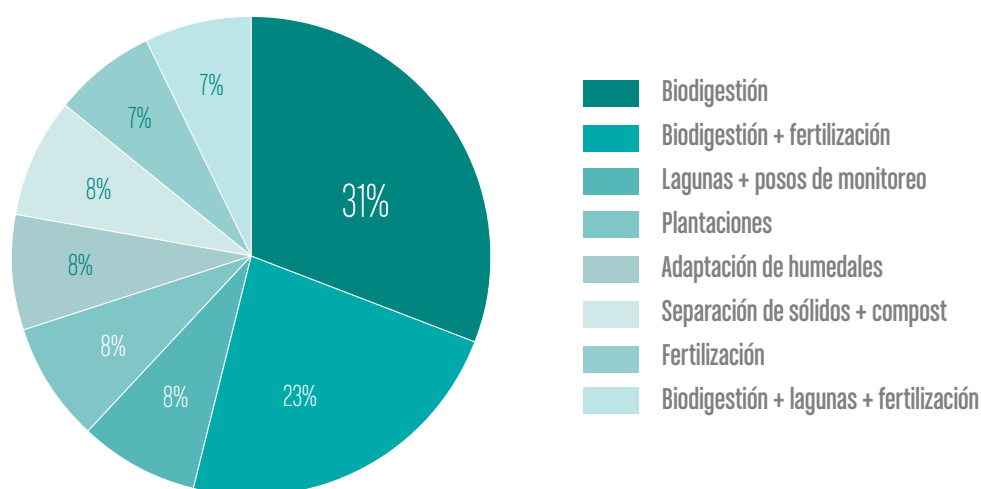
En relación con las principales barreras que identifica el sector para implementar planes de gestión de purines a corto, mediano y largo plazo, de la encuesta surge, en primer lugar, la falta de financiamiento específico, como créditos a baja tasa y a largo plazo para amortizar el proyecto de biogás.

En orden de importancia, siguieron la ausencia de un marco legal claro y la baja rentabilidad de la implementación de planes de gestión. También se mencionó recurrentemente la falta de capacitación y/o de conocimientos específicos para manejar adecuadamente los purines, así como que existe una exigencia elevada en la calidad de los efluentes (parámetros evaluados), una gran burocracia y falta de tiempo para adaptarse al nuevo sistema de gestión. Una respuesta interesante fue la que mencionó que hace falta experiencia a largo plazo en la implementación de planes de gestión (Gráfico 4).

Según la información brindada por SENASA, y como se mencionó, la mayor concentración de establecimientos porcinos se da en la categoría de menos de 1 000 animales. El rango siguiente en tamaño (1 000 a 5 000 animales) es el segundo en cantidad de establecimientos y se ubica principalmente en Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos (Gráfico 5).

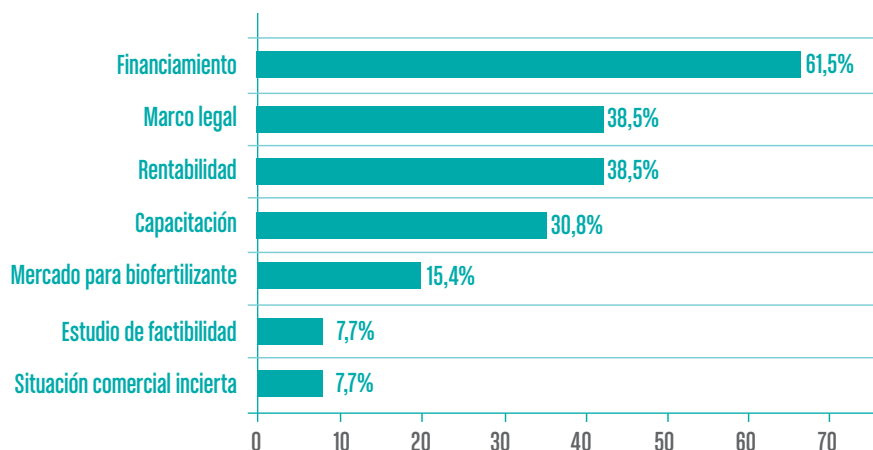
En cuanto a los establecimientos de mayor envergadura, solo alrededor de 15 superan los 10 000 animales en el país; el de mayor cantidad de animales no está ubicado en las provincias núcleo, sino en San Luis.

Gráfico 3. Tecnologías consideradas óptimas para mejorar la sustentabilidad en la gestión de los purines, en porcentaje



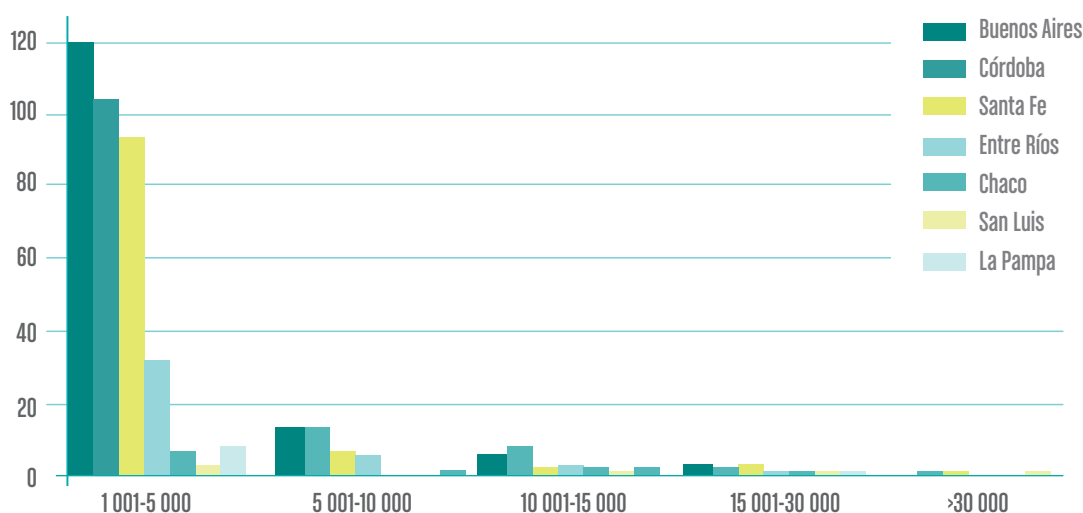
Fuente: Elaborado por los autores.

Gráfico 4. Barreras identificadas por el sector para implementar un plan de gestión integral de los purines porcinos



Fuente: Elaborado por los autores.

Gráfico 5. Número de establecimientos porcinos en función de la cantidad de animales, por provincia



Fuente: Elaborado por los autores sobre datos del Senasa.

Análisis de cuencas bioenergéticas de establecimientos porcinos

El potencial nacional de biogás de los establecimientos porcinos, de acuerdo con las estimaciones realizadas, es de 204 883 456 m³/año, equivalentes a 112 686 tep/año. La cantidad de establecimientos en 2015 era de 8 664, los cuales sumaban alrededor de 3,3 millones de cabezas.

El criterio para seleccionar las cinco cuencas de establecimientos porcinos se basó en la realización de mapas de calor, es decir, se generaron mediante sistemas de información geográfica, mapas de densidad que permiten identificar patrones de distribución e intensidad de

la variable analizada. Estos mapas manifiestan territorialmente el potencial de generación de biogás basado en purines porcinos.

Cuenca porcina Unión – Marcos Juárez (Córdoba)

Al sureste de la provincia de Córdoba, particularmente en los departamentos de Unión y Marcos Juárez, entre la Ruta Nacional 8 y la Autopista Córdoba-Rosario, se conforma la cuenca porcina con mayor potencial bioenergético a partir de purines porcinos (Mapa 8).

Esta cuenca tiene aproximadamente un largo de 100 km y un ancho de 50 km, en forma de maní, y ocupa una superficie de 5 072 km². Abarca 280 establecimientos porcinos que tienen en conjunto 173 421 cabezas, lo que representa el 3,23% de los establecimientos del país y el 5,20% del total de animales.

El potencial bioenergético de esta cuenca alcanza las 5 861 tep/año (10 656 720 m³/año). Como se observa en los mapas, el mayor potencial se localiza en la zona sur. Por ello, allí se realizó un *buffer* de 25 km de radio, que dio un potencial de 3 158 tep/año debido al aporte de 108 establecimientos.

En esta cuenca se encuentra un proyecto que fue adjudicado en el marco del Programa RenovAr para la generación de energía eléctrica, a partir de la biodigestión anaeróbica de silaje de cultivos energéticos y purines de cerdo, por una potencia de 2 MW.

Cuenca porcina Juárez Celman – Río Cuarto (Córdoba)

La segunda cuenca con mayor potencial bioenergético a partir de purines de porcinos se encuentra en los departamentos de Juárez Celman y Río Cuarto (Mapa 9). Abarca una superficie de 2 081 km² (aproximadamente, 50 km por 40 km), con eje en la Ruta Nacional 158, entre el tramo Río Cuarto y Villa María. Esta cuenca está constituida por 72 establecimientos que albergan 80 000 cabezas, con un potencial de 2 721 tep/año, que representa un 2,41% del potencial nacional.

A diferencia de la cuenca Unión – Marcos Juárez, la cuenca Juárez Celman – Río Cuarto está conformada por una menor cantidad de establecimientos con mayor oferta potencial. Esta particularidad podría ser una ventaja a la hora de generar planificaciones y políticas públicas.

En esta cuenca, en el Programa RenovAr se adjudicó el proyecto CT Jigena 1, por una oferta de 1 MW de potencia, que se basa en la generación de biogás con purines de cerdo y residuos de maní, entre otros.

Cuenca porcina Roque Pérez – Saladillo (Buenos Aires)

Esta tercera cuenca corresponde a los partidos del noreste bonaerense Roque Pérez y Saladillo, a lo largo de la Ruta Nacional 205 y en las zonas intersticiales de las rutas provinciales 30 y 51. Abarca un área de 2 233 km², donde se ubican 87 establecimientos porcinos con cerca 61 000 cabezas. Su potencial de biogás es de 2 067 tep/año, equivalente a casi el 2% del total nacional.

En el partido de Roque Pérez, se destaca un gran criadero de cerdos con un alto potencial, mientras que en el partido de Saladillo el potencial es menor y está representado por una cantidad de establecimientos que tienen entre 500 y 4 000 animales (Mapa 10).

Cuenca porcina San Andrés de Giles (Buenos Aires)

En el partido de San Andrés de Giles, en una superficie de 787 km², se concentran 55 establecimientos con un stock de 57 000 cabezas. La mayor parte se ubica a lo largo de la Ruta

Nacional 7 y la Ruta Provincial 41. Al norte del partido, sobre la Ruta Nacional 8, existe un criadero comercial con más de 18 000 cabezas. El potencial de generación de biogás de esta cuenca se estimó en 1942 tep/año.

Si bien el potencial de biogás de esta cuenca es menor con respecto al de las anteriores, presenta establecimientos con mayor capacidad productiva, lo que le confiere mayores posibilidades para la valorización energética de los residuos (Mapa 11).

Cuenca porcina Bolívar (Buenos Aires)

La cuenca porcina de Bolívar se extiende a lo largo de la Ruta Nacional 226 y la Ruta Provincial 65 y cubre una extensión de 2 147 km². Allí se distribuyen 80 establecimientos con alrededor de 43 000 cabezas, que suman una oferta potencial de 1463 tep/año.

En la zona de mayor concentración (un *buffer* de 20 km de radio), el potencial de generación de biogás alcanza los 937 tep/año, constituidos por el aporte de 25 establecimientos que suman casi 28 000 cabezas (Mapa 12).

Aspectos de la producción porcina que determinan la viabilidad de proyectos de biodigestión

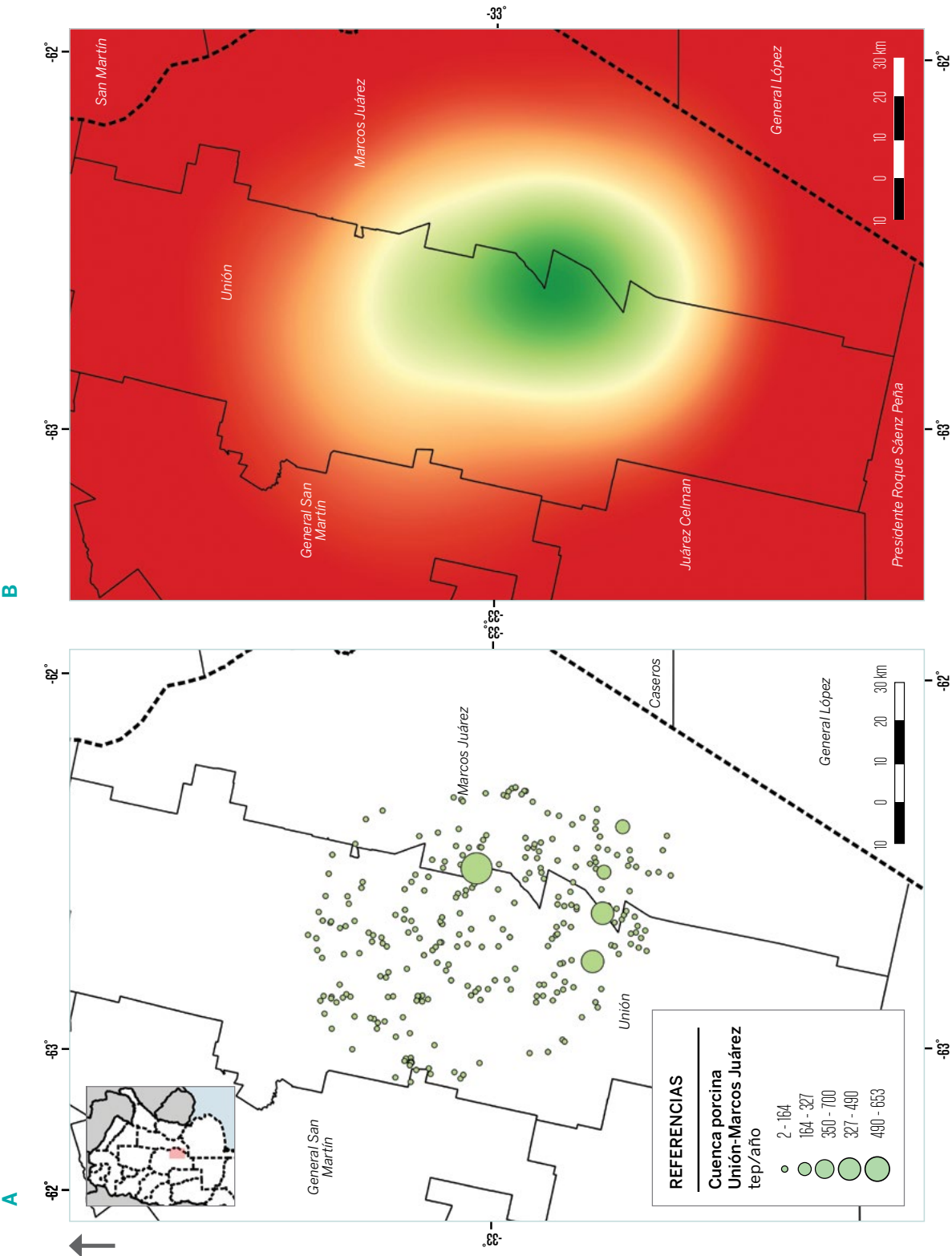
De modo general, la implementación de proyectos de aprovechamiento energético a partir de purines porcinos debe tener en cuenta diversos aspectos para ser exitosa:

- **Instalaciones sobre piso de concreto:** Debe tenerse en cuenta que antes de usar el residuo, éste debe ser removido mecánicamente del piso, lo que puede realizarse con pala de mano y lavando con agua a presión, una o dos veces por semana en épocas de alta temperatura, y cada uno a tres meses si se trata de una zona fría (INTA, 2012). En tal sentido, la producción porcina debe hacerse sobre piso de concreto, total o parcialmente techada. Si no se cuenta con piso de concreto en las instalaciones, la inversión inicial por madre, para ella y toda su producción, es de aproximadamente 5 000 dólares (USD/madre), según información del sector de porcinos del MINAGRO.
- **Efluentes (excretas + remanentes del sistema de producción):** Como se indicó, los porcinos transforman solo un tercio de la proteína que consumen en carne, y el resto lo eliminan en las excretas (N-NH₄), que incluyen la combinación de heces sólidas y orina, en una relación de 60/40%, aproximadamente. La composición de las excretas varía en relación con la base de la ración que consumen los animales, que depende de su edad, sexo y peso, como también de su estado reproductivo en el caso de las hembras (INTA, 2012; MINAGRO, 2017).

Además, las excretas porcinas se presentan, en general, mezcladas con otros materiales, como remanentes de agua para bebida animal, agua de lavado de la explotación, restos de alimento volcados en el piso, paja o material usado para la “cama” de los animales en el sistema túnel y agua de lluvia si la fosa de almacenamiento no está cubierta.

