

Ingeniería en Recursos Naturales Renovables

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de Cuyo

**La biomasa residual lignocelulósica
como recurso energético renovable
en el Oasis Norte de la provincia de
Mendoza, Argentina**

José Nicolás MARTÍN

Ingeniería en Recursos Naturales Renovables – FCA – UNCUYO

Tesina de grado para aspirar a la obtención del título
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

**La biomasa residual lignocelulósica
como recurso energético renovable
en el Oasis Norte de la provincia de
Mendoza, Argentina**

Tesista: José Nicolás Martín

Director: Dr. Peter Thomas

Mendoza, República Argentina

Año 2014

RESUMEN

El objetivo de esta tesina es evaluar la disponibilidad de biomasa residual lignocelulósica, proveniente de la viticultura, olivicultura y fruticultura, en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza, como recurso energético renovable.

Se utilizan datos del Registro Único de la Tierra para conocer, por distrito, la superficie cultivada de cada especie vegetal. A través de consultas a profesionales locales, recopilación de información y datos de trabajos del ámbito local, nacional e internacional, se identifican coeficientes de disponibilidad de biomasa y las particularidades que condicionan su aprovechamiento. Los datos se procesan con planillas de cálculo y se aplican en la elaboración de mapas y resultados. Por último se comparan los resultados obtenidos con otros provenientes de estudios regionales en la materia.

Los resultados arrojan cifras esperadas y comparables con estudios previos. Se dispone entre 86.286 y 440.669 t*año⁻¹ de biomasa lignocelulósica y entre 1.114.160 GJ*año⁻¹ y 5.856.385 GJ*año⁻¹ de energía según los distintos escenarios evaluados. A nivel del Oasis Norte se puede instalar una planta de generación de energía por incineración de esta biomasa de una potencia entre 8,5 MWe a 76,6 MWe según escenarios. La gran variabilidad de los resultados de cada escenario se debe a la diferencia de factores de Relación de Generación de Residuos y Escobajos, poniendo de manifiesto la importancia de fomentar la investigación en este campo.

AGRADECIMIENTOS

- *A mis padres que me posibilitaron realizar mis estudios y, junto a mis hermanas y sobrinos de aquí y allá, permanentemente me apoyaron y apoyan para seguir creciendo.*
- *A mi director y amigo, Tom, que desde un principio puso su predisposición, tiempo y esfuerzo en la consecución de este logro.*
- *A mis amigos de “la facu” que siempre estuvieron y están presentes.*
- *A aquellos profesionales que me brindaron su tiempo y recursos para concretar esta tesina.*
- *A los profesores que crearon esta hermosa carrera y día a día aportan a su crecimiento.*
- *A todos los demás colaboradores, que sin mención específica, también se le agradecen sus aportes.*
- *Al sistema educativo gratuito, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Universidad Nacional de Cuyo.*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución temporal de la biomasa proveniente de la agricultura y agroindustria.....	37
Tabla 2. Relación de generación de residuos R_i según escenarios para cada tipo de cultivo.	42
Tabla 3. Relación de generación de residuos R_e según escenarios para escobajos.	43
Tabla 4. Características energéticas de residuos biomásicos.	52
Tabla 5. Poder calorífico inferior de escobajo de uva.....	52
Tabla 6. Superficie cultivada por departamento y oasis en la provincia de Mendoza.....	62
Tabla 7. Biomasa potencial para el Oasis Norte de Mendoza.....	66
Tabla 8. Biomasa disponible para el Oasis Norte de Mendoza (valores sin factor ALo incorporado en el cálculo).....	67
Tabla 9. Biomasa disponible según tipo de biomasa para el Oasis Norte de Mendoza....	68
Tabla 10. Biomasa disponible de poda para el Oasis Norte de Mendoza considerando factor ALo.....	68
Tabla 11. Biomasa disponible en el Oasis Norte de Mendoza.	68
Tabla 12. Biomasa disponible por quincena y hora según escenario.....	74
Tabla 13. Potencial biomásico en el Oasis Norte de Mendoza.....	75
Tabla 14. Biomasa disponible de poda según autores en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza.....	76
Tabla 15. Superficie cultivada por especie, Oasis Norte de Mendoza.....	77
Tabla 16. Comparación de biomasa disponible en un radio de 15 km alrededor de la localidad de San Martín Ciudad.....	78
Tabla 17. Energía potencial para el Oasis Norte de Mendoza.	80
Tabla 18. Energía disponible para el Oasis Norte de Mendoza.....	80
Tabla 19. Energía disponible en el Oasis Norte para parcelas mayores a 4 ha.....	81
Tabla 20. Potencia eléctrica media de una planta generadora por incineración.....	81

Tabla 21. Ejemplo de plantas de generación de similar potencia eléctrica en la provincia de Mendoza.....	81
Tabla 22. Relación de generación de residuos R_i según escenarios para cada tipo de cultivo.	108
Tabla 23. Relación de generación de residuos R_i según distintos autores considerados dentro del trabajo de Puigdevall & Galindo, (2006).	110
Tabla 24. Relación de generación de residuos R_i según distintos autores para cada tipo de cultivo.....	111
Tabla 25. Relación de generación de escobajos R_e según escenarios.....	112
Tabla 26. Relación de generación de escobajos R_e según distintos autores.	112
Tabla 27. Procesos, productos y aplicaciones de la biomasa mediante procesos térmicos.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. División política de la provincia de Mendoza.....	27
Figura 2. Oasis de la provincia de Mendoza.	29
Figura 3. Poda resultante de frutales.	34
Figura 4. Dibujo de las partes de un racimo de uva.	35
Figura 5. Campo de disposición final de escobajos de una bodega mendocina.....	37
Figura 6. Diagrama de Flujo de Datos utilizado en la base de datos.....	57
Figura 7. Shape de la extensión del Oasis Norte de Mendoza con división de distritos. .	58
Figura 8. Proceso de creación del shape de distritos.....	60
Figura 9. Mapa de usos del suelo del Oasis Norte de Mendoza.	83
Figura 10. Procesos de producción de biocombustibles	116
Figura 11. Esquema de una instalación para combustión de biomasa.....	119
Figura 12. Esquema de una caldera comercial de biomasa de la empresa española Proingeniería	120
Figura 13. Esquema de un proceso de pirolisis para la obtención de combustibles líquidos.....	121
Figura 14. Esquema de un proceso de gasificación sencillo.	122
Figura 15. Proceso de obtención de gas de síntesis y de hidrocarburos.....	123
Figura 16. Gasificador de biomasa de 250 kW.....	124

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribución de superficies según tipo de cultivo en estudio, en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza.....	63
Gráfico 2. Distribución del número de parcelas cultivadas según la superficie cultivada por parcela, Oasis Norte de la provincia de Mendoza.	64
Gráfico 3. Distribución de la superficie cultivada total según la superficie cultivada por parcela, Oasis Norte de la provincia de Mendoza.	65
Gráfico 4. Distribución temporal de la biomasa para el escenario Mínimo en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza.....	70
Gráfico 5. Distribución temporal de la biomasa para el escenario Local en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza.....	70
Gráfico 6. Distribución temporal de biomasa potencial y disponible en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza – Escenario Mínimo.	72
Gráfico 7. Distribución temporal de biomasa potencial y disponible en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza - Escenario Local.	72
Gráfico 8. Distribución temporal de biomasa disponible en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza según escenarios - Parcelas mayores a 4ha.	73
Gráfico 9. Evolución de la biomasa disponible en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza para el escenario Mínimo a lo largo de 2 (dos) años.	74
Gráfico 10. Distribución temporal de biomasa en los distritos abarcados en un radio de 15 km alrededor de San Martín Ciudad – Escenario Local -	79

CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	14
1.1 Introducción.....	14
1.2 Definiciones.....	15
1.3 Antecedentes	18
1.4 Justificación.....	21
1.5 Objetivos	24
1.5.1 Objetivo general.....	24
1.5.2 Objetivos específicos	24
CAPITULO 2: ALCANCE DEL ESTUDIO.....	24
2.1 Aspectos geográficos de la zona de estudio.....	27
2.1.1 Ubicación y extensión	27
2.1.2 Características climatológicas.....	30
2.1.3 Descripción socio-económica.....	30
2.2 Biomasa considerada	32
2.2.1 Tipos de biomasa.....	32
2.2.2 Procesos de generación de biomasa y su distribución temporal	33
CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1 Materiales.....	38
3.1.1 Fuentes de datos consultadas	38
3.1.2 Capas base para la elaboración del SIG	39
3.1.3 Software y Hardware	40
3.2 Métodos	40

3.2.1 Algoritmos de cálculo y Factores de Disponibilidad.....	40
3.2.2 Cálculo de la energía disponible	50
3.2.3 Elaboración de la base de datos e implementación en el Sistema de Información Geográfica.....	53
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.1 Biomasa potencial y disponible	66
4.1.1 Disponibilidad temporal.....	69
4.1.2 Comparación con estudios previos	75
4.2 Energía potencial y disponible.....	79
4.3 Mapas	82
4.4 Reflexiones finales	98
CAPÍTULO 6: BIBLIOGRAFÍA	100
6.1 Bibliografía citada.....	100
6.2 Bibliografía consultada	103
6.3 Entrevistas	104
6.4 Sitios web consultados	104
ANEXOS.....	107
Anexo I. Coeficientes utilizados en el desarrollo de la tesina.....	108
Anexo II: Consideraciones y observaciones en relación al desarrollo de la tesina.	113
A.II.I Dificultades y observaciones encontradas.....	113
A.II.II Líneas de investigación a desarrollar.....	114
A.II.III Comentarios acerca del alcance de esta tesina.....	115
Anexo III. Reseña de las tecnologías de aprovechamiento energético termoquímico de la biomasa residual seca	116

A.III.I Combustión directa.....	117
A.III.II Pirolisis.....	120
A.III.III Gasificación.....	121

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

“La biomasa, que incluye recursos de naturaleza orgánica no fosilizados, fue la primera y única fuente energética utilizada por el hombre hasta el advenimiento del carbón” (Karekezi et al. 2004 en Manrique, Franco, Núñez, & Seghezzo 2008) y “sigue constituyendo una de las principales fuentes energéticas de la humanidad” (IEA, 2009 en Manrique, Franco, Núñez, & Seghezzo 2008).

La producción agrícola y agroindustrial del Oasis Norte de Mendoza genera subproductos, con energía almacenada que actualmente es subutilizada, como por ejemplo: restos de poda de frutales, vid y olivo, virutas y aserrines de los aserraderos, orujos, escobajos, carozos y restos verdes de la horticultura. La incineración en pilas a los costados de los caminos, el entierro y la contratación de servicios de recolección con un destino incierto del producto, son prácticas comunes para deshacerse de estos subproductos generando un impacto negativo hacia el ambiente en el que se insertan. Por otro lado, la disposición adecuada exige una inversión importante para empresas conserveras, aceiteras y bodegas.

