



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Corrientes

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

Nº 7



Ministerio de Energía y Minería
Presidencia de la Nación



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación

ANÁLISIS ESPACIAL DEL BALANCE ENERGÉTICO DERIVADO DE BIOMASA

METODOLOGÍA WISDOM

Provincia de Corrientes

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

Ministerio de Agroindustria

Luis Miguel Etchevehere
Ministro de Agroindustria

Andrés Murchison
Secretario de Alimentos y Bioeconomía

Miguel Almada
Director de Agroenergía

Ministerio de Energía y Minería

Juan José Aranguren
Ministro de Energía y Minería

Sebastián A. Kind
Secretario de Energías Renovables

Maximiliano Morrone
Director Nacional de Promoción de Energías
Renovables

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Jorge Meza
Oficial Forestal Principal
Oficina Regional América Latina

Francisco Yofre
Oficial de Programas
Oficina Argentina

Autores

Estefanía Cutro
Ruth Perucca
Florinda Arias Miño
Lorena Suárez
Federico Caniza
Jorge Aparicio
Javier Bertollo
Fernando Schiro

Consultores FAO

Coordinación y supervisión técnica
Celina Escartín
Francisco Denaday
Guillermo Parodi

Coordinación Colección
Verónica González

Colaboración Colección
Sofía Damasseno

Edición y corrección
Alejandra Groba

Diseño e ilustraciones
Mariana Piuma

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

Las denominaciones empleadas en los mapas y la forma en que aparecen presentados los datos no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios o zonas marítimas, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-130712-0

© FAO, 2018

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

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

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

Fotografía de portada: © FAO

ÍNDICE

Prólogo	vii	5.4 Módulo de demanda	48
Agradecimientos	ix	5.4.1 Sector residencial	48
Siglas y acrónimos	xi	5.4.2 Sector industrial	48
Unidades de medida	xii	5.4.3 Escuelas rurales	49
Resumen ejecutivo	xiii	5.5 Módulo de integración de la oferta y la demanda	52
<hr/>			
1.		6.	
Introducción	1	Conclusiones	56
Ejecución de los WISDOM provinciales	3	<hr/>	
<hr/>			
2.		7.	
Bioenergía	5	Recomendaciones	58
<hr/>			
3.		Bibliografía	62
Marco de referencia geográfico y ambiental	11	Anexo I. Marco normativo	64
<hr/>			
4.		Anexo II. Clases de coberturas arbóreas adoptadas por el FRA 2000	65
Sistemas bioenergéticos y metodología WISDOM	15	<hr/>	
<hr/>			
5.			
Módulos y resultados del WISDOM Corrientes	21		
5.1 Unidad de análisis y resolución espacial	21		
5.2 Módulo de oferta directa	21		
5.2.1 Bosques nativos	22		
5.2.2 Cultivos	25		
5.2.I Accesibilidad física	36		
5.2.II Accesibilidad legal	37		
5.2.III Accesibilidad total	39		
5.3 Módulo de oferta indirecta	45		
5.3.1 Industria forestal	45		
5.3.2 Molinos arroceros	45		
5.3.3 Molinos yerbateros	45		
5.3.4 Plantas jugueras	46		

Cuadros

Cuadro 1	Clasificación de las fuentes de biocombustibles	7
Cuadro 2	Clasificación de biomasa desde el punto de vista energético	8
Cuadro 3	IMA considerado por cobertura de bosques y por provincia fitogeográfica	23
Cuadro 4	Extracción forestal por tipo de producto	23
Cuadro 5	Géneros y superficies implantadas en Corrientes	25
Cuadro 6	IMA para <i>Pinus</i> por edad y suelo	26
Cuadro 7	IMA para <i>Eucalyptus</i> por edad y suelo	27
Cuadro 8	Superficie cosechada, rendimiento y producción de arroz, largo fino y largo ancho	28
Cuadro 9	Superficie y producción de yerba mate	29
Cuadro 10	Superficie de tabaco medida con GPS	30
Cuadro 11	Oferta directa total por departamento	35
Cuadro 12	Coeficientes por tipo de red vial	36
Cuadro 13	Coeficientes asignados a las categorías del OTBN	39
Cuadro 14	Oferta directa accesible total	44
Cuadro 15	Oferta indirecta por departamento	47
Cuadro 16	Demanda de biomasa con fines energéticos por sector y departamento	50
Cuadro 17	Balance total por departamento	53
Cuadro 18	Coberturas y definiciones FAO	65

Mapas

Mapa 1	Oferta de bosques nativos	24
Mapa 2	Oferta directa total por cultivos	31
Mapa 3	Oferta directa total por cultivos en zona de Santo Tomé e Ituzaingó	32
Mapa 4	Oferta directa total	34
Mapa 5	Accesibilidad física	38
Mapa 6	Accesibilidad legal	40
Mapa 7	Accesibilidad total	42
Mapa 8	Oferta directa accesible	43
Mapa 9	Demanda total promediada	51
Mapa 10	Balance promedio focalizado	54
Mapa 11	Balance por radio censal	55

Gráficos

Gráfico 1	Composición de la oferta interna de energía primaria en la Argentina, en porcentaje	9
Gráfico 2	Modelo conceptual WISDOM Corrientes	19
Gráfico 3	Oferta directa total	33
Gráfico 4	Oferta indirecta total	46



© INTA

Prólogo

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

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

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

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

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

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

Esta publicación ha sido posible gracias a la cooperación de los siguientes organismos nacionales: Ministerio de Agroindustria, Ministerio de Energía y Minería, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM) y Fondo Especial del Tabaco (FET).

También han contribuido para la elaboración de este informe reparticiones provinciales, en particular, la Dirección de Recursos Forestales, el área de Cartografía y GIS, la Dirección de Sanidad Animal y el Instituto Provincial del Tabaco, todos dependientes del Ministerio de la Producción de Corrientes. Fueron muy importantes asimismo los aportes del Ministerio de Coordinación y Planificación y la Secretaría de Energía, principalmente a través de la Dirección de Desarrollo de Energías Renovables.

Algunas instituciones privadas han prestado gran colaboración: la Asociación Correntina de Plantadores de Arroz, la Regional Corrientes de la Asociación Forestal Argentina (AFOA), la Cooperativa de Tabacaleros de Goya, la Asociación de Citricultores de Bella Vista y la Cooperativa San Francisco de Colonia San Francisco (Monte Caseros), además de otros referentes que han respondido inquietudes a lo largo de este proyecto.

Cabe una mención especial a los técnicos extensionistas e investigadores del Centro Regional INTA Corrientes y de otros centros regionales, quienes han cedido información, datos y contactos para poder llegar a los resultados esperados. Y un agradecimiento para Agustina Branzini y Juan Ignacio Paracca, por su cuidadosa revisión de este documento.





© INTA

Siglas y acrónimos

ACPA: Asociación Correntina Plantadores de Arroz
AER: Agencia de Extensión Rural
BAHRA: Base de Asentamientos Humanos de la República Argentina
BEN: Balance Energético Nacional
CNPHyV: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas
DRF: Dirección de Recursos Forestales de Corrientes
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FET: Fondo Especial del Tabaco
EEA: Estación Experimental Agropecuaria
FRA: Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales
GD: Generación Distribuida de energía eléctrica
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
INYM: Instituto Nacional de la Yerba Mate
MDE: Modelo Digital de Elevaciones
MAyDS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable
OTBN: Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos
PERMER: Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales
PINBN: Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos
PLAFORNEA: Plataforma de Gestión Forestal
PNAYAV: Programa Nacional Agroindustria y Agregado de Valor del INTA
PROSAP: Programa de Servicios Agrícolas Provinciales
RenovAr: Programa de Energías Renovables
RER: Relevamiento de Escuelas Rurales
RN: Ruta nacional
RP: Ruta provincial
RSU: Residuos sólidos urbanos
SAyDS: ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
SIEFIC: Sistema de Información Estadística Foresto-Industrial de Corrientes
UMSEF: Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal
WISDOM: Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping

Unidades de medida

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

Resumen ejecutivo

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

En virtud de ello, se construyó una base de datos geoespacial con información brindada por diferentes organismos nacionales y provinciales, de carácter público y privado. En Corrientes, a fin de ejecutar las acciones del Proyecto, se constituyó un equipo técnico especializado local con el objetivo de gestionar la información obrante en las diversas instituciones para la implementación de la metodología WISDOM (*Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*, Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles) y de institucionalizar el procedimiento de análisis espacial de los recursos biomásicos a través de la capacitación y transferencia metodológica a los expertos locales.

Las fuentes de oferta identificadas, localizadas y cuantificadas, en función de su origen, fueron las siguientes:

- Oferta directa: cultivo de pino (38,02%), arroz (22,40%) bosques nativos (19,77%), cultivo de eucalipto (12,06%), citrus (3,38%), té (2,45%), yerba mate (1,01%), otras forestaciones (0,88%) y tabaco (0,03%).
- Oferta indirecta: industria forestal (55,0%), molinos de arroz (40,2%), industria juguera (3,9%) y molinos yerbateros (0,9%).

Con respecto al consumo de biomasa con fines energéticos, los sectores demandantes considerados fueron los molinos arroceros y yerbateros y la industria juguera, que en conjunto representan el 75,7% de la demanda total; el consumo residencial, que representa el 23,8%, y las escuelas rurales, con solo un 0,5 por ciento.

En resumen, y teniendo en cuenta todos estos componentes, se estimó que la oferta directa provincial accesible, física y legalmente, es de 2 129 580 tn/año, mientras que la oferta indirecta es de 401 477 tn/año. Por su parte, la demanda actual estimada es de 316 920 tn/año. En consecuencia, el balance resultante entre la oferta potencial y el consumo actual estimado da un superávit de 2 214 137 tn/año de recursos biomásicos con fines energéticos.

En conclusión, Corrientes posee un gran potencial bioenergético, principalmente porque cuenta con la mayor superficie del país de bosques implantados, que ofrecen un volumen considerable de biomasa susceptible de ser aprovechada para producir energía renovable. A partir de este análisis espacial se establece una base de conocimientos que permitirá tomar decisiones en materia de políticas bioenergéticas viables, a través de proyectos que aprovechen la energía derivada de biomasa.

1. INTRODUCCIÓN



© INTA

La flexibilidad de la metodología WISDOM permite analizar no solo las fuentes tradicionales de biomasa, sino también diversos residuos que, gracias a los avances tecnológicos, pueden ser convertidos en energía.

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

En 2009 se publicó el trabajo *Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina – WISDOM Argentina* (FAO, 2009), realizado en forma conjunta entre el Gobierno de la República Argentina y la FAO, en el que se estimó espacialmente la oferta y la demanda de biomasa con fines energéticos a escala nacional. Esto confirmó que el país cuenta con abundantes cantidades de biomasa apta y disponible para uso energético.

La metodología WISDOM fue desarrollada por la FAO, en cooperación con el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como método para visualizar espacialmente las áreas prioritarias para el desarrollo de combustibles leñosos. Esta metodología está basada en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), tecnología que permite integrar y analizar información estadística y espacial sobre la produc-

ción (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 la caña de azúcar, tabaco, yerba mate, té, poda de frutales y otros, gracias a la flexibilidad de esta herramienta y la existencia de tecnología que permite convertir otras fuentes de biomasa en energía. Además, se trata de una metodología que es accesible, fácil de aplicar y permite presentar los resultados del análisis espacial de manera comprensible no sólo para especialistas del sector, sino también para funcionarios y público en general.

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 homogénea del potencial de biomasa existente con fines energéticos según orígenes de

aprovisionamiento, provista por fuentes primarias (encuestas y censos) y secundarias (entes gubernamentales, organismos descentralizados y estudios científicos).

- Conocer la disponibilidad de recursos de biomasa, de gran utilidad para promotores de proyectos de energías renovables.
- Localizar la demanda de energía derivada de biomasa y su relación con la disponibilidad bajo sistemas de aprovechamiento sustentable.
- Orientar las investigaciones en tecnología de conversión energética en base al tipo de recurso y disponibilidad geográfica.

En el marco del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA), en una primera etapa se encaró la aplicación de la metodología WISDOM a escala provincial en Tucumán, Salta, La Pampa, Mendoza y Córdoba. 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 INTA con el objetivo general de identificar, localizar y cuantificar la disponibilidad y el consumo de los recursos biomásicos en otras seis provincias: Buenos Aires, Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Misiones y Santa Fe. Los objetivos específicos fueron:

- Implementar un sistema de información geográfica relacionado con la oferta y demanda de energía derivada de la biomasa de gestión provincial.
- Compendiar, homogeneizar y estandarizar la información digital obrante en INTA, el Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa 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.

Para llevar adelante el análisis espacial de la oferta y la demanda de biomasa en las provincias, se llevó a cabo un largo proceso interinstitucional que generó conocimiento y redes de trabajo, fundamentales para la formulación de políticas públicas y la promoción de 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, cuyas 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 del Proyecto. Una vez realizados los modelos espaciales, obtenidos los mapas y extraídas las estadísticas se realizaron los respectivos informes WISDOM. Dichos documentos fueron elaborados por cada equipo técnico provincial bajo la coordinación y supervisión del equipo de trabajo de Fortalecimiento Institucional.

En el caso de Corrientes, en junio de 2016 se realizaron las primeras 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 Corrientes. También se desarrollaron talleres de presentación de avances para hacer puestas en común y se analizaron los criterios abordados por cada uno de los equipos técnicos.

En noviembre de 2016, los especialistas del Componente de Fortalecimiento Institucional del Proyecto dictaron en la ciudad de Posadas (Misiones)

el “Curso-Taller para la Implementación de la Metodología WISDOM en las provincias de Misiones y Corrientes”, con una carga horaria de 28 horas, del que participaron técnicos de INTA de las provincias involucradas, además de funcionarios de organismos estatales, universitarios y privados. El objetivo fue presentar la metodología WISDOM aplicada en la provincia de Salta como base para replicar en Misiones y Corrientes; capacitar a los participantes en la estructura y lógica de esta metodología y en el empleo de las aplicaciones Dinámica EGO, R y QGIS, y consensuar y programar las adaptaciones de los modelos según las particularidades de estas provincias.

Así, a partir del análisis del modelo conceptual de Salta, se repasaron cada uno de los elementos de los módulos que componen la metodología WISDOM adaptándolos a los casos de Corrientes y Misiones, lo que permitió identificar elementos que aún no estaban siendo contemplados, así como otros que debían excluirse. Para cada módulo de cada provincia se establecieron las posibles fuentes de información, su nivel de detalle y grado de actualización, y se consensuaron aquellos elementos que debían priorizarse en cada modelo provincial.

2. BIOENERGÍA



La matriz energética de Corrientes es totalmente dependiente de la energía hidráulica (Yacyretá y Salto Grande) y fósil. En 2011, por ley, se declaró de interés provincial el uso de fuentes de energía renovable.

El término bioenergía hace referencia a la energía generada a partir de combustibles biomásicos. Se considera biomasa a toda la materia orgánica de origen vegetal o animal, no fósil, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial. Desde el punto de vista de su aprovechamiento energético, en este documento solo se considerará biomasa a aquellos productos que son susceptibles de ser utilizados de manera sostenible, es decir, por debajo de su tasa de renovación natural (Secretaría de Energía, 2009).

La gran diversidad de materiales que comprende el término bioenergía 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 heterogeneidad genera un panorama complejo, que adquiere matices propios en función del contexto socio-cultural, económico, político-institucional y ambiental de un sitio dado, en un momento histórico determinado (Manrique *et al.*, 2011).

Es necesario tener en cuenta que la biomasa es una fuente de baja densidad energética, que se encuentra ampliamente dispersa y que tiene una alta dependencia geográfica. Esto hace que el costo de transporte constituya una parte significativa

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

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

En este sentido, el uso de bioenergías presenta diversas ventajas, tales como:

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

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

El Cuadro 1 muestra la clasificación de los biocombustibles de acuerdo con sus características: los “dendrocombustibles” se circunscriben a las fuentes de biomasa leñosa; los “agrocombustibles” se relacionan con 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 al 60%, como la leña y el residuo agrícola de cosecha (RAC), se denomina “biomasa seca” y es utilizada energéticamente mediante procesos termo-químicos o físico-químicos que generan energía térmica o productos secundarios en la forma de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. Por otro lado, se designa biomasa húmeda a la que supera el 60% de humedad, que en su mayoría proviene de residuos animales y efluentes industriales tratados mediante procesos biológicos, de los que se obtienen principalmente combustibles gaseosos (Cuadro 2).

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 (BEN) de 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 por leña (1,04%), bagazo (1,04%), aceites vegetales (3,08%), alcoholes vegetales (0,58%) y otros subproductos primarios (0,36%), como cáscara de girasol, licor negro, marlo de maíz, cáscara de arroz y residuos pecuarios. Las energías hidráulica, nuclear, eólica y solar sumaron un 7,06% de la energía primaria del país. En tanto, los combustibles

fósiles (petróleo, gas y carbón) alcanzaron el 86,84%, lo que muestra el gran predominio que este tipo de fuentes tiene todavía (Gráfico 1).

La matriz energética de Corrientes es totalmente dependiente de la red interconectada (hidráulica, Yacyretá y Salto Grande) y fósil a partir de los grupos instalados por el Estado nacional para solucionar cortes en regiones muy puntuales. De igual manera, existe una gran oferta energética potencial a partir de fuentes renovables, como biomasa, solar e hidroeléctrica.

En relación con la energía solar, la provincia comenzó la implementación del Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER) en 2006, con la electrificación de escuelas rurales a través de la instalación y puesta en marcha de sistemas fotovoltaicos, y continuó más tarde con la electrificación de viviendas. Al finalizar la primera etapa del proyecto (diciembre de 2012) se habían efectuado en Corrientes las siguientes instalaciones: 85 escuelas con sistema fotovoltaico autónomo y calefones solares, y 1 312 usuarios dispersos con sistemas fotovoltaicos autónomos.

En la actualidad está vigente la fase II del PERMER, en la que se encuentran licitados sistemas fotovoltaicos para 700 domicilios rurales.

A través de la Ley 6085/2011, Corrientes declaró de interés provincial el uso de fuentes de energía renovable, llamada también alternativa, no convencional o no contaminante, factible de ser aprovechada en la provincia.

En esta misma Ley se crea una Empresa Pública Provincial que tiene como objeto el estudio, explotación, transporte, almacenaje, distribución, producción, comercialización e industrialización de energías alternativas o blandas mediante la aplicación de fuentes renovables o biocombustibles. Hasta la edición de este trabajo esa empresa no había sido constituida.

Además, se creó la Secretaría de Energía, dentro de la cual funciona en la actualidad la Dirección de Desarrollo de Energías Renovables. Esta dependencia viene llevando a cabo diferentes iniciativas, denominadas “proyectos piloto”, entre las que se destacan:

Cuadro 1

Clasificación de las fuentes de biocombustibles

Fuente

Adaptado en base a FAO (2004)

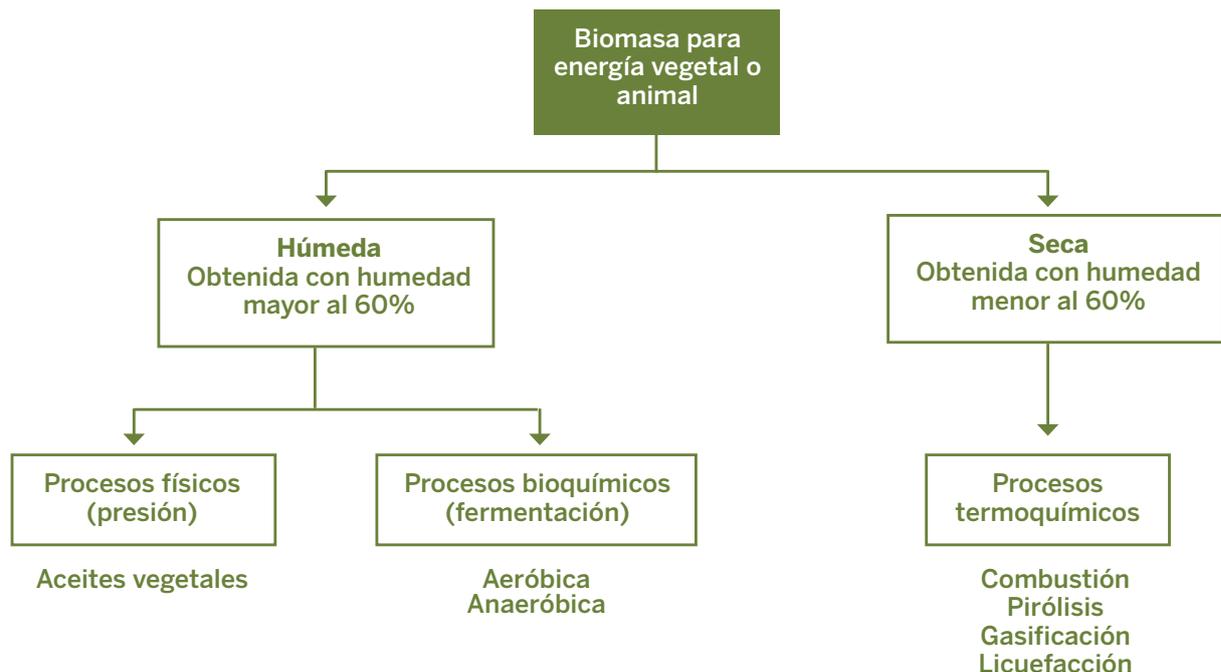
Fuentes biocombustibles		Biomasa leñosa	Biomasa herbácea	Biomasa de frutas y semillas	Varios/Mezclas
		Dendrocombustibles	Agrocombustibles		
Cultivos energéticos	Directos	Árboles de bosques energéticos	Plantas herbáceas energéticas	Cereales energéticos	
		Árboles de plantaciones energéticas	Cultivos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

Cuadro 2

Clasificación de biomasa desde el punto de vista energético

Fuente

Secretaría de Energía (2009)



- Cargador solar en la localidad de Carlos Pellegrini (departamento de Mercedes): se trata de un sistema autónomo que, a través de un panel solar, suministra energía suficiente para cargar baterías de celulares.
- Sistema de bombeo solar para riego en el Jardín Botánico de la ciudad de Corrientes: el sistema completo para bombeo y elevación de agua funciona para satisfacer todas las necesidades de la plaza (riego, baños, entre otros).
- Instalación de pérgolas solares e iluminación LED en la plaza Eco Parque Hipódromo de la ciudad de Corrientes: el objetivo es implementar un proyecto piloto de Generación Distribuida de energía eléctrica (GD) y de calentamiento de agua para uso doméstico.