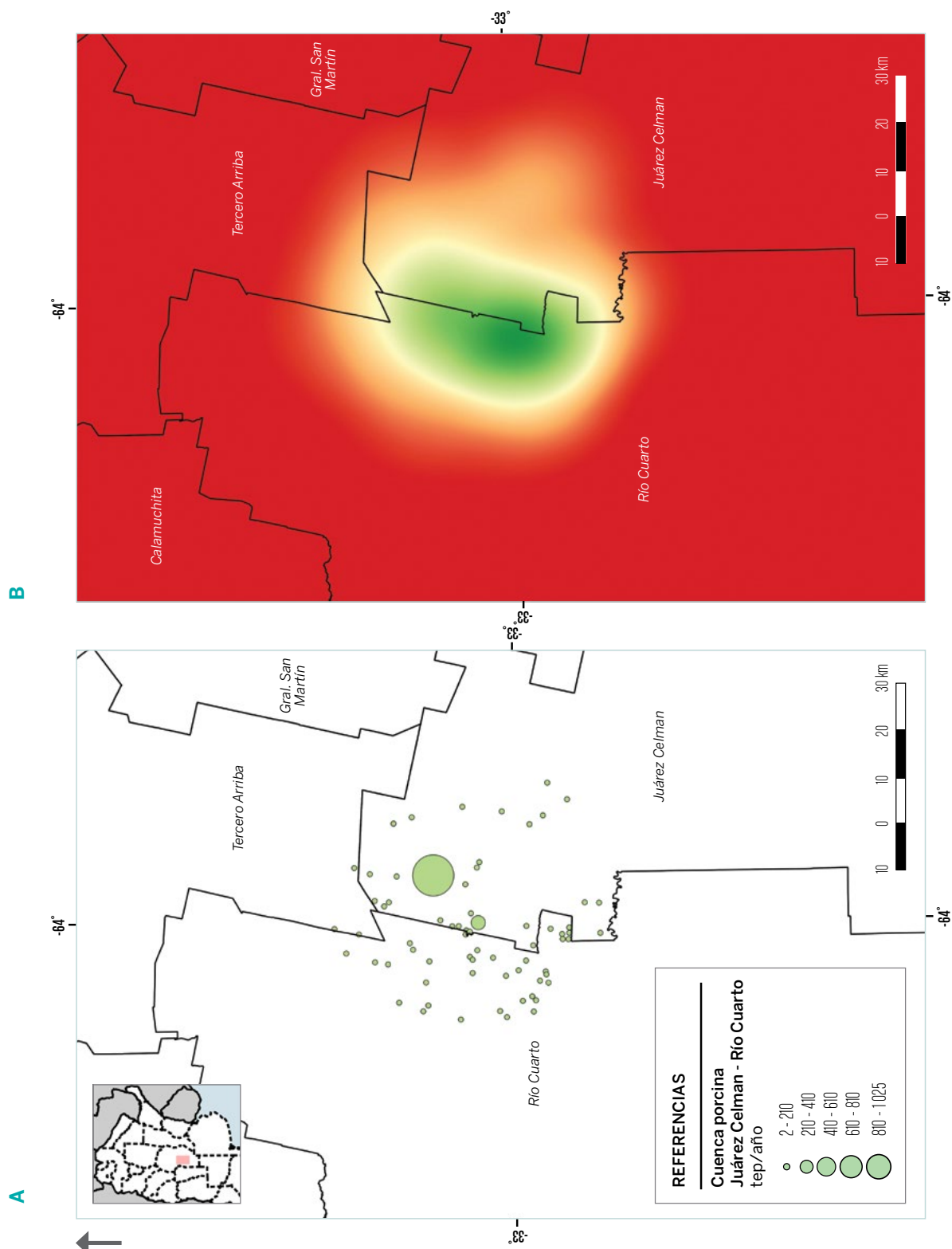
- **Normativa provincial:** Es necesario considerar las normativas ambientales que rigen en las provincias en cada caso. Por ejemplo, en Córdoba, el gobierno provincial dispuso, a través del Decreto 847/2016, una norma regulatoria para el uso de purín como fertilizante.

Mapa 8. Cuenca porcina Unión – Marcos Juárez: A, potencial bioenergético por establecimiento; B, mapa de calor



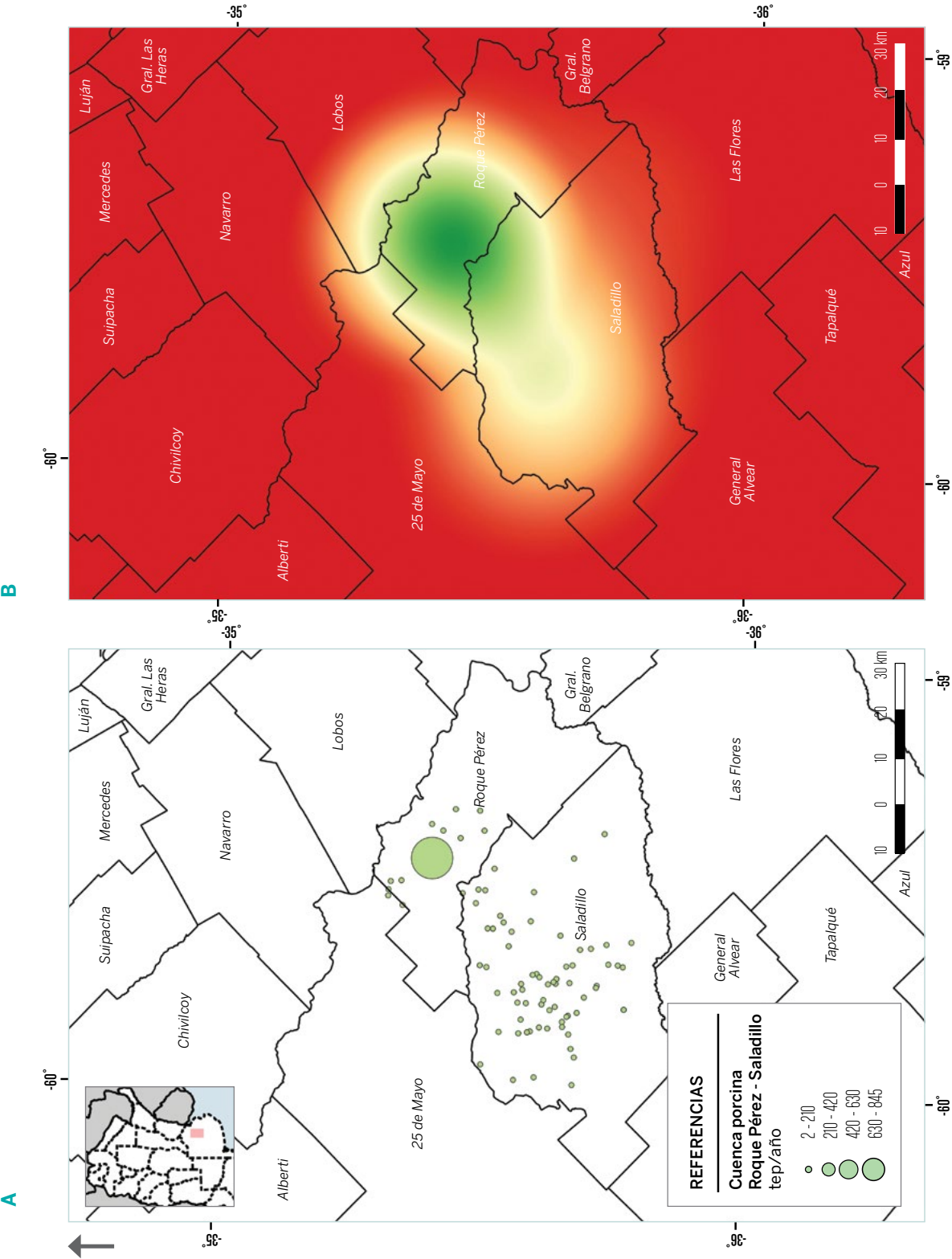
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 9. Cuenca porcina Juárez Celman – Río Cuarto: A, potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



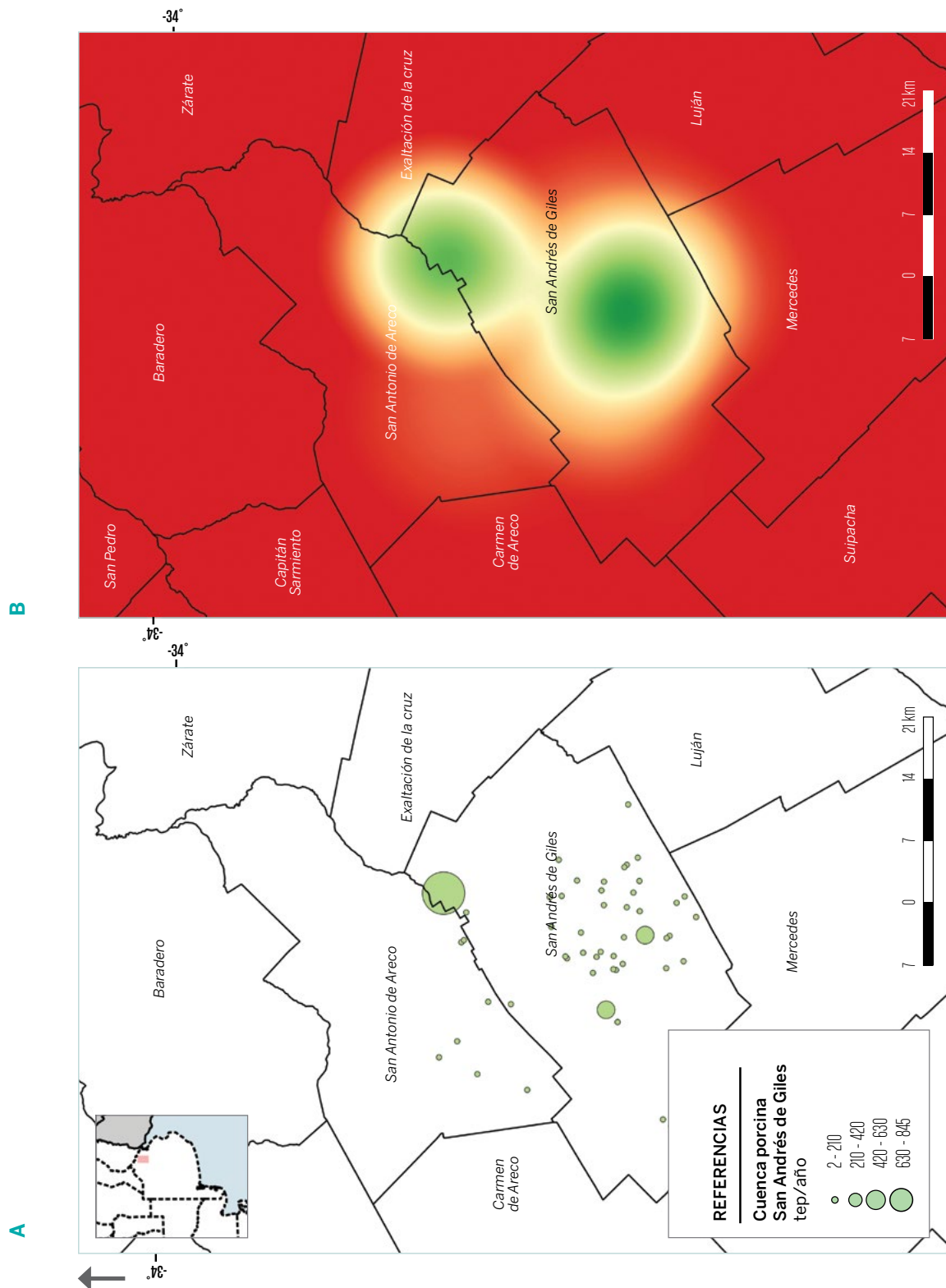
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 10. Cuenca porcina Roque Pérez – Saladillo: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



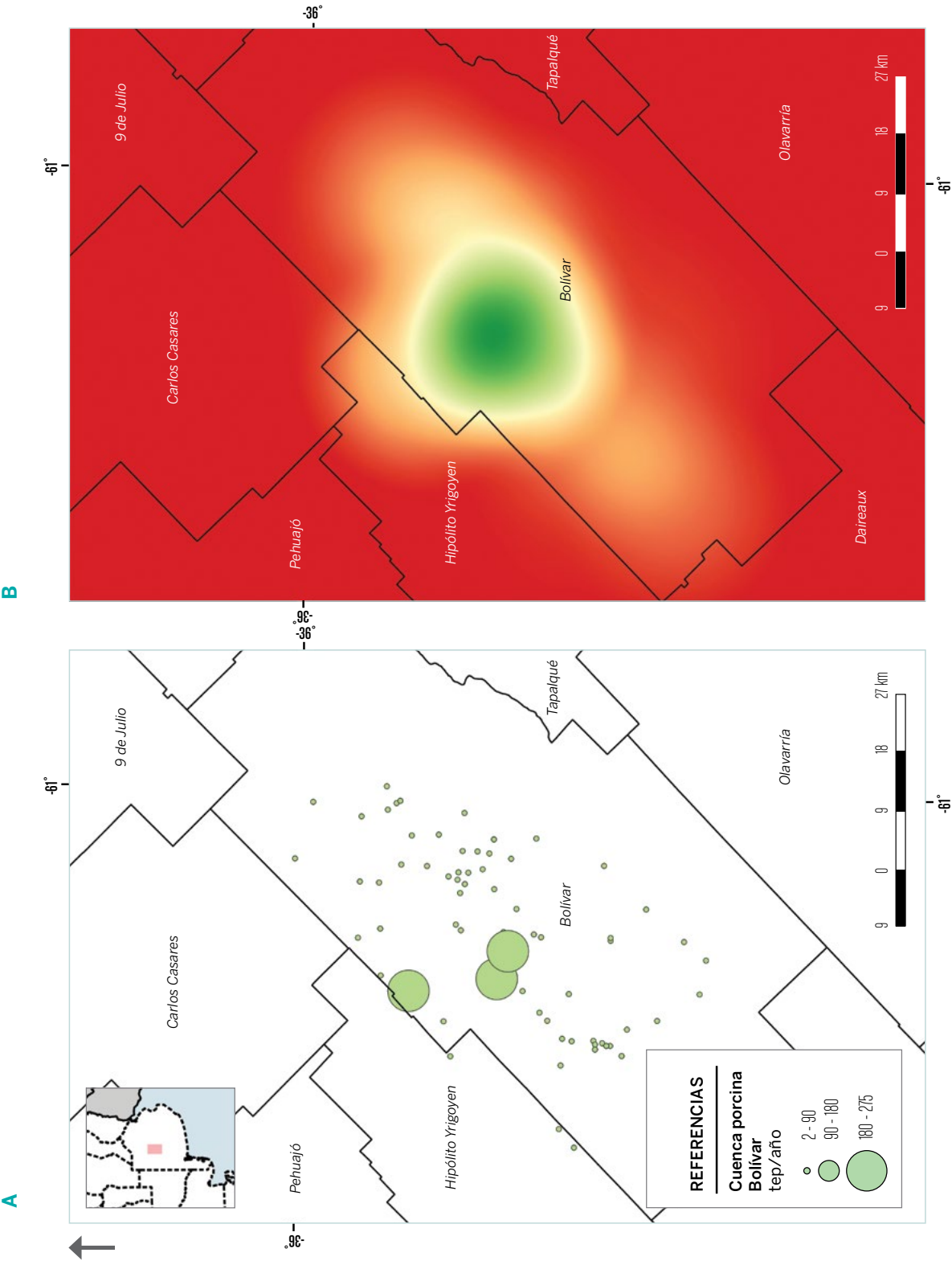
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 11. Cuenca porcina San Andrés de Giles: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 12. Cuenca porcina Bolívar: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



Fuente: Elaborado por los autores.

4.



CUENCAS DE ENGORDE BOVINO A CORRAL (*FEEDLOTS*)

Contexto nacional

El engorde a corral (*feedlot*) se ha desarrollado en los últimos veinte años en la Argentina como complemento en la terminación del ganado vacuno para carne (Viglizzo y Frank, 2010), y ha logrado una inserción significativa en la cadena.

En el corral, la materia fecal y la orina forman un solo tipo de residuo inseparable, que se denomina estiércol. Un vacuno excreta por día alrededor del 5 al 6% de su peso vivo, por lo que un novillo de 400 kg produce de 20 a 25 kg diarios de estiércol. Dado su contenido de humedad, de 80 a 85%, quedan 3 kg diarios de residuo seco por animal, en promedio. Según la digestibilidad de la dieta, un *feedlot* de 5 000 cabezas puede producir entre 6 000 y 9 000 toneladas de estiércol anualmente. Es importante destacar que para lograr una reducción en la producción de estiércol y disminuir la contaminación, la dieta cumple una función primordial. Las dietas de baja fibra se caracterizan por digestibilidades mayores y menores emisiones (Pordomingo, 2013).

En general, la gestión del estiércol de los corrales en la Argentina incluye la remoción de las excretas sólidas una o dos veces al año, principalmente en los *feedlots* comunes construidos a cielo abierto y con piso de tierra compactada. Por eso, desde que se produce hasta su recolección, se genera una evaporación significativa del estiércol, que alcanza valores de 70 a 80% de materia seca en la mayoría de los *feedlots* de climas subhúmedos y secos (Pordomingo, 2013).

El sistema de engorde a corral produce desbalances en el ciclado de nutrientes del suelo debido a la gran cantidad de animales en una superficie pequeña, que genera alta concentración de excrementos sólidos y líquidos que pueden ocasionar contaminación localizada (Viglizzo y Frank, 2010; Pordomingo, 2001). La emisión de contaminantes en el medio físico puede impactar en el escurrimiento superficial, drenajes, aguas superficiales y subterráneas (Andriulo *et al.*, 2003).

Actualmente, en el país hay más de 1 900 *feedlots*, de diversos tamaños. El Cuadro 2 muestra la distribución provincial de estos establecimientos según la cantidad de animales, y el Mapa 13 representa la distribución de su potencial de producción de biogás.

Cuadro 2. Distribución de los *feedlots* por provincia

Establecimientos de engorde a corral por provincia	
Provincia	Cantidad
Buenos Aires	702
Catamarca	10
Chaco	10
Chubut	12
Córdoba	441
Corrientes	2
Entre Ríos	124
Jujuy	5
La Pampa	38
La Rioja	16
Mendoza	14
Misiones	16
Río Negro	21
Salta	35
San Juan	3
San Luis	53
Santa Cruz	10
Santa Fe	388
Santiago del Estero	37
Tierra del Fuego	2
Tucumán	20

Fuente: Elaborado por los autores.