“Actualmente, la demanda energética y la contaminación ambiental son dos preocupaciones a nivel mundial. Por tal motivo, el uso de la biomasa residual puede contribuir a mitigar ambas preocupaciones” (Fernández, Alayón, Panero, Nazario Pedernera, & Stefanini, 2010). “Se estima que en promedio, la biomasa contribuye con el 14% de la oferta total de energía primaria a nivel mundial” (González Velasco, 2009). El Plan Estratégico Provincial Mendoza 2030 hace alusión a una “matriz energética escasamente diversificada y fuertemente dependiente de los hidrocarburos”, constituyendo esto un llamado a la acción dentro del campo de estudio de cada profesional involucrado.

El generador de biomasa residual puede entonces pensar que los residuos biomásicos no son ya un problema sino una oportunidad. Otros productores, empresarios o ciudadanos, no vinculados directamente con la actividad vitícola, olivícola y frutícola, podrán hacer uso de ese recurso antes problemático. La sinergia emergente del proceso genera el fortalecimiento de las redes de cooperación motivando acuerdos entre diversos actores que fomenten el asociativismo y la creación de tecnología in-situ que responda a la real necesidad local.

El autor de esta tesina aporta al conocimiento de la temática con una estimación, tan certera como lo permiten los datos de base, del volumen de residuos biomásicos lignocelulósicos producidos. Con esto se pretende generar el puntapié inicial para comenzar nuevas líneas de investigación y acción que superen el ámbito académico para concretar proyectos a nivel de oasis y Provincia. Entre ellas cuentan como ejemplo el relevamiento de las necesidades energéticas en la Provincia y como darle solución a partir de las energías alternativas de fuentes renovables y el estudio de la disponibilidad y aprovechamiento de las fuentes de energía alternativa.

1.2 Definiciones

Se incluyen en este apartado los conceptos utilizados y de interés del lector para comprender el desarrollo del trabajo.

- Biomasa: *“es toda masa viviente que existe sobre la Tierra, o, más exactamente, en una estrecha capa superficial de la misma denominada Biósfera. La biomasa constituye un sistema que la Naturaleza utiliza para almacenar energía”* (González Velasco, 2009). *“La energía de la biomasa proviene en última instancia del Sol. Mediante la fotosíntesis el reino vegetal absorbe y almacena una parte de la energía solar que llega a la Tierra; las células vegetales utilizan la radiación solar para formar sustancias orgánicas a partir de sustancias simples y del CO₂ presente en el aire”* (Nogués & Royo Herrer, 2002).

- Biomasa primaria: *“es la originada en cultivos energéticos y residuos agrícolas o forestales”* (Manrique, Franco, Núñez, & Seghezzo, 2008).
- Biomasa secundaria: *“originada a partir de residuos de industrias de transformación tales como papeleras, madereras o agroalimentarias”* (Manrique, Franco, Núñez, & Seghezzo, 2008).
- Biomasa residual lignocelulósica agrícola y agroindustrial: Fernández, Alayón, Panero, Nazario Pedernera, & Stefanini (2010) entienden a la biomasa residual como los *“residuos orgánicos provenientes de actividades agrícolas, ganaderas, forestal, etc.”*. Cerdá (2012) menciona que según diversas directivas de la Unión Europea la biomasa es la *“fracción biodegradable de productos, deshechos y residuos de la agricultura (incluyendo substancias vegetales y animales), silvicultura e industrias relacionadas, así como la fracción biodegradable de los residuos municipales e industriales”*. Aquí el concepto introducido por Cerdá (2012) denominado “biomasa” podría asemejarse más al de “biomasa residual” y por ello se incluye en este lugar. Carrillo (2004) en Manrique, Franco, Núñez, & Seghezzo (2008) hace referencia a la biomasa lignocelulósica como aquella *“cuyos componentes principales son celulosa, hemicelulosa y lignina”* y continúa el texto citando a Posluszny, (1996); FAO, (2003); Bonilla, (2005); Padrón Pérez, (2005) *“este tipo de biomasa es la susceptible de ser valorizada en combustión, gasificación o pirólisis”*.
Algunos ejemplos de este tipo de biomasa son la cáscara de almendra, el escobajo, las podas de frutales, residuos de la industria forestal como el aserrín, entre otros.
- Dendroenergía: *“energía obtenida a partir de biomasa leñosa”* (Patiño Diez & Smith Quintero, 2008).
- Oasis Norte: se adopta en esta tesina la definición del Plan Director del río Mendoza y del Plan Director del río Tunuyán que mencionan al Oasis Norte de

la provincia de Mendoza como el área cultivada irrigada por los ríos Mendoza y Tunuyán Inferior. El autor de esta tesina comprende que dentro de esta área se contemplan también todas las parcelas cultivadas que hacen uso de aguas subterráneas.

Dentro de la cuenca irrigada por el río Mendoza se incluyen los departamentos de Lavalle, Las Heras, Guaymallén, Godoy Cruz, Ciudad, Maipú, los distritos de San Martín: El Central, El Divisadero, Nueva California y Tres Porteñas y el departamento de Luján de Cuyo con excepción del distrito El Carrizal.

La cuenca irrigada por el río Tunuyán Inferior incluye los departamentos de Junín, La Paz, Rivadavia, Santa Rosa, el distrito de El Carrizal en Luján de Cuyo y los demás distritos de San Martín: Alto Salvador, Alto Verde, Buen Orden, Chapanay, Chivilcoy, El Espino, El Ramblón, Las Chimbas, Montecaseros, Palmira y San Martín.

- Sistema de Información Geográfico (SIG): *“sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión”* (Domínguez Bravo, 2000).
- CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. En la web de este organismo se detalla que *“el CONICET es el principal organismo dedicado a la promoción de la ciencia y la tecnología en la Argentina. Su actividad se desarrolla en cuatro grandes áreas: ciencias agrarias, ingeniería y de materiales, ciencias biológicas y de la salud, ciencias exactas y naturales, ciencias sociales y humanidades”*.
- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Las siglas provienen del inglés Food Agriculture Organization.
- IDR: Instituto de Desarrollo Rural.

- IGN: Instituto Geográfico Nacional. *“Su misión principal es representar el territorio nacional a través de la cartografía oficial y velar para que los mapas de la República Argentina que se confeccionen, ingresen o circulen en el país se ajusten a dicha cartografía oficial”* (Web del Instituto Geográfico Nacional).
- INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- INV: Instituto Nacional de Vitivinicultura.
- ISCAMEN: Instituto de Sanidad y Calidad Agropecuaria Mendoza. *“Organismo de aplicación de las leyes nacionales (por convenio) y de las provinciales en todo lo referido a la protección fitozoosanitaria de la Provincia de Mendoza, posee incumbencias en el control y fiscalización de semillas; sanidad vegetal, sanidad animal en Barreras y uso racional de agroquímicos, entre otros temas”* (Web de ISCAMEN).
- RUT: Registro Único de la Tierra.
- WISDOM: Woodfuel Integrated Supply / Demand Overview Mapping, *“Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles”*.

1.3 Antecedentes

Actualmente en el país se publican sobre este tema trabajos elaborados por entidades como el INTA, Universidades Nacionales, el CONICET y recientemente por parte del Estado Nacional. Cabe mencionar como referente el Programa Nacional de Bioenergía desarrollado por INTA dentro del cual se detalla como uno de sus objetivos particulares la *“generación de información científico técnica para la toma de decisiones del sector público y privado en bioenergía”*.

Desde la Universidad Nacional de Salta se han publicado trabajos referidos a la cuantificación de recursos biomásicos en esa y otras provincias, por medio del uso de sensores remotos satelitales, ensayos a campo y fuentes de datos de organismos estatales, por mencionar algunos.

En la provincia de Mendoza se cuenta con dos¹ trabajos que abordan la temática desarrollada en esta tesina, uno de ellos elaborado por el INTA titulado *“Bioenergía como vehículo de valoración de las cadenas agro foresto industriales regionales, para el desarrollo de las comunidades locales. Perspectivas de desarrollo con criterios de sustentabilidad ecológica, social y económica”* (Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert, (s.f.)), presenta un estudio de la potencialidad de biomasa de la Provincia, utilizando la metodología de FAO denominada WISDOM (Woodfuel Integrated Supply / Demand Overview Mapping). La misma utiliza fuentes de información existentes en la región de estudio (censos agrícolas, bases de datos cartográficos entre otras) e imágenes satelitales. En relación a este estudio, el documento *“Análisis espacial de la producción y consumo de biocombustibles aplicando la metodología de Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles”* (FAO, 2009), comúnmente conocido como “Wisdom Argentina”, utilizando la misma metodología presenta el relevamiento a nivel nacional de los recursos biomásicos disponibles.

El segundo trabajo fue elaborado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, titulado *“Estado actual y perspectivas de la producción de bioenergía a partir de residuos y subproductos de la cadena vitivinícola y olivícola-olearia en la República Argentina”* (Araniti, y otros, 2012). Se analiza el estado del arte, el potencial y las principales dificultades y oportunidades que ofrece la República Argentina, para la utilización de los residuos y subproductos de las cadenas productivas vitivinícola y olivícola-oleícola (especialmente referenciadas para la región de Cuyo), a los fines de poder entregar un estudio preliminar orientativo del uso de esta biomasa para la generación de biogás dirigida a la producción de energía eléctrica y térmica. Atiende además a los residuos que pueden destinarse a generar energía a partir de su combustión.

¹ Fé de erratas: se encontraron tres trabajos faltando mencionar “Analysis of the potential production and the development of bioenergy in the province of Mendoza” de Flores Marco, Silva Colomer, Anschau, Carballo, & Hilbert (2010).

El IDR ha creado una herramienta en línea denominada Ecoatlas, que permite conocer mejor el territorio rural a través del uso de un servidor de mapas temáticos. Brinda la posibilidad de consultar mapas existentes o de crear nuevos mapas usando como base las capas allí disponibles. Esta plataforma en línea podría ser apta para instalar las capas de disponibilidad de biomasa por distrito, en una primera etapa del Oasis Norte y luego de toda la Provincia.

Desde la Secretaría de Energía de la Nación, el proyecto para la promoción de la energía derivada de la biomasa, denominado “*Probiomasa, Energía Firme y Limpia para crecer*” tiene como objetivo incrementar la producción de energía derivada de biomasa a nivel local, provincial y nacional para asegurar a la sociedad un creciente suministro de energía renovable, limpia, confiable y competitiva mientras se abren nuevas oportunidades para el desarrollo del sector agropecuario, forestal y agroindustrial del país.