Se promulgó la ley de “Generación distribuida de energía eléctrica basada en energías renovables” y se está trabajando en su reglamentación. Hay antecedentes normativos similares en las provincias de Santa Fe, Mendoza, Salta y Misiones. Además, la adhesión a la Ley nacional 27191 (ver Anexo I) será tratada en la Cámara de Diputados.

En cuanto a proyectos de generación de energía a partir de biomasa, Corrientes, por su ubicación estratégica en el corazón del Mercosur, se posiciona como provincia preferencial.

Existen proyectos en diferentes estados de avance, en el marco del Programa de Energías Renovables RenovAr:

- Se firmó el contrato para iniciar la construcción de Fuentes Renovables de Energía SA (FRESA),

Central Térmica (CT) Garruchos, de 40 MW de potencia, en el municipio de Gobernador Virasoro, Corrientes.

- En la Ronda 1 de RenovAr se adjudicó el proyecto de construcción de la CT Generación Biomasa Santa Rosa, por una oferta potencial de 12,5 MW; en la Ronda 2, Fase 1, se adjudicaron los proyectos de construcción de la CT San Alonso, por una oferta de 37 MW, CT Kuera Santo Tomé, por 12,92 MW, y CT Gobernador Virasoro, por 3 MW de potencia.

La matriz energética argentina es altamente dependiente de los combustibles fósiles: en 2016, el 86,8% provino de petróleo, gas y carbón, mientras que la biomasa representó alrededor de un 6,1%.

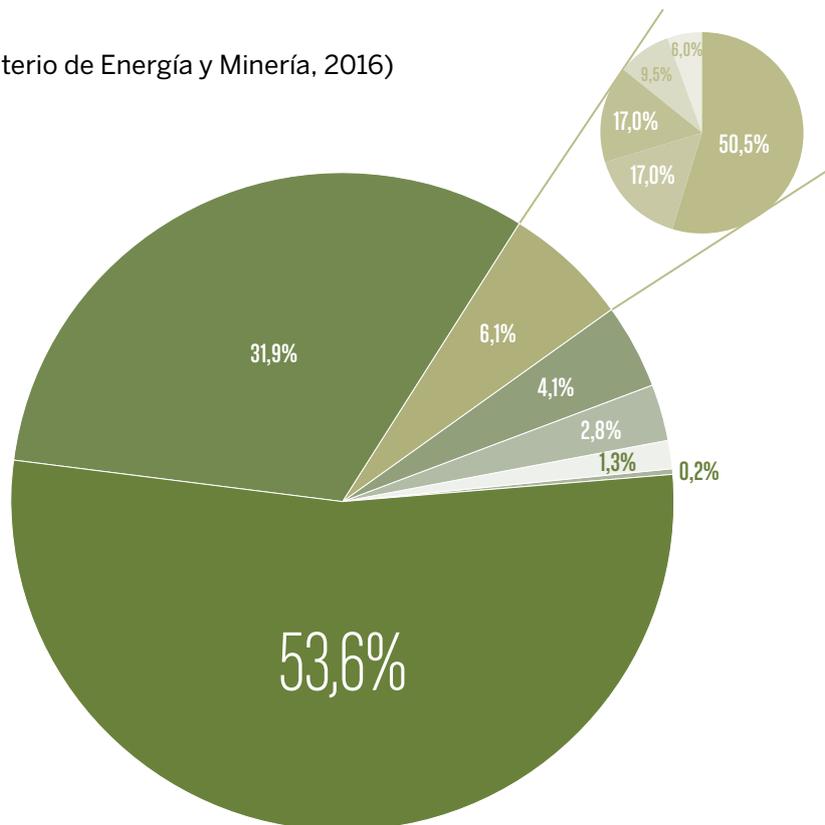
Gráfico 1

Composición de la oferta interna de energía primaria en la Argentina, en porcentaje

Fuente

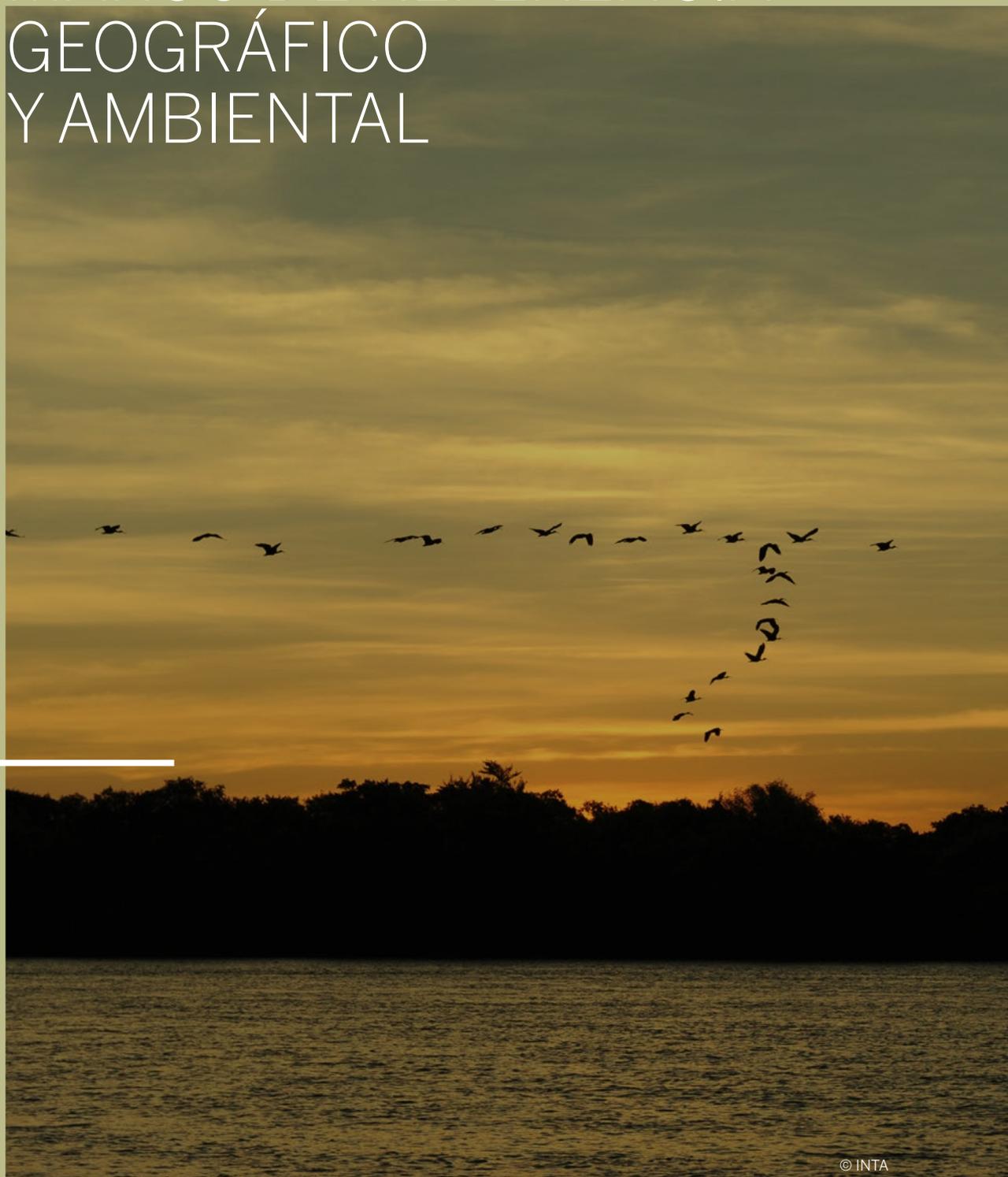
Balance Energético Nacional (Ministerio de Energía y Minería, 2016)

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



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

3. MARCO DE REFERENCIA GEOGRÁFICO Y AMBIENTAL



De los más de 293 000 hogares de Corrientes, un 76% está localizado en áreas urbanas, y un 87% tiene conexión con la red eléctrica. En casi 30 000 se utiliza leña o carbón vegetal para cocinar.

Corrientes tiene una superficie de 88 199 km², que representa el 2,4% del total del área del país. Administrativamente, está dividida en 25 departamentos y subdividida en 71 municipios (la unidad administrativa mínima).

En 2010, Corrientes contaba con una población de 993 338 habitantes y una densidad de 11,2 habitantes/km². Entre los centros urbanos más poblados está la capital homónima, con 356 314 habitantes; luego Goya, con 87 872; Paso de los Libres, con 47 782, y Mercedes, con 47 426 habitantes (INDEC, 2010).

El mismo estudio señala que de los 293 237 hogares de la provincia, un 76% está localizado en áreas urbanas, y un 87% está conectado a la red eléctrica. Por otro lado, unos 29 558 hogares utilizan leña o carbón vegetal para cocinar, sin contar hasta el momento con servicio de red de gas; el resto de los hogares utiliza gas envasado y unos 1 135 usan energía eléctrica.

El relieve correntino es una llanura con creciente elevación de sur a norte. El sistema hidrográfico de la provincia se encuentra conformado principalmente por lagunas y numerosos esteros que constituyen importantes caudales de agua dulce. Sus dos principales cauces son el Río Paraná y el Río Uruguay.

Corrientes presenta abundantes y frecuentes lluvias, que superan los 1 500 mm anuales en el Noreste y descienden gradualmente hasta menos de 1 000 mm en el sudoeste. La principal característica del régimen de lluvias es su irregularidad, con la época más lluviosa en otoño y la más seca en invierno. No obstante, por el régimen de precipitaciones registradas, no se puede hablar de estaciones secas ni de sequías de importancia.

El clima correntino se define como subtropical o mesotermal. La temperatura media varía entre 21,5 °C al norte y 19,5 °C al sur. En verano se registran máximas absolutas de 42 a 46 °C, según las zonas, y en invierno, mínimas absolutas de -1 a -5,5 °C. Sin embargo, las heladas son poco frecuentes, con 320 a 360 días libres de ellas.

El relieve es llano, comprendido entre las isohipsas de 30 a 80 m. Su sector más bajo –menos de 40 m– corresponde al ángulo del sudoeste provincial sobre el río Paraná, donde confluye el sistema de desagüe del complejo del Iberá.

Una característica general de su fisonomía es la presencia de vastas áreas inundables, ya sea por lluvias o por desbordes de sus cursos de agua. Se estima que estas áreas cubren el 45% de la superficie provincial.



En Corrientes están representados dos grandes dominios fitogeográficos: el Chaqueño, que cubre gran parte de la superficie, y el Amazónico, en su extremo nororiental, que limita con Misiones. La distribución de la vegetación responde básicamente a los gradientes térmicos y pluviométricos del área.

A su vez, dentro del Dominio Chaqueño se reconocen dos provincias: la Provincia Chaqueña, con el Distrito Chaqueño Oriental, y la Provincia del Espinal, con el Distrito del Ñandubay. Y en el Dominio Amazónico, la Provincia Paranaense, con el Distrito de Campos y Malezales (Carnevali, 1994).

Dicho de otro modo, confluyen en Corrientes tres provincias fitogeográficas con caracteres propios: la Chaqueña, Distrito Oriental; la del Espinal, Distrito del Ñandubay, y la Paranaense, Distrito de Campos y Malezales.

La estructura productiva de Corrientes está centrada fundamentalmente en el sector agropecuario. La actividad ganadera (cría de ganado bovino) es la que posee mayor tradición en la provincia. La cadena forestal también resulta un sector productivo significativo. Con respecto a los cultivos agrícolas, las principales producciones se vinculan al procesamiento de arroz, la elaboración de yerba mate y el empaque de frutas (cítricos dulces) y hortalizas, principalmente tomate y pimiento bajo cubierta (Ministerio de Hacienda, 2016).

En relación con la disponibilidad de recursos biomásicos con fines energéticos, en Corrientes se destaca la producción forestal, cuyo aporte se calculó en base al manejo medio propuesto para las

dos especies mayoritarias, pino y eucalipto. El bosque nativo, descrito más arriba, contribuiría en aquellas áreas categorizadas por el Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos (OTBN) como Categoría Verde con todo el incremento medio anual (IMA), mientras que en las áreas de Categoría Amarilla solo con un porcentaje de su IMA.

Corrientes cuenta además con disponibilidad de recursos biomásicos provenientes del rastrojo del cultivo de arroz, de los residuos de poda de frutales (cítricos), yerba y té, y de residuos del cultivo de tabaco. Además, cuenta con aportes provenientes de la transformación primaria de la materia prima de forestaciones, del tabaco, del arroz y de los cítricos.

Por otra parte, Corrientes dispone de una importante cantidad de desechos provenientes de plantas de faena bovina, con potencial para ser convertidos en biogás.

Como recursos biomásicos, la provincia cuenta con la producción forestal, también con rastrojo del cultivo de arroz, residuos de poda de cítricos, yerba, té y tabaco, y aportes de la transformación de esas materias primas.

4. SISTEMAS BIOENERGÉTICOS Y METODOLOGÍA WISDOM



Una planificación pública de largo plazo requiere concebir los sistemas bioenergéticos en su heterogeneidad y complejidad sectorial, y abordarlos desde un trabajo interdisciplinario.

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

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

- *Multisectorialidad*: involucran diferentes sectores, tales como el forestal, el industrial, el energético, el agrícola, el residencial y el comercial, que deben ser concebidos en sus interrelaciones si se pretende realizar una planificación pública de largo plazo.
- *Interdisciplinariedad*: el análisis de los sistemas bioenergéticos requiere la concurrencia de una multiplicidad de ciencias y técnicas, como la gestión forestal y la silvicultura, las ciencias

ambientales, la ingeniería, la agronomía, la geografía, entre otras.

- *Especificidad geográfica*: la oferta de recursos biomásicos presenta una disponibilidad variada y una extensa distribución a lo largo del territorio. A su vez, se caracteriza por una baja oferta en superficie, si se la compara con centros altamente concentrados como las industrias procesadoras de materia prima. En cuanto a la demanda, las características productivas regionales y las pautas de consumo residencial, combinadas con el acceso diferencial a las redes eléctricas y de gas, generan diferentes patrones espaciales. Por ello, la necesidad de comprender a los sistemas bioenergéticos en diferentes escalas, poniendo énfasis en los estudios sitio-específicos.
- *Heterogeneidad en las fuentes de oferta de biomasa*: abarca forestaciones implantadas o sistemas de silvicultura de corta rotación, el incremento medio anual (IMA), residuos agrícolas de cosecha, la poda de frutales, entre las más importantes. Conocer la disponibilidad y el tipo de recurso para ser utilizado facilita la



planificación estratégica de proyectos con fines energéticos.

- *Heterogeneidad en los sectores de demanda de biomasa*¹: la demanda involucra sectores disímiles tanto cualitativa como cuantitativamente. Así, hallamos grandes consumidores industriales que producen energía para su propia producción y para vender a la red; consumidores comerciales, como panaderías y parrillas, y pequeños consumidores residenciales, que utilizan la leña, el carbón vegetal o los residuos vegetales y animales para cocinar, calefaccionar o calentar el agua con fines sanitarios.
- *Adaptabilidad de los usuarios*: los sistemas bioenergéticos y su complejo patrón de oferta y demanda generan la necesidad de un alto grado de flexibilidad en el manejo y aprovechamiento de los recursos biomásicos. La versatilidad de la bioenergía permite obtener, a través de procesos de distinta complejidad, combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, para utilizar en una multiplicidad de aplicaciones.

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

Asimismo, un aspecto crítico de los sistemas bioenergéticos, que se relaciona directamente con la especificidad geográfica, es el acceso y traslado de los recursos biomásicos. La baja densidad energética de la biomasa y su alta dispersión geográfica hacen que los grandes volúmenes que deben ser transportados generen altos costos logísticos y, por ello, es importante contemplar su accesibilidad.

Como consecuencia de las diversas características mencionadas, y dada la complejidad de la generación de energía a partir de biomasa, surgió la necesidad de contar con herramientas metodológicas que sirvan de apoyo para aunar políticas energéticas, forestales y que generen proyectos sustentables y perdurables a largo plazo. En este sentido, el Programa de dendroenergía de la FAO² desarrolló e implementó la metodología WISDOM, que aborda con una visión sistémica esta problemática y ofrece respuestas a los diferentes niveles gubernamentales y a los sectores de la energía forestal, industrial y agrícola, generando sinergias e interrelaciones entre ellos.

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

El Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles es una metodología que se apoya en una plataforma SIG, donde se integran datos, estadísticas e información procedentes de múltiples ámbitos y se los dispone espacialmente. Al no presentar una estructura rígida ni utilizar un software predeterminado, esta metodología permite un alto grado de flexibilidad y adaptabilidad frente a la heterogeneidad y fragmentación de los datos e información disponibles sobre producción y consumo de bioenergía. Además, el enfoque

1. Vale señalar que además de los recursos dendroenergéticos en el análisis espacial provincial se han tenido en cuenta diferentes residuos de origen vegetal.

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

Los sistemas bioenergéticos requieren una gran flexibilidad en el manejo y aprovechamiento de los recursos biomásicos, que pueden generar combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

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 oferta y demanda de biomasa con fines energéticos de Corrientes, se utilizaron diversos software de código abierto: R, Quantum Gis y Dinamica EGO (Environment for Geoprocessing Objects). El programa R se usó para homogeneizar y estandarizar la base de datos completa³; el Quantum Gis, se empleó para editar archivos vectoriales, enmascarar y recortar las capas ráster, y producir los mapas temáticos presentados en este informe; por último, el Dinamica EGO, se utilizó para integrar la información y realizar todo el análisis espacial a través de sucesivos modelos.

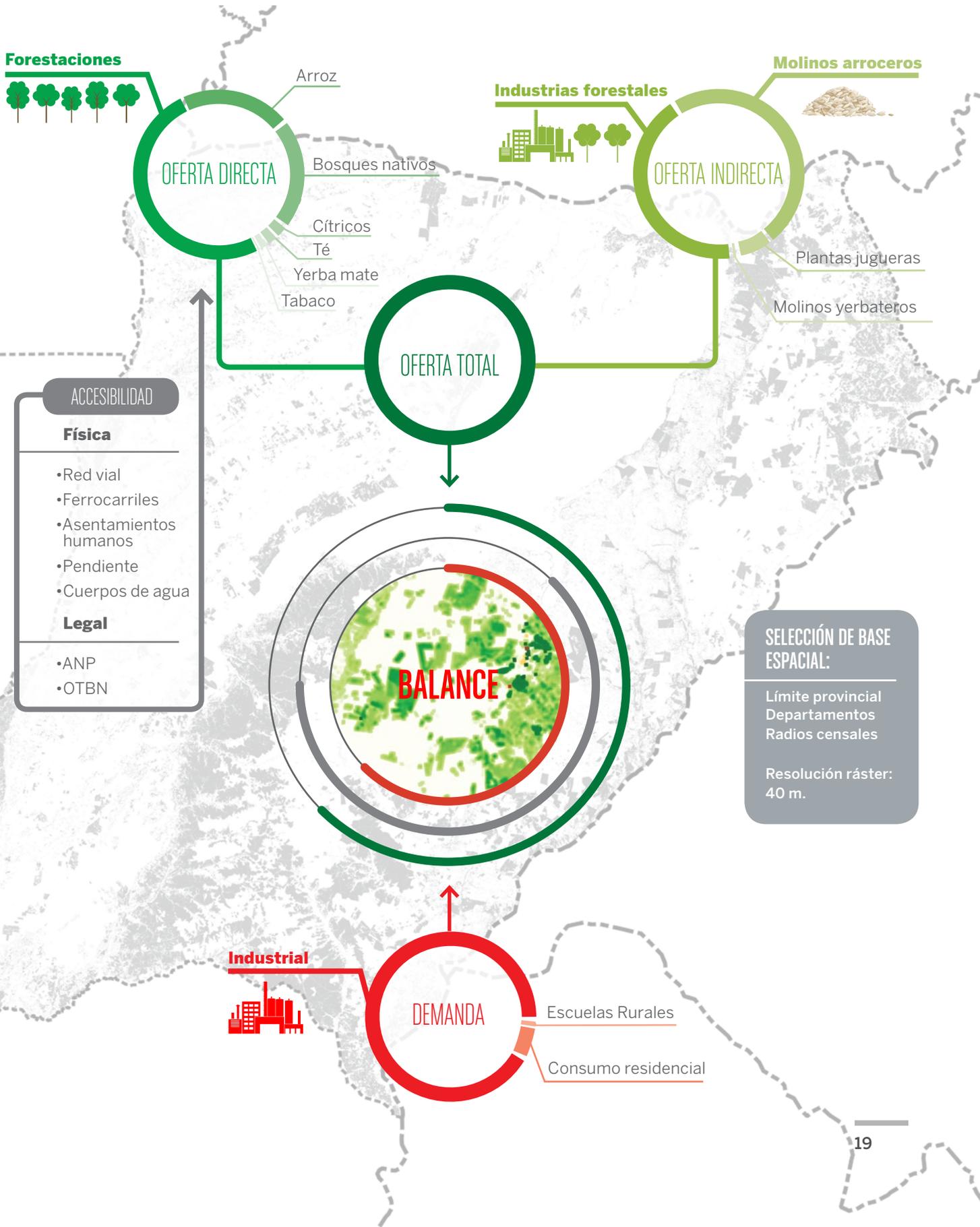
De esta manera, en concordancia con el WISDOM Argentina y para representar el balance de oferta y demanda de biomasa con fines energéticos, la aplicación de la metodología de análisis WISDOM a nivel provincial implicó cuatro pasos analíticos principales:

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

En el Gráfico 2 se muestran, de modo ilustrativo, los módulos y las principales capas utilizadas:

3. 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 que las celdas de las diferentes capas coincidan en el espacio.

Gráfico 2. Modelo conceptual WISDOM Corrientes



5. MÓDULOS Y RESULTADOS DEL WISDOM CORRIENTES



-
- 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

Corrientes tiene la mayor superficie de bosques implantados del país, con 500 000 hectáreas, que siguen en aumento. La producción anual de rollos se estima en casi 9 millones de toneladas.

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

5.1 Unidad de análisis y resolución espacial

El nivel mínimo de análisis utilizado fue el radio censal, correspondiente a la unidad censal de mayor desagregación cartográfica, con el objeto de lograr el más alto nivel de detalle y garantizar la correspondencia con los datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 - 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 25 departamentos con 1632 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, donde se utilizó una resolución espacial

de 250 m (6,25 ha). En la mayoría de los casos, la información disponible se encuentra expresada en toneladas de biomasa seca por hectárea. Para adaptar estos valores a la resolución utilizada, todas las capas se multiplicaron por un valor constante de 0,16, que representa la superficie en hectáreas de cada píxel.