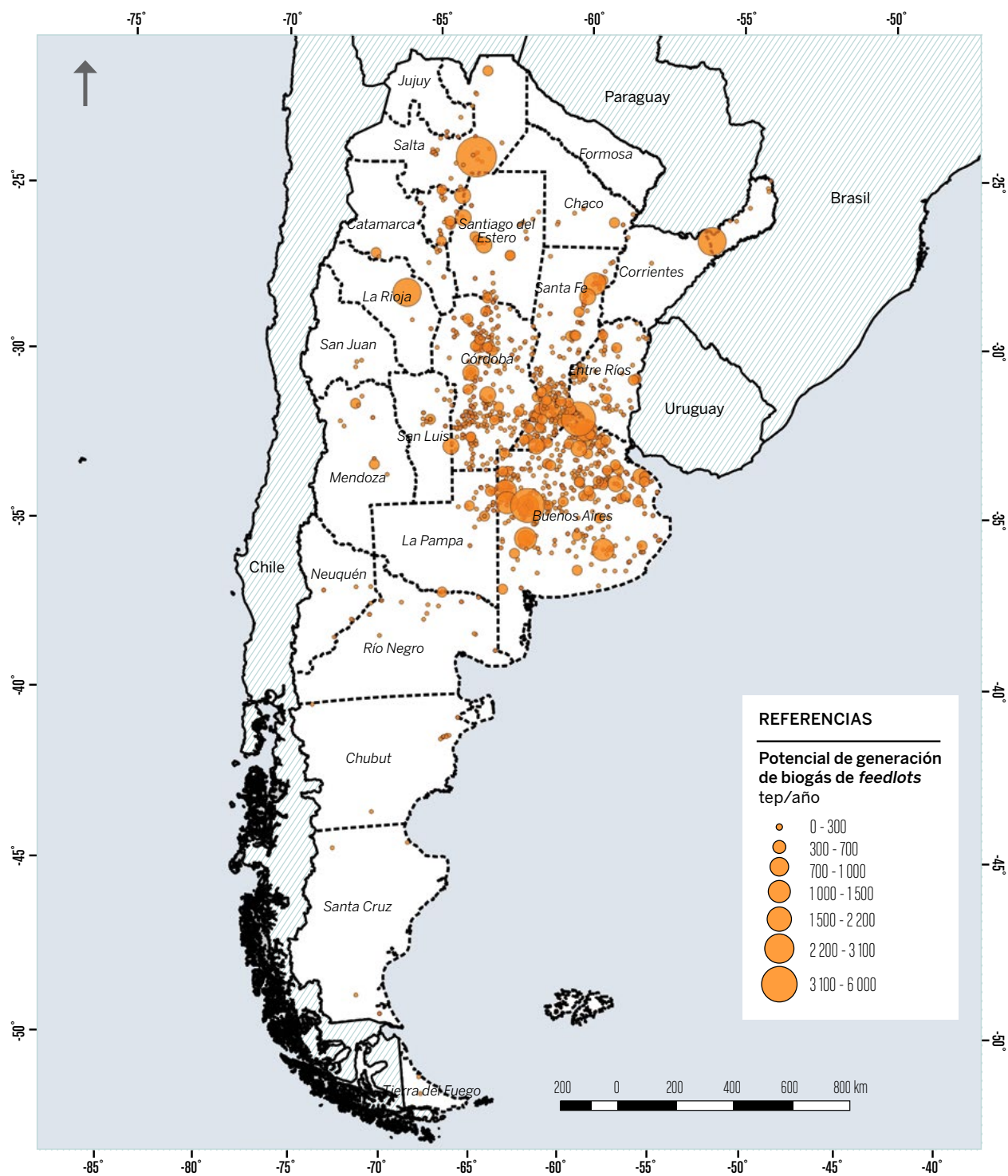
Teniendo en cuenta los valores mencionados anteriormente y la cantidad de establecimientos que existen en el centro y norte del país, se puede decir que la Argentina tiene un amplio potencial para generar energía a partir del biogás producido por la digestión anaeróbica de los residuos del engorde a corral (mapas 14, 15 y 16). Sin embargo, según datos provistos por la Cámara Argentina de Feedlot (comunicación personal), actualmente alrededor del 98% de los establecimientos asociados utilizan lagunas de estabilización como tratamiento de los residuos generados en los corrales.

Análisis de cuencas bioenergéticas de *feedlots*

Los establecimientos de engorde bovino en corral en 2015 sumaban un total de 1 320 000 cabezas. Su potencial de generación de biogás se estimó en 198 748 tep/año, o 361 360 077 m³/año de biogás.

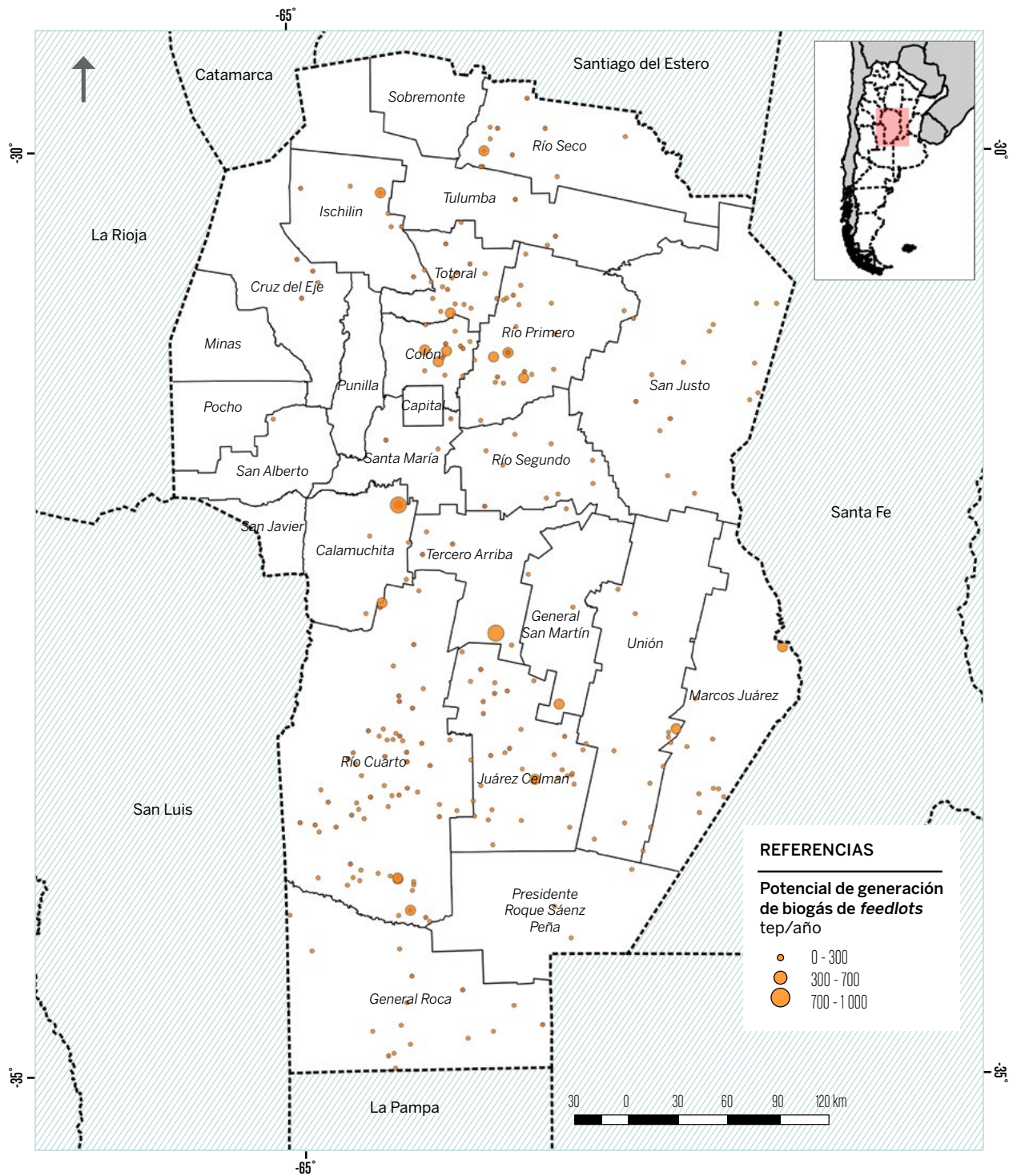
El criterio para seleccionar las cinco cuencas de *feedlots*, al igual que con los porcinos, se basó en la realización de mapas de calor mediante sistemas de información geográfica,

Mapa 13. Distribución de *feedlots* en la Argentina, según potencial de generación de biogás



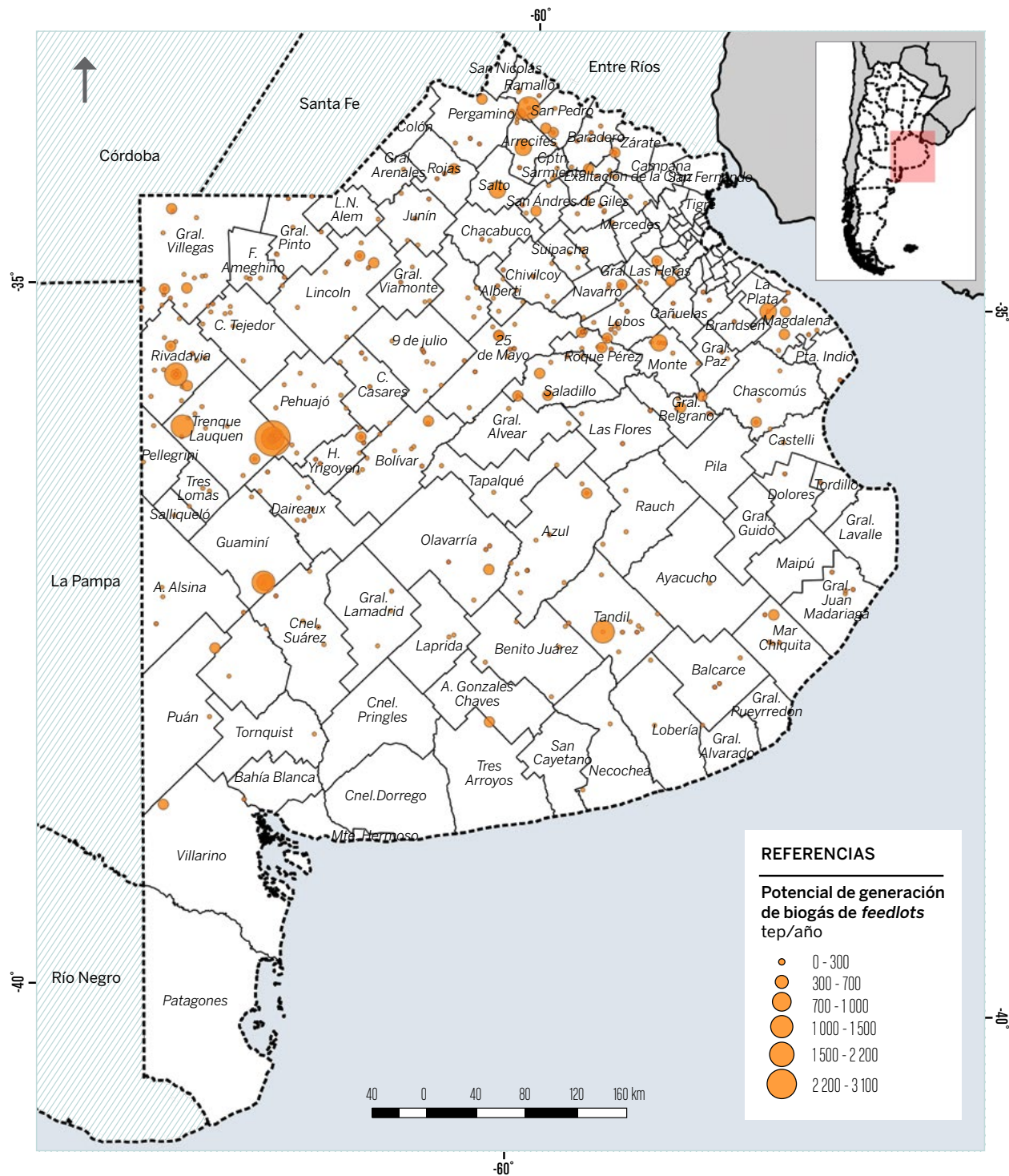
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 14. Distribución de *feedlots* en Córdoba, según potencial de generación de biogás

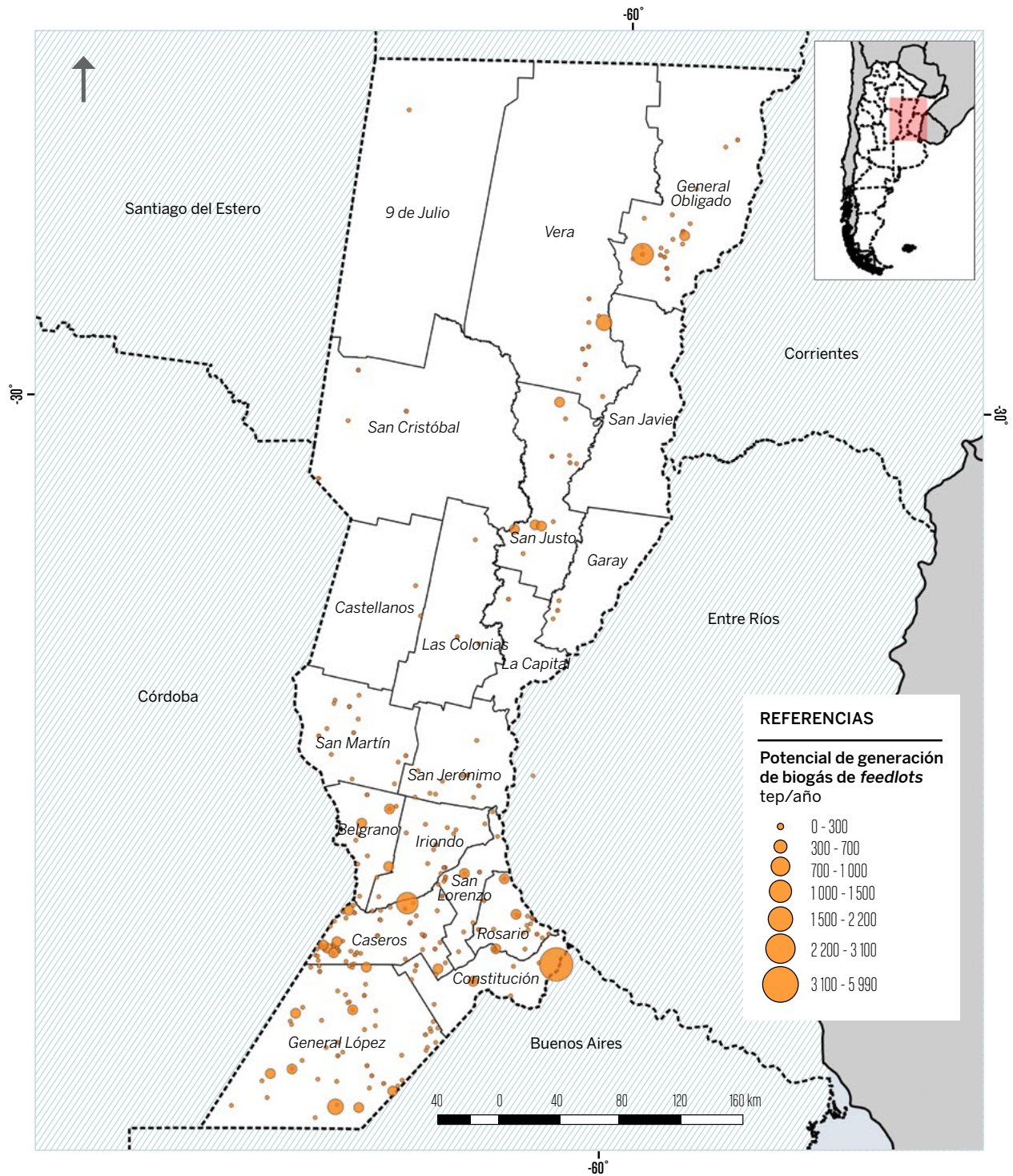


Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 15. Distribución de feedlots en Buenos Aires, según potencial de generación de biogás



Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 16. Distribución de *feedlots* en Santa Fe, según potencial de generación de biogás

Fuente: Elaborado por los autores.

con la información provista por el SENASA (2015). Estos mapas de calor manifiestan territorialmente el potencial de generación de biogás en función de la cantidad de animales por establecimiento confinado.

Cuenca de *feedlots* Saladillo – Roque Pérez (Buenos Aires)

La cuenca de engorde bovino en confinamiento que presenta mayor potencial de generación de biogás es la que se extiende en los partidos bonaerenses de Saladillo, Roque Pérez, 25 de Mayo y Lobos (Mapa 17). Comprende un área de 5 634 km² y se despliega sobre los ejes de la Ruta Nacional 205 y las rutas provinciales 30, 46 y 51.

Esta cuenca contiene 93 establecimientos, casi el 5% del total nacional, y sus existencias bovinas rondan las 87 000 cabezas. Vale destacar que cuatro de esos establecimientos tienen entre 5 000 y 10 000 animales, y 18, entre 1 000 y 5 000 animales. En consecuencia, la estimación del potencial de producción de biogás a partir de deposiciones vacunas es de 13 195 tep/año, que representan casi el 7% del potencial nacional.

Si se divide la cuenca siguiendo los dos núcleos de mayor intensidad (áreas verdes del Mapa 17-B), se puede ver que el mayor es en la zona de Saladillo – 25 de Mayo, con un potencial de 8 627 tep; en el núcleo Roque Pérez-Lobos el potencial es de 4 568 tep (Cuadro 3).

Esta cuenca incluye un proyecto de generación de biogás adjudicado en el Programa RenovAr, cuya biodigestión anaeróbica prevé la utilización de silaje de cultivos energéticos, estiércol vacuno y purines de cerdos.

Cuenca de *feedlots* Villa Constitución (Santa Fe – Buenos Aires)

Entre las provincias de Santa Fe y Buenos Aires, sobre el margen del Río Paraná, se ubica la segunda cuenca de engorde confinado de acuerdo con su oferta potencial de biogás. Cubre un área de 4 659 km² que incluye los departamentos santafesinos de Villa Constitución y Rosario, y los partidos bonaerenses de Ramallo, Arrecifes y San Pedro (Mapa 18).

La oferta de esta cuenca se compone de los residuos provenientes de 59 establecimientos, que poseen alrededor de 81 000 animales, con un potencial estimado de 12 200 tep/año.

Si bien su participación relativa en cuanto a cantidad de establecimientos es del 3% del total nacional, se duplica al analizar la oferta potencial de biogás, que supera el 6%, debido al número de establecimientos de gran envergadura.

Al analizar el área de mayor intensidad, que se corresponde con el departamento de Villa Constitución, la oferta potencial de generación de biogás es de 4 606 tep/año, lo que equivale a más del 2% del total nacional. Dicha oferta está compuesta por solo seis establecimientos que concentran alrededor de 30 000 animales.

Cuadro 3. Características de los núcleos identificados dentro de la cuenca Saladillo – Roque Pérez

	Establecimientos	Cabezas totales	Biogás (m ³)	tep
Saladillo - 25 de Mayo	66	57 185	15 685 845	8 627
Roque Pérez - Lobos	27	30 276	8 304 707	4 568

Fuente: Elaborado por los autores.