A nivel internacional existen importantes avances en la investigación y desarrollo de aprovechamiento energético de biomasa. El proyecto europeo Biomassud, generado por un consorcio de organizaciones del sector de biomasa de España, Francia y Portugal, tiene como objetivo el diseño y la implementación de mecanismos de soporte que ayuden al desarrollo de un mercado sostenible de la biomasa sólida. Una de sus herramientas es un Sistema de Información Geográfica en línea que enseña la ubicación y datos de productores de biomasa y agentes de gestión.

En Leipzig, Alemania, existe desde 2008 el Centro Alemán para la Investigación de Biomasa (Deutsches Biomasse Forschungs Zentrum o DBFZ por sus siglas en alemán). El trabajo del DBFZ consiste en la investigación orientada a la sostenibilidad, la aplicabilidad y la tecnología para la integración eficiente de la biomasa como recurso valioso para la generación de energía.

Un último caso para destacar es el proyecto Europruning “Desarrollo e implementación de una, nueva e inexistente, cadena de logística de biomasa proveniente de la poda”. Busca realzar la importancia del material de poda como

fuelle de energía alternativa, poniendo en funcionamiento en tres regiones representativas de las distintas condiciones climáticas europeas (Zaragoza en España, Burdeos en Francia y Postdam en Alemania) demostradores piloto de las cadenas logísticas de aprovechamiento (cosecha, transporte, almacenamiento y entrega de biomasa al consumidor final).

1.4 Justificación

“La matriz energética argentina está basada en un 94% en los combustibles fósiles” (Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert, (s.f.)). En la provincia de Mendoza, para el año 2006, se produjo *“un consumo energético total de 2.475,3 miles de toneladas equivalentes de petróleo (kTEP), de las cuales el 0,7% fue de fuentes primarias (leña y otros primarios) y el 99,3% fueron de fuentes secundarias (electricidad, gas distribuido por redes, gas licuado, motonaftas, gas oil, etc.). Dentro de las fuentes secundarias, la de mayor importancia fue el gas distribuido por redes, que satisfizo el 50,3% del consumo total de energía, seguido por el gas oil con un 23,5% del total y un 15% de electricidad”* (Instituto Regional de Estudio Sobre Energía, 2007). Según el informe, inmediatamente antes citado, un 83,8% de la energía provino de fuentes fósiles y un 15% de energía eléctrica, de la cual 6,7% es de origen hidroeléctrico y 8,3% de origen fósil.

Las demás fuentes renovables, como eólica, solar, biomasa, geotermia y otras, no han sido implementadas a gran escala. *“Este hecho, muestra la necesidad de diversificar la matriz incorporando paulatinamente fuentes de energía renovables (eólica, solar, hidráulica, biomasa, etc.)”* (Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert, (s.f.)).

La problemática energética, que se manifiesta a través del aumento de la demanda de energía, el agotamiento de los recursos fósiles actualmente en explotación, la falta de inversión en exploración y explotación de nuevos yacimientos y el reconocimiento del impacto ambiental negativo de la actividad petrolera, entre otros

factores, motiva la búsqueda de nuevas fuentes de energía. “El BP (Beyond Petroleum, 2008) indica que en el año 2007 la relación promedio mundial R/P (reservas/producción), que señala la longitud de tiempo que las reservas permanecerán si la producción continúa a la tasa considerada, es de aproximadamente 42 años para la declinación del petróleo, de 60 años para el gas natural, y de 133 años para el carbón –con diferencias regionales” (Manrique, Franco, Núñez, & Seghezzeo, 2011). “Las fuentes de energía renovable, entre las que se incluyen la energía solar, eólica, biomasa, hidráulica, geotérmica, mareomotriz y otras energías marinas, pueden suministrar energía por periodos indefinidos de tiempo generando menor contaminación que los combustibles fósiles o combustibles nucleares” (Manrique, Franco, Núñez, & Seghezzeo, 2011).

Por su parte, se reconoce la presencia de recursos biomásicos subutilizados que a su vez suelen constituirse en problemas para sus generadores, contaminando la atmosfera, aguas y suelos, motivando la búsqueda de soluciones. “En el proceso de elaboración, la materia prima se transforma y da como resultado no solamente el producto final (vinos, conservas y aceite) sino también una serie de desechos cuya eliminación conduce a un proceso de contaminación de los distintos elementos del medio ambiente, aire, agua, suelo” (Becerra de Garramuño & Prieto de Álvarez, 1996).

La energía renovable se presenta como uno de los actores principales para la resolución de estas dos problemáticas y “el uso de la biomasa residual puede contribuir a mitigar ambas preocupaciones” (Fernández, Alayón, Panero, Nazario Pedernera, & Stefanini, 2010).

Por su parte, “en las últimas décadas se ha venido repitiendo el fenómeno de urbanización creciente, desalentándose la radicación en zonas rurales” (Departamento General de Irrigación, 2006). Como ventaja de fomentar la energía renovable se cita a Zanzi, (2007) en Huerga & Venturelli, (s.f.), que considera que “la producción de energía en pequeña escala, utilizando fuentes de energías renovables, le permiten al

pequeño productor agropecuario desarrollarse sin tener que trasladarse a centros urbanos”.

La implementación de las energías renovables no ha tenido un avance como el desarrollado en otros países vecinos como Chile, Brasil y Uruguay. En Argentina, *“el complejo carácter intersectorial de la dendroenergía, que afecta a los sectores de la energía, silvicultura, agricultura y desarrollo rural, se traduce en una fragmentación de las capacidades institucionales, dejando al tema de la dendroenergía como el negocio de nadie”* (FAO, 2009).

Recientemente y desde la aparición de la normativa de fomento de energías renovables (Ley Nacional N° 26.190 del año 2006, Ley Provincial N° 7.822 del año 2008 y programas como GENREN, PROBIOMASA, entre otros), sumado al aumento del costo de los combustibles fósiles, se comienza a considerar la implementación, con mayor énfasis, de las energías renovables.

El aprovechamiento de los recursos biomásicos requiere del conocimiento de su disponibilidad a nivel local. *“La identificación clara del potencial local o regional de generación de biomasa es el primer paso para la toma de una decisión fundamentada sobre la factibilidad de generación de energía a partir de esos recursos”* (Manrique, Franco, Núñez, & Seghezze, 2008).

La metodología de esta tesina usa como base la de Puigdevall & Galindo (2006) y la modifica usando fuentes de datos locales de alto valor provenientes del RUT permitiendo conocer con el mayor nivel de certeza posible la superficie cultivada de cada cultivo por distrito y con esto la biomasa disponible. Se pierde el nivel de información a nivel de píxel de la metodología WISDOM pero se gana en certeza de datos presentándolos a nivel de distrito.

Dado que la base de datos completa del RUT, que contiene la ubicación precisa de cada parcela, no es accesible para el público en general, en esta tesina la información se puede presentar a nivel distrito que es la menor división administrativa disponible públicamente. En el caso de ser posible, y bajo condiciones de

confidencialidad, se podría utilizar el RUT completo brindando el máximo nivel de detalle existente.

La nueva metodología, de acceso público, procesamiento sencillo y muy bajo costo permite al usuario tener información confiable a nivel de distrito como punto de partida para la evaluación de los recursos biomásicos en su localidad.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Evaluar la disponibilidad de biomasa residual lignocelulósica en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza como recurso energético renovable.

1.5.2 Objetivos específicos

- Cuantificar el potencial de generación de biomasa residual en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza.
- Calcular la biomasa disponible en base a criterios de sustentabilidad, disponibilidad temporal y accesibilidad física, logística y legal.
- Generar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que detalle la disponibilidad de biomasa residual y energía, para cada distrito del Oasis Norte de la provincia de Mendoza.
- Comparar los datos obtenidos con los estudios previos existentes de la región como forma de validación de la metodología utilizada.

CAPITULO 2: ALCANCE DEL ESTUDIO

Para delimitar el alcance de la presente tesina se hizo enfoque en los residuos de la agricultura y la agroindustria de tipo lignocelulósicos.

Los residuos de poda de arbolado público, restos de aserraderos, chala de ajo, borras, orujos, mostos, alperujos, efluentes líquidos de la agroindustria como el

alpechín y también los residuos y efluentes de mataderos, galpones de pollos y gallinas ponedoras no se incluyen en esta tesina.

La poda de arbolado público se puede dividir en dos fracciones, la fracción gruesa constituida por troncos y ramas de mas de 3 cm de diámetro, y la fracción fina de hasta 3 cm de diámetro. Estos residuos son gestionados por las municipalidades. En general la fracción gruesa es desechada en vertederos o llevada a empresas madereras, para su aprovechamiento industrial, y a barrios carenciados de la periferia de Mendoza, para uso en calefacción y cocción de alimentos. La fracción fina es desechada en vertederos junto a los residuos sólidos urbanos. En una entrevista realizada en abril de 2013, Herrera (2013), comenta al respecto que los censos de arbolado público que se han llevado a cabo en algunos departamentos del Área Metropolitana de Mendoza, no contemplan entre los datos a relevar y relevados, la producción de biomasa o cualquier otro parámetro que permita estimar la producción de biomasa anual. Esta biomasa no se considera ya que para conocer el volumen producido se debe hacer una investigación específica que abarque entrevistas a todas las municipalidades involucradas, mediciones a campo de la poda recolectada y un conocimiento preciso de cantidad y características de árboles existentes.

En cuanto a los restos de aserraderos, como aserrines, virutas y restos de madera, se consultó a Carlos Daparo, entonces gerente de la Asociación de Empresarios Madereros y Afines de Mendoza (ADEMA) sobre el destino de los residuos de esta actividad a lo que respondió que *“en la provincia de Mendoza existen 120 aserraderos inscriptos en ADEMA de los cuáles el 100% venden su producción de virutas, aserrines y restos de madera a empresas de fabricación de placas aglomeradas”* (Daparo, 2013).

Por otro lado existen residuos no leñosos como ser las chalas de ajo, orujos de oliva y vid, que podrían convertirse energéticamente por medio de un proceso térmico. *“La producción de chala de ajo, a razón de 21.000 toneladas anuales, se concentra en los galpones de empaque del área periurbana de Mendoza”* (Burba, 2012). No se

encontraron referencias acerca del uso energético de la chala. Sumado a esto, Burba (2012) informó que desde el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), se persigue que el agricultor corte en finca las hojas y las entierre, constituyéndose como ventajas de esta operación:

- *“disminuir la contaminación (atmosférica) por quemado de las hojas en los galpones de empaque,*

- *evitar la dispersión de inóculo de enfermedades de hoja durante el manejo y transporte,*

- *aprovechar los residuos para mejorar el nivel de materia orgánica en los suelos y,*

- *retener la mano de obra rural en las zonas de producción”.*

Dado que las recomendaciones apuntan a dejar la chala en el campo, no estaría disponible para su aprovechamiento energético y por ello no se considera en esta tesina.