El sistema de coordenadas empleado fue Gauss Krüger Faja 6 POSGAR 94 WGS84. El límite provincial se confeccionó a partir de los límites de los radios censales correspondientes a la cartografía del CNPhyV 2010.

5.2 Módulo de oferta directa

Se entiende por oferta directa la biomasa que se encuentra en campo. Una de las características de la oferta directa es su dispersión territorial. En este módulo, referido a Corrientes, se consideraron y analizaron las coberturas correspondientes a los bosques nativos y a las producciones agropecuarias, como arroz, forestaciones, cítricos, yerba mate, té y tabaco, con el objetivo de calcular la disponibilidad de recursos biomásicos.

En relación con los cultivos agrícolas extensivos relevados, como soja, maíz, girasol y sorgo, los residuos de cosecha no han sido considerados para

uso energético ya que, bajo el sistema de siembra directa, los mismos se mantienen sobre el suelo con el fin de conservar su fertilidad y estructura.

Distinto es el caso del cultivo de arroz, que permanece inundado la mayor parte de su ciclo y la presencia de rastrojo suele traer inconvenientes. Debido a esto, resulta viable hacer un aprovechamiento con fines energéticos sin perder de vista la sustentabilidad del sistema, ya que el mismo constituye un aporte importante de materia orgánica al suelo.

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

5.2.1 Bosques nativos

El uso dendroenergético de los bosques nativos se contempló bajo consideraciones de sustentabilidad, entre las que se destaca el OTBN⁴ y el cálculo de biomasa disponible, teniendo en cuenta únicamente el crecimiento anual del bosque con el objetivo de evitar extraer más de lo que crece.

La información necesaria para la cuantificación de la biomasa disponible para generar energía a partir de los bosques nativos debe recolectarse teniendo en cuenta el nivel de detalle objetivo. La precisión de dichos resultados tendrá una enorme influencia en la posible instalación de proyectos dendroenergéticos. Estas mediciones recurren actualmente a técnicas que funcionan a diferentes escalas, desde inventarios de campo realizados a nivel local hasta estimaciones mediante teledetección que funcionan a nivel nacional o subregional.

Para conocer la superficie de bosques nativos de Corrientes se recurrió a las capas correspondientes al Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (PINBN), otorgadas por la Dirección de Bosques del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (MAyDS). Esta cobertura contiene información relevada hasta 2005 por la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación

Forestal (UMSEF) de esta Dirección, que lleva adelante la actualización y el registro de pérdida de bosques nativos hasta 2012. Las distintas categorías se basaron, principalmente, en la cobertura de copas, continuidad y características fisonómicas. Se utilizó la clasificación adoptada por la Dirección de Bosques, según la FAO, mediante la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales en 2010 (FRA 2010), adaptada a las características y particularidades de la Argentina (Anexo II, Cuadro 17).

Los valores de incremento medio anual (IMA) adoptados son los presentados en el WISDOM Argentina para la provincia fitogeográfica Paranaense; para las otras dos provincias fitogeográficas se utilizó bibliografía del Grupo de Investigación Forestal de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Bella Vista. Asimismo, para evitar distribuir los valores de IMA de manera homogénea en cada estrato, y con el objetivo de mejorar la precisión del análisis, se distribuyó el IMA utilizando las capas de cobertura arbórea Tree Cover⁵, Loss y Gain, generadas por Hansen *et al.* (2013). Esta distribución se realizó teniendo en cuenta que el IMA considerado representa valores medios de cobertura arbórea. La capa Tree Cover contiene estimaciones del porcentaje de cobertura de la vegetación leñosa mayor a 5 m de altura, respecto de cada píxel de 30 m de terreno horizontal, en el año 2000. Esta capa fue actualizada con la pérdida anual de cobertura arbórea, hasta 2012, mediante la capa Loss, mientras que la regeneración del bosque o reclutamiento, en el mismo período, se incorporó con la capa Gain.

En el Cuadro 3 se observan los valores de IMA utilizados para cada clase de cobertura de bosques de acuerdo con las tres provincias fitogeográficas que se identifican en Corrientes: Chaqueña, Espinal y Paranaense. El valor de IMA_{tc} (IMA donde hay Tree Cover) se utilizó exclusivamente en las zonas

4. Determina áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad, según la Ley 26331 de Presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos (Anexo I).

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

en las que la capa de bosques nativos y la capa Tree Cover tienen valores, y el IMA_{\min} se aplicó en aquellas zonas en las que existe la cobertura de bosque pero no hay valores de Tree Cover; es decir, se identificó cobertura leñosa pero esta no supera los 5m de altura.

Los valores estimados de IMA de la Provincia Chaqueña (para Tierras forestales y Otras tierras forestales) se obtuvieron mediante una adaptación de los trabajos de Pérez *et al.* (1993, 1996 y 1998) y del *Estudio sobre el Inventario y Manejo Forestal en el Parque Chaqueño en la República Argentina*, elaborado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón y el Gobierno de la provincia de Formosa (JICA, 1996). Para la estimación de los valores de IMA del Espinal se utilizaron los trabajos de Menéndez y La Rocca (2007) y de Sabbatini *et al.* (2000a y 2000b). Por último, como ya se mencionó, para los valores de la Provincia Paranaense se utilizaron los mismos del WISDOM Argentina.

Para no generar conflictos con otros usos maderables del bosque, del mapa de IMA se dedujeron los volúmenes correspondientes a las extracciones registradas por la Dirección de Bosques (ex SAYS). En el Cuadro 4 se muestran los productos extraídos en 2012, donde la leña es la principal explotación, con un 74,4%, y los rollizos conforman el 25,6% restante de la extracción. El departamento del cual se extrajo la mayor cantidad de producto fue Sauce, con alrededor de 69%; le siguen General Paz, con el 15,6%; San Luis del Palmar, con el 10,3%, y en menor proporción Itatí y San Cosme.

Finalmente, se afectó al valor de IMA un Factor de Fracción Dendroenergética, que contempla el porcentaje de biomasa que se deja en campo para que cumpla las funciones de protección del suelo como una práctica de manejo sustentable. Se adoptaron dos factores, uno para formaciones densas (0,88) y otro para formaciones abiertas (0,83), según FAO 2009.

Cuadro 3

IMA considerado por cobertura de bosques y por provincia fitogeográfica

Fuente

Adaptado en base a FAO (2009) y UMSEF (2012)

Provincia fitogeográfica	Primer nivel	IMA_{tc} (tn/ha)	IMA_{\min} (tn/ha)
Chaqueña	Tierras forestales	1,74	0,87
	Otras tierras forestales	0,435	0,217
Paranaense	Tierras forestales	4,9	3,3
	Otras tierras forestales	1,225	0,825
Espinal	Tierras forestales	0,475	0,237
	Otras tierras forestales	0,119	0,059

Cuadro 4

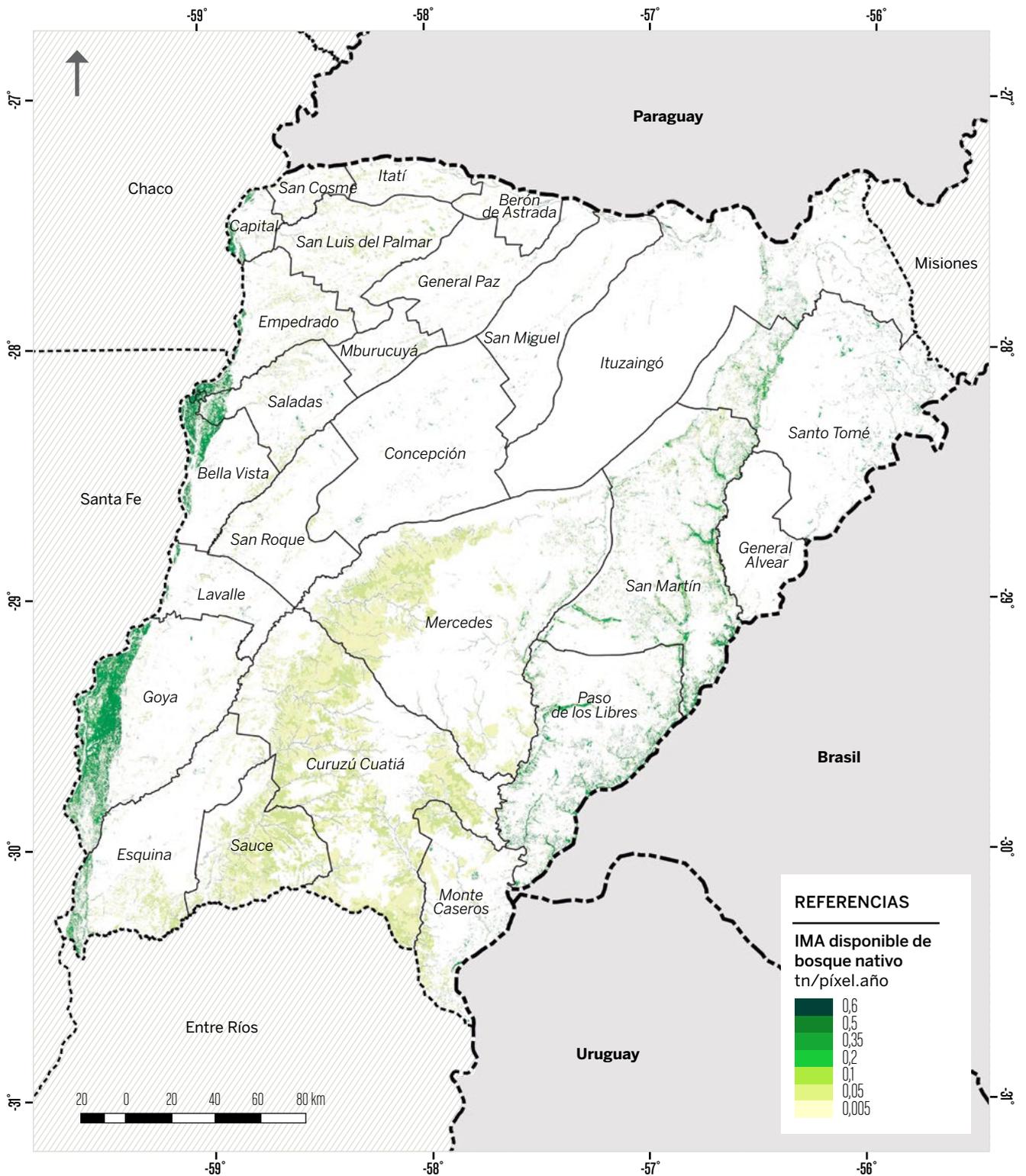
Extracción forestal por tipo de producto

Fuente

Dirección de Bosques, ex SAYS, 2012

Producto	Toneladas	Aporte relativo %
Leña	953	74,4
Rollizos	328	25,6
Total	1281	100

Mapa 1. Oferta de bosques nativos
Fuente: Elaborado por Perucca, Ruth, 2017



El resultado de la estimación del potencial de IMA disponible de bosques nativos con fines energéticos se presenta en el Mapa 1. Como era de esperar, los valores más altos se registraron en la zona que coincide con la provincia fitogeográfica Paranaense; los valores intermedios, con la Chaqueña, y los valores más bajos, con la del Espinal. Asimismo, se observa la ausencia de valores en zonas de cultivos y centros urbanos.

Hacia el centro-oeste de Corrientes, la oferta estimada de bosques nativos es baja o nula debido a la presencia de grandes humedales, zonas de malezales y procesos avanzados de erosión.

5.2.2 Cultivos

Forestaciones

Corrientes cuenta en la actualidad con la mayor superficie de bosques cultivados del país, con un ritmo creciente en los últimos años.

Según el Inventario Forestal realizado por la Dirección de Recursos Forestales (DRF) de la provincia, actualizado en 2015, Corrientes tiene actualmente alrededor de 500 000 hectáreas de bosques implantados. La producción anual de rollos se estima en aproximadamente 9 millones de toneladas, y sólo 3,6 millones son utilizados por la industria local y regional.

Para determinar la ubicación y superficie de esta fuente de biomasa se utilizó la información espacial brindada por la DRF de Corrientes. A partir de dicha información, se contabilizaron los dos géneros forestales predominantes, con un total de 434 360 ha plantadas en 2015, en las que predominaba el *Pinus* (73%). En el Cuadro 6 se pueden observar las superficies de plantaciones que se registraron en la capa de cobertura de la DRF de la provincia.

A fin de calcular la oferta biomásica, en principio se dividió el territorio provincial en dos grandes regiones forestales: suelos rojos (contempla el NE de Corrientes, Distrito de campos Correntinos-Misioneros, Subdistrito sabanas secas del NE) y suelos no rojos (resto de la provincia). Luego se estandarizaron las pautas de manejo forestal para los dos géneros.

Cuadro 5

Géneros y superficies implantadas en Corrientes

Fuente

Dirección de Recursos Forestales de la provincia de Corrientes (2015)

Género	Superficie (ha)
<i>Pinus</i>	318 562
<i>Eucaliptus</i>	109 358
Otros	109 358
Total	434 360

El área de suelos rojos es una zona agroecológica homogénea definida por Crechi *et al.* (2011) como "Zona Agroecológica Misiones y NE de Corrientes". Estos autores evaluaron patrones de crecimiento de diferentes especies de rápido crecimiento en esta zona y no encontraron diferencias significativas, lo cual permite procesar la información de las especies en cuestión con la misma herramienta estadística. Por ello, se tomarán las pautas establecidas para el WISDOM de Misiones como información base para esta región particular de Corrientes.

Para el resto del territorio provincial se establecen las siguientes pautas medias de manejo para las especies citadas en el párrafo anterior:

Plantaciones de *Pinus sp.*

Las actividades silviculturales, poda y raleo, deben aplicarse en función de las condiciones particulares de cada especie, el grado de mejora del material utilizado, el sitio y el objetivo de la plantación.

Podas

Se estableció un esquema de poda promedio que consta de 3 intervenciones con una poda baja (de protección) y 2 levantes a diferentes edades, de 4, 5 y 6 años.

Según recomendaciones técnicas (Kurtz y Ferruchi, 2004), el porcentaje de poda no debe

superar el 40% de la altura de los árboles, por lo tanto, y a los efectos de los cálculos, el porcentaje de copa que se extrae es aproximadamente un 30% de la copa del árbol. Sin embargo, localmente se cuenta con ensayos (Caniza *et al.*, 2013) de porcentaje de podas y grados de afectación en el crecimiento. Los tratamientos evaluados fueron: 30-40%; 41-50% y 51-60% de poda respecto de la altura total. Para el presente trabajo se tomarán los datos de 41 a 50% de intensidad de poda respecto de la altura total.

Se utilizó el trabajo de Martiarena (2016) y datos locales del equipo de la EEA Bella Vista para cuantificar la biomasa disponible durante cada poda, estimada por compartimentos (fuste, rama, acículas y raíces), en rango de edad de entre 4 y 24 años. Estos datos locales permitieron calcular el porcentaje de remoción de copa adaptando lo sostenido por Kurtz y Ferruchi (2004).

Raleos

El régimen de raleos adoptado para el presente trabajo es representativo de lo aplicado por productores de Corrientes. Estos consideran una sobrevivencia inicial de entre 95 y 98%, que consiste en tres intervenciones que se realizan aproximadamente a los 5, 9 y 13 años de edad, sin otras intervenciones hasta el corte final.

El raleo efectuado a los 5 años se considerará en su totalidad con posibilidad de ser incorporado para la generación de bioenergía; actualmente es calificado de “no comercializable” por su baja retribución económica. El raleo de los 9 años es comercial en una alta proporción (por sus clases diamétricas superiores); como la comercialización de esta madera depende de la distancia hasta la industria, un porcentaje (aproximadamente el 33%) queda disponible a pie de monte o apilado en playa. En cambio, el raleo de los 13 años es totalmente comercial y lo que se cuantifica como biomasa disponible consiste en ramas y despuntes.

A los fines de este trabajo se consideró la totalidad de la madera obtenida por esta práctica como biomasa disponible.

Cosecha

Se llama de esta manera a la tala rasa, que se realiza generalmente cuando el pino tiene más de 21 años de edad. El aporte de esta práctica a la oferta final varía entre el 22 y 29% del volumen total del árbol, de acuerdo con el trabajo de Aparicio (2013); la mencionada oferta consiste en las ramas y despunte.

Cuadro 6

IMA para *Pinus* por edad y suelo

Fuente

Grupo de Investigación Forestal EEA INTA Bella Vista

Edad (año)	IMA (tn/ha/año) Suelos no rojos	IMA (tn/ha/año) Suelos rojos
1 a 2	0,14	0,55
3	2,6	5,2
4	5,1	8,0
5	7,6	8,8
6	6,8	7,3
7	4,8	7,0
8	4,9	6,3
9	3,9	5,7
10	3,9	4,5
11	3,8	4,3
12	3,8	3,7
13	2,8	3,3
14	1,8	2,8
15	1,8	2,5
16	1,8	2,2
17	1,7	2,1
18	1,7	1,8
19	1,6	1,6
20	1,6	1,4
21	1,6	1,4
> 21	1,5	1,4

Como en la práctica anterior, para este trabajo se contabiliza la totalidad de producto obtenido como biomasa disponible. En el Cuadro 7 se presentan los valores de IMA que se emplearon para el cálculo de oferta de biomasa a partir de aprovechamiento forestal, según las edades para *Pinus sp.*

Para suelos rojos se estandarizaron el número y momento de las intervenciones, tal cual lo descripto para suelos no rojos.

Plantaciones de *Eucalyptus sp*

Para *Eucalyptus sp.*, se deben tener en cuenta las condiciones particulares de la especie, el grado de mejora del material utilizado (clon o semilla), la calidad del sitio y el objetivo de la plantación.

Si bien los esquemas adoptados por las empresas (públicas y privadas) varían sensiblemente según las tecnologías de establecimiento de plantación, calidades de sitio y material vegetal disponible al momento de la plantación, los objetivos de producción y las oportunidades de comercialización, el presente esquema fue determinado con el objetivo multipropósito de los productos del bosque, para lo que se definió una densidad inicial de plantación de 1 000 árboles por hectárea. Esta densidad es compatible con el uso de material seminal y, en menor medida, clonal.

En relación con el párrafo anterior, se establecieron esquemas de podas y raleos, para lo que se utilizó el simulador forestal PLAFORNEA (2012) del INTA Montecarlo, a fin de simular el crecimiento del esquema fijado para el territorio provincial (con excepción de los suelos rojos del NE de Corrientes, que fueron evaluados con los índices de Misiones). Para ello se utilizaron los datos del fichero del simulador correspondientes al "Sudeste de Corrientes y zona de Concordia". Se usó una calidad de sitio media (tipo II) para esta especie, de acuerdo con Caniza *et al.* (2016). Para las estimaciones de la biomasa aérea se utilizaron las ecuaciones de García (2010).

Podas

Se estableció un esquema de poda promedio que consta de tres intervenciones a las edades de 1, 2 y 3 años.

Raleos

El régimen de raleos adoptado para el presente trabajo es representativo para el material seminal implantado en la provincia. En este informe se planteó una sobrevivencia inicial del 95% y consiste en tres intervenciones a los 4, 6 y 8 años de edad, raleos considerados comerciales. La corta final o tala rasa fue fijada en 15 años y con unos 240 árboles por hectárea. En el Cuadro 8 se presentan los valores de IMA empleados para el cálculo de oferta de biomasa, de acuerdo con las edades para *Eucalyptus sp.*

Arroz

Corrientes es la principal provincia arrocerera de la Argentina, con una producción anual de 670 000 toneladas. El rendimiento promedio es de 7 tn/ha, lo que la ubica entre las zonas de mayor

Cuadro 7

IMA para *Eucalyptus* por edad y suelo

Fuente

Grupo de Investigación Forestal EEA INTA Bella Vista

Edad (año)	IMA (tn/ha/año) Suelos no rojos	IMA (tn/ha/año) Suelos rojos
1	3,0	3,1
2	11,3	14,5
3	12,1	10,1
4	3,9	5,1
5	4,6	3,7
6	3,7	3,0
7	4,5	4,2
8	3,6	2,0
9	2,7	1,6
10	2,4	1,4
11	2,2	1,1
12	2,0	0,8
13	1,7	0,7
14	1,5	0,7
>15	1,1	0,7

productividad a nivel internacional. En la campaña 2015/16, la superficie total fue de 87 020 hectáreas.

Si bien se cultiva prácticamente en todo el territorio provincial, las principales cuencas arroceras se hallan en los departamentos de Mercedes, Curuzú Cuatiá, Paso de los Libres, Alvear y San Martín. Este sector tiene un potencial de desarrollo muy importante, dado que cuenta con 2 millones de hectáreas aptas para el cultivo. El volumen que se genera de rastrojo de arroz es potencialmente atractivo para su empleo como biomasa.

La cobertura de este cultivo se realizó digitalizando los lotes con imágenes del satélite LANDSAT 8, en un período de cultivo (septiembre 2015/ febrero 2016). Referentes técnicos del Grupo de Investigación Cultivos Extensivos de la EEA INTA Corrientes consideran que el rendimiento de las variedades utilizadas en la provincia es de 6 tn/ha, como así también los rastrojos. Los datos de producción publicados en el "Informe de Cosecha Campaña 2015/16 de la Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA) indican que el rendimiento promedio provincial del arroz largo fino es de 6,6 tn/ha y el del largo ancho de 4,2 tn/ha, lo que lleva la producción provincial a un total 557 289 tn/año (Cuadro 10).

Cítricos

En el país, los cítricos se concentran en dos zonas: el Noroeste Argentino (NOA: Tucumán, Jujuy, Salta, Catamarca y Santiago del Estero), que comprende el 61% de la producción nacional, y el Noreste (NEA: Entre Ríos, Corrientes y Misiones, junto con Buenos Aires), con el 39% restante.

La producción cítrica en Corrientes se concentra, principalmente, en los departamentos de Monte Caseros y Bella Vista, que aportan un 16% del volumen de la producción argentina, con especial énfasis en la producción de naranjas y mandarinas (FEDERCITRUS, 2017).

La oferta de biomasa seca del cultivo de cítricos proviene de los residuos de poda y reemplazo de plantas. El valor de residuo biomásico, a partir de la poda de cítricos, se determinó en 3 tn/ha/año (Rosúa y Pasadas, 2012; FAO, 2009; Valentini y Arroyo, 2003). La superficie cultivada de cítricos se obtuvo digitalmente a partir de la interpretación visual de imágenes del Google Earth. La oferta total de residuos biomásicos procedente de la poda y el reemplazo de plantas alcanza 80 838 tn/año y se localiza, principalmente, en los departamentos de Monte Caseros y Bella Vista.