Cuenca de *feedlots* Rivadavia – Gral. Villegas (Buenos Aires)

A lo largo de la Ruta Nacional 33, entre los partidos de Rivadavia y Gral. Villegas, se establece la tercera cuenca en potencial de biogás a partir de *feedlots*. Abarca 3 555 km², en los que se distribuyen 45 establecimientos con un *stock* aproximado de 45 000 animales (Mapa 19). La oferta potencial derivada de estas producciones es de 6 900 tep/año, un 3,5% de participación relativa nacional.

La cuenca presenta una conformación heterogénea de acuerdo con el tamaño de los establecimientos, con 14 de ellos que tienen entre 1 000 y 10 000 animales. Al analizar el área de mayor intensidad, aparecen 31 establecimientos que suman alrededor de 30 000 animales, con una oferta potencial de 4 794 tep/año que constituye un 2,5% de la estimada a nivel nacional.

Cuenca de *feedlots* Colón (Córdoba)

Al norte de la capital cordobesa se concentran más de 51 establecimientos de engorde bovino, de los cuales más de 10 tienen entre 1 000 y 5 000 animales. Su extensión es de 3 097 km² distribuidos en los departamentos de Colón, Totoral y Río Primero. Con alrededor de 43 000 animales en total, esta cuenca presenta una oferta potencial de biogás de 6 482 tep/año (Mapa 20).

En un *buffer* de 8 km de radio en el departamento de Colón se agrupan ocho *feedlots* que presentan una oferta potencial de 2 445 tep/año, es decir, más del 1% del total nacional.

Cuenca de *feedlots* Trenque Lauquen (Buenos Aires)

La última cuenca de engorde confinado se identificó en el partido bonaerense de Trenque Lauquen. Abarca 875 km², con más de 31 000 animales en 13 establecimientos, un 0,66% del total nacional. No obstante el bajo número de establecimientos de esta cuenca, su potencial de generación de biogás es alto, ya que con una oferta de 4 750 tep/año participa con el 2,4% del potencial nacional. Esta particularidad es beneficiosa a la hora de coordinar políticas públicas entre los diferentes actores.

Como se observa en el Mapa 21, la concentración de establecimientos se da hacia el este del partido de Trenque Lauquen. En esta zona se localiza un gran productor bovino, con más de 20 000 animales, y tres productores con más de 1000 animales.

Aspectos de la producción de engorde bovino confinado determinantes para la viabilidad de proyectos de biodigestión

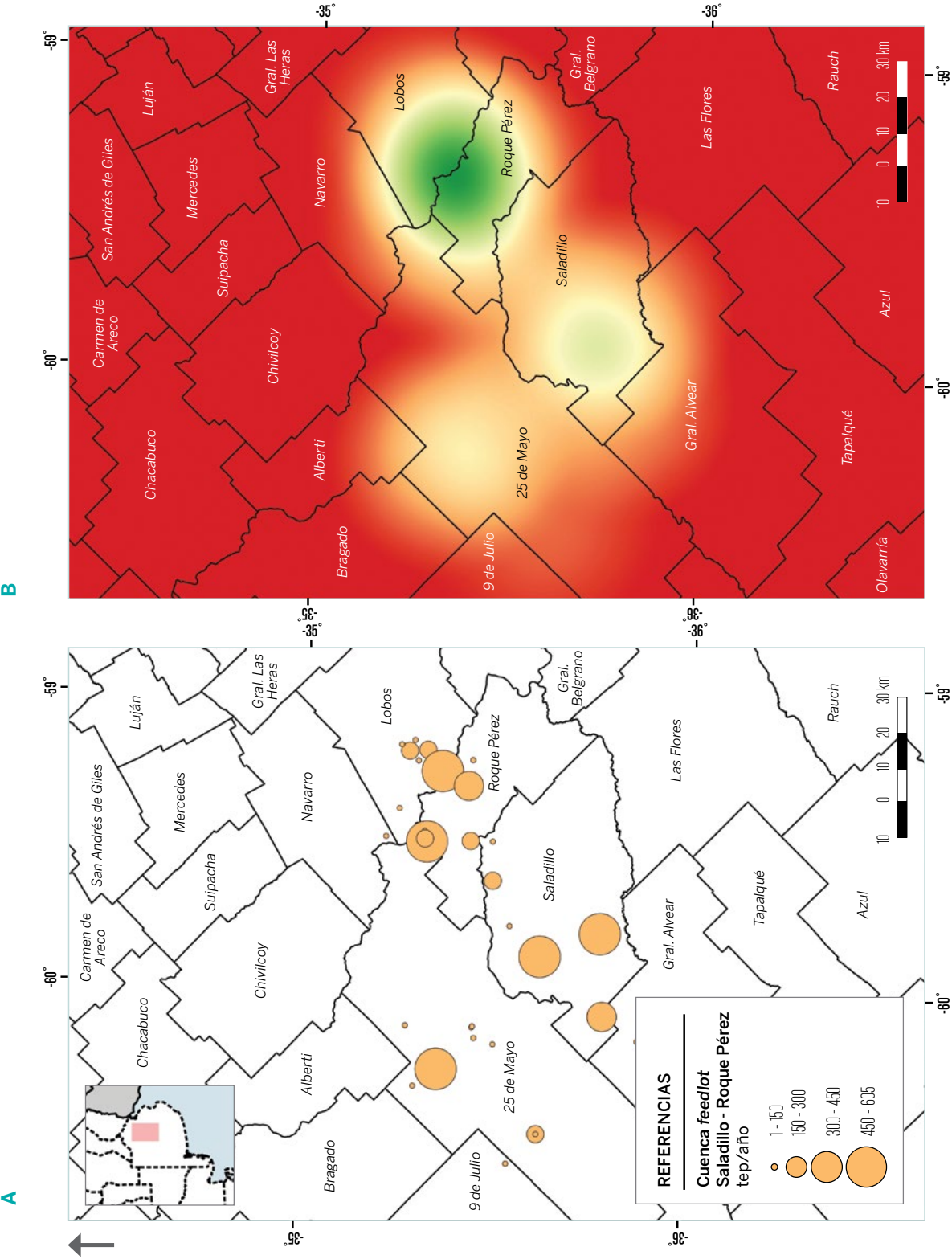
Instalaciones sobre piso de concreto: Pocos establecimientos de la Argentina cuentan con algunos corrales de piso de cemento. En el resto de los *feedlots* del país, los corrales son de piso de tierra compactada.

Efluentes: El residuo generado (estiércol) tiene un alto porcentaje de sólido, por lo que el efluente se genera únicamente cuando llueve. Asociado a esto, la limpieza de los corrales se realiza aproximadamente 3 veces al año, dependiendo de la zona en la que se encuentre el *feedlot*.

Empleo: En este sector, la rotación de los empleados es muy alta, con lo que la operación del digestor puede verse obstaculizada por una discontinuidad en la capacitación del personal.

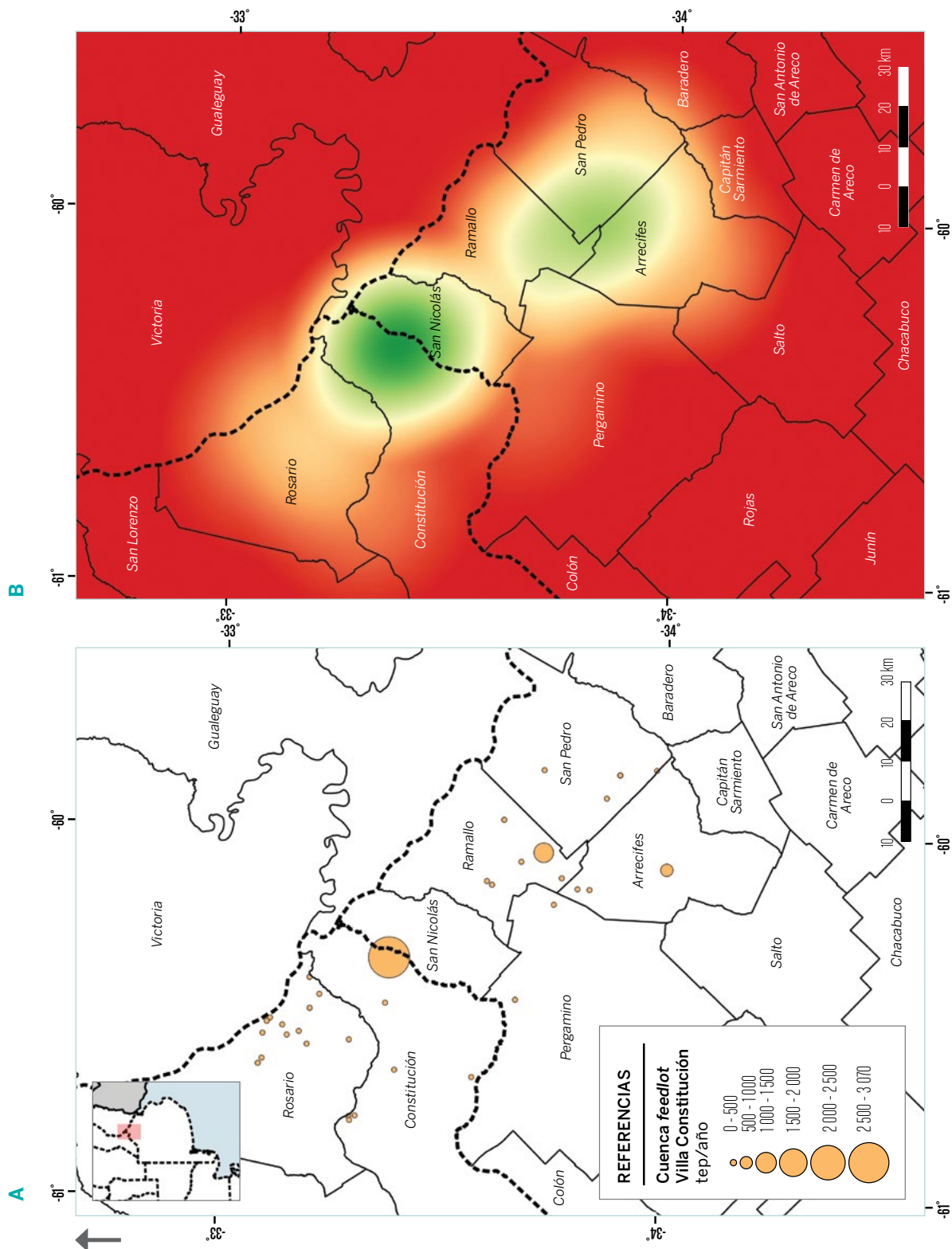
Objetivo de la instalación de biodigestores: En general, los productores están muy interesados en la instalación de biodigestores, principalmente para el tratamiento de efluentes, no tanto para generar energía.

Mapa 17. Cuenca de feedlots Saladillo – Roque Pérez: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



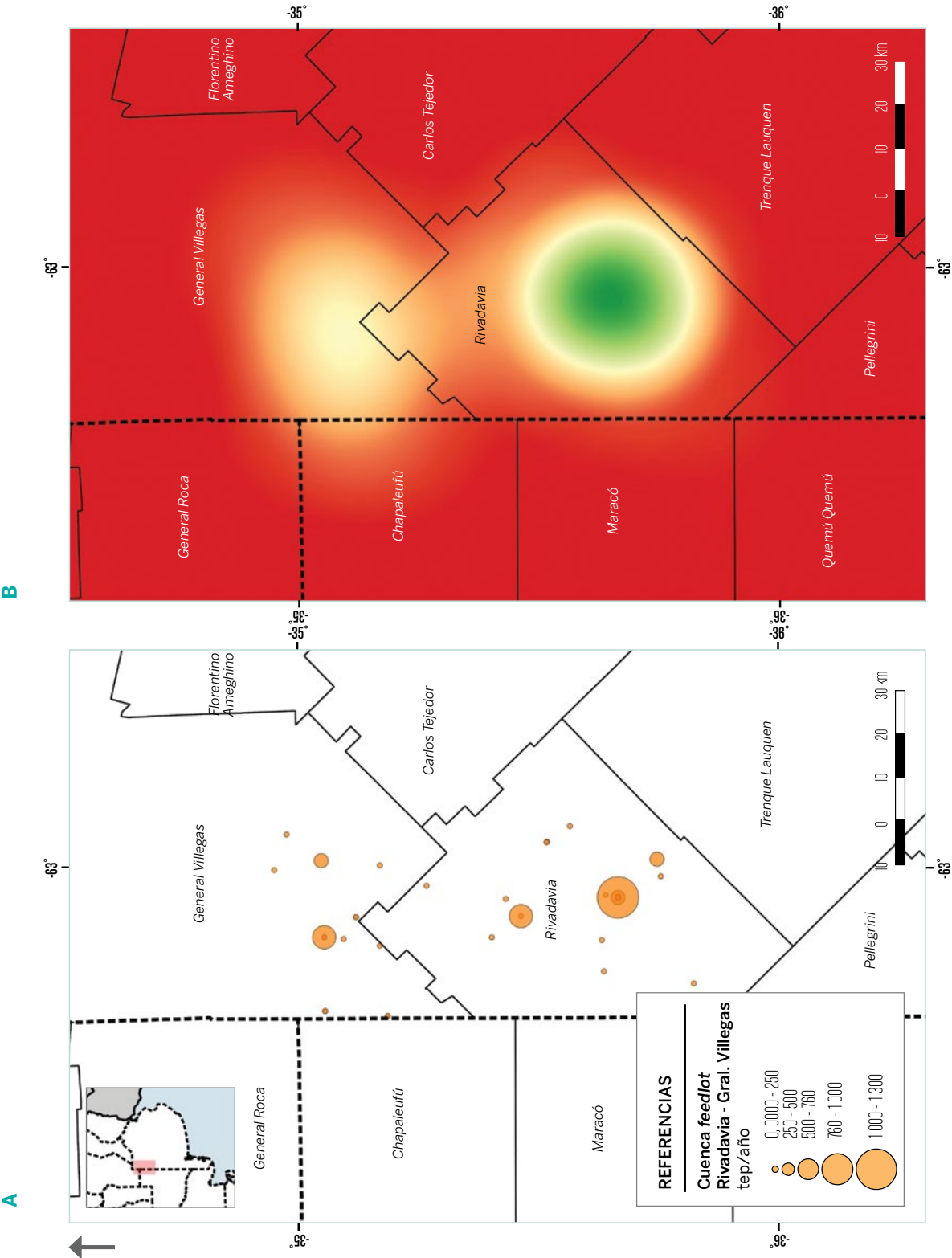
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 18. Cuenca de *feedlots* Villa Constitución: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



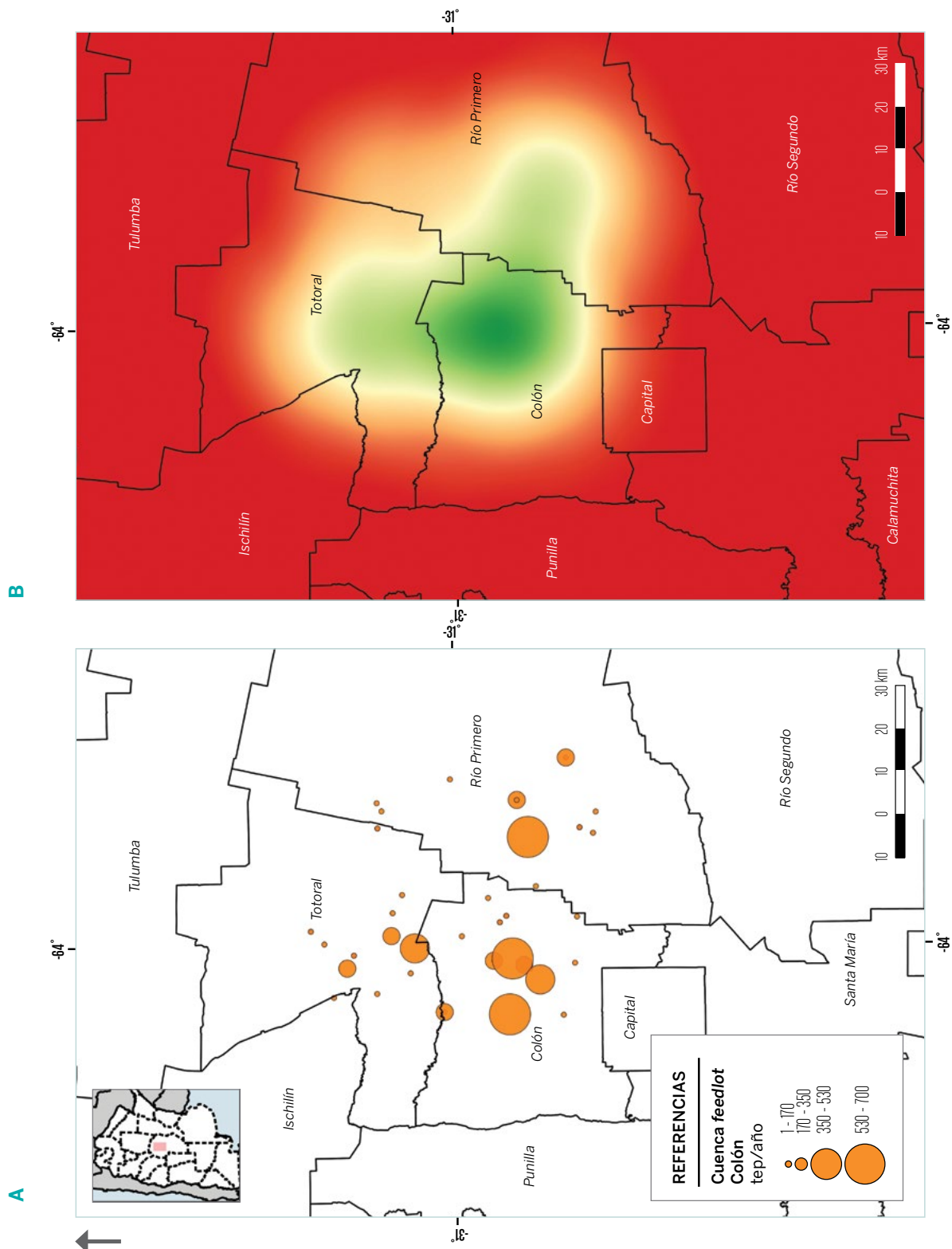
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 19. Cuenca de *feedlots* Rivadavia – Gral. Villegas: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