Los residuos biomásicos tales como borras, orujos, mostos, alperujos, efluentes líquidos de la agroindustria como el alpechín y también los residuos y efluentes de mataderos, galpones de pollos y gallinas ponedoras, no son tenidos en cuenta dentro de esta tesina. En parte, por considerarse que el proceso que permite la obtención de energía de ellos, principalmente la metanización, es más complejo y requiere un estudio más profundo y puntual de su disponibilidad y del proceso de aprovechamiento. Por otro lado, Araniti, y otros (2012), menciona que los orujos y borras con alcohol son enviados a destilería para la obtención de alcohol y ácido tartárico, y ya agotados se aprovechan como abonos orgánicos o como combustible directo.

Estudios posteriores podrán y deberán abordar casos particulares de investigación en cada uno de los campos vacantes que no se consideran aquí.

2.1 Aspectos geográficos de la zona de estudio

A continuación se describirá la zona de estudio y la forma en que las diferentes actividades ocupan el territorio en el que se inserta el Oasis Norte de la provincia de Mendoza.

2.1.1 Ubicación y extensión

La zona de estudio, está ubicada al norte de la provincia de Mendoza y conformada por la superficie de tierra cultivada e irrigada por las aguas de los ríos Mendoza y Tunuyán Inferior. En la Figura 1 se puede identificar los departamentos mencionados, su ubicación relativa en la Provincia y en el País.

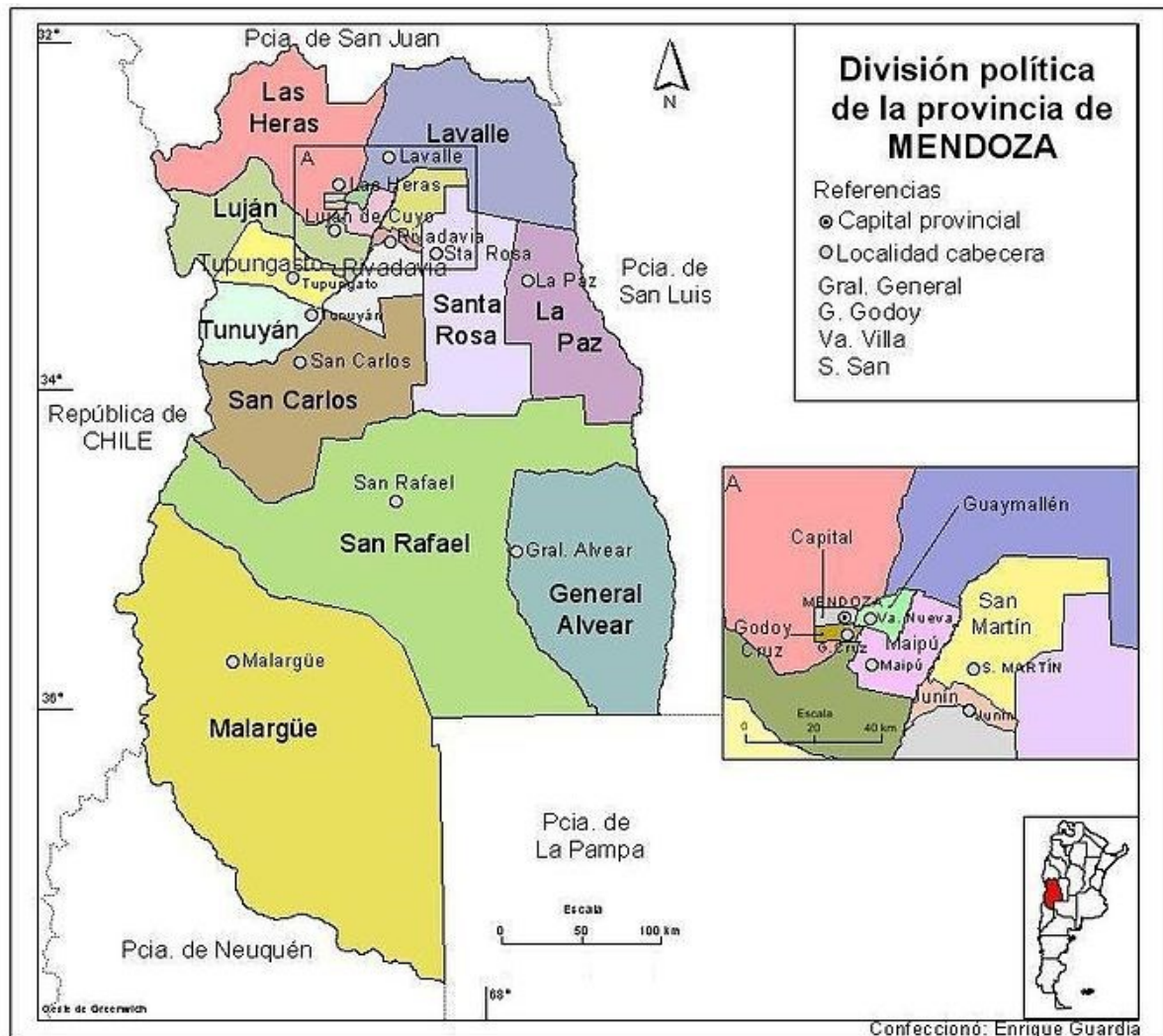


Figura 1. División política de la provincia de Mendoza.

Fuente: Guardia (2012).

La provincia de Mendoza se encuentra en el Centro-Oeste de la República Argentina, formando parte de la región Cuyo. Según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas de 2010 tiene una superficie de 148.827 km² (5,35% de la superficie nacional) y se encuentra ubicada entre los paralelos de 32° y 37° 33' de latitud Sur, y los meridianos de 66° 30' y 70° 36' de longitud Oeste. Limita al Norte con la provincia de San Juan, al Este con la provincia de San Luis y al Sur con las provincias de La Pampa y Neuquén. Al Oeste se encuentra la Cordillera de Los Andes y la República de Chile.

En la Figura 2 se indican la ubicación y extensión de los oasis de Mendoza. Podemos distinguir cuatro oasis: Oasis Norte, Oasis del Valle de Uco u Oasis Centro, Oasis Sur y Oasis de Malargüe.

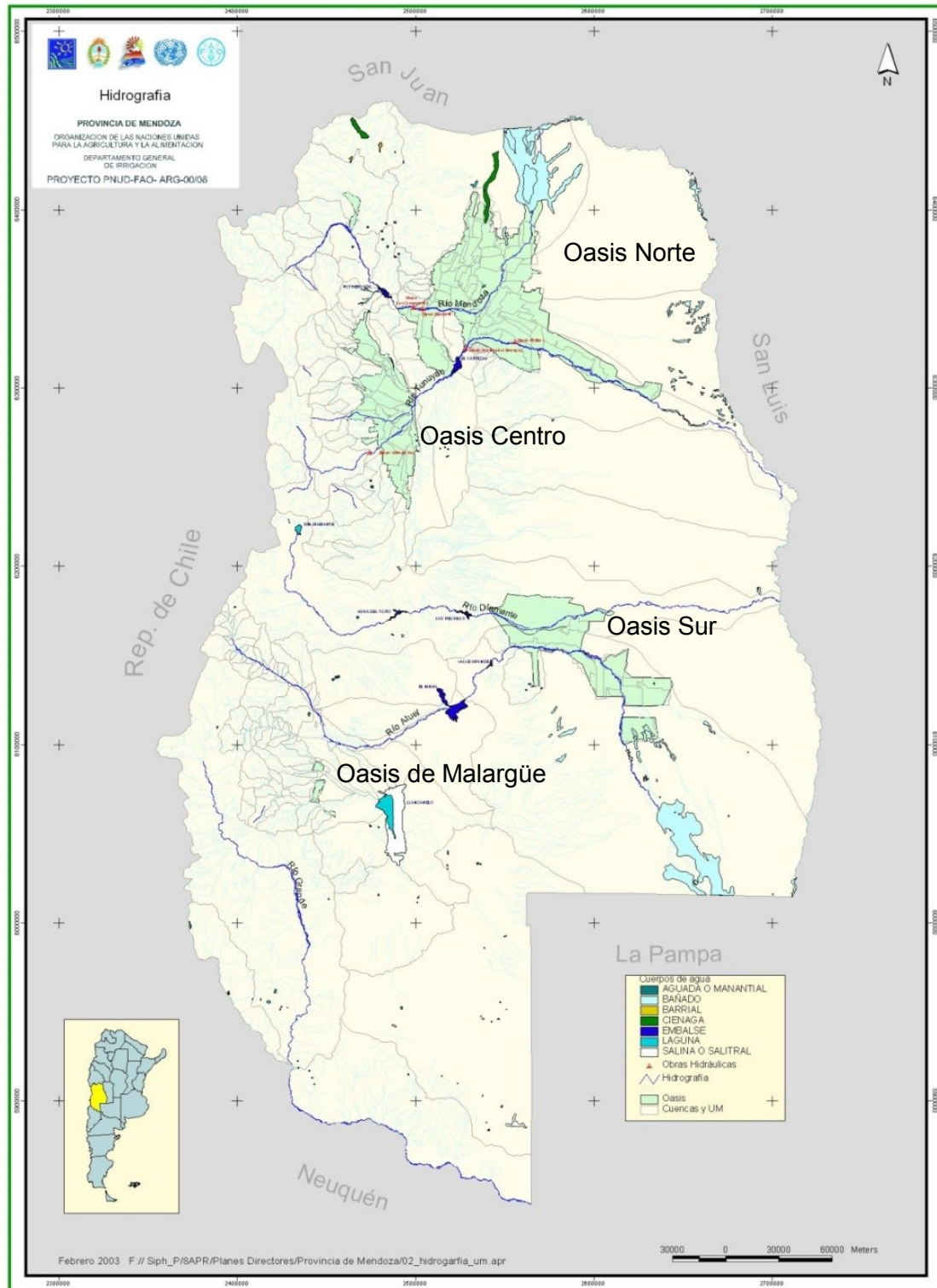


Figura 2. Oasis de la provincia de Mendoza. Fuente: DGI (2006).

“El Oasis Norte está comprendido por las cuencas de riego de los ríos Mendoza y Tunuyán Inferior, con una extensión máxima de 111 km entre 32° 28' y 33° 28' S y

140 km entre 67° 31` y 69° 01` O. El área irrigada por el río Mendoza es de 158.000 hectáreas y el irrigada por el Tunuyán Inferior de unas 101.400 hectáreas” (Departamento General de Irrigación, 2006). En total el área irrigada por ambos ríos que conforman el Oasis Norte es de 259.400 hectáreas.

2.1.2 Características climatológicas

El área en estudio se caracteriza por tener un *“clima desértico; cálido moderado en la llanura, y templado en la zona precordillerana”* (Departamento General de Irrigación, 2006).