Cuadro 8

Superficie cosechada, rendimiento y producción de arroz largo fino y largo ancho

Fuente

Informe de Cosecha Campaña 2015/16 - ACPA (2017)

Zonas productivas	Cosecha Largo Fino (ha)	Rendimiento Largo fino (tn/ha)	Cosecha Largo ancho (ha)	Rendimiento Largo ancho (tn/ha)	Producción Largo fino (tn)	Producción Largo ancho (tn)	Producción total (tn)
Centro Sur	40135	7	3779	4	280672	15821	296494
Costa Río Uruguay	15180	6	20	4	97465	86	97551
Paraná Sur	10482	6	568	4	64350	2103	66453
Paraná Medio	15754	6	1102	5	91687	5104	96791
Total provincial	81550	6,6	5469	4,2	534174	23114	557289

Té

En el cultivo de té se realizan tres tipos de podas, cuyos residuos constituyen una importante oferta de biomasa seca.

Poda de formación: a medida que van creciendo las plántulas se realizan podas para extender las ramas laterales e ir formando la mesa para la cosecha. Este tipo de poda se hace una a dos veces al año, según la necesidad.

Poda de producción: se cortan las ramas aproximadamente a la misma altura del suelo, de 70 a 80 cm, y se forma una mesa para la cosecha de brotes; se limpian las ramas delgadas y las ramas bajas. Esta poda se puede hacer una vez al año, después de que las plantas pasan el período invernal.

Poda de nivelación: esta poda se realiza normalmente después de cada cosecha, sólo se cortan (con la mano o tijeras) aquellas ramas que sobresalen de la mayoría de las ramas de la copa de la planta de té.

El cultivo de té se localiza en los departamentos de Santo Tomé e Ituzaingó, con un total de 2100 ha que fueron digitalizadas sobre imágenes del Google Earth. La oferta de residuos biomásicos alcanza a 30 tn/ha/año, según los técnicos del INTA Misiones que fueron consultados, por lo que en Corrientes el aporte de este cultivo es de 54412 tn/año.

Yerba mate

Al igual que el té, la producción primaria de yerba mate se concentra en el noreste de Corrientes, en los departamentos de Santo Tomé e Ituzaingó, limítrofes con la provincia de Misiones. La superficie cultivada en 2016 alcanzó 21 208 hectáreas y la producción de yerba mate canchada llegó a 39 125 tn/año, según el Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM). Esto se muestra en el Cuadro 9.

La yerba mate es una actividad socioeconómica importante para la zona, ya que en su cultivo participan alrededor de 500 productores, principalmente pequeños y medianos, la mayor parte con menos de 50 hectáreas. Otro punto clave es que esta cadena es demandante de mano de obra, desde la cosecha, fletes y secado hasta la industrialización.

Cuadro 9

Superficie y producción de yerba mate

Fuente

INYM (2017)

	Ituzaingó	Santo Tomé
Superficie departamento (ha)	12 860	7 570
Producción canchada (tn)	15 401	23 723

Los lotes de yerba mate fueron digitalizados sobre imágenes satelitales por el Grupo de Investigación de Recursos Naturales de la EEA INTA Corrientes.

Según el técnico referente de la Agencia de Extensión Rural (AER) INTA de Santo Pipó, Néstor Munaretto, el residuo que deja la yerba mate en campo es el 25% de la cantidad cosechada. Por otro lado, según datos brindados por el INYM, el cultivo de yerba mate tiene un rendimiento que puede variar entre 3,5 y 15 tn/ha. Dicha variación depende de la edad de la plantación, sistema, porcentaje de fallas, estado del suelo, densidad y sistema de manejo de poda del yerbal.

Con esta información se estableció que la producción promedio de Corrientes es de 5,47 tn/ha. Posteriormente, al ser los residuos del 25% sobre la cantidad producida, se determinó que este cultivo deja en el campo 1,37 tn/ha de residuos. Aplicando este coeficiente a los lotes de yerba mate digitalizados, el cultivo en la provincia ofrece un total de 22 310 tn/año de residuos biomásicos.

Tabaco

En la Argentina, la actividad tabacalera se concentra principalmente en las provincias de Salta, Jujuy, Misiones, Tucumán, Chaco, Corrientes y Catamarca. En las dos primeras predomina el cultivo de la variedad Virginia, mientras que en las demás la producción se concentra en las variedades Burley y Criollo.

En el extremo sudoeste de Corrientes se encuentra ubicada el Área Tabacalera Correntina,

que comprende los departamentos de Goya, Lavalle, San Roque y el norte de Esquina. El cultivo se desarrolla básicamente en minifundios, explotaciones de hasta una hectárea donde se utiliza fundamentalmente mano de obra familiar. En dicha área se producen al año entre 2 500 y 1 800 toneladas de hoja seca. Las fluctuaciones anuales de producción se ven influenciadas por las precipitaciones en los meses de primavera y verano.

Esta es la única provincia que se especializa en tabacos oscuros y la principal variedad utilizada es la denominada Criollo Correntino (Corradini *et al.*, 2005), que deja residuos en el terreno que pueden ser aprovechados para la generación de energía.

El Registro de Productores Tabacaleros de la Provincia de Corrientes, en un informe preliminar, aporta información de superficie cultivada por zonas de relevamiento, actualizada en 2011, con un total de 1 432 hectáreas. Parte de esta información pudo ser espacializada por la AER de Goya del INTA, ya que se delimitaron con GPS las chacras de los productores en los departamentos Goya y Lavalle (Cuadro 5).

De esta manera, se estimó la oferta total por departamento, asignando un valor de residuo disponible para fines energéticos de 0,95 tn/ha/año (Manrique y Franco, 2012; Rodríguez Faraldo y Zilocchi, 2012; Tedesco *et al.*, 2011; Manrique *et al.*, 2008).

Síntesis oferta directa total de cultivos

El Mapa 2 muestra la integración de las estimaciones de residuos pasibles de aprovechamiento energético, correspondientes a las forestaciones y los cultivos de arroz, citrus, yerba mate, té y tabaco, con un total de 2 187 406 tn/año.

La forestación es el cultivo de mayor superficie en Corrientes y el pino es el que presenta mayor proporción; se distribuye principalmente en los departamentos de Santo Tomé e Ituzaingó. Siguen en superficie las forestaciones de eucalipto, en su mayoría en los departamentos de Paso de los Libres, Monte Caseros, Santo Tomé, Ituzaingó y Concepción. Las forestaciones de pino son las que exhiben la mayor oferta directa total con potencial biomásico, a partir de los residuos de poda, raleo y despunte, alcanzando una oferta total de 1 118 095 de tn/año (Cuadro 11). Por su parte, el rastrojo de arroz ofrece un total de 580 765 tn/año, concentradas en los departamentos de Curuzú Cuatiá y Mercedes.

Como se observa en el Mapa 3, los departamentos de Santo Tomé e Ituzaingó, con producción de forestaciones, arroz, té y yerba mate, son los que presentan la mayor oferta de biomasa a partir de cultivos.

Cuadro 10

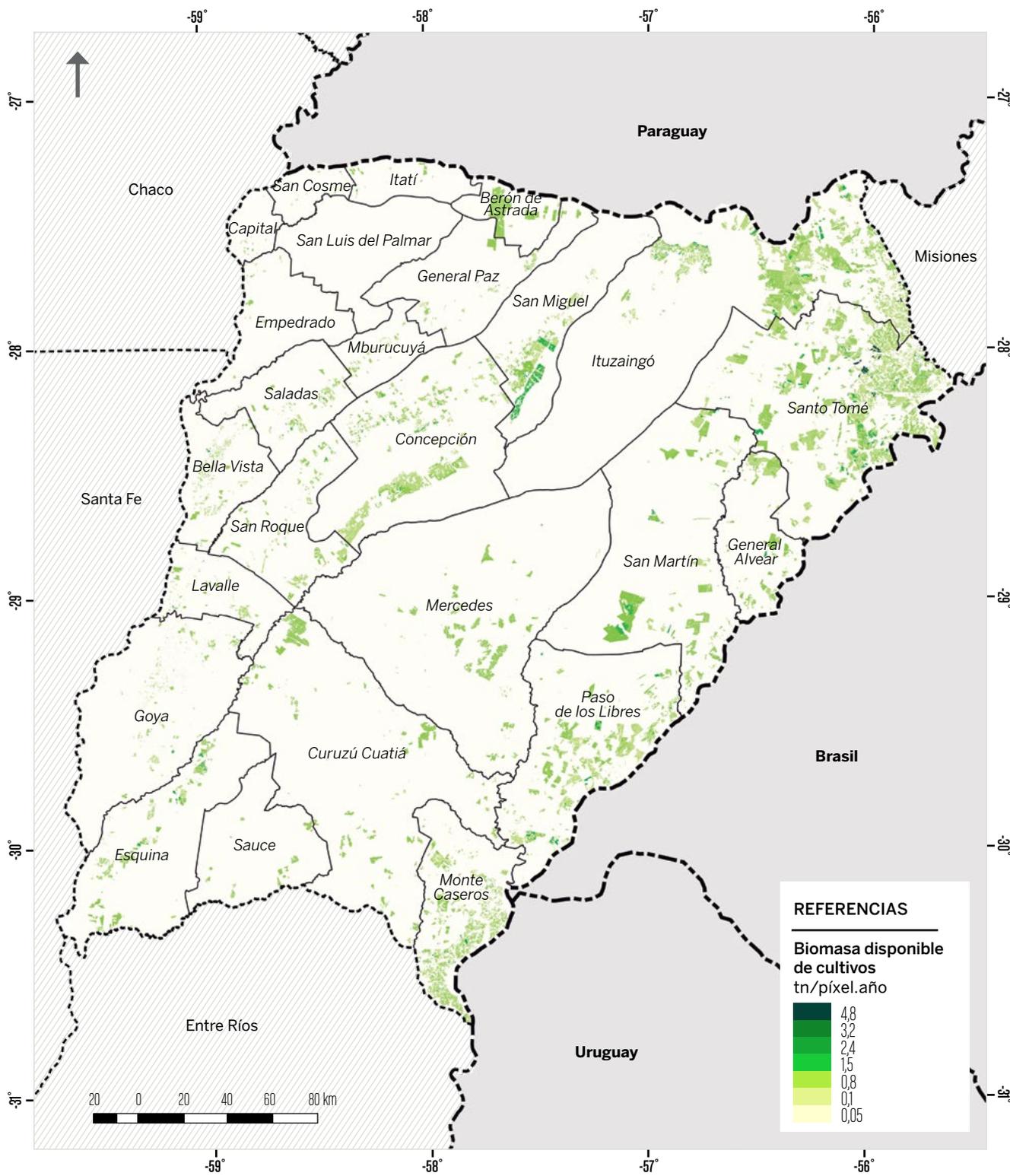
Superficie de tabaco medida con GPS

Fuente

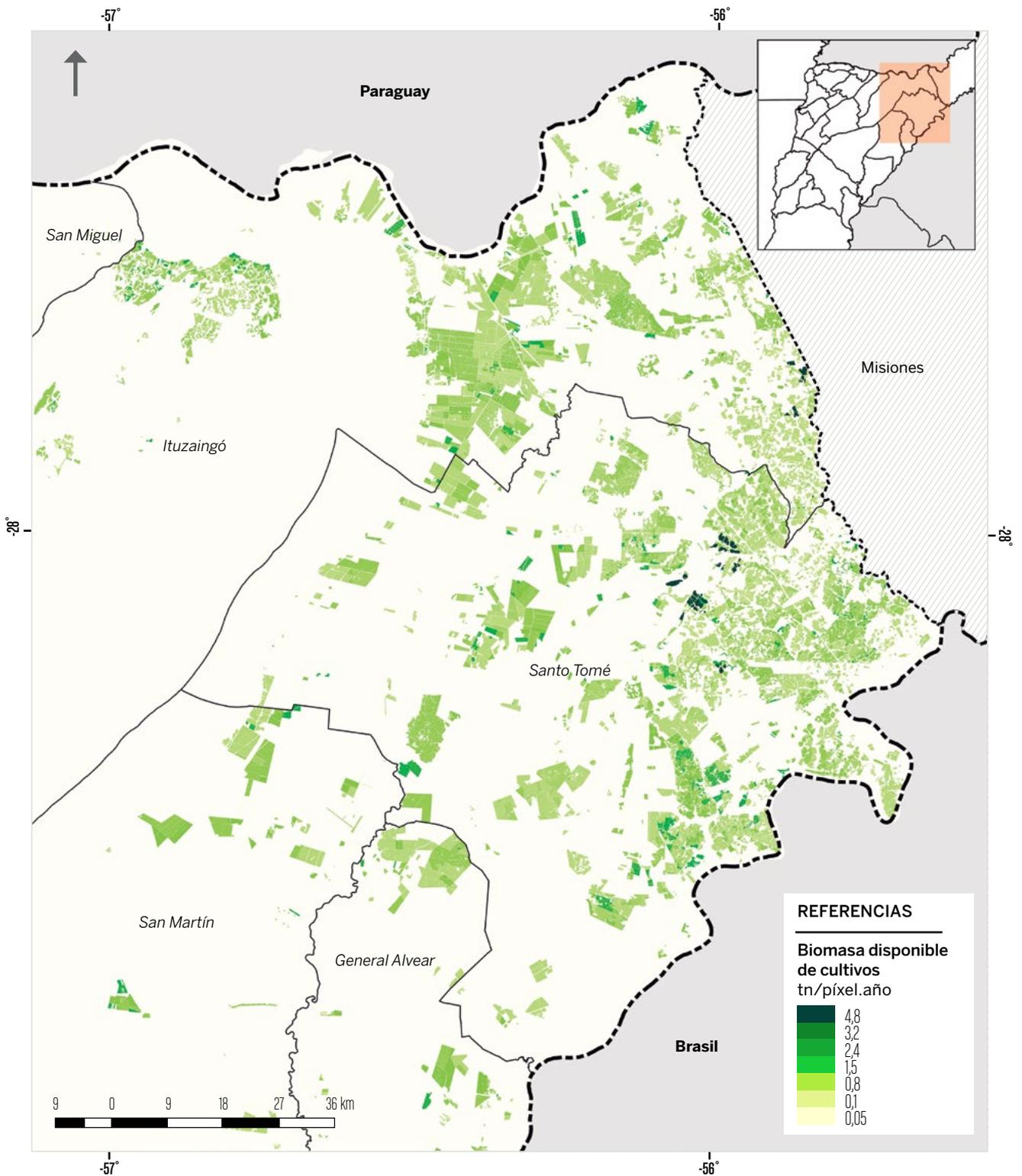
AER de Goya del INTA

Departamento	Superficie (ha)	Residuo (tn/año)
Goya	620	589
Lavalle	100	95
Total	720	684

Mapa 2. Oferta directa total por cultivos
Fuente: Elaborado por Perucca, Ruth, 2017



Mapa 3. Oferta directa total por cultivos en zona de Santo Tomé e Ituzaingó
Fuente: Elaborado por Perucca, Ruth, 2017



Síntesis oferta directa total

En el Mapa 4, se observa la integración de la distribución espacial de la oferta directa total, estimada a partir de la biomasa de cultivos y de bosques nativos. La disponibilidad de biomasa se concentra en el noreste de Corrientes, y abarca la provincia fitogeográfica Paranaense. Los valores máximos alcanzados por píxel corresponden al cultivo de pino (4,8 tn/píxel/año). La forestación de *Pinus* es la que realiza el mayor aporte, contribuyendo con el 40,6% del total de biomasa para fines energéticos; su distribución se concentra en el noreste de la provincia en los departamentos de Santo Tomé e Ituzaingó.

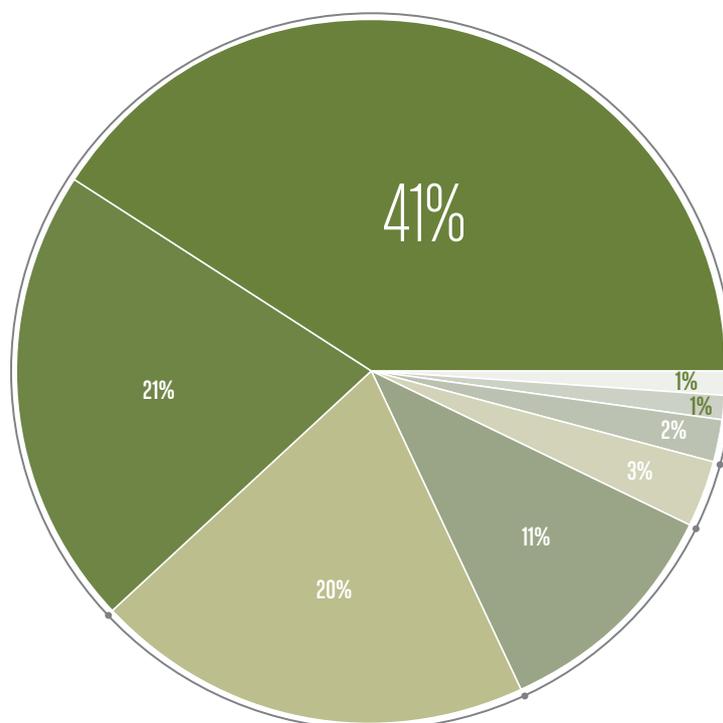
En orden de importancia, en cuanto al aporte sigue el residuo de la cosecha de arroz, que contribuye con 580 465 tn/año, el 21,1% del total. Se

concentra en los departamentos de Curuzú Cuatiá y Mercedes. Luego, continúa la oferta a partir de los bosques nativos, que se estimó en 563 609 tn/año. Por último, se encuentran las plantaciones de eucalipto, que aportan unas 307 467 tn/año. Los otros cultivos considerados en el presente trabajo (cítricos, yerba mate, té y tabaco) solo contribuyen con un 6,58% a la oferta biomásica total (Gráfico 3).

Considerando la distribución espacial de la biomasa total, se evidencia una fuerte concentración en la región NE y E de Corrientes (departamentos de Santo Tomé, Ituzaingó, San Martín y Paso de los Libres). Otro punto geográfico importante se encuentra en la zona Centro-Sur (departamentos de Curuzú Cuatiá, Goya, Mercedes y Monte Caseros), tal como se observa en el Cuadro 11.

Gráfico 3. Oferta directa total*

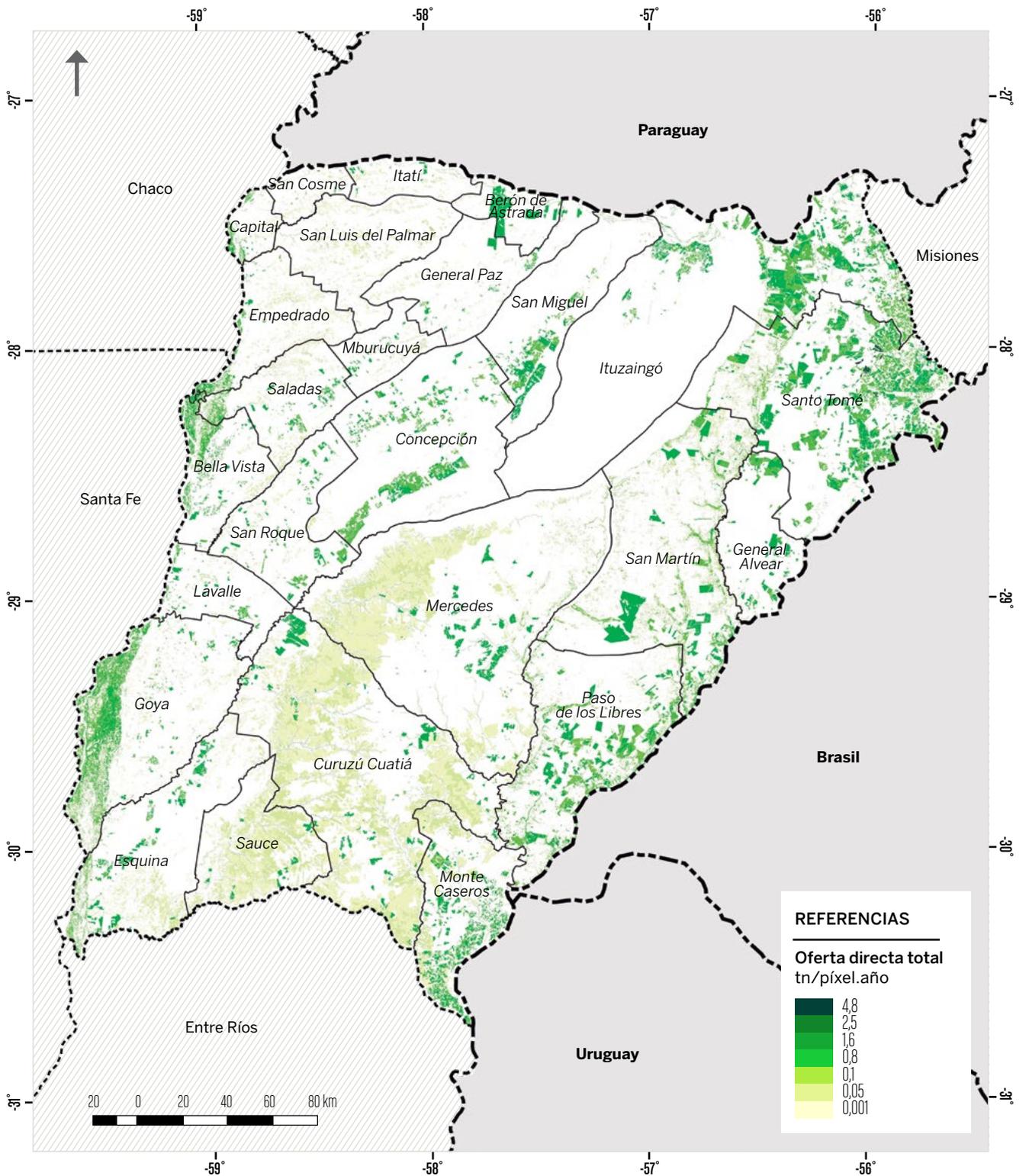
41%	Pino
21%	Arroz
20%	Bosque nativo
11%	Eucalipto
3%	Citrus
2%	Té
1%	Otra forestación
1%	Yerba mate
0%	Tabaco



* Los gráficos y cuadros que no consignan fuentes han sido elaborados por los autores.