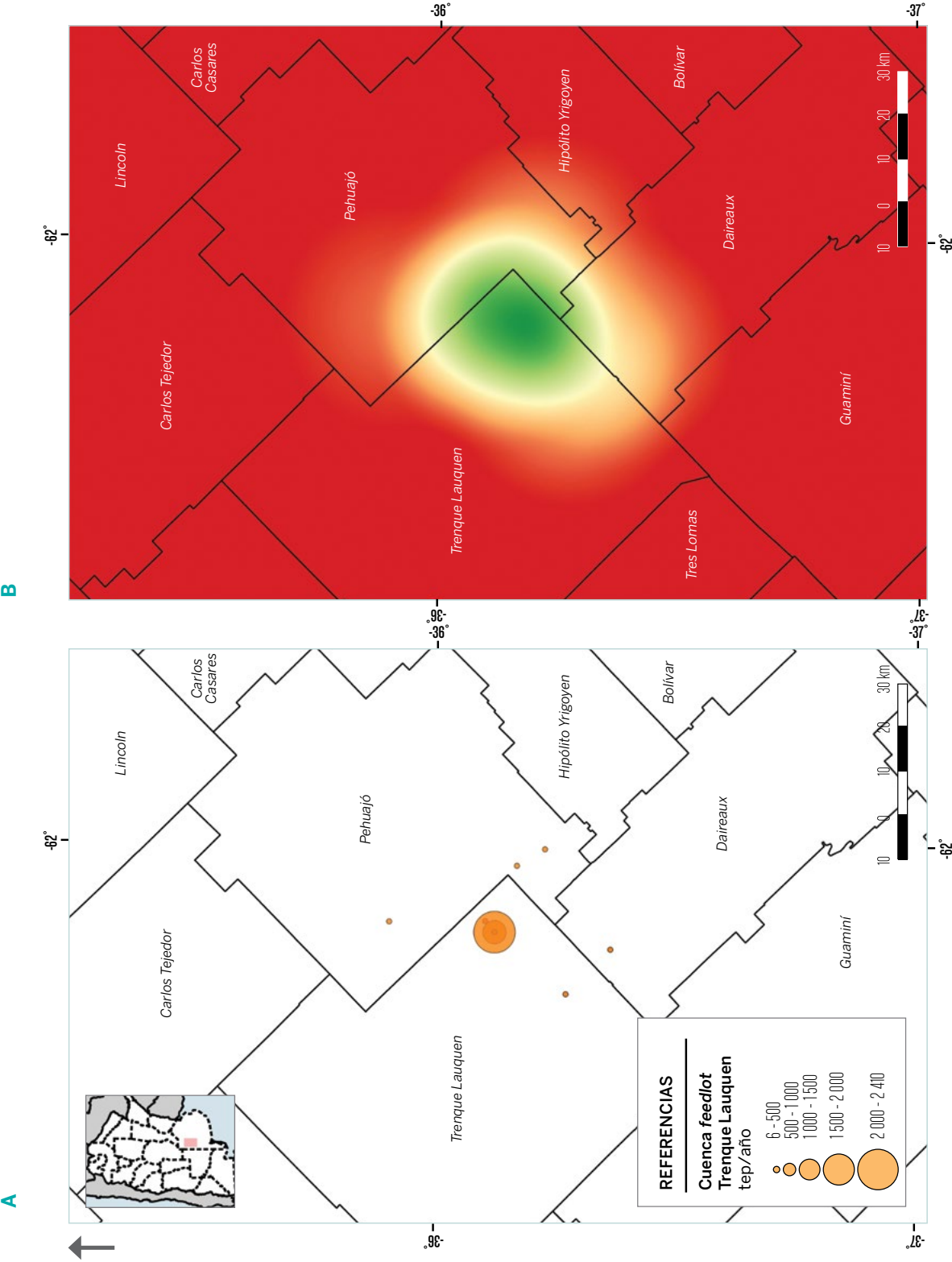
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 20. Cuenca de *feedlots* Colón (Córdoba): A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



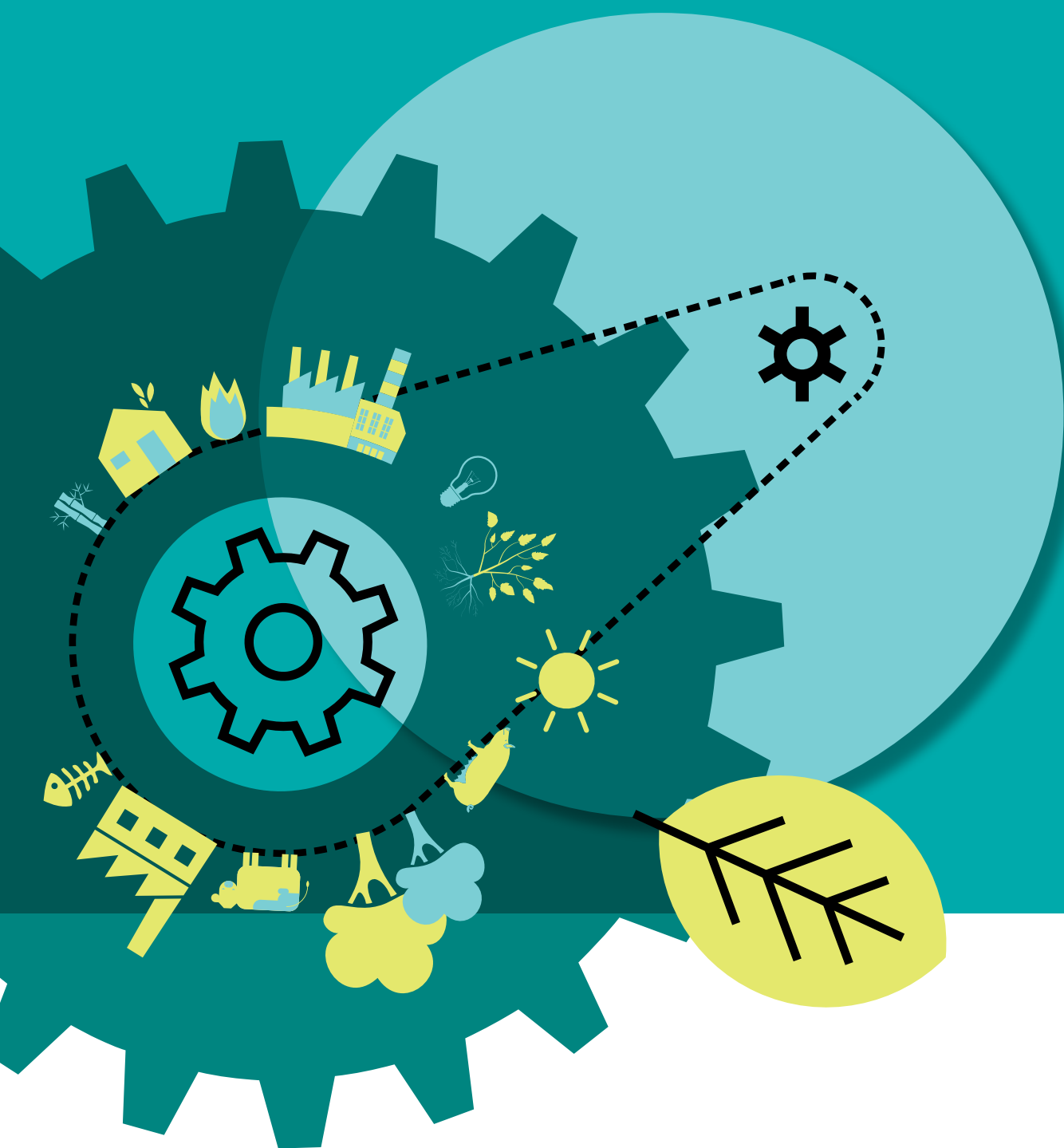
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 21. Cuenca de *feedlots* Trenque Lauquen: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



Fuente: Elaborado por los autores.

5.



CUENCAS DE PRODUCCIÓN LECHERA

Contexto nacional

Si bien existe producción lechera en Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, Tucumán y Santiago del Estero (Marino *et al.*, 2011), el 80% se concentra en las tres primeras provincias, que abarcan las principales cuencas lecheras del país, con una participación relativa que varía en el tiempo.

Las regiones lecheras reciben su denominación según su especialización, lo que da lugar a dos grandes cuencas: la “cuenca de abasto”, que produce mayoritariamente leche fresca para consumo como tal, y la “cuenca de la industria” especializada en la elaboración de productos industriales tales como quesos y manteca. En la “cuenca de abasto” existe una gran cantidad de tambos en el país, de los que la mayor cantidad se encuentra en la Región Pampeana².

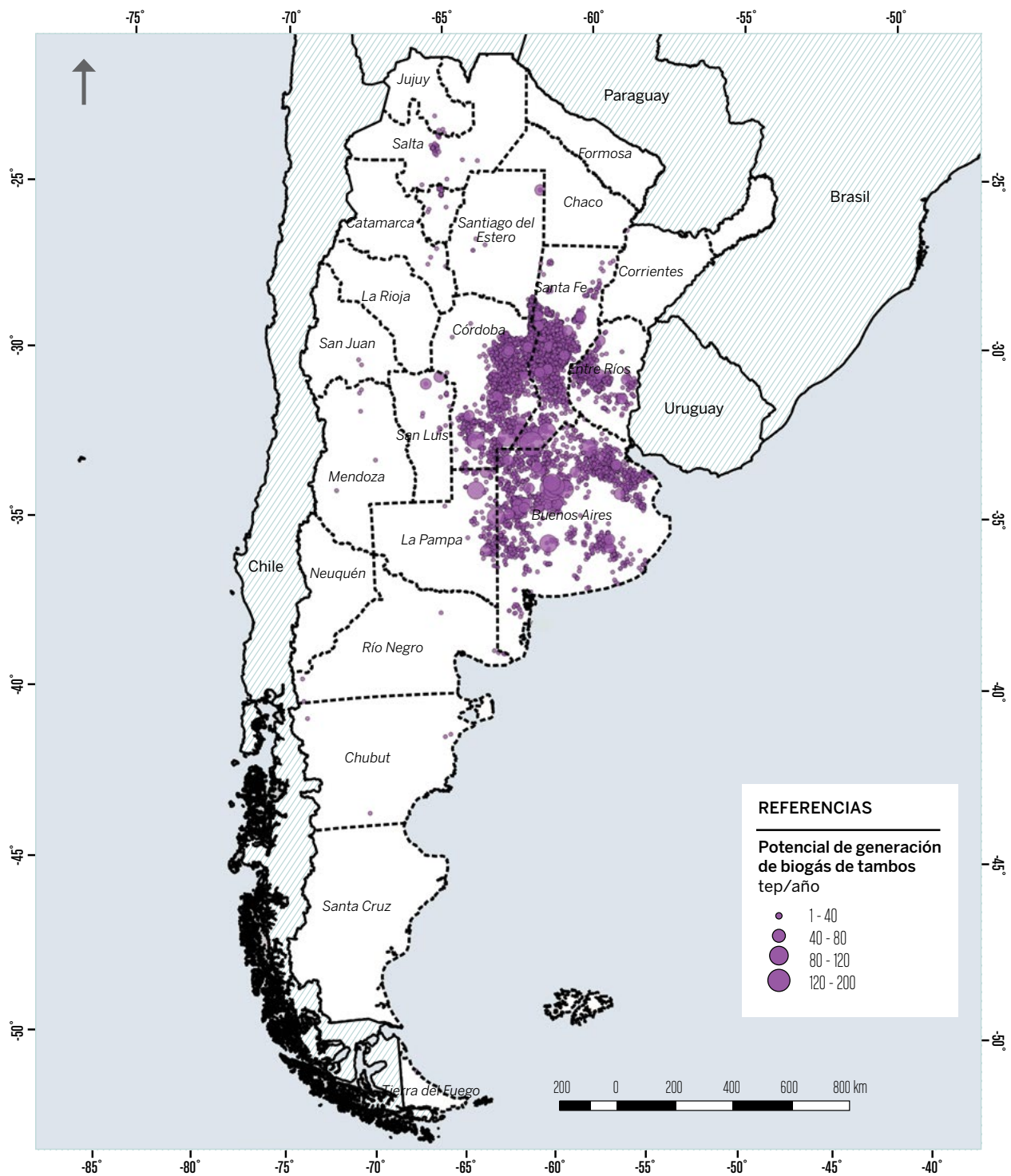
De acuerdo con datos del SENASA (2015), en la zona de influencia de la Estación Experimental del INTA Rafaela (región central de Santa Fe) hay 3 691 tambos, de los cuales el 81% pertenece a los primeros estratos por escala productiva (de hasta 4 000 litros/día). En el Mapa 22 se muestra la distribución de los tambos a nivel nacional, y en los mapas 23, 24, 25 y 26 se presenta la dispersión territorial de los tambos de las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos.

Desde la década de 1990 se viene produciendo una fuerte concentración e intensificación de la producción de leche, que se observa en la disminución del número de explotaciones y un marcado crecimiento del tamaño de los rodeos (García *et al.*, 2009). Esta transformación del sistema productivo trae aparejada una problemática que no existía en las producciones extensivas, relativa a que el ambiente no puede soportar la alta carga de residuos generados por la actividad ganadera.

Los efluentes de las explotaciones lecheras se generan en las instalaciones de ordeño. Están formados por agua de lavado de las instalaciones y del equipamiento (máquina de ordeñar y equipo de frío), estiércol, orina y restos de alimento y tierra (García *et al.*, 2009).

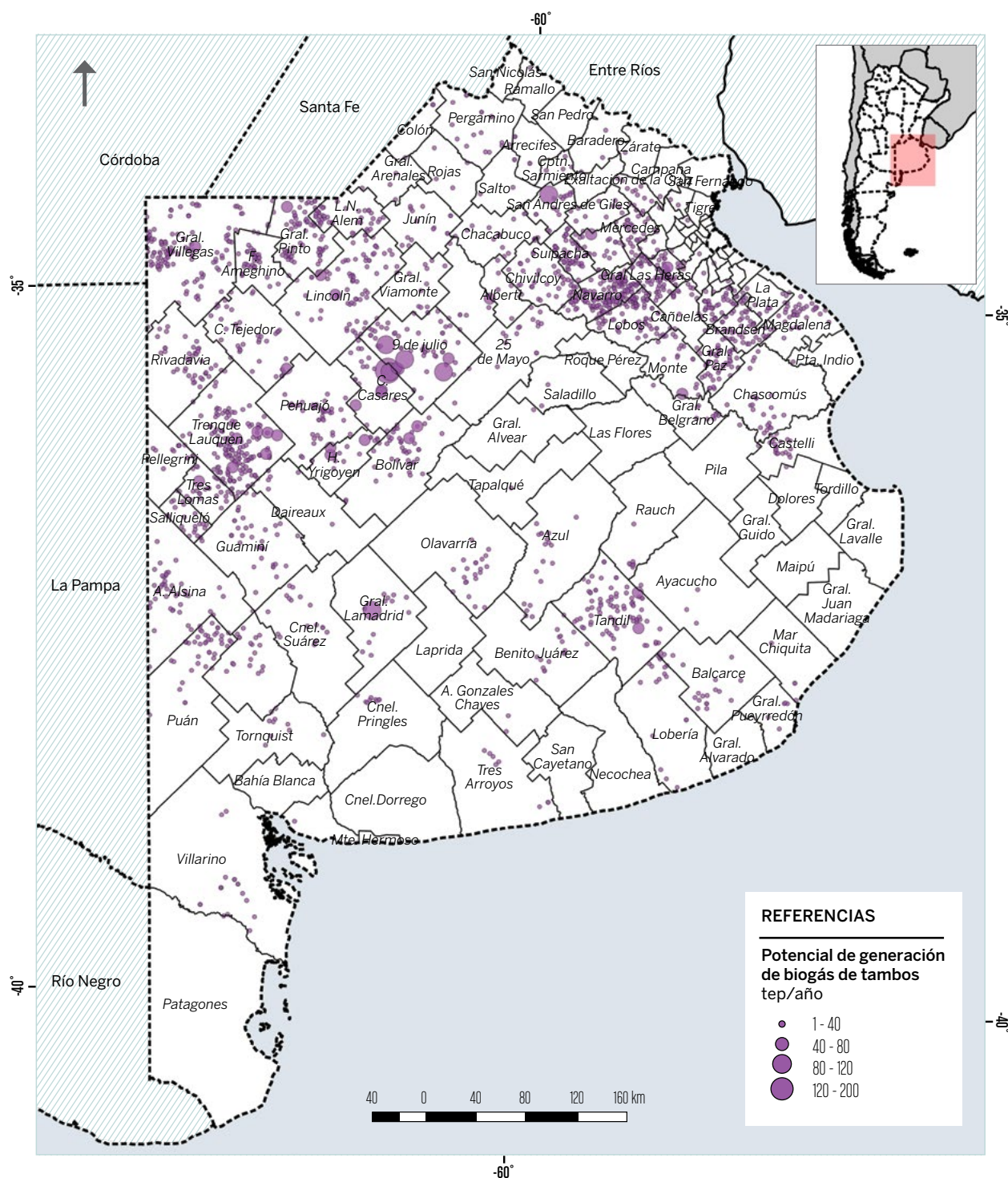
² SIIA, 2016. <http://ide.agroindustria.gob.ar/visor/>

Mapa 22. Distribución de tambos en la Argentina, según potencial de generación de biogás