“La precipitación media anual promedio es de 224 mm, haciendo que la agricultura en casi toda la Provincia solo sea posible mediante la sistematización del riego” (Departamento General de Irrigación, 2006). Esto genera la concentración de las áreas cultivadas alrededor de las zonas de disponibilidad de agua, principalmente los ríos, formando oasis.

“Los factores determinantes del clima, la altitud respecto al nivel del mar y latitud geográfica; la lejanía al Océano Atlántico y la anteposición de la cordillera de los Andes a los vientos húmedos provenientes del Océano Pacífico, hacen que no exista atemperización de los parámetros meteorológicos y por lo tanto el clima es del tipo continental. Consecuencia de esto, son las grandes variaciones estacionales de las condiciones atmosféricas” (Departamento General de Irrigación, 2006), posibilitando el cultivo de especies frutales como las estudiadas en esta tesina.

2.1.3 Descripción socio-económica

2.1.3.1 Población

La provincia de Mendoza cuenta con 1.738.929 habitantes según el censo de población de 2010, de los cuáles el 72% (1.247.168 habitantes) vive en el área correspondiente al Oasis Norte.

“El 89% (más de 900.000 habitantes) de la población de la cuenca del río Mendoza, habita en zonas urbanas; mientras que el resto lo hace en zonas rurales” (Departamento General de Irrigación, 2006). *“En cuanto a la distribución de su población, una particularidad que arroja Mendoza recae en su polaridad, donde el 97% de los habitantes ocupa los tres oasis (el autor no tiene en cuenta el Oasis de Malargüe) mientras que el resto de su población se localiza de manera dispersa en las zonas de secano”* (Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert, (s.f.)).

2.1.3.2 Actividades económicas

“La estructura productiva del sector primario de Mendoza, que aporta al 16% de la estructura productiva total, en el período 1991-2001 estaba conformada en un 51% por minas y canteras y el 49% restante por actividades agropecuarias. De estas, el 38% corresponde a la fruticultura, viticultura y olivicultura y el 11% a otras producciones agropecuarias” (Perlbach de Maradona & Calderón, (s.f.)). Estos valores ponen de manifiesto la importancia del sector productivo abordado en esta tesina y de esta manera también asegura la continuidad del sistema productivo como existe en la actualidad.

Agricultura

“La subcuenca (de riego) del río Tunuyán inferior cuenta con una superficie de 101.438 ha con derechos de riego superficial, en las 26 inspecciones de cauce que involucran la zona. Del área considerada, el 34% es utilizada para actividades agrícolas, y el resto está ocupada básicamente por vegetación natural (64%), construcciones e infraestructura (1%) y cuerpos de agua (1%)...Esta subcuenca (de riego) es netamente vitícola, según la superficie empadronada, dicha actividad ocupa el 64%, mientras que los frutales (ocupan) el 17%. Además, tienen importante presencia los olivos (7%) y las hortalizas (6%), junto con pasturas (3%) y forestales (3%)” (Departamento General de Irrigación, 2006).

“La superficie cultivada con vid, sumando los viñedos con derecho de riego y los que se basan en aguas subterráneas, superan las 50.000 ha. Todos los departamentos integrantes del Tunuyán inferior, salvo La Paz, tienen grandes extensiones de viñedos y una muy buena infraestructura de elaboración vínica y de procesamiento de uvas de mesa” (Departamento General de Irrigación, 2006).

“El oasis irrigado por el río Mendoza, muestra como principales cultivos a la vid para vinificar y los frutales de carozo, destacándose la ciruela y el durazno. También es importante la horticultura en el cinturón verde que abastece el Área Metropolitana de Mendoza. Se destaca la producción de vid con un 61,7%, luego hortalizas con 15,7%, siembra 7,6%, frutales 7,4%, olivos 3,1% y forestales 0,9% entre otros. La superficie cultivada en esta cuenca es de unas 158.000 ha empadronadas con derecho de riego, en las 59 inspecciones de cauce de la cuenca” (Departamento General de Irrigación, 2006).

2.2 Biomasa considerada

En este apartado se presentan los tipos de biomasa y procesos, agrícolas y agroindustriales, que generan los residuos biomásicos incluidos en esta tesina.

2.2.1 Tipos de biomasa

Dentro de la biomasa producida distinguimos aquella proveniente de la poda de especies vegetales leñosas y las provenientes de procesos agroindustriales.

Como se definió previamente la biomasa primaria es aquella originada en cultivos energéticos y residuos agrícolas o forestales. En esta tesina, se estudian dentro de esta clasificación, a la biomasa de poda de cultivos leñosos de:

- “vid” *Vitis vinifera* (Vitáceas)
- “olivo” *Olea europaea* (Oleáceas)
- “peral” *Pyrus communis* (Rosáceas)
- “manzano” *Malus domestica* (Rosáceas)

- “damasco” *Prunus armeniaca* (Rosáceas)
- “cerezo” *Prunus cerasus* var. (Rosáceas)
- “ciruelo” *Prunus domestica* (Rosáceas)
- “duraznero” *Prunus persica* (Rosáceas)
- “almendro” *Prunus dulcis* (Rosáceas)
- “nogal” *Juglans regia* (Juglandáceas)

El “membrillo” *Cydonia oblonga* (Rosáceas) no se consideró en los cálculos debido a que no se encontraron referencias bibliográficas de la biomasa residual de poda que produciría. Otras especies frutales como la “granada” *Punica granatum* (Lythraceas), “higuera” *Ficus carica* (Moráceas) y “pistacho” *Pistacia vera* (Anacardiáceas), tampoco se incluyen en esta tesina debido a la ínfima superficie cultivada que poseen. El IDR en su Censo Frutícola Provincial de 2010 relevó en el área correspondiente al Oasis Norte, 1,7 ha de granada, 31,8 ha de higuera y 17,6 ha de pistacho.

La biomasa secundaria es la originada a partir de residuos de industrias de transformación tales como papeleras, madereras o agroalimentarias. En este caso se estudiará el proceso de:

- Despalillado del racimo de uva que genera escobajos

2.2.2 Procesos de generación de biomasa y su distribución temporal

Poda de fructificación

“Es la que se efectúa cuando la planta ya está formada, con el fin de definir la carga de frutos, regular el equilibrio vegetativo reproductivo, garantizar una distribución armónica y racional de la máxima producción de calidad, manteniéndola constante en el tiempo” (Sozzi, 2007). La poda de fructificación es la labor cultural en la que se produce la mayor cantidad de biomasa, potencialmente aprovechable, para generar energía y se desarrolla principalmente durante los meses de menor actividad biológica de los cultivos que es durante el otoño e invierno (Figura 3).



Figura 3. Poda resultante de frutales. Fuente: <http://fcirce.es/>.

“En la poda de fructificación a las vides se les practica una poda severa; extrayéndole más del 80% de los sarmientos o de la madera de crecimiento del año. En nuestro medio normalmente no poseen valor comercial y su principal destino es ser usado como enmienda para el suelo al ser trozados en forma mecánica y posteriormente incorporados al suelo mediante labranzas. También en menor cantidad, son usados para la calefacción y/o cocción de alimentos en hogares rurales” (Araniti, y otros, 2012).

Poda de producción y de renovación en olivo

“Son las dos más importantes en la región, ya que la primera tiene como objetivo la correcta entrada de los tratamientos fitosanitarios a toda la planta y la entrada de luz, además se realiza todos los años. La segunda, se realiza cada 2 - 4 años y por las características de nuestros cultivos son de relevancia en la zona” (Araniti, y otros, 2012).

“Los residuos de poda de olivo tienen distintos destinos según el origen y las características de los mismos. La leña (ramas de diámetro superior a 5 cm), que generalmente es producto de las podas de renovación, se troza y se utiliza para la

calefacción directa, para calderas de producción de agua caliente en los hogares rurales y para los hornos de fabricación de ladrillos muy comunes en la zona. Con las ramas de diámetro inferior a 5 cm, un número importante de productores los incorporan al suelo de cultivo, mediante la rotura e incorporación con implementos de labranza, práctica que favorece el enriquecimiento en materia orgánica en los suelos de la región de Cuyo, que son muy pobres en materia orgánica, con gran predominio de suelos arenosos y pedregosos. A pesar de las numerosas recomendaciones del cuidado del medio ambiente y del suelo, se observan muchos productores que queman las ramas (ya oreadas, secas y amontonadas) en los callejones de sus fincas, cuando efectúan las limpiezas de fines de invierno” (Araniti, y otros, 2012).

Despalillado del racimo de uva – Escobajos –

Es el proceso en el cuál se separan los granos de uva (bayas) del resto de la biomasa vegetal que la acompaña y forma el racimo (Figura 4).



Figura 4. Dibujo de las partes de un racimo de uva.
Fuente: <http://puraacepa.blogspot.com.ar>.

Al ingresar la uva a la bodega, pasa en primera instancia por la despalladora que remueve el escobajo del racimo y lo deposita en contenedores o en un transporte para su posterior disposición.

Se puede considerar que entre el 5 al 12% en peso de la uva ingresada a bodegas termina como escobajos (Galarraga, 2013) (Flores Marco, Silva Colomer, Anschau, Carballo, & Hilbert, 2010).

Sosa (2013) comenta que luego de producidos los escobajos, suelen incorporarse al suelo con fines de mejorar su estructura lográndose la descomposición, o degradación final de los mismos, en el orden de los 3 años.

*“En condiciones no controladas es de difícil almacenamiento y comienza a descomponerse por microorganismos del reino Fungi convirtiéndose en fuente de contaminación. Además puede ser vector de cochinilla blanca (*Pseudococcus viburni*) y oidio (*Oidium tuckeri*)”* (Sosa, 2013).

La disposición final suele ser problemática generando focos de contaminación y de alto riesgo como iniciadores de incendios. En la Figura 5 se puede observar un campo perteneciente a una bodega de Mendoza donde se depositan los escobajos generados que, casi periódicamente, se incendian contaminando la atmósfera y perjudicando a los pobladores locales.



Figura 5. Campo de disposición final de escobajos de una bodega mendocina.
Fuente: José Nicolás Martín.

Disponibilidad temporal

En Tabla 1 se puede apreciar la disponibilidad temporal de biomasa a lo largo de un año para los tipos de biomasa consideradas en esta tesina. En ella, cada mes es dividido en dos (quincenas) y los casilleros sombreados representan aquellas quincenas donde se genera la biomasa.

Tabla 1. Distribución temporal de la biomasa proveniente de la agricultura y agroindustria.

Mes	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Quincena olivo																								
vid (parral)																								
vid (viña)																								
ciruelo																								
almendro																								
cerezo																								
damasco																								
duraznero																								
nogal																								
manzano																								
peral																								
escobajos																								

Fuente: Elaboración propia en base a consultas a profesionales y bibliografía.

CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del presente capítulo conduce a obtener cartografía digital, gráficos y tablas resumen de la información procesada. Para esto se presentan los materiales, que son las herramientas, bases de datos y toda fuente de información que sea útil a los objetivos perseguidos y los métodos explican cómo se procesan los datos, que por último son implementados en el Sistema de Información Geográfica (SIG) generado.

3.1 Materiales

3.1.1 Fuentes de datos consultadas

➤ Registro Permanente del Uso de la Tierra (RUT)

Por Ley N° 4.438 del año 1980, la provincia de Mendoza creó el Registro Permanente del Uso de la Tierra (RUT) bajo la órbita de la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas dependiente del Ministerio de Producción, Tecnología e Innovación del Gobierno de Mendoza. Este registro mantiene información actualizada acerca del uso de la tierra en la Provincia. Todo productor agropecuario sea propietario o no debe inscribirse en el RUT de forma obligatoria. Son funciones del registro:

- mantener actualizada la información sobre el empleo de la tierra, cualquiera fuere el uso o destino que se le diere;
- suministrar a las reparticiones, a su pedido, la información que les permita orientar o fomentar la actividad de los productores;
- llevar a cabo empadronamientos generales agropecuarios que se realizaran con la periodicidad que el poder ejecutivo lo estime conveniente;
- detectar tendencias y expectativas de producción y hacerlas conocer al Poder Ejecutivo a través del Ministerio de Economía.

La base de datos del RUT utilizada en el desarrollo de esta tesina contiene más de 65.000 datos de parcelas de la totalidad de la provincia de Mendoza. Se trabajó con una base de datos en formato Access con fecha 16 de mayo de 2012. De este registro se utilizaron los datos de superficie cultivada por parcela, especie vegetal cultivada por parcela, distrito y departamento donde se encuentran estas parcelas. El procesamiento por medio del mismo software y con una planilla de cálculo de MS Excel, permitió ordenar la información para su estudio y presentación en el SIG.

- Instituto de Desarrollo Rural (IDR), del cual se consultó el Censo Frutícola 2010.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.

Entrevistas en las cátedras de Dasonomía, Fruticultura, Viticultura, Industrias, Química Agrícola, acerca de la producción de material biomásico de los cultivos y procesos considerados.

- Bibliografía en internet, revistas científicas, consultas a profesionales de otras provincias por medio de correos electrónicos y comunicaciones telefónicas.
- Consultas a instituciones (INTI, INV, ADEMA, FAO, INDEC, CIFOT, Dirección de Recursos Naturales Renovables, IGN) y profesionales particulares vinculados en algún aspecto con la producción agrícola-agroindustrial.

3.1.2 Capas base para la elaboración del SIG

Para la elaboración de las distintas capas del SIG se utilizaron capas base facilitadas por la materia “Regulación ambiental del espacio físico” de la Maestría en Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería – UNCUYO. Entre paréntesis se detalla la fuente de las capas:

- Hidrografía de la Provincia (Instituto Geográfico Nacional, 2003)
- Red de áreas protegidas (Dirección de Recursos Naturales Renovables)
- Límites departamentales (Instituto Geográfico Nacional, 2003)

- Límites distritales (Instituto Geográfico Nacional, 2003)
- Rutas provinciales y nacionales (Instituto Geográfico Nacional, 2003)

Estas capas han sido desarrolladas con un sistema de referencia WGS 84.

3.1.3 Software y Hardware

Para el procesamiento de capas, la presentación de la información geográfica y elaboración de mapas se optó por utilizar el software libre QGIS Desktop 1.8.0 corriendo bajo el sistema operativo Windows 7 Home Premium.

La utilización de un software libre promueve el acceso de un número mayor de usuarios a los contenidos generados. Por esta razón se optó por este tipo de aplicaciones, disponible para descargar gratuitamente en la web www.qgis.org.

El procesamiento de los datos no espaciales, como los datos del RUT y los coeficientes de generación de biomasa, se hizo a través del uso de MS Access y MS Excel del paquete Office 2010.

Por último se utilizó la aplicación Google Earth en su versión 7.1.2 para obtener las imágenes satelitales del Oasis Norte de Mendoza y para crear los polígonos de áreas cultivadas, urbanas y no cultivadas.

En cuanto al hardware se hizo uso de una computadora portátil tipo laptop Dell Inspiron con un procesador Intel Core I5-2450 CPU 2.5GHz con 6 GB de RAM.

3.2 Métodos

3.2.1 Algoritmos de cálculo y Factores de Disponibilidad

3.2.1.1 Algoritmo de cálculo – Biomasa potencial de poda

Se adopta en esta tesina parte de la metodología propuesta por los autores Puigdevall & Galindo (2006) en su trabajo "*Localización de zonas óptimas para el aprovechamiento de la biomasa residual agrícola en la provincia de Teruel*". El cálculo

de la biomasa potencial en una región para cultivos leñosos se obtiene a través del algoritmo de cálculo:

$$BPI = SCi * Ri$$

Donde

BPI: Biomasa Potencial obtenida anualmente para el cultivo “i” en toneladas al año [$t \cdot \text{año}^{-1}$]

SCi: Superficie Cultivada para el cultivo “i” en hectáreas [ha]

Ri: Relación de generación de residuos por unidad de superficie para el cultivo “i” en toneladas al año por hectárea [$t \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$]

Los valores de Superficie Cultivada (**SCi**) para cada cultivo fueron obtenidos a través del procesamiento de la base de datos del RUT de donde para cada distrito y departamento considerado, se obtuvo un valor único de superficie cultivada en hectáreas.

La Relación de generación de residuos (**Ri**) se obtuvo de diferentes fuentes bibliográficas y se detallan en Tabla 2 los valores para cada tipo de residuo. Se establecen cuatro escenarios o alternativas en base a diferentes fuentes bibliográficas:

- Escenario MÍNIMO: utiliza en el cálculo de la biomasa potencial aquellos valores de **Ri** más pequeños de entre los hallados en la bibliografía y consultas.
- Escenario PROMEDIO: utiliza en el cálculo de la biomasa potencial aquellos valores de **Ri** que son el resultado del promedio de todos los datos encontrados en la bibliografía y consultas.
- Escenario MÁXIMO: utiliza en el cálculo de la biomasa potencial aquellos valores de **Ri** más grandes de entre los hallados en la bibliografía y consultas.
- Escenario LOCAL: utiliza en el cálculo de la biomasa valores de **Ri** que son el resultado del promedio de todos los valores hallados en la

bibliografía y consultas y que provienen de fuentes de información de Mendoza y Argentina.

Para los primeros tres escenarios (MÍNIMO, PROMEDIO y MÁXIMO) se utilizó bibliografía y consultas de fuentes locales, nacionales e internacionales.

Se incluye el Escenario LOCAL dentro del análisis ya que el autor de esta tesina entiende que los coeficientes **Ri** allí considerados son más representativos que el resto de los coeficientes porque han sido obtenidos por autores del medio local o bien utilizados en estudios locales existentes. Del mismo modo, su incorporación permite la comparación con otros escenarios y la validación de los resultados.

Tabla 2. Relación de generación de residuos *Ri* según escenarios para cada tipo de cultivo.

	Escenario MÍNIMO	Escenario PROMEDIO	Escenario MÁXIMO	Escenario LOCAL
BIOMASA	<i>Ri</i> [t*ha⁻¹]	<i>Ri</i> [t*ha⁻¹]	<i>Ri</i> [t*ha⁻¹]	<i>Ri</i> [t*ha⁻¹]
olivo	0,60	1,653	2,90	1,90
vid (parral)	0,54	2,692	5,27	2,83
vid (viña)	0,54	2,351	5,27	1,89
ciruelo	1,30	3,350	5,40	5,40
almendro	0,37	2,162	5,73	4,20
cerezo	0,12	2,548	5,40	4,20
damasco	0,12	2,391	5,40	4,20
duraznero	1,30	3,233	5,40	4,20
nogal	1,30	3,233	5,40	4,20
manzano	0,12	3,609	8,31	4,20
peral	0,12	4,437	15,62	4,20

Fuente: ver Tabla 22 del Anexo I.

En el Anexo I se incluye una serie de tablas con todos los valores de **Ri** hallados y las fuentes bibliográficas de los mismos.

3.2.1.2 Algoritmo de cálculo – Biomasa potencial de escobajos

Siguiendo la metodología antes introducida, dado que se trabaja con un subproducto de la viticultura y se conoce cuanta uva se procesa por distrito, se hace uso del Ratio Residuo Producto “**RRP**” de Puigdevall & Galindo (2006) que en esta tesina se denominará Relación de generación de escobajos “**Re**”.

El algoritmo de cálculo para cada distrito del Oasis Norte es:

$$BPe = UI * Re$$

Donde

BPe: Biomasa Potencial de escobajos producida anualmente en toneladas al año [t*año⁻¹]

UI: Cantidad de Uva Ingresada a bodegas con fines de vinificación en toneladas por año [t*año⁻¹]

Re: Relación de generación de escobajos por tonelada de uva ingresada a vinificación en bodegas [t escobajo*t uva⁻¹]

La cantidad de uva ingresada a bodegas con fines de vinificación **UI** es un dato obtenido del Instituto Nacional de Vitivinicultura detallado por distrito.

La relación de generación de escobajos **Re** es la fracción en peso del racimo de uva que ingresa a una bodega para ser vinificada y que se transforma en el escobajo. En Tabla 3 se muestran los valores de **Re** en base a los diferentes escenarios donde valen las mismas aclaraciones que para el caso de producción de biomasa de cultivos.

Tabla 3. Relación de generación de residuos Re según escenarios para escobajos.

	Escenario MÍNIMO	Escenario PROMEDIO	Escenario MÁXIMO	Escenario LOCAL
BIOMASA	Re [t*t⁻¹]	Re [t*t⁻¹]	Re [t*t⁻¹]	Re [t*t⁻¹]
Escobajos	0,05	0,08	0,12	0,08

Fuente: ver Tabla 25 del Anexo I.

En Anexo I se incluye una serie de tablas con todos los valores de **Re** hallados y las fuentes bibliográficas de los mismos. Vale aclarar que dado que todos los valores de **Re** hallados provienen de fuentes locales, la diferencia entre escenarios se basa solamente en la utilización de valores mínimos, máximos y promedio encontrándose que el valor **Re** para el escenario Promedio y Local son iguales.

3.2.1.3 Factores que afectan la disponibilidad de biomasa potencial

Se presentan a continuación los factores que afectan a la disponibilidad potencial de biomasa. Posteriormente se explicará cómo se transforman los valores de Biomasa Potencial en Biomasa Disponible.