Mapa 4. Oferta directa total

Fuente: Elaborado por Perucca, Ruth, 2017



Cuadro 11. Oferta directa total por departamento

Departamentos	Bosques nativos	Pino	Eucalipto	Otra forestación	Arroz	Citrus	Té	Yerba mate	Tabaco	Total (tn/año)
Bella Vista	40 135,0	1 099,7	2 847,4	-	10 815,4	10 424,1	-	-	-	65 321,6
Berón de Astrada	1 945,3	231,0	262,1	-	84 390,7	-	-	-	-	86 829,1
Capital	9 420,0	1 295,3	255,9	-	-	-	-	-	-	10 971,2
Concepción	2 058,1	85 243,3	23 715,8	398,7	7 102,1	5 225,0	-	-	-	123 743,0
Curuzú Cuatíá	54 797,0	1 467,1	5 119,0	-	135 710,4	1 271,5	-	-	-	198 365,0
Empedrado	23 725,4	374,8	879,0	-	2 748,5	473,8	-	-	-	28 201,5
Esquina	20 039,9	32 237,1	2 333,7	13 609,1	20 260,8	721,1	-	-	-	89 201,7
General Alvear	2 115,3	42 750,2	6 694,0	18,5	4 118,4	781,7	-	-	-	56 478,1
General Paz	1 416,3	961,1	8 123,6	4,5	15 372,5	-	-	-	-	25 877,9
Goya	151 753,0	4 645,6	11 349,7	-	2 773,4	24,9	-	-	585,4	171 132,0
Itatí	1 637,0	324,7	301,7	-	7 042,6	-	-	-	-	9 305,9
Ituzzaingó	15 903,5	255 591,7	31 865,5	3 978,8	11 205,1	424,5	11 332,8	12 211,1	-	342 513,0
Lavalle	3 644,8	3 915,8	4 113,5	80,1	10 361,3	92,3	-	-	97,1	22 304,9
Mburucuyá	945,7	562,4	3 336,0	306,9	-	2 373,0	-	-	-	7 524,0
Mercedes	36 187,5	838,8	3 103,2	-	116 265,6	-	-	-	-	156 395,0
Monte Caseros	12 343,2	1 077,3	47 218,0	2 882,3	18 275,5	50 832,7	-	-	-	132 629,0
Paso de los Libres	56 502,4	34 289,8	77 499,8	-	53 509,4	631,6	-	-	-	222 433,0
Saladas	13 301,1	899,4	9 746,2	-	7 615,7	4 865,4	-	-	-	36 427,8
San Cosme	1 011,4	707,9	432,0	-	-	-	-	-	-	2 151,2
San Luis del Palmar	4 046,4	25,3	-	-	-	-	-	-	-	4 071,8
San Martín	61 061,0	148 097,5	7 613,6	110,3	35 424,0	120,6	-	-	-	252 427,0
San Miguel	1 940,7	87 385,7	8 353,0	-	-	36,1	-	-	-	97 715,5
San Roque	1 613,0	15 841,1	10 780,4	51,5	12 515,5	2 539,4	-	-	-	43 340,9
Santo Tomé	25 648,1	398 232,5	39 153,2	1 394,4	7 342,1	-	43 080,0	10 098,8	-	524 949,0
Sauce	20 418,3	-	2 371,5	-	17 916,5	-	-	-	-	40 706,3
Total provincial	563 609,2	1 118 095,1	307 467,6	22 835,1	580 765,4	80 837,8	54 412,8	22 309,9	682,5	2 751 015,4

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 vía de comunicación y la localización del recurso biomásico analizado. Esencialmente, la metodología propone aplicar esta restricción o limitante a la oferta directa de biomasa proveniente de los bosques nativos, arroz, plantaciones forestales, etc., dado que estos recursos se encuentran dispersos en el territorio. El desplazamiento entre dos puntos del espacio implica una fricción, que se expresa en términos de costos económicos y energéticos (combustible, mano de obra) y de tiempo de traslado, dependiendo de la distancia, pendientes y cuerpos de agua que separan a estos puntos.

La accesibilidad física es un parámetro espacial que define la posibilidad de acceder a un determinado recurso biomásico con relación a la distancia que lo separa del lugar más cercano y a un factor de costo basado en características del terreno (FAO, 2009). De esta manera, para calcular la accesibilidad al recurso biomásico se incorporaron al análisis capas de las redes vial y ferroviaria, cuerpos de agua y centros poblados (con sus respectivas ponderaciones), en función del Modelo Digital de Elevaciones (MDE). En este caso, el costo expresa la resistencia a la posibilidad de desplazamiento ofrecida por un medio físico en un punto concreto. Las superficies de fricción contienen valores de costo, que expresan la resistencia que presenta una celda a ser recorrida.

Por esta razón, se creó un mapa de accesibilidad que contempla los factores mencionados en relación con el mapa de fricción. A diferencia del WISDOM Argentina, donde la accesibilidad se divide en 20 categorías discretas (desde 100% accesible, 95%, 90%, hasta el 0%), en el análisis espacial realizado con Dinámica EGO no se categorizó el mapa de costo acumulado sino que se usaron valores continuos. Así, un píxel 58,7% accesible tendrá un 58,7% de su IMA potencial disponible con fines bioenergéticos.

En este análisis espacial, se aplicó una función exponencial para calcular el costo acumulado para

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

Red vial

El análisis de la red vial se realizó unificando la capa vectorial de la Dirección de Vialidad Provincial, la capa de rutas nacionales de Vialidad Nacional como así también la capa de caminos vecinales que el grupo de Recursos Naturales del INTA posee y, adicionalmente, la correspondiente del SIG250 del IGN. La misma fue codificada en base a bibliografía específica sobre relaciones entre el tipo de calzada de los caminos y la dificultad de desplazamiento (Banco Mundial, 1995).

De este modo, para realizar el análisis espacial se ponderó la accesibilidad en función de las características de la red vial y, considerando los atributos de la capa, se asignaron cuatro coeficientes, tal como se detalla en el Cuadro 12.

Cuadro 12

Coeficientes por tipo de red vial

Fuente

Adaptado en base al Banco Mundial (1995)

Tipo	Clase	Coeficiente
Todos	Pavimentado	1
Todos	Consolidado o enripiado	0,72
Rutas y caminos	Tierra de acceso permanente	0,46
Caminos	Tierra de acceso transitorio	0,36

Ferrocarriles

Respecto de los ferrocarriles, la capa geográfica que se utilizó es del SIG250 del IGN y los ramales que no funcionan no se consideraron. La ponderación otorgada a las vías férreas fue de 0,72 (72% de accesibilidad), equivalente a una calzada de tipo camino consolidado.

Ejididos urbanos

La capa de centros poblados urbanos se generó a partir de la selección de los radios censales de tipo "urbano" del CNPhyV del año 2010 (INDEC, 2010).

En el análisis espacial, se consideró que la accesibilidad a los recursos biomásicos en los ejidos urbanos es del 100% (coeficiente 1).

Parajes rurales

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

Cuerpos de agua

Como Corrientes posee un territorio con numerosos humedales que dificultan el acceso al recurso biomásico, se consideraron los cuerpos de agua digitalizados por Recursos Naturales del INTA Corrientes, identificados como esteros y bañados, con una accesibilidad nula.

Pendiente del terreno

Se creó un mosaico a partir de 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, a su vez, se utilizó para calcular el costo acumulado de una variable en el espacio (red vial, ferrocarriles, ejidos urbanos y parajes rurales).

En el Mapa 5, se observa que los valores altos de accesibilidad física están relacionados estrechamente con la presencia de redes viales nacionales y provinciales, centros poblados y no por pendientes, ya que es una provincia ubicada en una llanura.

Los valores máximos se establecen a lo largo de las rutas nacionales, RN 14, RN 12, RN 119, RN 123; de las rutas provinciales, RP 5, RP 114, y en los centros poblados, que se ubican en las zonas intersticiales. En esta provincia, la pendiente no condiciona la accesibilidad al recurso, como sí lo hace la presencia de humedales, donde se presentan los valores más bajos de accesibilidad. Estos niveles de accesibilidad disminuyen en virtud de la presencia de cuerpos de agua 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, en relación con las restricciones legales a las que están sujetos su aprovechamiento y su gestión comercial. Estas restricciones están impuestas sobre las áreas protegidas para la conservación de la naturaleza, tal como fue considerado en el WISDOM Argentina (FAO, 2009). Adicionalmente, en el desarrollo del WISDOM provincial se incluyó el OTBN.

En este sentido, el mapa de accesibilidad legal correspondiente a la disponibilidad de los recursos biomásicos se constituyó integrando las distintas categorías de las áreas protegidas y del OTBN, con sus respectivas ponderaciones.

Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos

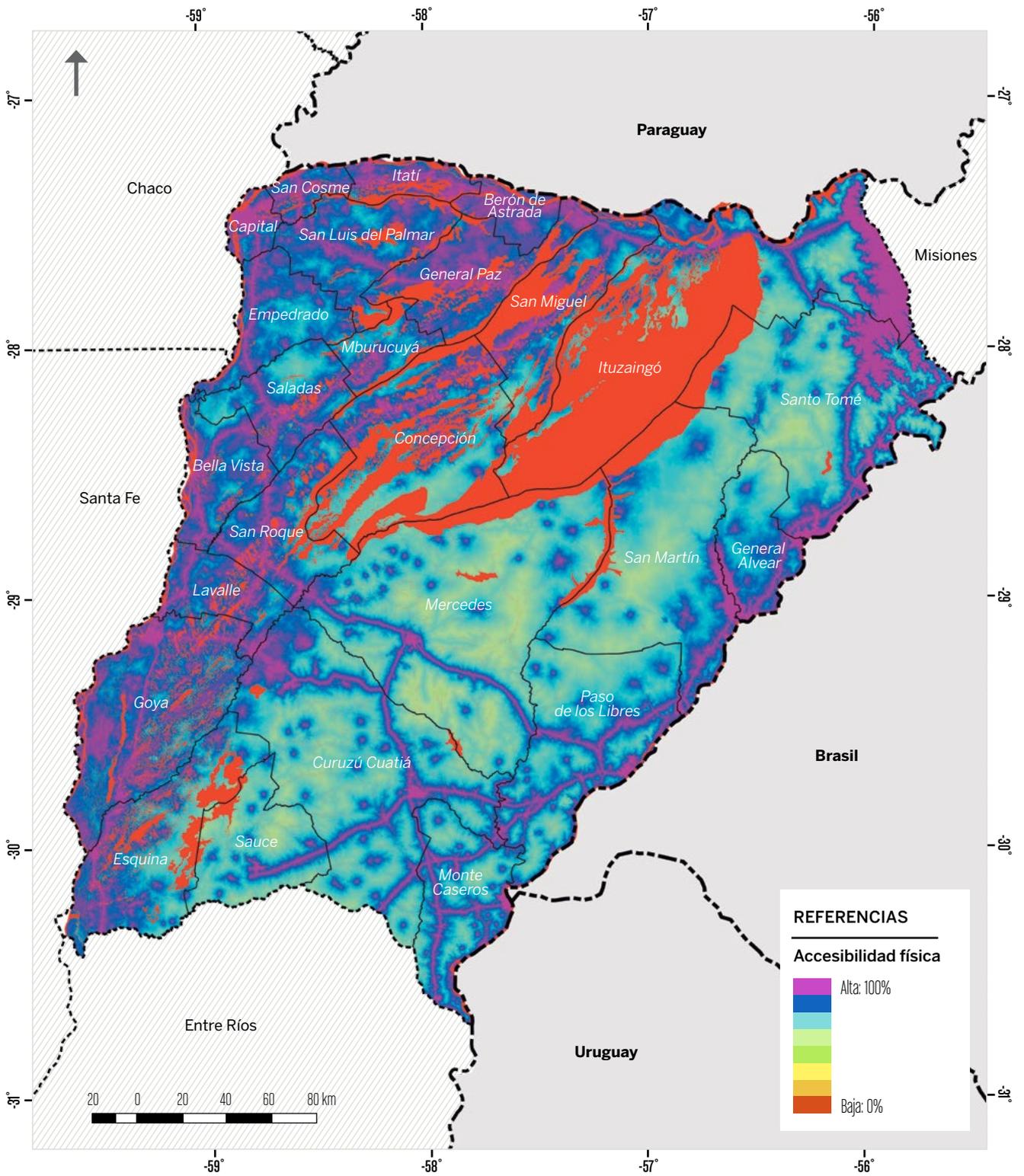
La Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos 26331/2007 establece la necesidad de realizar el OTBN, que define tres categorías de conservación de la biodiversidad (Anexo I), reglamentadas mediante la Ley provincial 5974/2010.

En este sentido, se siguieron las categorías del OTBN de Corrientes, asignando ponderaciones de accesibilidad que se indican en el Cuadro 13. La capa del OTBN de Corrientes fue provista por la Dirección de Recursos Forestales de la provincia de Corrientes.

En el análisis espacial, la Categoría Rojo ha sido restringida totalmente, ya que circunscribe sectores de muy alto valor de conservación que no pueden transformarse, con lo que la oferta de biomasa

Mapa 5. Accesibilidad física

Fuente: Elaborado por Perucca, Ruth, 2017



Cuadro 13

Coeficientes asignados a las categorías del OTBN

Categoría de OTBN	Coeficiente
Rojo	0
Amarillo	0,5
Verde	1

en ese sector se considera nula. En las áreas correspondientes a la Categoría Amarillo, la oferta se restringió a un 50% del crecimiento anual del bosque, lo que permitiría recuperar áreas degradadas o contemplar errores de estimación del IMA de biomasa. Por último, a la Categoría Verde se le asignó una disponibilidad del 100% de accesibilidad legal, ya que comprende sectores de bajo valor de conservación, que pueden transformarse parcial o totalmente dentro de los criterios de la Ley.

Vale señalar que, para hacer un aprovechamiento de los bosques nativos en áreas definidas como Amarillo, debe contarse con un plan de manejo forestal aprobado por la autoridad local de aplicación. También, de acuerdo con la Ley, para hacer uso de los bosques nativos en zona Verde se deberá cumplir con el procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

Áreas protegidas

Para generar la capa de restricción legal correspondiente a las áreas protegidas, se utilizó la capa de áreas protegidas provista por el MAyDS y por la Dirección de Parques y Reservas de Corrientes. Se restringió la oferta de biomasa en estas áreas, con un coeficiente de 0 en el caso del Parque Nacional Mburucuyá, Parque Provincial Iberá, Reserva Nacional donación de Land Conservation Trust y Reserva Provincial Esteros del Iberá y Apipé.

A partir de la unión de las restricciones generadas por el OTBN y por las áreas naturales protegidas, se generó el Mapa 6, que muestra el acceso legal a los recursos biomásicos en Corrientes.

En el Mapa 6, en el sector norte y central de la provincia, ocupado por los Esteros del Iberá, se

observan zonas de baja accesibilidad que se corresponden con las áreas naturales protegidas en esta región, y presentan una restricción total en el uso de la biomasa con fines energéticos.

La Reserva Natural del Iberá fue creada por medio de la Ley 3771/1983, con una superficie estimada en 1300 000 hectáreas, con el fin primordial de "Conservación de los Recursos Naturales", es decir, "su uso racional, compatible con las necesidades del desarrollo económico y social pero que prevenga su deterioro cualitativo, su agotamiento o la alteración del equilibrio ecológico". Con este acto jurídico se protegía legalmente una cuenca hidrográfica completa y uno de los sitios de mayor riqueza y diversidad biológica del país.

Posteriormente, la Ley 4736/1993 creó el Parque Provincial del Iberá dentro de la Reserva Natural, con lo que se convirtió en un área "de protección absoluta", que debe "conservarse en su estado natural, sin más alteraciones que las necesarias para su control y atención del visitante". El Decreto 1440/2009 delimitó el Parque Provincial del Iberá en un territorio de 480 000 hectáreas compuesto por "las áreas fiscales de Esteros y Lagunas y tierras de dominio del Estado provincial".

Finalmente, la reforma de la Constitución Provincial de 2007 declara, en su artículo 66.º, patrimonio estratégico, natural y cultural de Corrientes, a fin de su preservación, conservación y defensa, "el Ecosistema Iberá, sus esteros y diversidad biológica, y como reservorio de agua dulce, preservando el derecho de los pobladores originarios, sus formas de organización comunitaria e identidad cultural".

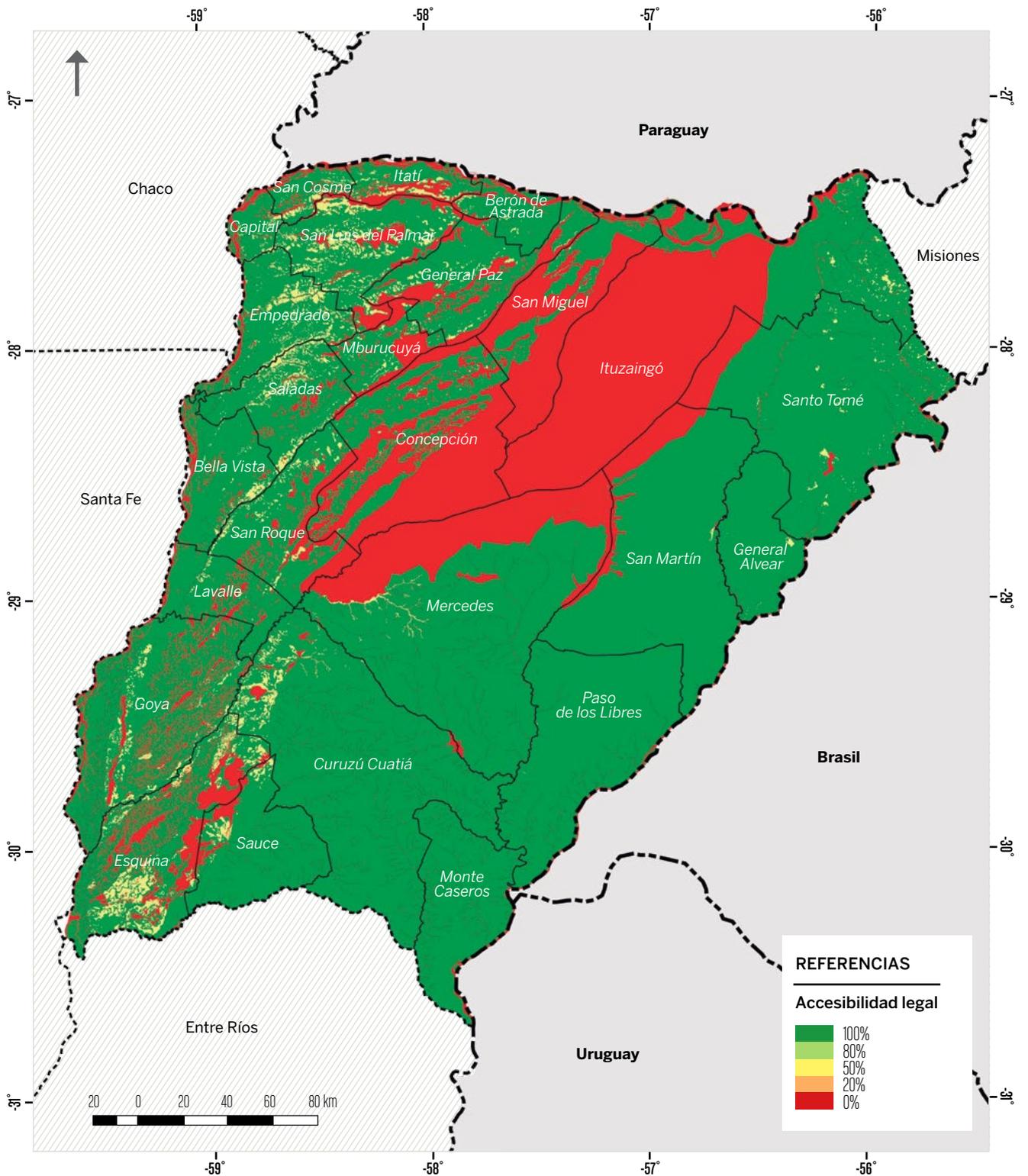
También pueden observarse las restricciones totales sobre las márgenes de los cursos de agua, zonas de alto valor de conservación de la biodiversidad. Las áreas que no presentan restricciones, que se corresponden con la Categoría Verde del OTBN, son el este y sudeste del territorio provincial.

5.2.III Accesibilidad total

A partir de la conjunción de las restricciones físicas y legales, se combinaron los coeficientes a los efectos de construir el mapa de "accesibilidad total", de modo de incluir todas las limitaciones. En

Mapa 6. Accesibilidad legal

Fuente: Elaborado por Perucca, Ruth, 2017



este sentido, las áreas no restringidas por ninguno de estos parámetros permanecerán en el mapa con valores de accesibilidad del 100%, mientras que las áreas con restricción total fueron consideradas de accesibilidad nula.

Como se observa en el Mapa 7, la parte centro y norte del territorio provincial presenta muy bajos niveles de accesibilidad, debido a la existencia de grandes áreas naturales protegidas y a una limitada red de infraestructura vial. Asimismo, la protección de los márgenes de los ríos restringe totalmente la disponibilidad del recurso.

Los bajos niveles de accesibilidad se encuentran sobre todo en los departamentos de Ituzingó, San Miguel, Concepción y el norte de Mercedes, debido a la presencia de áreas naturales protegidas, como el Parque y Reserva Provincial Iberá, grandes extensiones de agua y la inclusión de bosques nativos dentro de la Categoría Amarillo del OTBN.

La costa oeste de norte a sur, en torno a la RN 12, y la costa del río Uruguay, en torno a la RN 14, son los sitios que exhiben niveles de accesibilidad más altos. Además, es sobre estos ejes donde se encuentra la mayor parte de centros poblados de Corrientes y, por ende, donde la accesibilidad al recurso es mayor.

Síntesis de oferta directa accesible

La oferta directa total estimada se recalculó en función de la accesibilidad total. El resultado se muestra en el Mapa 8 y en el Cuadro 15, donde se observa una relación directa de la disponibilidad de biomasa con fines energéticos en los cultivos analizados y en las formaciones nativas, con respecto a las condiciones de accesibilidad.

De esta manera, si comparamos el Cuadro 15 con el Cuadro 11, donde se presentaban los valores estimados de oferta directa total, se aprecia una notable disminución en la disponibilidad de los recursos biomásicos: 621 400 tn/año menos. La oferta proveniente de las forestaciones de pino disminuyó en más de 300 000 tn/año por restricciones de accesibilidad.