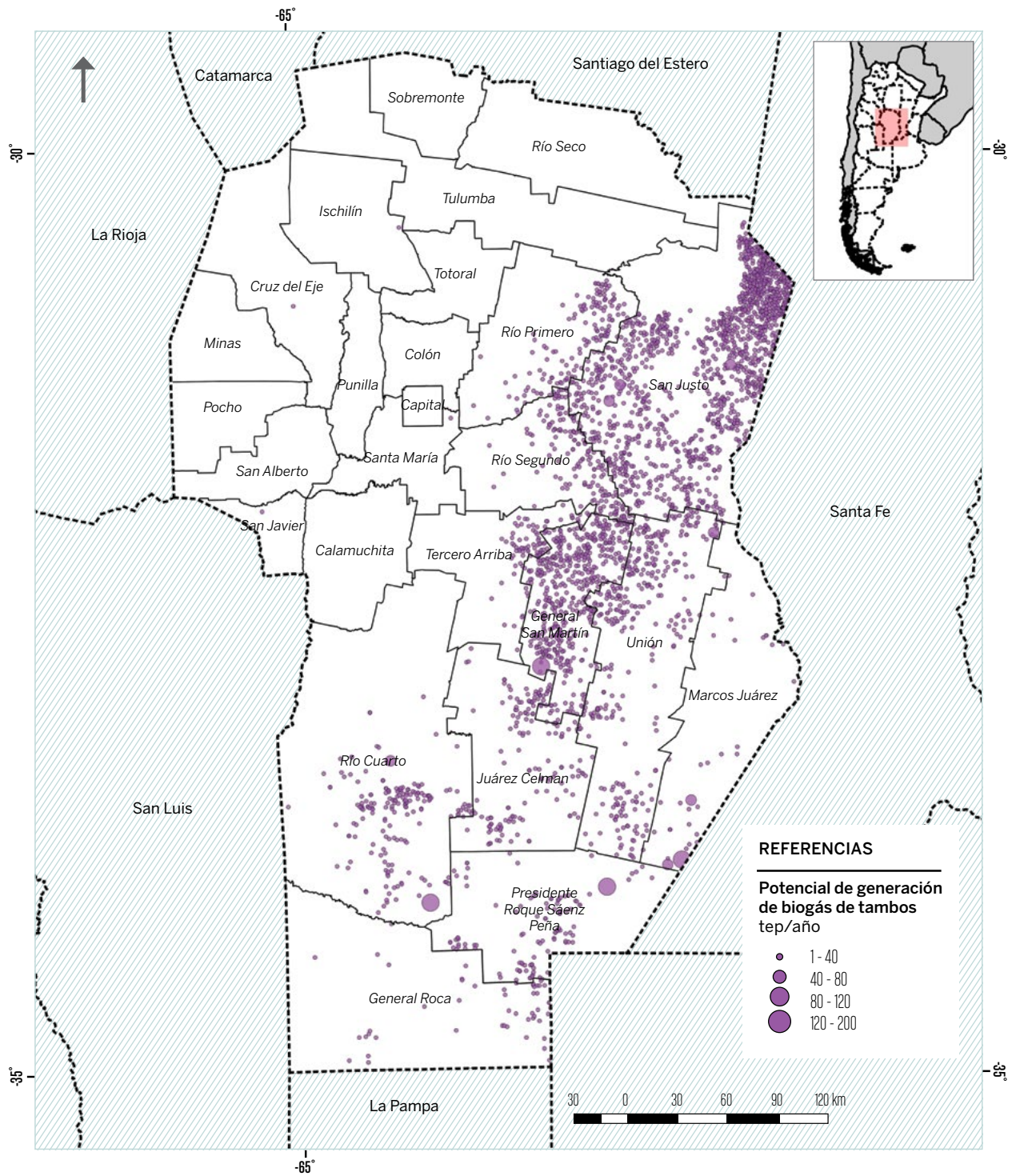
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 23. Distribución de existencias de vacas lecheras en Buenos Aires, según potencial de generación de biogás



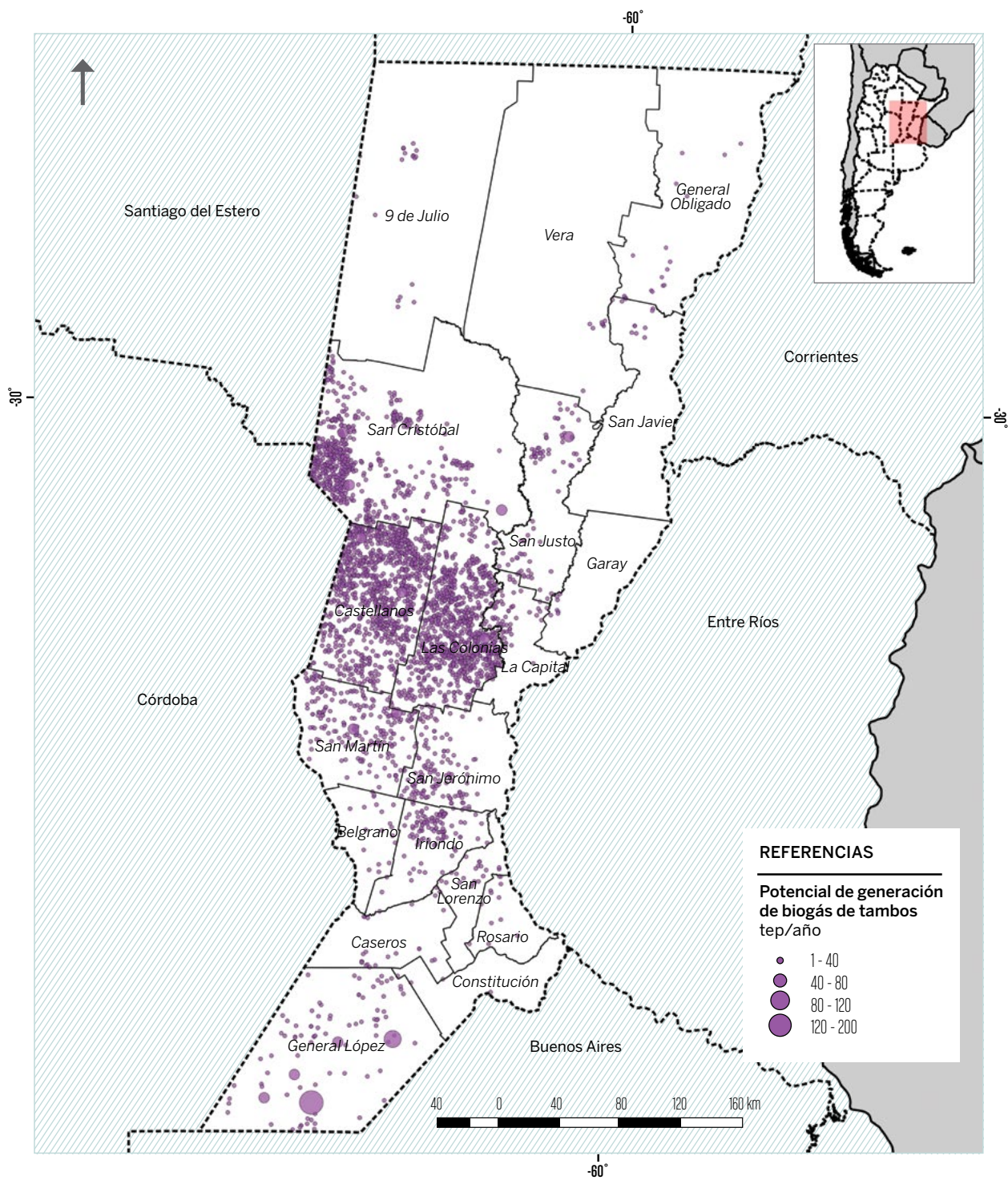
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 24. Distribución de existencias de vacas lecheras en Córdoba, según potencial de generación de biogás



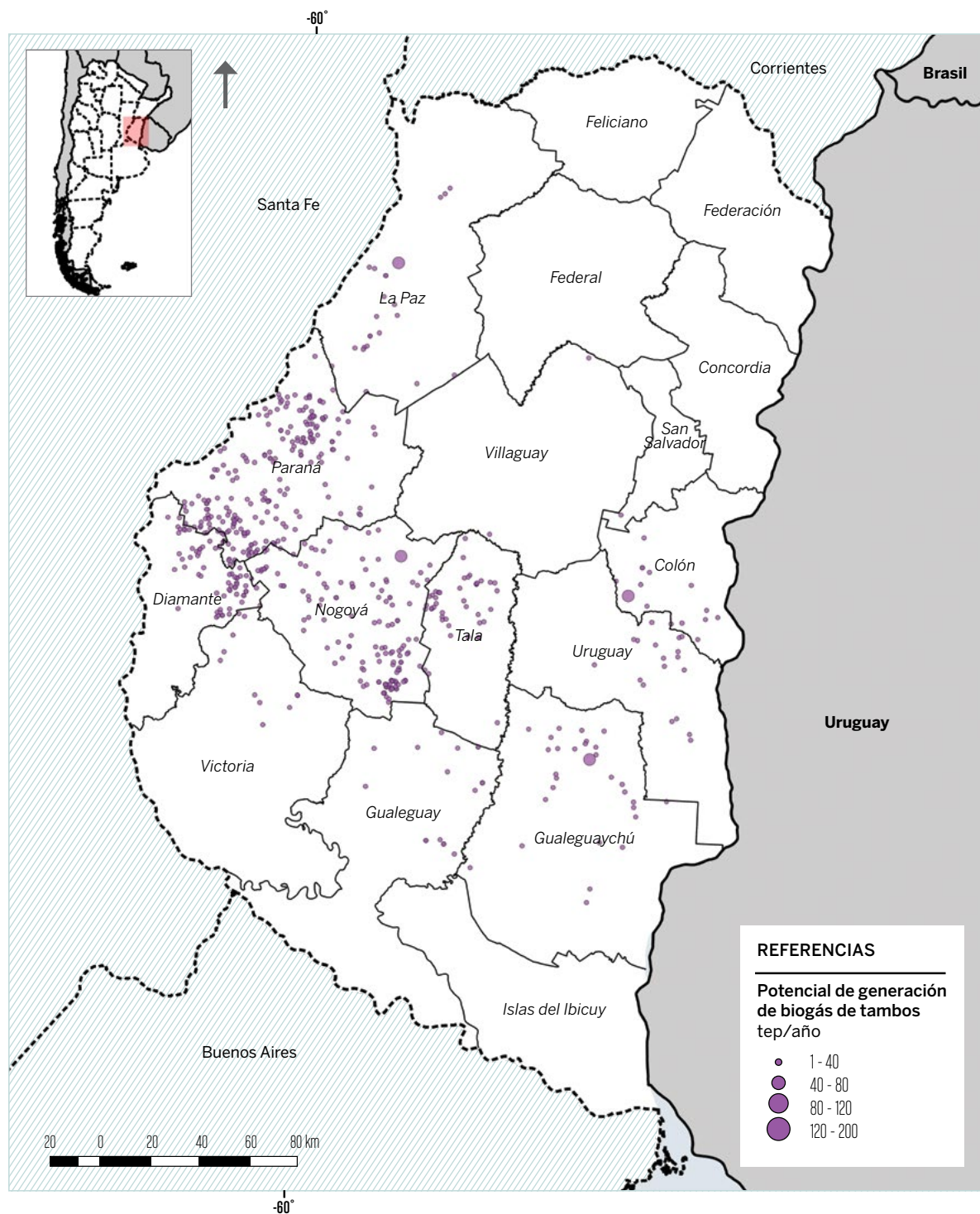
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 25. Distribución de existencias de vacas lecheras en Santa Fe, según potencial de generación de biogás



Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 26. Distribución de existencias de vacas lecheras en Entre Ríos, según potencial de generación de biogás



Fuente: Elaborado por los autores.

Según un trabajo realizado por Herrero *et al.* (2009), sobre un relevamiento de 329 tambos de distintas cuencas lecheras del país, existen distintos destinos para los efluentes, como muestra el Gráfico 6.

Del 69% de efluentes que pasan por laguna de estabilización, el 29% se distribuye en diferentes potreros, el 25% es dirigido a cuerpos de agua, el 17% se reutiliza para fertilización, el 7% se vierten en canales cuneta y el resto queda en la laguna (22%).

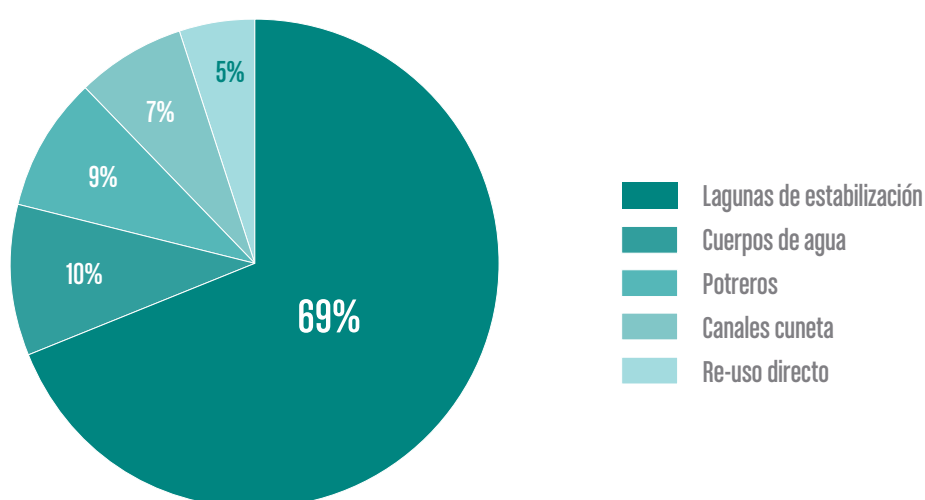
Teniendo en cuenta que la mayor parte de los efluentes queda estabilizándose en las lagunas, para luego ser dispuesto en el suelo o en cuerpos de agua, existe un alto porcentaje de residuos que podría utilizarse para la generación de biogás. Además, en general, las lagunas no tienen las características necesarias para tratar efluentes, ya que son resultado de la excavación del suelo con el fin de extraer materiales para la nivelación del terreno en la construcción del tambo (Alejandra Herrero, docente en la Cátedra de Bases Agrícolas de la FAUBA, comunicación personal).

Análisis de cuencas bioenergéticas de producción lechera

En el año 2015, los establecimientos lecheros eran 9 906, con un total de 3 424 645 de animales. De las estimaciones realizadas resulta que el potencial nacional conjunto es de 118 116 006 m³/año de biogás, equivalente a 64 964 tep/año.

Al igual que con las cuencas de porcinos y de *feedlots*, el criterio utilizado para seleccionar las cinco cuencas lecheras se basó en la realización de mapas de calor mediante sistemas de información geográfica con datos de 2015 provistos por el SENASA. Como se comentó antes, estos mapas de calor, realizados teniendo en cuenta el potencial de biogás en tep por tambo, manifiestan su potencial de generación regional.

Gráfico 6. Destino de los efluentes generados en establecimientos lecheros, en porcentaje



Fuente: Herrero *et al.* (2009).

Cuenca lechera Central de Santa Fe

La cuenca lechera Central de Santa Fe tiene una extensión de 39 380 km² y contiene 4 150 tambos, es decir, el 42% de los establecimientos lecheros del país. Su potencial de generación de biogás se estimó en 24 413 tep/año, lo que representa algo más de un tercio del total nacional. Ese valor surge del residuo proveniente de los 1,3 millones de cabezas existentes.

Los productores de esta zona tienen entre 50 y 2 600 vacas. Se destaca que, solamente 56 tambos superan las 1 000 vacas y 10 las 2 000 vacas. Por otra parte, existen 524 tambos que tienen entre 500 y 1 000 vacas, mientras que la gran mayoría (3 560 establecimientos) tiene menos de 500 animales (Mapa 27).

Al realizar un análisis segmentado de la cuenca, a través de *buffers* de 15 km de radio, se pudo comprobar la existencia de microcuencas con un potencial aproximado de 4 000 tep/año cada una.

En el marco del Programa RenovAr, se adjudicaron dentro de esta cuenca tres proyectos que declararon el uso de efluentes industriales de la actividad láctea como uno de los insumos para generar biogás, con un aporte de 2,4 MW cada uno, lo que suma una potencia conjunta de 7,2 MW.

Cuenca lechera Este de Córdoba

La cuenca Este de Córdoba se despliega a lo largo de la zona centro oriental de esta provincia. Cubre una superficie de 27 000 km², donde se ubican 1 729 establecimientos lecheros que representan un 17% del total nacional (Mapa 28).

La estimación del potencial de energía de esta cuenca arrojó un total de 11 808 tep/año, con la zona del departamento de Villa María como principal. No obstante, siguiendo la metodología aplicada para la cuenca lechera Central de Santa Fe, esta se dividió en tres microcuencas que dieron lugar a una oferta potencial de 3 500 tep/año cada una.

En la cuenca Este de Córdoba se ubican dos proyectos de biogás que resultaron adjudicados en el Programa RenovAr, por una potencia total de 3,4 MW, y que para la generación de biogás prevén el uso de efluentes de la industria láctea, entre otros insumos.

Cuenca lechera Oeste de Buenos Aires

La cuenca Oeste de Buenos Aires se extiende a lo largo de 3 530 km², abarcando principalmente el partido de Trenque Lauquen y, en menor medida, los de Tres Lomas y Guaminí (Mapa 29).

Dado que la mayor parte de los efluentes de los tambos queda estabilizándose en lagunas, para luego ser dispuestos en el suelo o en cuerpos de agua, existe un alto porcentaje de residuos de esta actividad que podría utilizarse para la generación de biogás.

En esta cuenca se localizan 191 establecimientos, con alrededor de 100 000 animales, cuya producción estimada alcanza los 1 995 tep/año. Si se consideran solo los establecimientos del partido de Trenque Lauquen (152), la oferta estimada es de 1 716 tep/año. Cabe destacar que, si bien la representación relativa de los tambos allí ubicados es de casi el 2% del total nacional, esta representación se incrementa al 3% al considerar la oferta potencial de biogás.

Cuenca lechera Abasto Sur de Buenos Aires

La cuenca lechera Abasto Sur de Buenos Aires se conforma entre los partidos de Navarro, Gral. Las Heras, Lobos y Marcos Paz, y se despliega en una extensión de 4 120 km² (Mapa 30). Esta cuenca alberga 304 tambos que suman casi 90 000 cabezas. Su potencial de generación de energía a partir de los efluentes es de 1 705 tep/año.

Al analizar las ofertas por partido de manera separada, resulta que Navarro, con 150 tambos, presenta un potencial de 726 tep/año; Lobos, con 65 establecimientos, tiene un potencial de 402 tep/año; Gral. Las Heras, con 47 tambos, ofrece un potencial de 200 tep/año; y Marcos Paz, con solo 25 tambos, presenta un potencial de 190 tep/año, lo que evidencia la presencia de establecimientos con mayor envergadura.