Accesibilidad Física -AF-

FAO (2009) la define como un *“parámetro espacial que define la accesibilidad de un determinado recurso biomásico en relación a la distancia del lugar más cercano y de fácil acceso y a un factor de costo basado en características del terreno”*. Para su determinación se puede hacer uso de un Modelo de Elevación del Terreno y de la función de análisis de imágenes “Cost Distance” del Software ArcGis.

El trabajo *“Bioenergía como vehículo de valoración de las cadenas agroforestindustriales regionales, para el desarrollo de las comunidades locales. Perspectivas de desarrollo con criterios de sustentabilidad ecológica, social y económica”* de Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert, (s.f.) concluye al respecto que *“dado que las zonas cultivadas se desarrollan en baja pendiente y existe una red de caminos densa que facilita el acceso a las explotaciones y a las industrias que a su vez se localizan próximas a la red caminos, rutas y poblaciones”*, la disponibilidad prácticamente no se ve afectada.

Comparando los resultados de biomasa disponible que dicho trabajo presenta para la provincia de Mendoza (658.000 t*año⁻¹) y los físicamente accesibles (613.971 t*año⁻¹), podemos deducir un factor de accesibilidad física $AF = 0,93$.

Este valor es válido también cuando hablemos de escobajos ya que las bodegas donde se producen están generalmente en zonas rurales similares a donde se encuentran los cultivos.

Accesibilidad Legal -ALe-

“Es un parámetro espacial que define la accesibilidad a un determinado recurso biomásico en relación a las restricciones legales a las que está sujeta su explotación y su gestión comercial. Típicamente, estas restricciones están impuestas sobre las áreas protegidas para la conservación de la naturaleza” (FAO, 2009).

Dado que no existen Áreas Protegidas, cómo las que hace alusión el texto precedente, insertas en el Oasis Norte de Mendoza, no existe una limitación al aprovechamiento de la biomasa por parte de este concepto. Sin embargo si se considerara la poda de arbolado como otra fuente de biomasa, se debería evaluar el caso particular de los parques como General San Martín, Metropolitano, Central, y los de menor extensión.

Puede considerarse a los controles fitosanitarios como el de *Lobesia botrana* “Polilla de la vid” como una restricción legal. El Coordinador del Programa *Lobesia botrana* del ISCAMEN, el Ing. Guillermo Azín asesoró al tesista al respecto respondiendo que: *“apenas se comenzó con los controles de la plaga (cuando fue detectada en 2010), en aquellas fincas que se encontraban en la zona problema (en principio en Maipú), se exigió enterrar y/o quemar los residuos de la poda del viñedo, al igual que la fruta remanente de cosecha. De la misma manera, se exigió no movilizar el material de poda (de una finca a otra), al igual que los postes de conducción utilizados en viñedos.*

Actualmente no se exige la quema y/o enterrado de los residuos de poda, pero sí se exige que no los movilicen de la finca en donde se originaron (esto es para toda la Provincia). También se exige la descarga y destrucción por quema y/o enterrado de la fruta remanente de cosecha. Sigue vigente la exigencia de no movilizar postes de

conducción desde el Oasis Norte y Este hacia los Oasis Valle de Uco y Sur. (Los) escobajos tienen las mismas restricciones que el resto de los materiales que pueden llegar a dispersar la plaga” (Azín, 2013).

El autor de esta tesina entiende que bajo condiciones adecuadas de procesamiento, transporte, almacenamiento de la biomasa que eviten la dispersión de la plaga, estos problemas pueden evitarse. Una consulta al Ing. Agr. Norberto Páez acerca de este tema apoya el pensamiento del autor de la tesina.

En cuanto a limitaciones por cuestiones de gestión comercial se tratará más abajo bajo el título de Accesibilidad Logística.

Se considera entonces para material de poda y escobajos un valor $ALe = 1,00$.

Disponibilidad Temporal -DT-

Una vez conocida la cantidad de biomasa disponible en el transcurso de un año para cada distrito, es importante saber cuándo está disponible. Para ello se estudió la distribución en el año de las tareas de poda, raleo y aclareos, característica de cada cultivo. La consulta de bibliografía especializada en el tema, sumado a consultas a profesionales sobre el comportamiento regional de los cultivos, llevaron a generar una tabla de disponibilidad temporal de la biomasa, detallada para períodos de 15 días o quincenas.

Entonces para cada tipo de biomasa, sea material de poda o escobajos, la cantidad generada en un año se divide en la cantidad de quincenas durante las cuáles se genera la biomasa. Este supuesto de distribución homogénea por quincena se asume con un fin práctico de cálculo, ya que no se conoce con mayor exactitud cómo se distribuye la generación de biomasa en el tiempo.

Por ejemplo: en una localidad se dispone de $1.000 \text{ t} \cdot \text{año}^{-1}$ de escobajos desde la segunda quincena de febrero hasta fines de abril (5 quincenas). Se asigna entonces el 20% del total por quincena, resultando en $200 \text{ t} \cdot \text{quincena}^{-1}$.

El Factor de Disponibilidad temporal puede tomar valor 1 (uno) o 0 (cero) para cada quincena evaluada, indicando que se genera o no biomasa en esa quincena.

Accesibilidad Logística -ALo-

“La biomasa normalmente está disponible en formas con densidad baja, se necesita para su almacenamiento, transporte y tratamiento más espacio que para los combustibles fósiles equivalentes, (...) a menudo necesita ser procesada (pretratamiento) para mejorar su manejo. La recogida, almacenamiento, transporte, pre-tratamiento y entrega de la biomasa puede suponer entre el 20% y el 50% de los costes totales de producción de energía” (IPCC, 2011 en Cerdá, 2012).

“Análisis de cadenas de suministro de biomasa muestran que el transporte por carretera de biomasa abultada y sin tratar es no competitiva y energéticamente ineficiente para distancias superiores a 50 Km. Para mayores distancias se requiere pretratamiento y densificación en la cadena de suministro” (IPCC, 2011 en Cerdá, 2012).

Araniti, y otros, (2012) comentan que el material de poda de vid *“en nuestro medio normalmente no posee valor comercial”* y para olivo, *“las ramas de más de 5 cm de diámetro (leña), tienen un valor de \$0,25 centavos/kg (...); (y) las ramas de menos de 5 cm, no tienen valor comercial”*.

En cuanto a la disponibilidad de biomasa según el tamaño y distribución de parcelas en el Oasis Norte de Mendoza, se destaca la necesidad de poner un límite al tamaño mínimo de parcela cultivada que será tomada en cuenta para recolectar biomasa de poda. Un número alto de parcelas de poca superficie aumenta la complejidad de la logística de recogida y aprovechamiento de la biomasa. Se abordarán los criterios y cálculos utilizados en la determinación de este límite en el capítulo 4.

Se expusieron todos los argumentos anteriores con la finalidad de poner de manifiesto la complejidad que implica gestionar la logística de aprovisionamiento de

biomasa y de cuantificar en que magnitud afecta a la disponibilidad de biomasa. Por tal motivo, este factor será tenido en cuenta solo de manera cualitativa y se asumirá un factor $ALo = 1,00$ en el cálculo de la biomasa disponible. Sin embargo, la biomasa disponible será afectada al considerar solo una fracción del total de parcelas existentes como se mencionó en el párrafo anterior.

Disponibilidad Sustentable -DS-

FAO (2009) plantea en su trabajo "Wisdom Argentina", un Factor de Fracción Dendroenergética (FFD) para formaciones boscosas *"que indica la porción del total de biomasa sobre el suelo compuesta por las ramas, el fuste y la corteza, pero excluyendo las hojas y las ramitas"* que estaría sustentablemente disponible para usos energéticos. La fracción mas pequeña como ramitas y hojas *"además de tener muy poco rendimiento energético (...) son esenciales en el sotobosque para la conservación de los nutrientes y la estructura del suelo"*.

Para cultivos leñosos en nuestra región, se consultó al Ing. Agr. Jorge Hilbert el cuál respondió que *"no hay trabajos en cuanto a lo óptimo de la extracción y que la práctica habitual es retirar todo el residuo"* (Hilbert, 2013).

Como ejemplo de una región donde este tema está muy desarrollado, se puede citar que *"la mitad de los residuos agrícolas que se utilizan en la Unión Europea para producir energía se recogen en Dinamarca, donde se aprovecha para uso energético entre el 30% y el 50% de sus residuos agrícolas, lo cual supone para dicho país la total utilización pues el resto debe dejarse en los campos como nutriente o para ser utilizado por el ganado"* (Cerdá, 2012).

Se asumirá un factor $DS = 0,50$ para material de poda hasta tanto no existan datos locales acerca de la cantidad de biomasa que puede ser retirada de los cultivos sin comprometer estos ecosistemas. Para el escobajo se asume un factor $DS = 1,00$.

3.2.1.4 Conversión Biomasa Potencial a Biomasa Disponible -biomasa de poda-

La conversión de la Biomasa Potencial (**BPI**) a Biomasa Disponible (**BDi**) se logrará a través de la aplicación del siguiente algoritmo para cada distrito del Oasis Norte:

$$BDi = BPI * AF * ALe * DT * ALo * DS$$

Donde

BDi Biomasa Disponible proveniente del cultivo "i" en toneladas por quincena [$t \cdot quincena^{-1}$]

BPI Biomasa Potencial obtenida anualmente para el cultivo "i" en toneladas al año [$t \cdot año^{-1}$]

AF Accesibilidad Física = 0,93

ALe Accesibilidad Legal = 1,00

DT Disponibilidad Temporal, se detalla en el capítulo 4

ALo Accesibilidad Logística = 1,00

DS Disponibilidad Sustentable = 0,50

3.2.1.5 Conversión Biomasa Potencial a Biomasa Disponible -escobajos-

En el caso de los escobajos se utiliza el mismo algoritmo con diferentes valores de los factores que afectan su disponibilidad:

$$BDe = BPe * AF * ALe * DT * ALo * DS$$

Donde

BDe Biomasa Disponible de escobajos en toneladas por quincena [$t \cdot quincena^{-1}$]

BPe Biomasa Potencial de escobajos obtenida anualmente en toneladas al año [$t \cdot año^{-1}$]

AF Accesibilidad Física = 0,93

- ALe** Accesibilidad Legal = 1,00
- DT** Disponibilidad Temporal, se detalla en el capítulo 4
- ALo** Accesibilidad Logística = 1,00
- DS** Disponibilidad Sustentable = 1,00

3.2.1.6 Biomasa Disponible total

Para cada distrito del Oasis Norte de la provincia de Mendoza se dispondrá por quincena una cantidad de biomasa igual a:

$$BD = BDi + BDe$$

Donde

BD Biomasa Disponible total por distrito y quincena en toneladas por quincena [t*quincena⁻¹]

BDi Biomasa Disponible proveniente del cultivo *i* en toneladas por quincena [t*quincena⁻¹]

BDe Biomasa Disponible de escobajos en toneladas por quincena [t*quincena⁻¹]

3.2.2 Cálculo de la energía disponible

En esta sección se muestra cómo calcular la energía disponible luego de la conversión de la energía química de la biomasa a otra forma de energía de mayor utilidad para el ser humano como la energía eléctrica y térmica. Se considera por separado los dos grupos de sustratos considerados en esta tesina: biomasa de poda y escobajos.