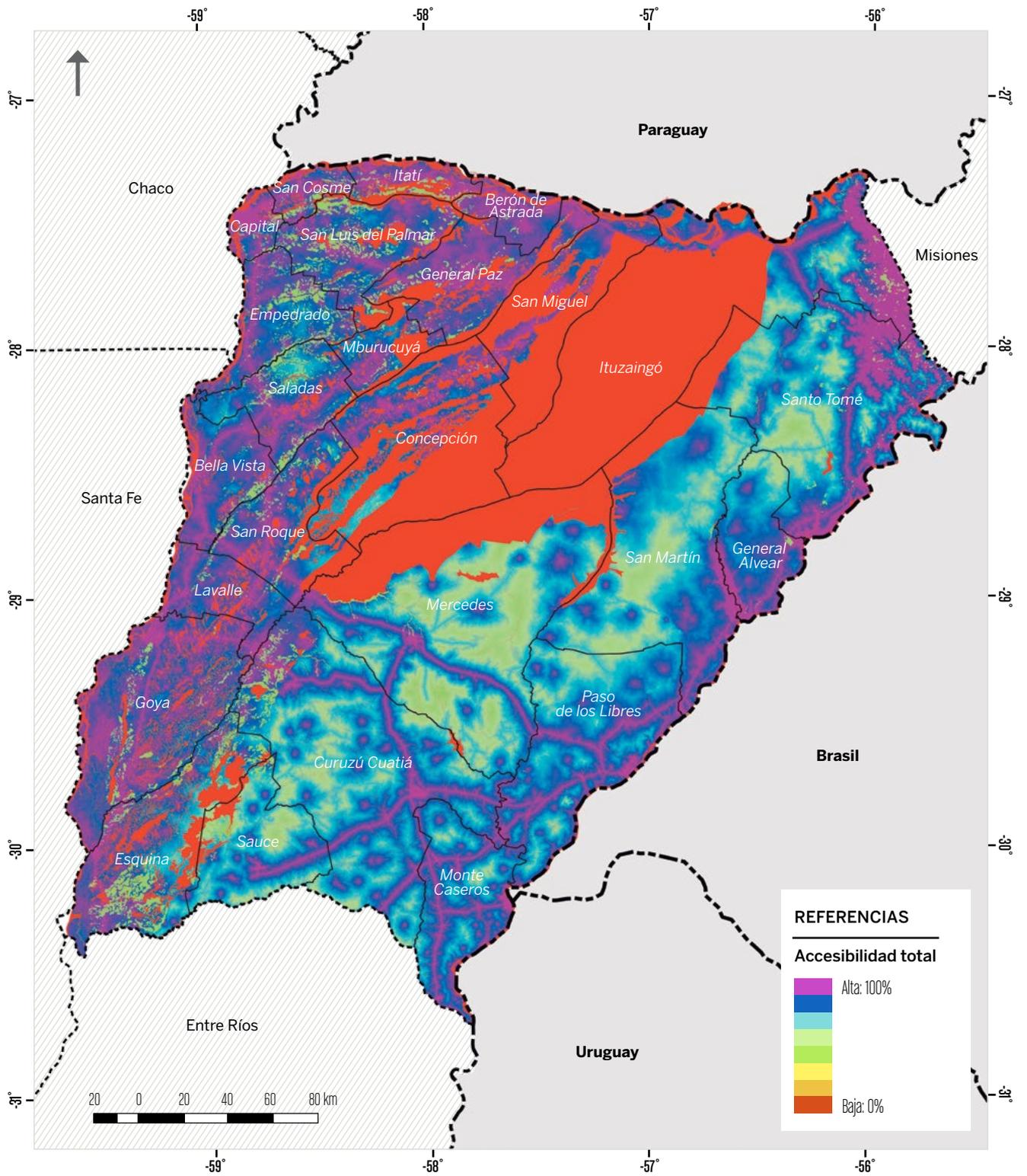
De la oferta directa de biomasa de bosques nativos, 142 000 tn/año son inaccesibles, principalmente por restricciones legales. En tanto, de los cultivos, casi 104 000 tn se pierden por factores físicos.

A diferencia de los bosques nativos, donde la reducción de 142 530 tn/año en la disponibilidad se produce en mayor medida por restricciones legales, la oferta directa total por cultivos se ve restringida principalmente por factores físicos. De esta forma, se identifica una pérdida aproximada de 103 800 tn/año de rastrojo de arroz.

En el Mapa 8, se muestra la distribución de la oferta biomásica provincial accesible. Se presenta una clara disminución de la oferta directa total proveniente de las forestaciones de pino, que corresponde a la región de los departamentos de San Miguel y Concepción, debido fundamentalmente a las restricciones legales, al OTBN y a las áreas naturales protegidas.

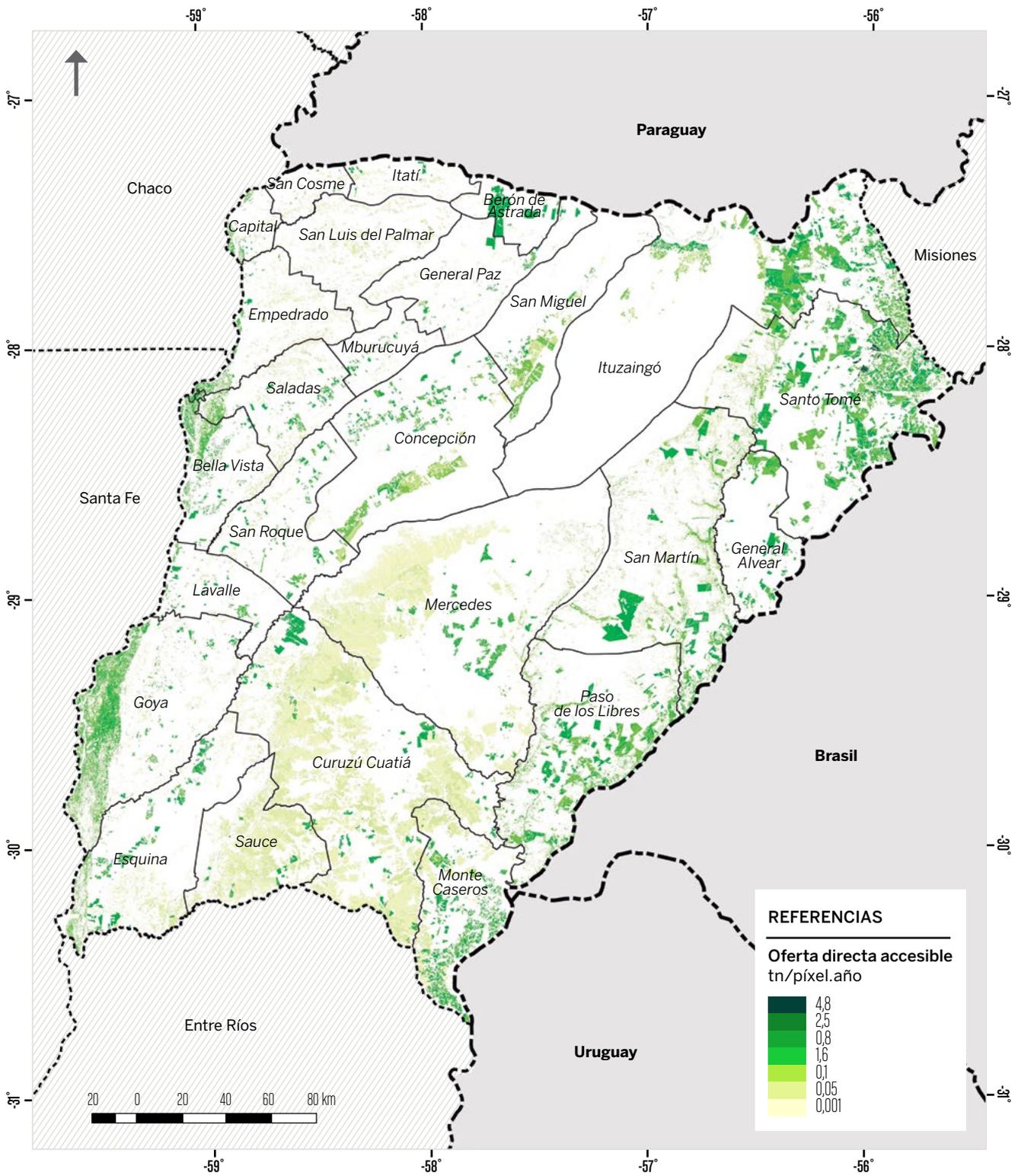
Mapa 7. Accesibilidad total

Fuente: Elaborado por Perucca, Ruth, 2017



Mapa 8. Oferta directa accesible

Fuente: Elaborado por Perucca, Ruth, 2017



Cuadro 14. Oferta directa accesible total

Departamentos	Bosques nativos	Pino	Eucalipto	Otra forestación	Arroz	Citrus	Té	Yerba mate	Tabaco	Total tn/año
Bella Vista	31786,6	1017,5	2574,1	-	10193,3	9709,0	-	-	-	55280,5
Berón de Astrada	540,4	222,9	240,8	-	79391,6	-	-	-	-	80395,7
Capital	6273,3	1108,0	221,5	-	-	-	-	-	-	7602,8
Concepción	1384,2	44256,2	18101,2	320,3	6483,3	4886,1	-	-	-	75431,2
Curuzú Cuatiá	37993,8	1139,2	4469,9	-	107914,5	2598,8	-	-	-	154116,1
Empedrado	16962,0	339,2	791,8	-	2628,8	404,5	-	-	-	21126,3
Esquina	15206,6	26838,1	2094,2	11324,4	18213,8	722,4	-	-	-	74399,5
General Alvear	883,1	33371,0	6096,8	16,4	3731,3	731,5	-	-	-	44830,1
General Paz	1038,8	906,1	7493,9	4,1	14669,9	-	-	-	-	24112,8
Goya	129744,2	3910,5	10094,5	-	2664,7	30,8	-	-	539,3	146984,0
Itatí	603,4	286,8	268,9	-	6475,3	-	-	-	-	7634,4
Ituzaingó	7109,8	194816,4	23949,8	2632,5	9580,2	541,8	10983,2	12169,2	-	261783,0
Lavalle	2802,2	3500,5	3750,2	70,7	9521,1	93,7	-	-	88,7	19827,0
Mburucuyá	412,9	504,2	2907,6	295,3	-	2213,8	-	-	-	6333,8
Mercedes	14898,2	558,1	2161,5	-	77221,2	-	-	-	-	94839,0
Monte Caseros	7087,3	885,4	40087,4	2711,3	16042,1	43291,5	-	-	-	110105,0
Paso de los Libres	47470,6	28666,9	64736,6	-	46404,6	202,3	-	-	-	187481,0
Saladas	10513,5	836,4	8807,5	-	6910,5	4263,8	-	-	-	31331,7
San Cosme	646,0	638,5	393,9	-	-	-	-	-	-	1678,5
San Luis del Palmar	3040,8	23,5	-	-	-	-	-	-	-	3064,4
San Martín	49218,0	108216,7	6923,4	77,8	31423,6	83,5	-	-	-	195943,0
San Miguel	471,7	20141,8	4907,4	-	-	37,8	-	-	-	25558,7
San Roque	1495,7	10243,8	8663,2	41,6	11269,1	2226,5	-	-	-	33939,8
Santo Tomé	17057,0	327040,9	35420,2	1263,6	6246,3	-	41285,4	9367,6	-	437681,0
Sauce	16432,6	-	1683,7	-	9985,3	-	-	-	-	28101,5
Total provincial	421072,8	809468,7	256839,9	18757,9	476970,3	72037,8	52268,6	21536,8	628,0	2129580,7
Porcentaje	19,77	38,02	12,06	0,88	22,40	3,38	2,45	1,01	0,03	-

5.3 Módulo de oferta indirecta

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

En Corrientes, la oferta indirecta está determinada por subproductos como los residuos de la industria forestal: costaneros, despuntes, virutas, aserrín, corteza y astillas, y los residuos generados en la industrialización del cultivo de arroz y de la citricultura.

El objetivo de este módulo es evaluar la disponibilidad de biomasa para producción de energía a partir de la información disponible de las actividades mencionadas. Esta oferta indirecta no es filtrada por los mapas de accesibilidad ya que se presupone 100% accesible.

5.3.1 Industria forestal

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

A partir de la información del Relevamiento Censal y Creación de un Sistema de Información Estadística Foresto-Industrial (SIEFIC) de la provincia de Corrientes (UOP, 2013), se realizó el análisis espacial de las industrias forestales. En ese trabajo importante realizado en 2012, se relevaron 256 aserraderos que producen 413 711 937 pie²/año de madera. El 40% de la producción provincial se concentra en las localidades de Gobernador Virasoro, con 23 aserraderos, y Santa Rosa con 36 establecimientos.

Estas industrias forestales fueron relacionadas con los datos publicados asignándoles un valor ponderado de residuo de acuerdo con el departamento en donde se encuentran. En Corrientes, la industria forestal genera un aporte aproximado de 221109 tn/año de residuos, y Concepción es el departamento que alberga la mayor cantidad de establecimientos.

5.3.2 Molinos arroceros

El residuo generado en la etapa de procesamiento del arroz en los molinos arroceros, la cáscara, se consideró como oferta indirecta de biomasa.

La oferta indirecta de biomasa es de 401 477 tn/año, de las que el 55% lo aporta la industria forestal.

Los molinos arroceros contribuyen con un 40%, y el resto proviene de jugueras y molinos de yerba mate.

En Corrientes hay 28 molinos distribuidos en toda la provincia, y los departamentos de General Paz, Curuzú Cuatiá, Lavalle y Monte Caseros son los que tienen mayor número. A cada uno de los molinos se le asignó un residuo de cáscara de arroz ponderado a partir del valor registrado por departamento y dividiéndolo por la cantidad de molinos presentes en dicho departamento. Esta información fue brindada por técnicos de diferentes Agencias de Extensión Rural del Centro Regional INTA Corrientes y de ACPA.

De acuerdo con el "Informe de campaña 2015-2016: Fin de cosecha", de ACPA, la producción total de arroz fue de 557 289 tn, de las cuales se estimó un residuo de 161 487 tn/año.

5.3.3 Molinos yerbateros

La distribución de los molinos yerbateros se concentra en los departamentos de Santo Tomé e Ituzingó, los únicos donde se produce yerba mate en Corrientes. El INYM proporcionó la identificación de los cinco molinos yerbateros, que fueron georreferenciados utilizando Google Earth.

El INYM brindó el dato sobre el residuo que deja la industria yerbatera por departamento, por lo que se ponderó de acuerdo con el número de molinos yerbateros existentes en cada uno de los mencionados.

Así, se registró una oferta de biomasa proveniente de molinos yerbateros de 3 356 tn/año.

5.3.4 Plantas jugueras

Existen en Corrientes cuatro industrias jugueras, tres de ellas ubicadas en los alrededores de la ciudad de Bella Vista, y la otra en Colonia San Francisco, departamento de Monte Caseros.

Estas industrias se georreferenciaron utilizando los puntos de coordenadas geográficas enviadas por técnicos de las agencias de extensión de INTA de ambas localidades. Los datos de residuos generados se obtuvieron mediante comunicaciones personales con socios de estas industrias y técnicos del Grupo de Investigación Citrus de la EEA Bella Vista.

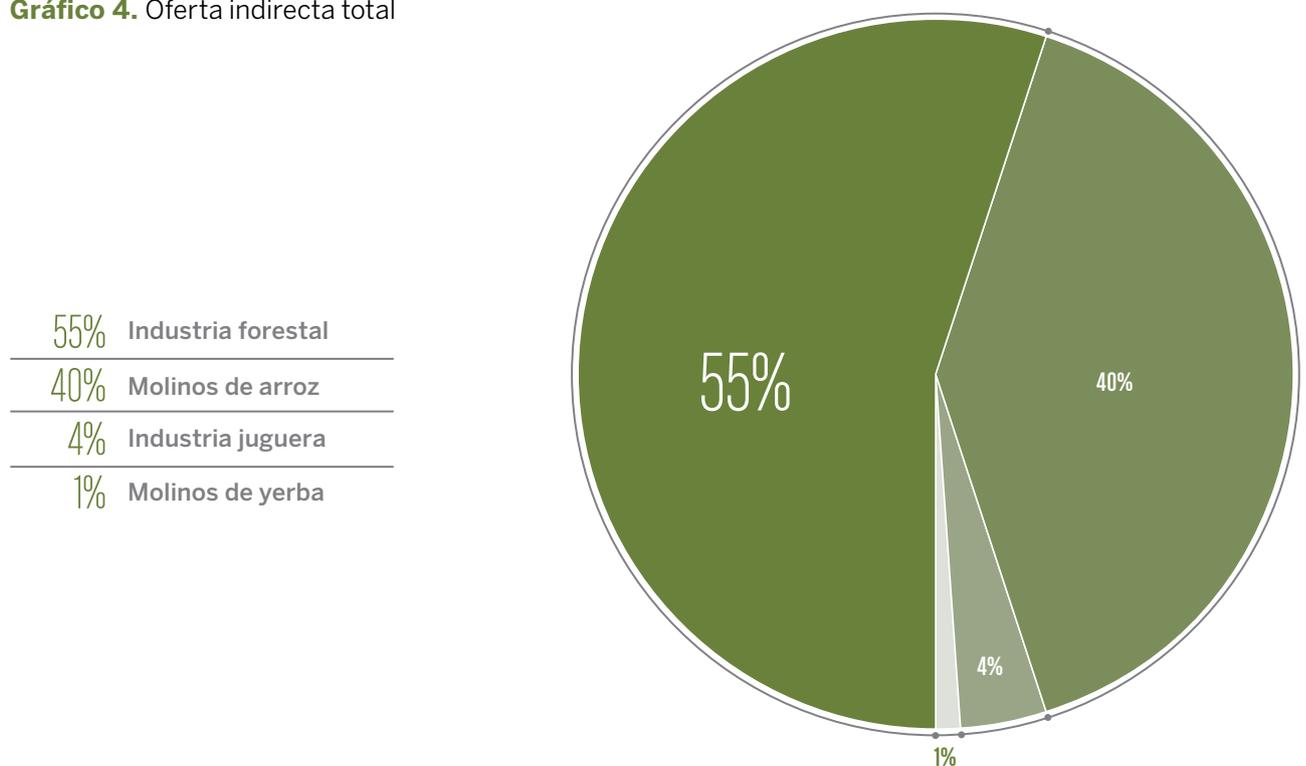
El aporte que realizan estas industrias como biomasa indirecta provincial es de 15 525 tn/año de cáscara seca.

Síntesis de la oferta indirecta

En Corrientes, la oferta indirecta de biomasa alcanza las 401 477 tn/año, fundamentalmente aportada por la industria forestal, que representa el 55% del recurso potencial disponible evaluado, proveniente en su mayoría de los departamentos de Santo Tomé y Concepción.

Los residuos de los molinos arroceros ocupan el segundo lugar en importancia (40%), con los departamentos de Mercedes y de Paso de los Libres como los que presentan mayor disponibilidad de biomasa a partir del procesamiento del arroz. Las jugueras y los molinos de yerba mate aportarían en conjunto 18 880 tn/año (Cuadro 16).

Gráfico 4. Oferta indirecta total



Cuadro 15. Oferta indirecta por departamento

Departamentos	Oferta indirecta (tn/año)				Total (tn/año)
	Industria forestal	Molinos de arroz	Industria juguera	Molinos de yerba	
Bella Vista	768,6	–	12937,5	–	13706,1
Berón de Astrada	1,0	2688,0	–	–	2689,0
Capital	4643,1	9139,2	–	–	13782,3
Concepción	51741,3	–	–	–	51741,3
Curuzú Cuatiá	–	21811,2	–	–	21811,2
Empedrado	2,0	–	–	–	2,0
Esquina	14047,2	–	–	–	14047,2
General Alvear	568,8	576,0	–	–	1144,8
General Paz	1098,6	17994,2	–	–	19092,8
Goya	525,0	5760,0	–	–	6285,0
Itatí	158,8	–	–	–	158,8
Ituzaingó	15106,3	–	–	1321,0	16427,3
Lavalle	1334,3	11136,0	–	–	12470,3
Mburucuyá	1422,0	–	–	–	1422,0
Mercedes	–	39104,0	–	–	39104,0
Monte Caseros	28317,6	3916,8	2587,5	–	34821,9
Paso de los Libres	4305,6	36019,2	–	–	40324,8
Saladas	5316,3	1152,0	–	–	6468,3
San Cosme	448,0	–	–	–	448,0
San Luis del Palmar	3,0	–	–	–	3,0
San Martín	3085,2	6374,4	–	–	9459,6
San Miguel	4754,0	–	–	–	4754,0
San Roque	3,0	2304,0	–	–	2307,0
Santo Tomé	83458,2	3512,1	–	2035,0	89005,3
Sauce	1,0	–	–	–	1,0
Total provincial	221108,9	161487,1	15525,0	3356,0	401477,0

5.4 Módulo de demanda

La biomasa como recurso energético ha sido utilizada a lo largo de la historia por diversos sectores sociales y con diferentes fines. Este uso responde tanto a patrones tradicionales como a factores ecosistémicos, socioeconómicos y técnicos.

Asimismo, la falta de acceso a las redes eléctrica y de gas natural y la irregularidad en el aprovisionamiento de gas envasado licuado y su alto costo, entre otros factores, hacen de su empleo una necesidad fundamental, ya que es una de las fuentes energéticas más accesibles. La forma más habitual de aprovechamiento es la combustión directa.

Históricamente, en el sector doméstico se utilizó la biomasa con fines energéticos para hacer frente a las condiciones climáticas, cocinar los alimentos, calentar agua e iluminar.

Con respecto al sector industrial, los recursos biomásicos han tenido diversas finalidades de acuerdo con la actividad productiva desarrollada. En Corrientes, la industria juguera utiliza cáscara seca y chips como recursos energéticos, los molinos arroceros utilizan leña y la industria forestal hace uso de los residuos que genera para el secado de la madera. Asimismo, la industria ladrillera consume leña para el proceso de cocción del ladrillo. Al no disponer de información oficial respecto de la cantidad y ubicación de establecimientos que utilizan leña, no se consideró esta demanda en el análisis espacial.

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

El consumo de biomasa en el sector público está representado por las escuelas rurales, que utilizan leña para satisfacer las necesidades de cocción de alimentos del comedor escolar.