Cuenca lechera Abasto Norte de Buenos Aires

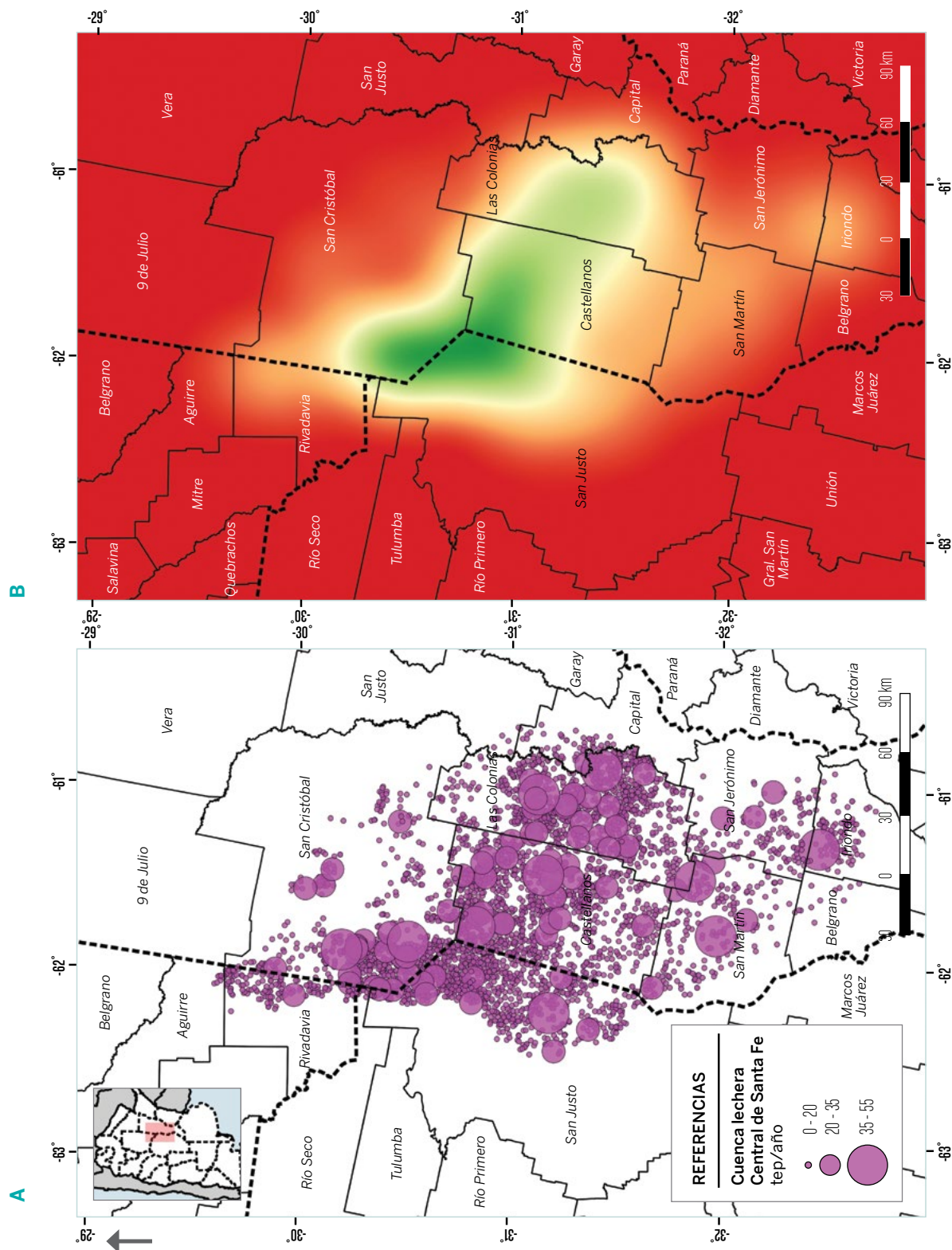
Concentrada en el partido de Carmen de Areco, esta cuenca tambrera cubre una superficie de 376 km², en la que existen 15 establecimientos que reúnen aproximadamente 12 000 cabezas. Su potencial de generación de biogás se estimó en 239 tep/año (Mapa 31).

Esta cuenca podría ser un ejemplo de generación de energía distribuida. Resulta necesario evaluar incluso aquellas zonas donde se presenta un bajo potencial bioenergético, ya que la energía distribuida implica grandes beneficios a nivel local.

Aspectos de la producción lechera determinantes para la viabilidad de proyectos de biodigestión

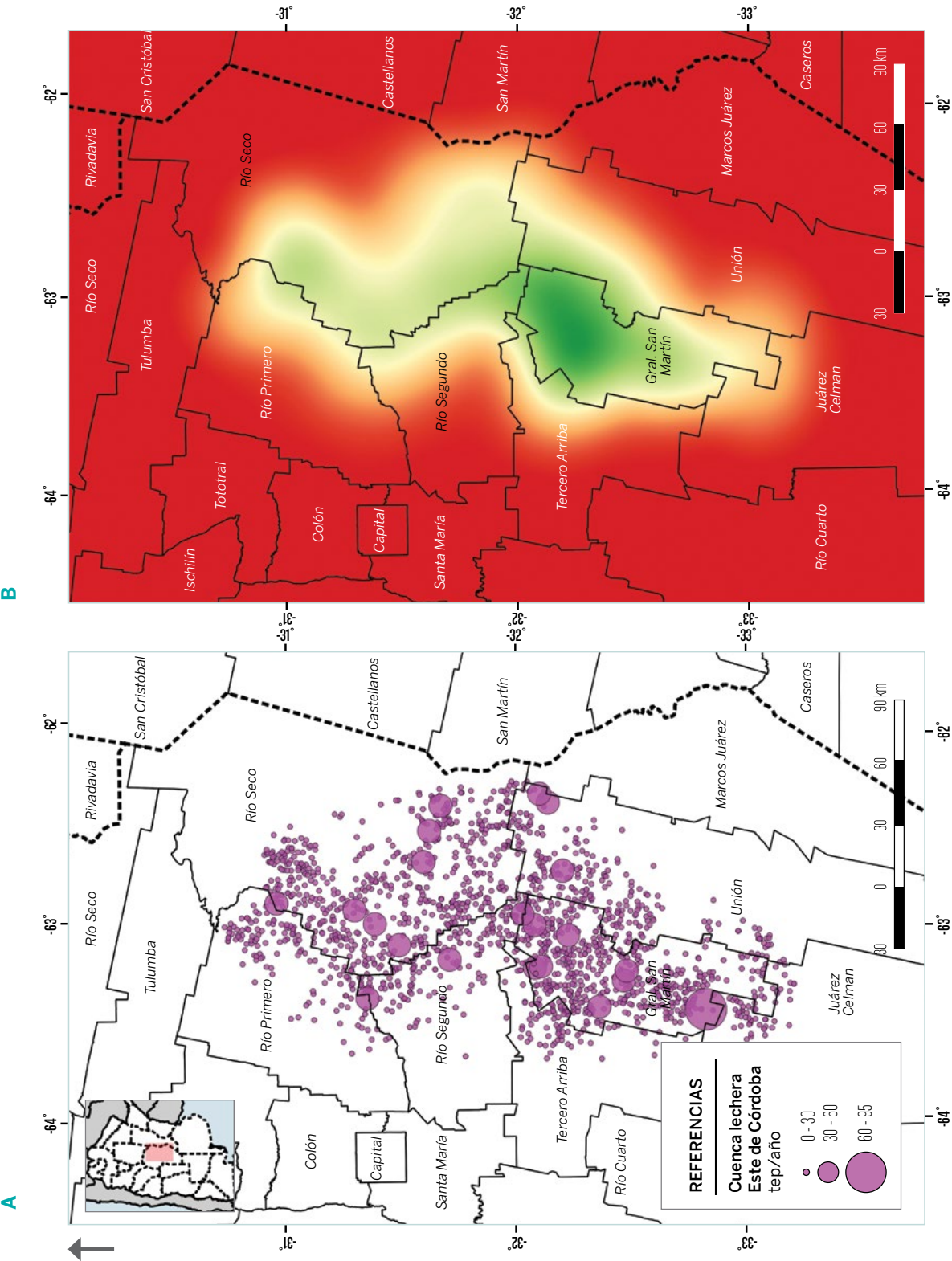
Debido a que la producción lechera se encuentra muy afectada por las condiciones climáticas (pérdida de pasturas por sequías o inundaciones, dificultad de acceder a los tambos por anegamientos) y por las condiciones económicas regionales (Comeron *et al.*, 2016), la estrategia de gestión de residuos debería estar acompañada por asistencia económica y técnica verdaderamente eficaz.

Mapa 27. Cuenca lechera Central de Santa Fe: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



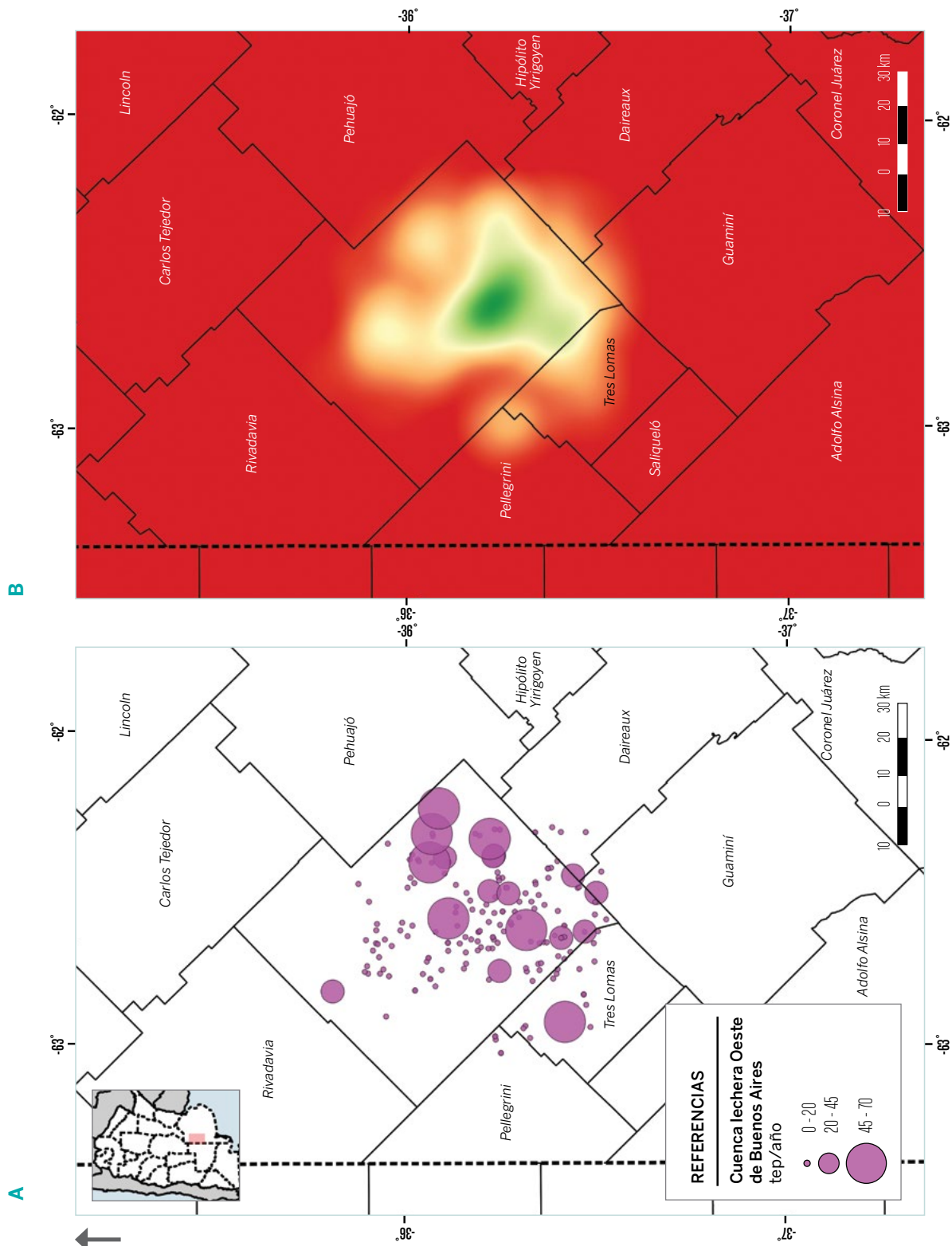
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 28. Cuenca lechera Este de Córdoba: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



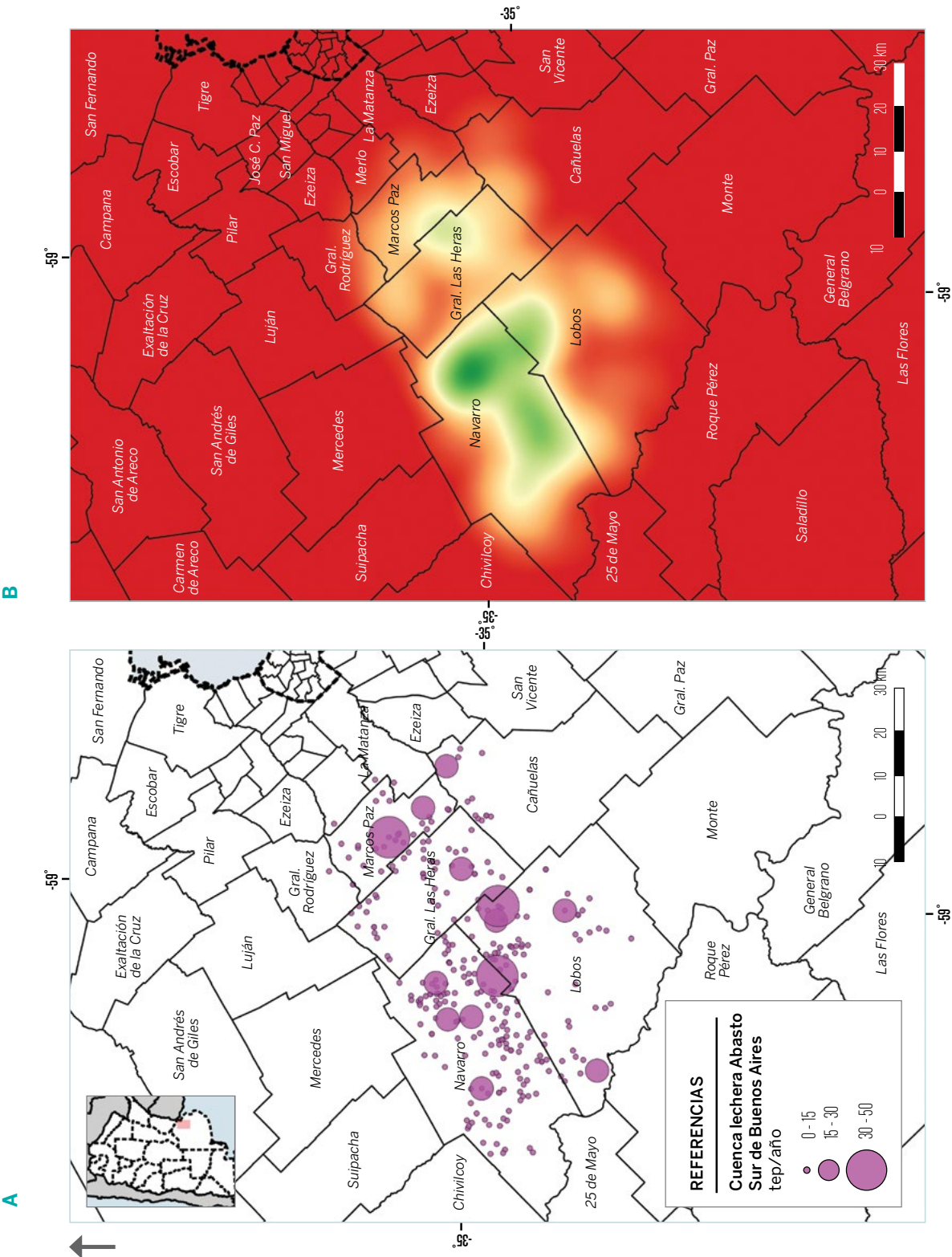
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 29. Cuenca lechera Oeste de Buenos Aires: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



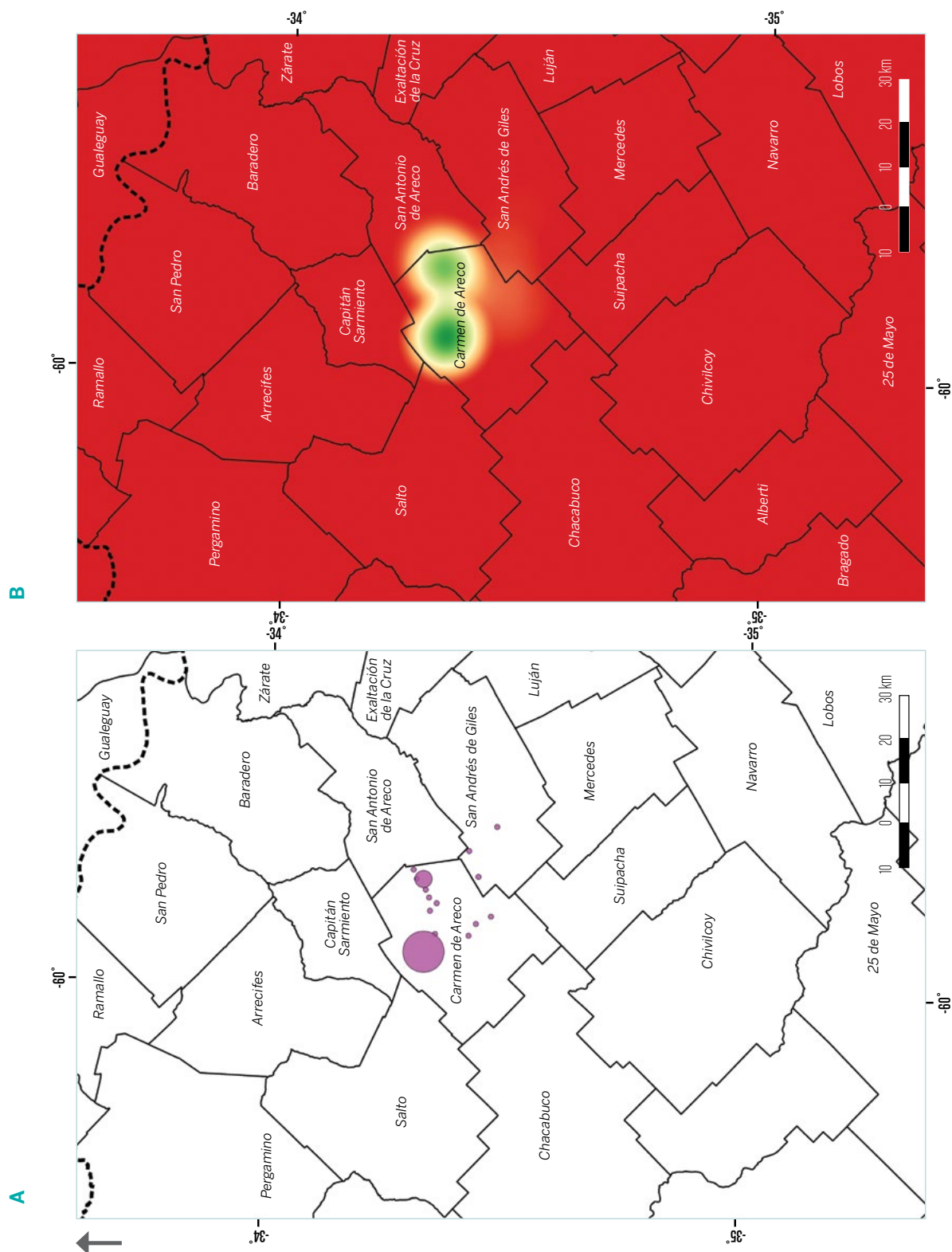
Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 30. Cuenca lechera Abasto Sur de Buenos Aires: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



Fuente: Elaborado por los autores.