5.4.1 Sector residencial

Corrientes no cuenta con red de gas natural, por lo que la mayoría de sus habitantes utiliza gas envasado. En el sector residencial, los usos finales

de la biomasa como combustible se corresponden con la cocción de alimentos, provisión de agua caliente para uso sanitario, calefacción y, en menor medida, iluminación.

En el análisis del consumo residencial, a cada radio censal de tipo urbano y centro poblado del BAHRA se le asignó el dato de cantidad de habitantes promedio que viven en hogares que emplean leña o carbón vegetal como combustible principal para cocinar (INDEC, 2010). De acuerdo con los datos proporcionados por esta fuente, un 11% de los hogares de la provincia se encuentran en esa situación, lo que da un número aproximado de 29 558 hogares utilizando recursos biomásicos para cocinar. No obstante, gran parte de este universo utiliza también la biomasa para calefacción y calentar agua para uso sanitario.

Debido a la ausencia de datos del volumen de biomasa consumida en los hogares, se estimó el consumo de leña (y el equivalente de biomasa en carbón vegetal) a partir de WISDOM Argentina (FAO, 2009), donde se considera que una persona consume un total de 0,75 tn/año. Este coeficiente pretende compensar el total de hogares que, si bien utiliza otros combustibles para cocinar, consume combustibles leñosos para calefacción. Como resultado de estas estimaciones, se registró una demanda residencial de 75 338 toneladas anuales de leña y carbón vegetal.

5.4.2 Sector industrial

Molinos arroceros

La demanda de energía por parte de los molinos de arroz se satisface a partir de fuentes convencionales, como el gas envasado, y mediante la utilización de leña. También se está implementando la utilización de residuos de aserraderos y cáscara de arroz para complementar los requerimientos energéticos de esta industria.

Como se mencionó en el módulo de oferta indirecta, en Corrientes operan 28 molinos que se distribuyen en todo el territorio.

Para calcular la demanda de biomasa de esta industria, se tuvieron en cuenta los datos proporcionados por técnicos de ACPA y por diferentes operadores de molinos con los que se mantuvieron

contactos personales. Ambos concluyen que el gasto de leña por tonelada procesada de arroz es de alrededor de 45 kg, entonces se asignó un valor ponderado de acuerdo con el departamento en donde se encuentra, considerando un coeficiente de 0,045 por tn de arroz producido.

Si bien existen molinos con instalaciones adaptadas para utilizar gas envasado para el secado del grano, hasta el momento resulta más rentable el uso de leña y residuos de aserraderos como fuente de energía. El valor promedio del combustible leña que se usa durante los meses correspondientes a la zafra del arroz es de 60 m³ por mes⁶.

Molinos yerbateros

La demanda de energía por parte de los molinos para el secado de la yerba mate se satisface utilizando básicamente chips y leña.

En Corrientes se encuentran 5 molinos yerbateros distribuidos en Santo Tomé e Ituzaingó. Los mismos tienen una demanda total estimada en 74 337 tn/año. Para calcular la demanda de biomasa de esta industria, se tuvieron en cuenta los datos proporcionados por el INYM y se les asignó un valor ponderado de acuerdo con el departamento en donde se ubican, considerando un coeficiente de 1,9 tn de biomasa consumida por cada tonelada de yerba producida.

Plantas jugueras

Existen en Corrientes cuatro plantas de procesamiento de fruta cítrica para extracción de jugos, tres de ellas en el departamento de Bella Vista y la restante en Monte Caseros. La demanda energética de estas plantas de procesamiento de fruta se complementa con residuos de cáscara seca y chips.

El coeficiente considerado es de 1,9 tn de biomasa consumida por cada tonelada procesada de cítricos, según técnicos de la Cooperativa San Francisco de Monte Caseros.

De esta manera, la demanda anual de biomasa, por parte de este sector industrial de la provincia, alcanza las 23 400 tn/año.

5.4.3 Escuelas rurales

Existen escuelas rurales que, durante el ciclo lectivo, consumen leña para la elaboración de alimentos. Desde el Programa Mapa Educativo Nacional, del Ministerio de Educación de la Nación, se ejecutó un Relevamiento de Escuelas Rurales (RER), donde se consultaba a cada establecimiento: "¿Cuál es el combustible utilizado para cocinar?". Este Programa brindó los datos de ubicación de las escuelas rurales y la cantidad de alumnos, entre 2008 y 2012.

Así, se asignó a cada escuela la matrícula por año y se calculó el promedio de alumnos de ese quinquenio. Para la estimación del consumo de leña, se tomaron como referencia los resultados del "Estudio Exploratorio del Uso de la leña en Escuelas Rurales de la Provincia de Santiago del Estero" (Luna, 2010)⁷. Con esos datos, se calculó el promedio del consumo de leña por alumno por día (0,35 kg) y por año (66,5 kg).

Para la extrapolación anual, se multiplicó el consumo diario por los 190 días escolares previstos en el calendario escolar de 2014. En Corrientes se contabilizaron 357 establecimientos educativos en esta condición y se estimó un consumo anual de 1756 toneladas.

Síntesis de demanda de biomasa

En el Cuadro 17, se muestran los resultados de la demanda de biomasa con fines energéticos. El 75% del consumo total lo realizan las industrias existentes en la provincia. Los molinos arroceros, los molinos de yerba y las jugueras consumen todo su propio volumen de biomasa ofertado, por lo que este no estaría disponible.

6. Extraído de la tabla de requerimientos de energía y materia prima de una planta industrial de molino de arroz, ubicada en el municipio de Posadas, Misiones. "La Revisión Ambiental en la Industria Arroceros". (Mantulak y Cruz, 2005).

7. En el mencionado trabajo se relevó el consumo de leña en siete escuelas rurales de aquella provincia. No obstante, sólo cinco de ellas pueden considerarse representativas basándose en el funcionamiento normal del comedor.

Se observa una dispersión espacial de la demanda en toda la provincia (Mapa 9). Los departamentos de General Alvear, Sauce, San Cosme, Itatí y Mburucuyá son los que presentan los valores de demanda más bajos.

El sector residencial demanda el 23,7% del total consumido, mientras que las escuelas rurales, solo un 0,56%. La demanda del sector residencial se encuentra dispersa en todo el territorio, aunque los departamentos de Goya, Concepción, Lavalle,

Saladas, Esquina y Bella Vista, concentran más del 45% del total.

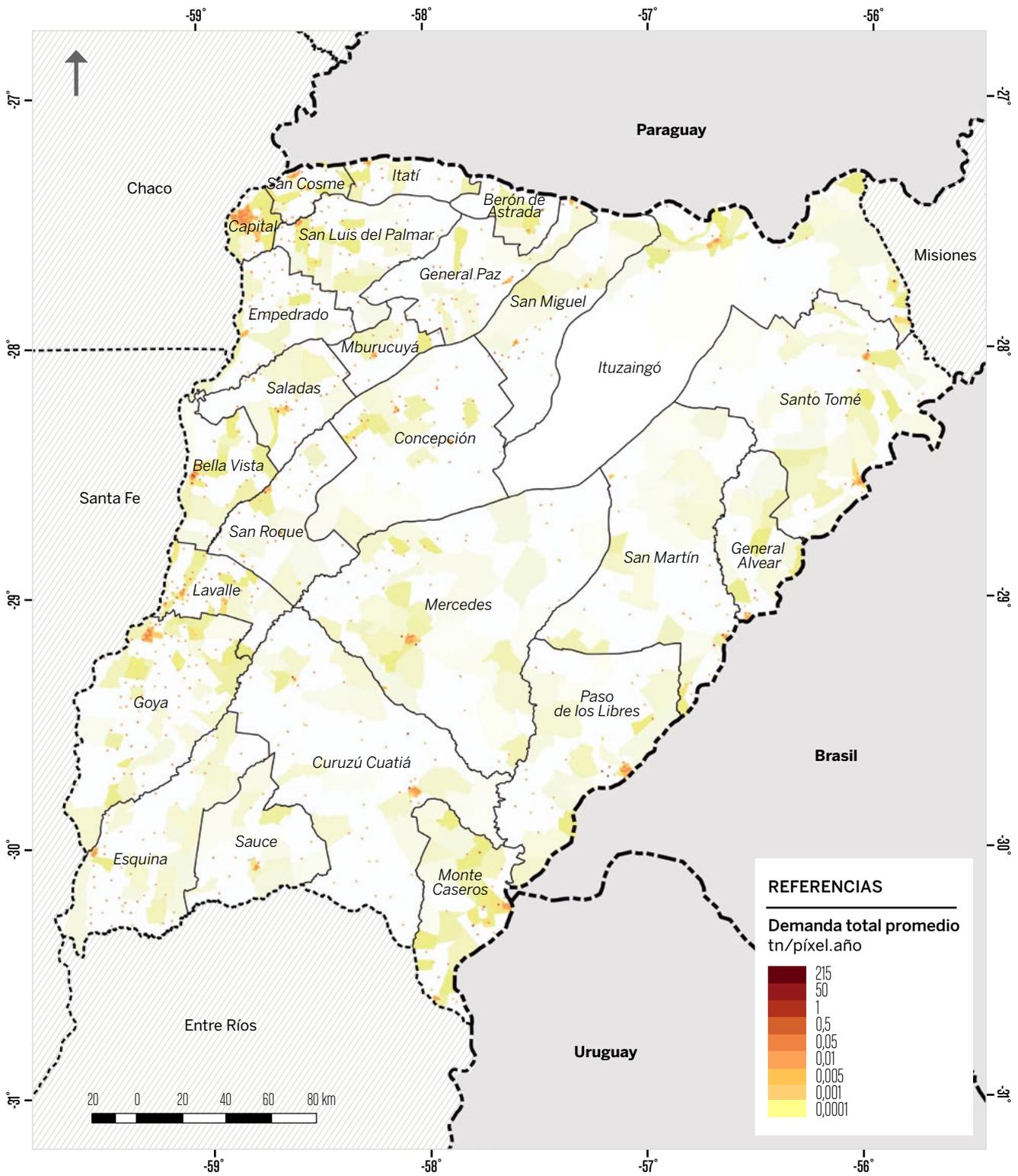
La demanda de biomasa con fines energéticos del sector industrial en Corrientes alcanza las 239 816 tn/año. Se concentra en los departamentos de Santo Tomé (135 297 tn/año) e Ituzaingó (58 938 tn/año).

En el caso de las escuelas rurales, la mayor demanda se encuentra en el departamento de Concepción.

Cuadro 16. Demanda de biomasa con fines energéticos por sector y departamento

Departamentos	Demanda (tn/año)			Total (tn/año)
	Escuelas rurales	Residencial	Industrial	
Bella Vista	26,8	4092,5	19542,7	23661,9
Berón de Astrada	0,8	414,6	3700,2	4115,5
Capital	47,9	3880,0	0,0	3927,9
Concepción	251,4	6656,1	0,0	6907,5
Curuzú Cuatiá	47,9	2350,3	6790,5	9188,6
Empedrado	79,0	2449,3	0,0	2528,3
Esquina	78,1	4203,9	0,0	4282,0
General Alvear	30,1	758,5	167,7	956,3
General Paz	102,5	3380,0	259,4	3742,0
Goya	144,3	9479,7	101,1	9725,1
Itatí	39,7	1130,3	0,0	1170,0
Ituzaingó	94,8	3711,2	58938,8	62744,7
Lavalle	149,2	5792,0	370,4	6311,5
Mburucuyá	61,5	1600,3	0,0	1661,8
Mercedes	40,8	2144,0	5077,4	7262,2
Monte Caseros	6,0	1175,8	4733,9	5915,7
Paso de los Libres	57,1	1991,0	2185,7	4233,8
Saladas	147,8	4410,3	314,5	4872,6
San Cosme	9,3	1038,5	52,3	1100,1
San Luis del Palmar	90,2	3186,9	0,0	3277,0
San Martín	36,5	1350,2	1762,2	3148,8
San Miguel	104,7	3084,7	0,0	3189,4
San Roque	60,4	2909,5	522,4	3492,3
Santo Tomé	57,9	3078,7	135297,5	138434,0
Sauce	1,1	1070,3	0,0	1071,3
Total provincial	1765,6	75338,1	239816,7	316920,3
Porcentaje	0,56	23,77	75,67	

Mapa 9. Demanda total promediada
Fuente: Elaborado por Perucca, Ruth, 2017



5.5 Módulo de integración de la oferta y la demanda

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

Para realizar el balance bioenergético, al mapa resultante de la oferta total accesible se le restó el mapa de la demanda total. Esta operación se realizó a escala de píxel. Otra forma de representar para poder visualizar espacialmente esta relación es mediante un balance focalizado, donde se promedian los valores de los píxeles comprendidos en ventanas de 20 píxeles de lado, o sea, una ventana de 800 m de lado (64 ha), como en el Mapa 10.

El Mapa 10 y el Cuadro 18 muestran el resultado del análisis espacial realizado. Corrientes presenta un superávit de 2 214 137 tn/año de biomasa disponible con fines energéticos.

Los departamentos con mayor superávit son Santo Tomé, Paso de los Libres, Ituzaingó y San Martín; todos ubicados en el este provincial, debido a que allí se encuentra el mayor volumen de oferta directa. Por otro lado, San Luis del Palmar es el único departamento que registra déficit de biomasa con fines energéticos.

El este provincial, correspondiente a la costa del río Uruguay, presenta valores altos de oferta directa, debido principalmente al aporte de las forestaciones de pino. Asimismo, en el departamento de Goya, la oferta proveniente de bosques nativos es la más destacable, y en Curuzú Cuatiá y Mercedes se destaca la proveniente del cultivo de arroz.

Los mayores valores de oferta directa y demanda están dados por los molinos yerbateros y de arroz ubicados en el departamento de Santo Tomé.

Corrientes presenta un superávit de 2 214 137 tn/año de biomasa disponible con fines energéticos, concentrada en el este provincial, debido a que allí se encuentra el mayor volumen de oferta directa.

En el Mapa 11, se puede observar el balance por radio censal. La región noreste y este de Corrientes, cercana al río Uruguay, presenta superávit, como así déficits en radios donde justamente se encuentran los molinos yerbateros.

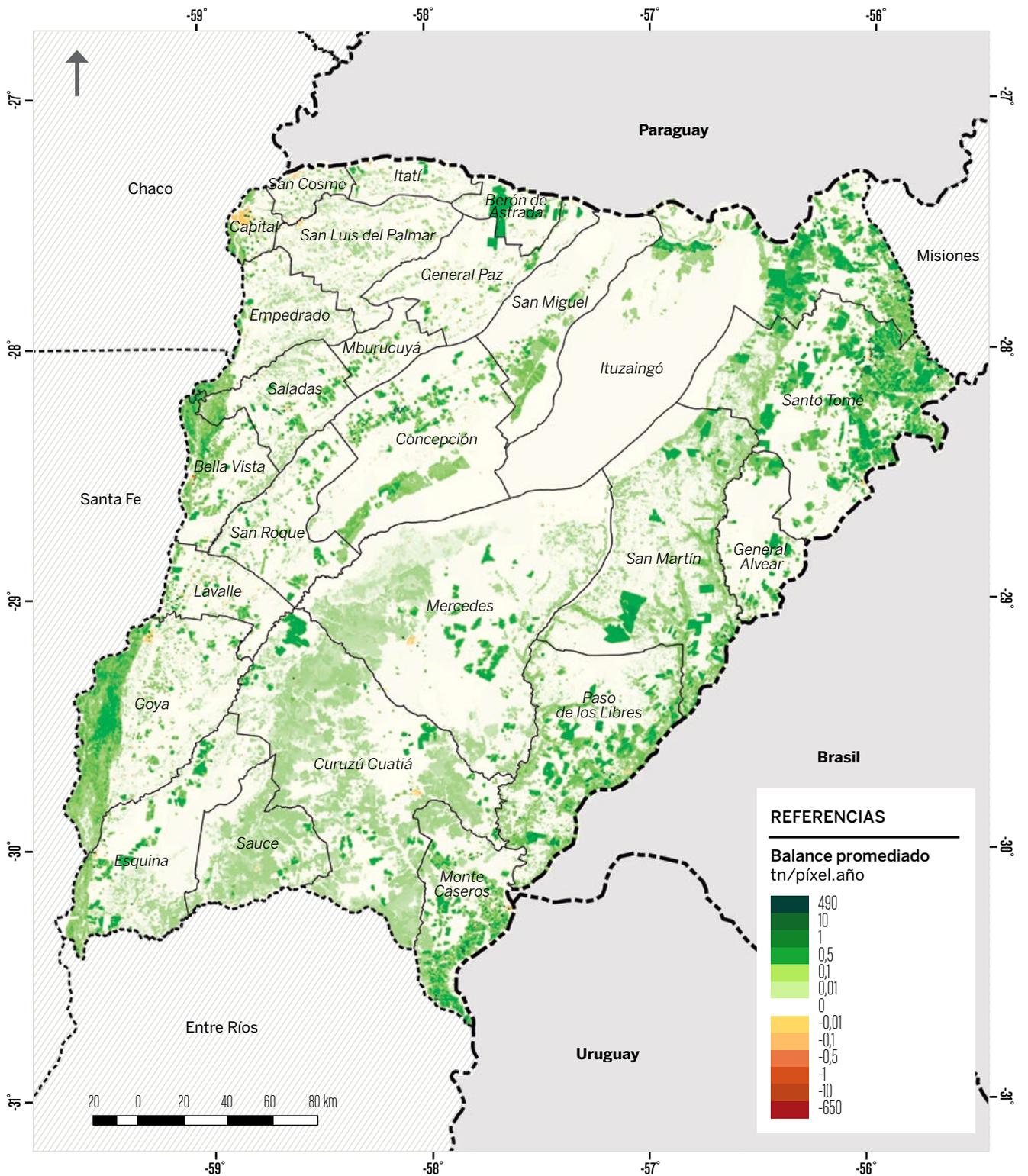
Esto está fuertemente asociado al potencial productivo y a la alta tasa de uso de la tierra, sobre todo, en el noreste, sumado a la accesibilidad por RN14.

La oferta de biomasa en el resto de la provincia se encuentra limitada por los cuerpos de agua y deficiente infraestructura ferroviaria.

Cuadro 17. Balance total por departamento

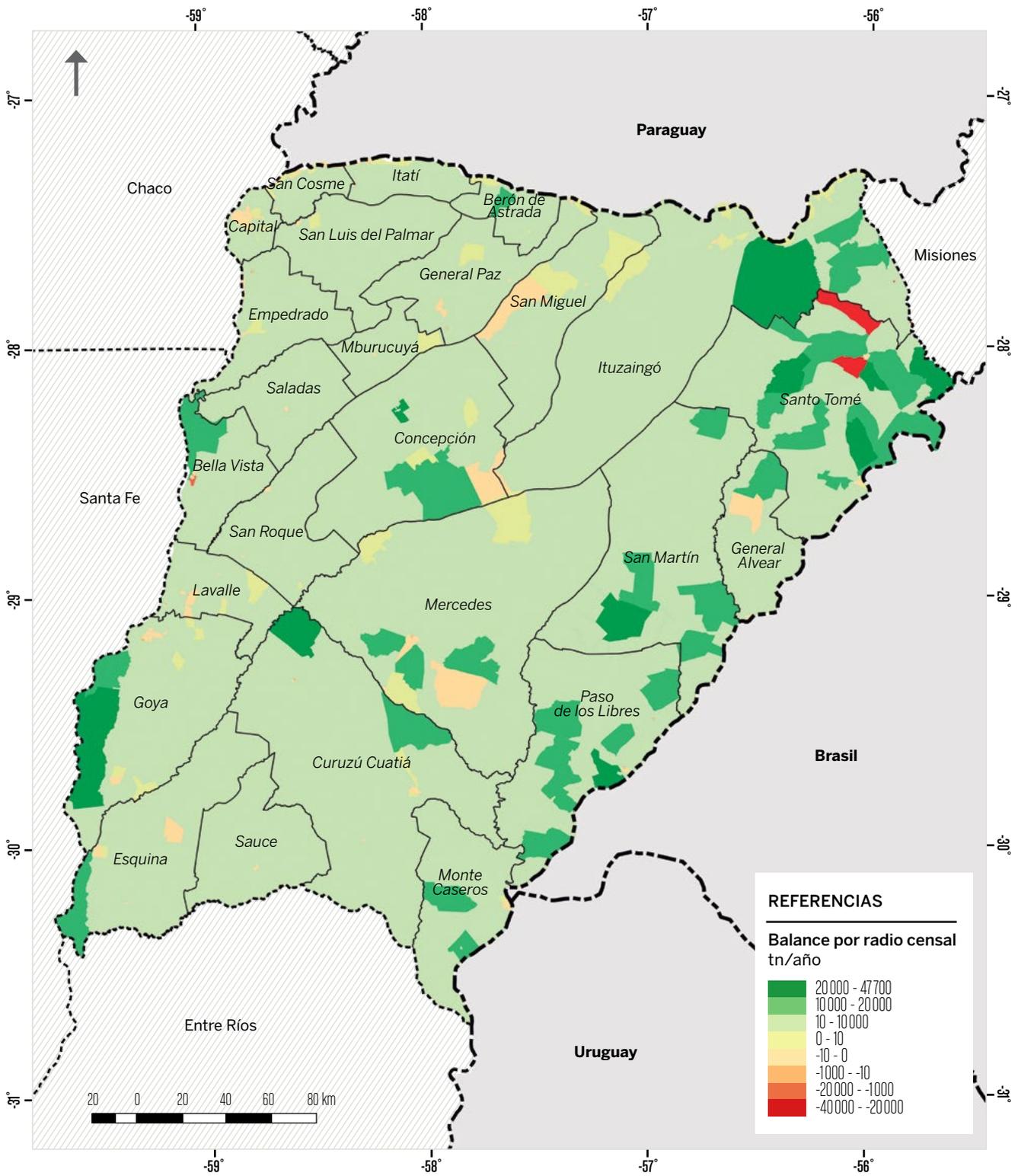
Departamento	Oferta directa	Oferta indirecta	Demanda	Balance
Bella Vista	55 280,5	13 706,1	23 661,9	45 324,7
Berón de Astrada	80 395,7	2 689,0	4 115,5	78 969,2
Capital	7 602,8	13 782,3	3 927,9	17 457,2
Concepción	75 431,2	51 741,3	6 907,5	120 265,0
Curuzú Cuatiá	154 116,1	21 811,2	9 188,6	166 738,7
Empedrado	21 126,3	2,0	2 528,3	18 600,0
Esquina	74 399,5	14 047,2	4 282,0	84 164,7
General Alvear	44 830,1	1 144,8	956,3	45 018,6
General Paz	24 112,8	19 092,8	3 742,0	39 463,6
Goya	146 984,0	6 285,0	9 725,1	143 543,9
Itatí	7 634,4	158,8	1 170,0	6 623,2
Ituzaingó	261 783,0	16 427,3	62 744,7	215 465,6
Lavalle	19 827,0	12 470,3	6 311,5	25 985,8
Mburucuyá	6 333,8	1 422,0	1 661,8	6 094,0
Mercedes	94 839,0	39 104,0	7 262,2	126 680,8
Monte Caseros	110 105,0	34 821,9	5 915,7	139 011,1
Paso de los Libres	187 481,0	40 324,8	4 233,8	223 572,1
Saladas	31 331,7	6 468,3	4 872,6	32 927,4
San Cosme	1 678,5	448,0	1 100,1	1 026,4
San Luis del Palmar	3 064,4	3,0	3 277,0	-209,7
San Martín	195 943,0	9 459,6	3 148,8	202 253,8
San Miguel	25 558,7	4 754,0	3 189,4	27 123,4
San Roque	33 939,8	2 307,0	3 492,3	32 754,5
Santo Tomé	437 681,0	89 005,3	138 434,0	388 252,2
Sauce	28 101,5	1,0	1 071,3	27 031,2
Total provincial	2 129 580,7	401 477,0	316 920,3	2 214 137,4

Mapa 10. Balance promediado focalizado
Fuente: Elaborado por Perucca, Ruth, 2017



Mapa 11. Balance por radio censal

Fuente: Elaborado por Perucca, Ruth, 2017



Conclusiones

A lo largo del presente informe se ha manifestado el carácter superavitario de Corrientes en relación con el potencial de recursos biomásicos pasibles de ser utilizados con fines energéticos. En este sentido, la provincia cuenta con un gran volumen de biomasa, principalmente a partir de los residuos que aportan las forestaciones de pino y de diversas fuentes de biomasa seca susceptibles de producir energía renovable.

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

Para ello, se profundizó y enriqueció, tal como se recomendaba en el WISDOM Argentina, la metodología a nivel provincial, considerando no sólo el incremento medio anual de los bosques nativos, sino también los recursos provenientes del agro y la industria forestal, los residuos de cosecha y los provenientes del manejo de los cultivos, con un mayor nivel de detalle (mayor resolución espacial) y con nueva información otorgada por la provincia y otros organismos del Estado nacional y provincial.

Las actividades llevadas a cabo por los especialistas del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa y el equipo de trabajo conformado por técnicos del Centro Regional INTA Corrientes permitieron arribar en forma consensuada a esta versión final del análisis espacial del balance energético derivado de biomasa, aplicando la metodología WISDOM. En este sentido, se conformó un grupo técnico consultivo interdisciplinario, que promovió sinergias entre los organismos provinciales. Este grupo capacitado en la aplicación de la metodología WISDOM logró analizar espacialmente la provincia.

Considerando los recursos biomásicos existentes, aproximadamente el 55% de la oferta directa accesible se distribuye en el este de Corrientes, en los departamentos de Santo Tomé, Paso de los Libres, Ituzaingó, San Martín y Monte Caseros. La mayor disponibilidad de biomasa está dada por el residuo de las forestaciones de pino, con un total de 809 468 tn/año, volumen que se encuentra ampliamente distribuido en el territorio. Así también, el potencial biomásico del rastrojo de arroz resultó considerable, con 476 970 tn/año, superior al de los bosques nativos, que suma 421 073 tn/año.



© FAO

El resto de cultivos, como citrus, yerba mate, té y tabaco, junto a otras forestaciones implantadas, alcanzan 422 069 tn/año.

En cuanto a la oferta indirecta, el estudio abarcó seis sectores de la producción: molinos arroceros, molinos yerbateros, industrias jugueras e industrias forestales. En conjunto, representan una oferta que alcanza las 401477 tn anuales.

Con respecto a la demanda, se tuvo en cuenta el sector residencial, escuelas rurales y el sector industrial representado por molinos de arroz y yerba e industrias jugueras. El consumo residencial a nivel provincial es de 75 338 tn anuales (23,7%). Goya, Concepción y Lavalle son los departamentos en los que se registran los mayores consumos. Con respecto a las escuelas rurales, el consumo de leña o carbón vegetal para cocinar es mucho menor y llega a 1765 tn anuales, con el mayor consumo situado en el departamento de Concepción.

Una particularidad de la cadena productiva arroceras, en su etapa industrial, es que, al mismo tiempo que es una gran generadora de biomasa, es también una gran consumidora de sus propios residuos, generando o cogenerando energía.

De acuerdo con el balance de oferta y demanda de biomasa con fines energéticos, los departamentos que constituyen un área prioritaria de atención, ya que disponen de un gran potencial de recursos biomásicos, son Santo Tomé, Paso de los Libres, Ituzaingó y San Martín. Mientras Curuzú Cuatiá, Goya, Monte Caseros, Mercedes y Concepción también cuentan con suficiente biomasa para posibilitar la instalación de proyectos bioenergéticos.

En el caso de los departamentos que presentan condiciones deficitarias, como San Luis del Palmar, o con superávit más bajo, como San Cosme, Mburucuyá e Itatí, que cuentan con un balance bioenergético inferior a 7 000 tn/año, se recomienda evaluar la posibilidad de fomentar el desarrollo de cultivos energéticos, o bien, utilizar otras fuentes de energía especialmente renovables de disponibilidad local, como la solar o la eólica.

Para complementar este estudio, debería estimarse el potencial de energía a partir de la oferta de biomasa húmeda proveniente del efluente de los establecimientos bovinos (mataderos, frigoríficos y feedlots) y porcinos.

7.



© FAO

Recomendaciones

La provincia de Corrientes cuenta con fuentes diversas de biomasa con destino energético y son muchas las instituciones públicas y privadas que cubren las áreas de interés de proyectos de bioenergía. Por ello, se recomienda conformar un equipo técnico multidisciplinario debidamente formado que pueda actualizar, enriquecer y optimizar el análisis realizado en este trabajo.

Tal equipo, con el marco institucional adecuado, podrá tanto generar nuevos mecanismos para acceder a información que por diversos motivos no se pudo recolectar en esta oportunidad, como así también realizar otros análisis contemplando variables económicas y sociales.

De manera general y teniendo en cuenta que este trabajo se hizo con datos suministrados por instituciones tanto públicas como privadas, que se mostraron predispuestas a colaborar debido a la importancia y utilidad de los objetivos perseguidos, estamos seguros de que la pronta publicación de los resultados y la buena difusión asegurará la continuación del trabajo en esta línea, como también la consolidación del WISDOM como elemento de trabajo para la formulación de políticas públicas y estrategias energéticas.

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

- **Módulo de oferta directa:**

- Bosques implantados: actualizar la cobertura de las forestaciones y determinar el volumen de residuo generado. En su defecto, relevar para cada rodal: especie, densidad, diámetro cuadrático medio y edad de la plantación. Asimismo, desarrollar ecuaciones de biomasa alométricas para las especies de rápido crecimiento más importantes de la provincia y de las que a la fecha no se tiene información, a fin de mejorar la precisión de la estimación de biomasa.

Teniendo en cuenta el aporte de biomasa, el principal cultivo de la provincia es el pino. Para este trabajo se realizaron los cálculos con los incrementos de biomasa en cada rodal existente y se obtuvo la biomasa potencial promedio para toda la superficie de Corrientes. Sería importante que las futuras actualizaciones consideren el aporte real de biomasa, que se da cuando se realiza la poda, raleo o cosecha final.

Otro punto a tener en cuenta es que el ritmo de plantación no es homogéneo en el tiempo, lo cual provoca que los aportes de biomasa sean diferentes cada año.

- Bosques nativos: se recomienda instalar parcelas permanentes distribuidas en las provincias fitogeográficas identificadas en el presente trabajo, que generarán datos locales inexistentes a la fecha, y cotejar los valores de IMA utilizados. Asimismo, determinar progresivamente la biomasa aérea para las especies más representativas de estas regiones, de manera de constatar los resultados obtenidos y calibrar las ecuaciones de volumen disponibles en la literatura para las mismas especies en Corrientes.

- Arroz: difundir la utilidad bioenergética del rastrojo de este cultivo que actualmente representa un problema desde el punto de vista ambiental debido a su difícil degradación y a la falta de técnicas para su aprovechamiento y reutilización. Realizar ensayos de recolección mecánica.

- Citrus: mantener actualizado el relevamiento de citrus provincial y determinar con mayor precisión el volumen de biomasa obtenida en la poda y reemplazo de plantas por año. También se debe precisar el uso actual de los residuos de la poda.

- Yerba mate: disponer de información sobre la distribución espacial de este cultivo. Relevar para cada lote densidad y edad de plantación, para así obtener datos más exactos de la biomasa obtenida durante los procesos de poda y reemplazo de plantas.

- Té: acceder a la cobertura y datos de plantación, de manera similar a lo planteado para la yerba mate.

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

- **Módulo de oferta indirecta:**

- Industria forestal: cuantificar el volumen de residuos generados o, en su defecto, la producción anual. Analizar la disposición final de los residuos y localizar todos los establecimientos de la segunda transformación de la madera. Realizar un relevamiento provincial de oferta de residuos, tipología (granulometría y calidad), costos y mercados.

- Molinos de arroz: precisar volúmenes y épocas del año en las que se acumula mayor cantidad de cáscara de arroz. Realizar un relevamiento provincial de oferta de residuos, tipología (granulometría y calidad), costos y mercados.

- **Accesibilidad física:**

- Red vial: mejorar la calidad geométrica de la traza, actualizar el estado de cada tramo de la red y discutir la ponderación asignada.

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

- Ejidos rurales: digitalizar los ejidos rurales, para incorporarlos en este análisis.

- **Accesibilidad legal:**

- Áreas protegidas: investigar sobre los usos y manejos que se llevan a cabo en ellas (zonificación, forestaciones implantadas en su interior, pobladores que consuman leña, etc.) y la pertinencia de incorporar otras áreas de importancia biológica que no poseen actualmente una figura de protección formal, como, por ejemplo, las AICAS (Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves). Se sugiere, también, mejorar la calidad geométrica de la capa de las riberas de los ríos.

- OTBN: discutir la restricción que debe asignarse a la Categoría Amarillo.

- **Módulo de demanda:**

En líneas generales, proponemos realizar una encuesta de consumo que brinde datos más precisos sobre la demanda real de biomasa en los distintos sectores analizados y otros que, por razones de tiempo y complejidad, no se incluyeron en este trabajo.

- Molinos arroceros: realizar un relevamiento de los secaderos de arroz y categorizarlos de acuerdo con el volumen de biomasa que consumen para el secado, ya que su nivel de eficiencia en la relación “Tonelada Procesada de Arroz/Gasto de leña” varía considerablemente.
- Escuelas rurales: revisar la precisión de la ubicación de los establecimientos escolares, actualizar el listado de las escuelas que consumen biomasa con fines energéticos y cuantificar el volumen consumido.
- Residencial: verificar las estimaciones realizadas, dado que al no existir datos sistemáticos sobre el consumo residencial de leña o carbón vegetal en la provincia, se optó por estimarlo. Asimismo, relevar las comunidades rurales que consumen biomasa con fines energéticos y cuantificar el volumen utilizado. Ampliar el relevamiento, incluyendo el consumo para calefacción y para calentar agua con fines sanitarios.
- Parrillas, panaderías y hotelería: relevar todos los comercios que utilizan biomasa con fines energéticos y cuantificar el volumen de leña o carbón vegetal consumido.
- Ladrilleras: la producción de ladrillos en Corrientes se caracteriza por utilizar técnicas de producción obsoletas y un bajo grado de desarrollo tecnológico, a lo que se suma el grave estado de marginación y desamparo en el que se encuentran los productores informales desde hace largo tiempo. Un número importante de familias desarrolla esta actividad económica. Un relevamiento realizado por la Subsecretaría de Desarrollo Humano de Corrientes tiene datos actualizados de personas que se dedican a la actividad. A esta información hay que incorporarle datos de volumen de producción, ubicación de las ladrilleras y consumo de biomasa para el secado del producto. De esta manera, se puede obtener una correlación entre unidad producida y consumo de leña requerido.

Finalmente, es preciso destacar que los cálculos efectuados de cantidad de biomasa disponible proveniente de las diferentes actividades productivas de Corrientes hacen referencia a la cantidad potencial que esta actividad podría ofertar como máximo. Ahora bien, es crucial efectuar los balances económicos. El análisis económico permitiría identificar regiones abastecedoras de biomasa y la posibilidad real de instalar emprendimientos bioenergéticos.

Bibliografía

- Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA).** 2016. *Relevamiento arrocero provincial. Informe de campaña 2015/16: fin de cosecha. Corrientes.*
- Anlló, G. et al.** 2016. *Biotecnología argentina al año 2030: Llave estratégica para un modelo de desarrollo tecno-productivo* (Proyecto BIRF 7599/AR). Buenos Aires. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- Aparicio, J.L.** 2013. "Impacto de diferentes técnicas de manejo de residuos de cosecha de *Pinus elliottii* y *Eucalyptus grandis* en la estabilidad nutricional de suelos arenosos de Corrientes, Argentina". *Simposio: Suelos, Nutrición y Sitio Forestal en un contexto de Ordenamiento Territorial*. 15-16 de marzo de 2013. Valdivia (Chile).
- Banco Mundial.** 1995. *Vehicle Operating Cost (VOC)*. Versión 3.0. HdM III The Highway Design and Maintenance Standards Model. Washington.
- Caniza, F.J., Aparicio, J.L. y Torres, G.C.** 2013. "Respuestas del pino híbrido (*P. elliottii* x *P. caribaea*) a distintas intensidades de poda en el sudoeste de Corrientes". 4.º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. 23-27 de septiembre de 2013. Puerto Iguazú (Argentina).
- Caniza, F.J. et al.** 2016. "Desarrollo de funciones de índice de sitio para *Eucalyptus grandis* en las planicies arenosas de Corrientes, Argentina". *XVII Jornadas Forestales y Ambientales*, 18-19 de agosto de 2016. Posadas (Argentina).
- Carnevali, R.** 1994. *Fitogeografía de la provincia de Corrientes*. Gobierno de la provincia de Corrientes – INTA.
- Corradini, E.** 2013. *Análisis de diagnóstico tecnológico sectorial tabacalero*. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.
- Crechi, E. et al.** 2011. "Desarrollo de funciones de índice de sitio para *Eucalyptus grandis* cultivado en la Mesopotamia argentina". *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)* Vol. 37 N.º 3.
- DRF.** 2015. *Actualización del inventario de plantaciones forestales de la provincia de Corrientes*. Corrientes (Argentina). Ministerio de la Producción.
- FAO.** 2004. Terminología Unificada sobre la Bioenergía (TUB). Terminología de los dendrocombustibles sólidos. Roma. Departamento Forestal de la FAO.
- FAO.** 2007. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: Especificaciones de las Tablas Nacionales destinadas a FRA 2010*. Documento de trabajo N.º 135. Roma.
- FAO.** 2009. *Análisis del balance de energía derivada de biomasa en Argentina - WISDOM Argentina. Informe Final*. Buenos Aires.
- FAO.** 2010a. *What woodfuels can do to mitigate climate change?* Roma. FAO 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.
- FEDERCITRUS.** 2017. *La actividad cítrica en Argentina* (disponible en <http://www.federcitrus.org/wp-content/uploads/2017/10/Act-Citricola-16.pdf>).
- García, M. de los Á.** 2010. *Fijación de carbono en la biomasa arbórea, la necromasa y el suelo de plantaciones de Eucalyptus grandis con diferentes manejos en vertisoles de la provincia de Entre Ríos*. Tesis para optar al grado académico de Magister en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba (Argentina).
- 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.
- INDEC.** 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Ministerio de Economía. Buenos Aires.
- INDEC.** 2013. *Proyecciones provinciales de población por sexo y grupo de edad 2010-2014*. Buenos Aires. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- INDEC.** 2015. *Ficha de la provincia de Corrientes*. Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Buenos Aires.
- INYM.** 2017. *Informe mensual del sector yerbatero correspondiente a enero-septiembre de 2017*. Posadas (Argentina). Instituto Nacional de la Yerba Mate.
- JICA – Gobierno de Formosa.** 1996. *Estudio sobre el inventario y manejo forestal en la región del Parque Chaqueño en la República Argentina: informe final*. Asociación de Tecnología Forestal del Japón (JAFTA). Kokusai Kogyo CO.
- Kurtz V.D. y Ferruchi, M.R.** 2004. *Poda Forestal. Cartilla Técnica N.º 2*. El Dorado (Argentina). INTA – AER.
- Luna, E.** 2010. *Estudio exploratorio del uso de la leña en escuelas rurales de la provincia de Santiago del Estero*. Trabajo Final de Graduación para la Licenciatura en Ecología y Conservación del Ambiente. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero (Argentina).
- Manrique, S. et al.** 2008. "Potencial energético de biomasa residual de tabaco y ají en el municipio de Coronel Moldes (Salta, Argentina)". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 12*. Salta (Argentina). ASADES.
- Manrique, S. et al.** 2011. Propuesta metodológica para la toma de decisiones sobre bioenergía en un contexto

complejo y diverso. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* N.º 12. Salta (Argentina), ASADES.

Manrique S. y Franco, J. 2012. "Potencial energético de biomasa residual de tabaco y ají en el municipio de Coronel Moldes (Salta, Argentina)". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 16. Salta (Argentina). ASADES.

Mantulak, M.J. y Cruz, E.R. 2005. "La revisión ambiental en la industria arrocera". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 9. Oberá (Argentina).

Martiarena, R.A. 2016. *Efecto de la disponibilidad de recursos sobre la eficiencia de uso y conservación de los nutrientes en función de las condiciones edafoclimáticas, edad y manejo de las plantaciones de Pinus taeda L. en la Mesopotamia argentina*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de La Plata (Argentina).

Masera Cerrutti, O. et al. 2011. *La bioenergía en México. Situación actual y perspectivas*. Cuaderno Temático N.º 4. México. Red Mexicana de Bioenergía AC.

Menéndez, J.L. y La Rocca, S.M. 2007a. *Manual de Análisis de Fuste. Primer inventario nacional de bosques nativos. Segunda etapa. Inventario de campo de la región del Espinal. Distritos Caldén y Ñandubay*. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas (BIRF 4085-AR 1998-2001). Buenos Aires. Dirección de Bosques. S.AyDS.

Menéndez, J.L. y La Rocca, S.M. 2007b. *Informe Regional Espinal. Primer inventario nacional de bosques nativos. Segunda etapa. Inventario de campo de la región del Espinal. Distritos Caldén y Ñandubay*. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas (BIRF 4085-AR 1998-2001). Buenos Aires. Dirección de Bosques. S.AyDS.

Ministerio de Energía y Minería. *Balance Energético Nacional de la República Argentina 2016*. Buenos Aires.

Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas. 2016. *Informes Productivos Provinciales. Corrientes*. Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo Año 1 N.º 2 (disponible en https://www.economia.gob.ar/peconomica/dnper/fichas_provinciales/Informe_Productivo_Corrientes.pdf).

Pérez, V.R. et al. 1993. "Comportamiento de *Shinopsis balansae* Engl. en parcelas ubicadas en el Chaco oriental". *I Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*. Entre Ríos (Argentina).

Pérez, V.R. et al. 1996. "Información dasométrica de una parcela experimental de *Astronium balansae* Engl. en la provincia del Chaco". *III Jornadas Técnicas Forestales del Parque Chaqueño*. Sáenz Peña (Argentina).

Pérez, V.R. et al. 1998. "Crecimiento de especies nativas del bosque alto explotado del Chaco oriental". *IX Jornadas Técnicas Forestales del Parque Chaqueño*.

Rodríguez Faraldo, M. y Zilocchi, H. 2012. *Historia del cultivo del tabaco en Salta*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Salta.

Rosúa, J. y Pasadas, M. 2012. "Biomass potential in Andalusia, from grapevines, olives, fruit trees and poplar, for providing heating in homes". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. 16 N.º 6.

Sabattini, R. et al. 2000a. "Evaluación del crecimiento de *Prosopis* spp. en un monte nativo del centro-norte de Entre Ríos. Multequina 9. Mendoza (Argentina). IADIZA-Conicet.

Sabattini, R.A. et al. 2000b. "Caracterización de montes del centro-norte de Entre Ríos y propuesta de manejo silvopastoril". *Revista de la Facultad de Agronomía* Tomo 20 N.º 1. Buenos Aires. UBA.

Sablich, J. et al. 2011. "Registro de Productores Tabacaleros de la provincia de Corrientes" (inédito). Goya (Argentina). INTA.

SAYDS. 2015. *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Nacional Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas* (Préstamo BIRF 4085-AR). Buenos Aires. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Secretaría de Energía. 2009. *Energías renovables. Diagnóstico, barreras y propuestas*. Buenos Aires. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.

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

Tedesco, M.J. et al. 2011. "Land disposal potential of tobacco processing residues". *Ciência Rural* Vol. 41 N.º 2. Porto Alegre (Brasil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Uasuf, A. y Hilbert, J. 2012. *El uso de la biomasa de origen forestal con destino a bioenergía en la Argentina*. Informes Técnicos Bioenergía 2012 Año 1 N.º 3. Buenos Aires. INTA.

Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF). 2012. *Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo de la República Argentina. Período 2006 – 2011. Regiones Forestales Parque Chaqueño, Selva Misionera y Selva Tucumano Boliviana*. Dirección de Bosques, S.AyDS.

Unidad Operativa Provincial (UOP). 2013. *Relevamiento censal del Sistema de Información Estadística Foresto-Industrial (SIEFIC). Informe técnico año 2013*. Dirección Foresto Industrial. Ministerio de la Producción de Corrientes.

Valentini, G. y Arroyo, L. 2003. *La poda en frutales y ornamentales: Consideraciones básicas*. Boletín de Divulgación Técnica N.º 14. San Pedro (Argentina). INTA.

Anexo I

Marco normativo

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

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

La Ley 26331 tiene aplicación en Corrientes en el marco legal de la Ley provincial 5974/2010, de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos.

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

Anexo II

Clases de coberturas arbóreas adoptadas por el FRA 2000

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

Cuadro 18

Coberturas y definiciones FAO

Fuente

FAO (2010b)

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.

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

Nº 7

COLECCIÓN DOCUMENTOS TÉCNICOS

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

www.fao.org

ISBN 978-92-5-130712-0



9 789251 307120

CA0135ES/1/07.18