Mapa 31. Cuenca lechera Abasto Norte de Buenos Aires: A. Potencial bioenergético por establecimiento; B. Mapa de calor



Fuente: Elaborado por los autores.

CONCLUSIONES

Como se ha evidenciado a lo largo del presente informe, la República Argentina, y particularmente la Región Pampeana, posee un importante potencial para la generación de biogás a partir de los efluentes de diferentes actividades pecuarias intensivas.

De las tres actividades evaluadas, los efluentes de los *feedlots* son los que ofrecen un mayor potencial bioenergético, con 198 748 tep/año. Asimismo, es la actividad que presenta mayor concentración de la producción, con solo 1 956 establecimientos. Sin embargo, un aspecto para considerar es que en la mayoría de estos establecimientos los corrales tienen piso de tierra y los efluentes se generan de manera esporádica.

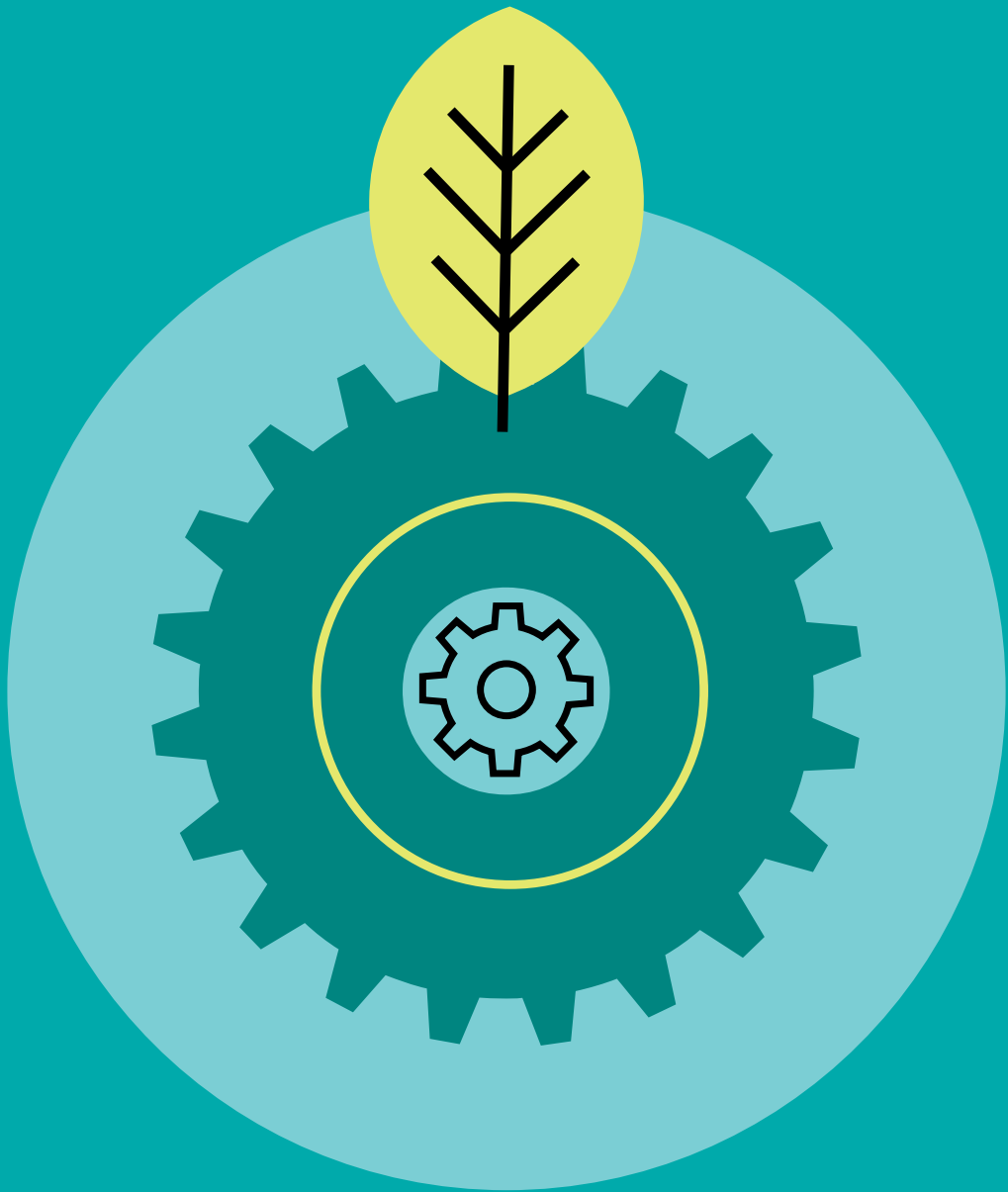
Se destaca el gran potencial de las cuencas de *feedlots* de Rivadavia y Gral. Villegas (4 794 tep/año), de Villa Constitución (4 606 tep/año) y de Saladillo – Roque Pérez (2 067 tep/año), sobre todo la subcuenca con foco en Saladillo. Por último, la cuenca de *feedlots* de Trenque Lauquen resulta singular, ya que tiene poca cantidad de establecimientos pero de gran tamaño, que permitirían producir casi 5 000 tep/año.

En segundo lugar aparecen los establecimientos porcinos, cuya oferta potencial de biogás a partir de los efluentes generados resulta de 112 686 tep/año. De los aproximadamente 8 700 establecimientos identificados en el país, solo un pequeño porcentaje podría alcanzar una potencia instalada de 1 MW, pero ese número se incrementaría significativamente si se considerara una potencia de 0,5 MW. Por otro lado, sin contemplar los establecimientos con menos de 100 madres, se observó que alrededor de un 86% alberga entre 1 000 y 5 000 animales, lo que representa un gran potencial para generar energía distribuida, con todos los beneficios que ello implica.

En cuanto a las cuencas definidas en este informe, la mayor es la conformada por los departamentos de Marcos Juárez y Unión, en la provincia de Córdoba. En la misma se identificó una microcuenca de 25 km de radio con un potencial de 3 158 tep/año, proveniente del aporte de 108 establecimientos. Asimismo, se destaca la oferta y composición de la cuenca de Juárez Celman – Río Cuarto, con un potencial de 2 721 tep/año.

Por último, la evaluación de las cuencas lecheras evidenció una alta concentración de establecimientos en el territorio argentino. Su potencial de generación de energía es significativamente menor que el de los establecimientos de engorde bovino a corral y porcinos, con un potencial de 64 964 tep/año. Sin embargo, al comparar entre bovinos, la producción lechera presenta la ventaja de que las áreas de ordeño generalmente tienen piso de concreto, lo que hace la recolección de los efluentes más asequible.

En la evaluación de las cuencas lecheras resaltan las ofertas de la Central de Santa Fe y la Este de Córdoba, con un potencial de generación de 24 413 tep/año y 11 808 tep/año, respectivamente. En ambas, al ser subdivididas en microcuencas, se evidenció un interesante potencial de producción de biogás, dentro de un rango de 3 500 a 4 000 tep/año.



RECOMENDACIONES

De modo general, resulta preciso analizar la normativa ambiental vigente de cada provincia, las ofertas ajustadas localmente, la accesibilidad y las necesidades energéticas de los emprendimientos y de las regiones aledañas a los establecimientos productivos, para evaluar la factibilidad de la instalación de plantas de biodigestión.

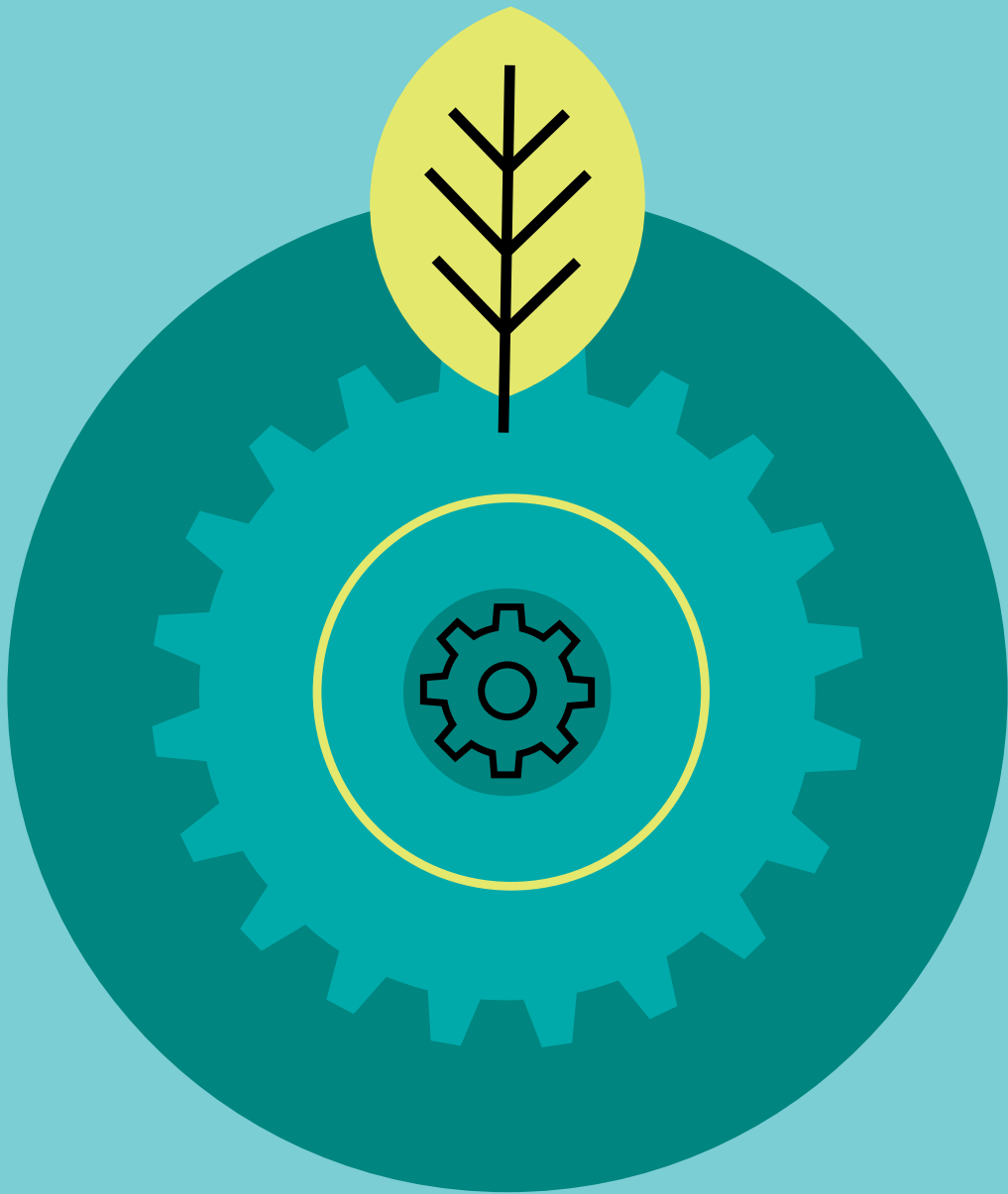
En particular, con relación a los establecimientos de engorde a corral, deberían identificarse regiones donde existan necesidades energéticas en superposición con establecimientos de gran número de animales, y contar con la posibilidad de acceder a otro tipo de materias primas para realizar una codigestión con el efluente bovino.

Resulta importante tener en cuenta los montos de inversión para tecnificar las instalaciones e instalar pisos de concreto, necesarios para que el biodigestor no tenga inconvenientes por el ingreso de material inorgánico al proceso.

En esta línea, es necesario generar más información relativa al piso y al otro gran problema que se identifica en los *feedlots*: el de la generación esporádica de efluentes. Para ello, se propone realizar un estudio de factibilidad, evaluando la utilización de estiércol de solo un tipo de producción intensiva para generar biogás. Por último, resulta de gran interés la identificación de frigoríficos en las cercanías de los *feedlots* (en un radio máximo de 15 km) para evaluar una codigestión y sinergia de los resultados del proceso de biodigestión anaeróbica.

En cuanto a los residuos de criaderos porcinos y establecimientos lecheros, es de suma importancia una gestión adecuada a través de la biodigestión con la posterior reutilización de los efluentes tratados, debido a que el uso de agua es significativamente elevado para la limpieza de las instalaciones.

En resumen, la identificación de la disponibilidad diferencial de biomasa residual permitiría desarrollar una estrategia de promoción de biogás para las diferentes escalas de producción, contemplando la disminución de la contaminación, la reducción de costos por ahorro en energía y la menor emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera por la incorrecta disposición de residuos.



BIBLIOGRAFÍA

- Andriulo, A., C. Sasal, C. Améndola y F. Rimatori.** 2003. "Impacto de un sistema intensivo de producción de carne vacuna sobre algunas propiedades del suelo y del agua". En *RIA*, Volumen 32 N.º 3. INTA.
- Brunori, J.C.** 2013. *Producción de cerdos en Argentina: situación, oportunidades, desafíos*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/produccion-de-cerdos-en-argentina-situacion-oportunidades-desafios>).
- Comeron, E.A., L.A. Romero, J. Villar Ezcurra y G. Schneider.** 2016. *Situación de los tambos en abril de 2016 y análisis de alternativas técnicas*. Artículo de divulgación del INTA del 20 de abril de 2016 (disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/situacion-de-los-tambos-en-abril-de-2016-y-analisis-de-alternativas-tecnicas>).
- FAO.** 2016a. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Tucumán. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)* – FAO (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Tucuman_baja.pdf).
- FAO.** 2016b. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Salta. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)* – FAO (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Salta_baja.pdf).
- FAO.** 2016c. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de La Pampa. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)* – FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_laPampa_baja.pdf).
- FAO.** 2017a. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Mendoza. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)* – FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Mendoza_FAO-%20Final%20170904.pdf).
- FAO.** 2017b. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Córdoba. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)* – FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Cordoba_FAO-Final%20170904.pdf).
- FAO.** 2018a. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Corrientes. 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_Corrientes_11-7.pdf).
- FAO.** 2018b. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Chaco. 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_Chaco.pdf).
- FAO.** 2018c. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Santa Fe. 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_SantaFe_interior-web.pdf).

FAO. 2018d. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO.*

FAO. 2018e. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Entre Ríos. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO.*

FAO. 2018f. *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Misiones. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG) – FAO.*

Flores Marco, N., Hilbert, J., Carballo, S. y Anschau, A. 2009. *Potencial de producción de biogás en la Provincia de Santa Fe. Instituto de Ingeniería Rural. INTA Castelar, Buenos Aires. Mimeo.*

Franco, R. y D. Panichelli. 2013. “Conceptos básicos para definir estrategias del manejo de efluente porcino”. Presentación realizada durante la Primera Jornada Nacional de Gestión de Residuos en INTA Rafaela, Santa Fe (Argentina).

García, K., I. Huerga, V. Charlón y A. Cuatrin. 2009. “Estimación de producción de biogás a partir de la degradación anaeróbica de efluentes provenientes de instalaciones de ordeño”. *Tercer Congreso Nacional-Segundo Congreso Iberoamericano Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía.* HYFUSEN.

Groppelli, E. y O. Giampaoli. 2012. *Biodigestores. Una propuesta Sustentable.* Ediciones UNL. Universidad del Litoral, Santa Fe (Argentina).

Herrero, M.A., G. Aguirre, J. Camoletto, A. Castillo, C. Catracchia et al. 2009. “Uso del agua, manejo de efluentes e impacto ambiental”. Terceras Jornadas Internacionales de Calidad de Leche. Asociación Pro-Calidad de la Leche y sus Derivados (APROCAL).

INTA. 2012. *Buenas prácticas pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar.* Capítulo XII: Manejo medioambiental. Buenos Aires. FAO-MAGyP-INTA.

Hilbert, J. 2008. *Manual para la producción de biogás. Instituto de Ingeniería Rural. INTA Castelar. Buenos Aires.*

Marino, M., H. Castignani y A. Arzubi. 2011. *Tambos pequeños de las cuencas lecheras pampeanas: caracterización y posibles líneas de acción.* Publicación Técnica N.º 61. INTA.

MINAGRO. 2017. *Buenas prácticas de manejo y utilización de efluentes porcinos.* Subsecretaría de Ganadería. Ex Ministerio de Agroindustria de la Nación.

Pordomingo, A.J. 2001. *Proyecto INTA N.º 360: Contaminación por intensificación ganadera.* Programa de Gestión Ambiental. INTA.

Pordomingo, A.J. 2013. *Feedlot. Alimentación, diseño y manejo.* Buenos Aires. INTA-Universidad Nacional de La Pampa (disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_feedlot_2013.pdf).

Sardi, G.M.I. y A. Herrero. 2013. “Evaluación de la percepción ambiental en el medio rural como diagnóstico en la toma de decisiones locales para la gestión del agua”, en A. Fernández Cirelli, A. Pérez Carrera y A. Volpedo (Eds.). *El agua en la producción agropecuaria.* Buenos Aires. FVET.

SENASA. 2016. Porcinos. <http://www.senasa.gov.ar/cadena-animal/porcinos>

Viglizzo, E.F. y F.C Frank. 2010. “Erosión del suelo y contaminación del ambiente”. En Viglizzo, E.F. y E. Jobbágy (eds.). *Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico-ambiental.* Buenos Aires. INTA.

Estudio de cuencas de biogás

COLECCIÓN
INFORMES
TÉCNICOS

N.º 4

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

www.fao.org

ISBN 978-92-5-131734-1



9 789251 317341

CA5726ES/1/10.19