3.2.2.1 Biomasa de poda

Aplicando el siguiente algoritmo se logra calcular la energía disponible a partir de la biomasa de poda para cada distrito:

$$E = BD * PCI * \left(\frac{\eta}{100}\right)$$

Donde

E: Energía disponible por combustión de biomasa remanente de cada cultivo en Giga Joules por año [GJ*año⁻¹]

BD: Biomasa Disponible obtenida anualmente para cada cultivo [t*año⁻¹]

PCI: Poder Calorífico Inferior de biomasa remanente de cada cultivo [GJ*t⁻¹]

η: Rendimiento de la transformación energética por combustión

- Poder Calorífico del sustrato, expresa la “cantidad de energía liberada durante la combustión completa de una unidad de masa del combustible” (Francescato, Antonini, & Zuccoli Bergomi, 2008). El valor de Poder Calorífico Inferior (**PCI**) considera que “el agua del combustible es liberada como vapor, (...) se ha restado la energía térmica necesaria para vaporizar el agua (calor latente de vaporización del agua a 25°C)” (Francescato, Antonini, & Zuccoli Bergomi, 2008). En Tabla 4 se hace referencia al poder calorífico de la biomasa para un determinado contenido de humedad.

- El Rendimiento del proceso de transformación energética por medio de la combustión (**η**) se utiliza para dar un valor real de la energía que puede disponerse luego de un proceso de generación de energía por incineración. El resto de la energía se pierde en formas no útiles. Se adopta un valor de rendimiento, tomando como referencia a Martínez Centeno, (s.f.), del 20% para plantas de menos de 20 MWe y del 33% para plantas de más de 60 MWe. Para potencias intermedias se adoptará un valor de rendimiento del 26%.

Tabla 4. Características energéticas de residuos biomásicos.

Residuo	Humedad [%]	PCI [GJ*t ⁻¹]
Sarmientos de vid	20,0	13,71
Poda de olivo	20,0	13,84
Poda de frutales	20,0	13,84

Fuente: Nogués & Royo Herrer (2002).

Es fundamental especificar la humedad de un sustrato como así también el momento en el cuál se determina esta humedad. *“Deben trabajarse con cuidado los resultados de humedad típica de un residuo, ya que la humedad no sólo varía entre especies, y entre zonas geográficas, sino que además se ve muy afectada por el tipo y tiempo de almacenamiento, el movimiento del material dentro de la pila (de almacenamiento), el viento, la humedad relativa del ambiente, la temperatura media, la insolación, la cantidad de biomasa en zonas de sol y de sombra, el tamaño de partícula en almacenaje y la altitud, entre otros”* (Alakangas (2005) en Manrique S., Franco, Núñez, & Seghezzo (2008)).

Araniti, y otros, (2012), especifican que los restos de poda en zonas áridas poseen un contenido de agua inferior al 20%, *“luego de un tiempo de oreado”* (Bustamante, 2014), lo que es beneficioso para el proceso de combustión y del mismo modo se correlaciona con los valores de poder calorífico de Tabla 4.

3.2.2.2 Escobajos

Para el caso de los escobajos valen las aclaraciones mencionadas en el apartado 3.2.2.1, ya que pueden ser combustionados de igual modo para obtener energía eléctrica y/o calórica.

En Tabla 5 se enseña el valor de Poder Calorífico Inferior de los Escobajos.

Tabla 5. Poder calorífico inferior de escobajo de uva.

Residuo	Humedad [%]	PCI [GJ*t ⁻¹]
Escobajos	25,0	12,33

Fuente: Nogués & Royo Herrer (2002).

Tanto para los escobajos como para la biomasa de poda es importante diferenciar la energía disponible durante la época de generación de la biomasa (estacionalmente y durante algunos meses al año) de la que se podría disponer de forma permanente en el caso que se almacene la biomasa y sea utilizada gradualmente a lo largo del año.

Una vez finalizados los cálculos de la biomasa disponible y la energía disponible por distrito se procede a sistematizar los datos en una base de datos y finalmente implementarlo en el SIG para su mejor visualización y análisis.

3.2.3 Elaboración de la base de datos e implementación en el Sistema de Información Geográfica

3.2.3.1 Elaboración de la base de datos

En la base de datos se trabaja con MS Excel del paquete Office 2010. La base de datos original del RUT se encuentra disponible en formato MS Access bajo la forma de tabla y también de consultas. Se optó por trabajar en formato de tabla para extraer los datos y procesarlos en MS Excel.

Se generaron 33 (treinta y tres) tablas que permitieron procesar los datos de base hasta llegar a obtener los resultados presentados en el capítulo 4. Se dispone de las tablas en el Anexo digital IV y del detalle de sus títulos a continuación. Dicho anexo es un archivo de MS Excel denominado BaseDatos.xlsx.

- Tabla I: Distribución de la superficie cultivada según distritos y tipo de cultivo para la provincia de Mendoza.
- Tabla II: Resumen de Tabla I. Para su elaboración se utilizan las funciones SUMAR.SI.CONJUNTO y CONTAR.SI.
- Tabla III: Superficie cultivada en la provincia de Mendoza por distritos.
- Tabla IV: Uva ingresada para vinificar [t*distrito⁻¹] para distritos del Oasis Norte de Mendoza. Los datos aquí presentados se obtuvieron del Instituto

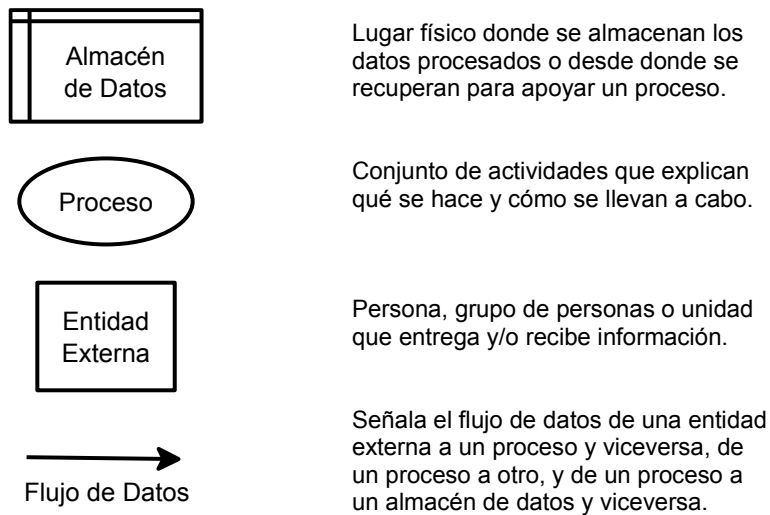
Nacional de Vitivinicultura (2012) en quintales por distrito de uva ingresada a bodega para vinificación y se transformaron en toneladas por distrito.

- Tablas V a IX donde se especifican los coeficientes *Ri*, *PCI*, *rendimiento de combustión*, *factores de disponibilidad* y sus fuentes bibliográficas. También se muestran los valores de biomasa potencial, energía potencial y disponible a partir de cultivos y escobajos para el Oasis Norte según escenarios. En Tabla IX se crea un Factor de Disponibilidad “FD” para material de poda y escobajos que no es más que el producto de los factores de disponibilidad AF, ALe, ALo y DS. De esta manera al resumir estos cuatro factores en uno las fórmulas de cálculo se acortan.
- Tablas X a XIII, cálculo de biomasa potencial según escenario. Para obtener los valores de biomasa potencial se multiplica para cada distrito y biomasa, la superficie cultivada (datos de Tabla III) o uva a vinificar (datos de Tabla IV) por los coeficientes *Ri* y *Re* de Tabla V.
- Tablas XIV a XVII, cálculo de biomasa disponible según escenario. Para obtener estos valores se multiplica para cada distrito y tipo de biomasa los valores de Tablas X a XIII por los factores de disponibilidad de Tabla IX.
- Tablas XVIII a XXI, cálculo de energía potencial según escenario. Para obtener estos valores se multiplica para cada distrito y tipo de biomasa los valores de biomasa potencial (Tablas X a XIII) por los coeficientes de PCI y Rendimiento de Tabla VIII.
- Tablas XXII a XXV, cálculo de energía disponible según escenario. Para obtener estos valores se multiplica para cada distrito y tipo de biomasa los valores de biomasa disponible (Tablas XIV a XVII) por los coeficientes de PCI y Rendimiento de Tabla VIII.
- Tabla XXVI, proporción de parcelas con cultivos leñosos y no leñosos.

- Tablas XXVII, superficie cultivada por distrito según superficie cultivada por parcela.
- Tabla XXVIII, número de parcelas por distrito según superficie cultivada.
- Tabla XXIX. Distribución temporal de biomasa por distrito y quincena. Esta tabla permite calcular la biomasa disponible a partir de la biomasa potencial y de los coeficientes de Tabla IX.
- Tabla XXX y XXXI, ambas tablas de trabajo para el cálculo de la distribución temporal de biomasa. Tabla XXX contiene un valor “1” (uno) para cuando en esa quincena hay generación de cada tipo de biomasa y un valor “0” (cero) para cuando no hay generación de biomasa. Tabla XXXI toma datos de las tablas XXX y XXXII, y permite obtener la Tabla XXIX.
- Tabla XXXII se encuentran los valores de biomasa potencial según escenario. Aquí se pueden ir reemplazando los valores de tabla según escenario, para obtener la disponibilidad temporal para cada uno de ellos.
- Tabla XXXIII. Cálculo de biomasa disponible en un radio de 15 km de la localidad de San Martín Ciudad. Aquí se calcula, en base a la superficie de cada distrito que se encuentra dentro de los 6 (seis) anillos, la biomasa disponible en un radio de 15 km de la localidad de San Martín Ciudad, con el fin de comparar con el trabajo de Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert, (s.f.).

En Figura 6 se presenta el Diagrama de Flujo de Datos que describe cómo se procesa la información desde sus fuentes primarias hasta llegar a los productos finales como mapas, gráficos y valores en general.

A partir del uso de la simbología de Diagramas de Flujo de Datos (DFD) (Zuloaga Rotta, 2008) se interpreta los símbolos de la Figura 6 como se indica a continuación:



Del mismo modo, los cuadros de color indican el ámbito donde se trabaja:

- Cuadro rojo: son las operaciones realizadas en el software MS Excel.
- Cuadro azul: para las operaciones en MS Access.
- Cuadro verde: corresponde a las operaciones realizadas en QGIS.

Para todos los casos se especifica la acción o proceso realizado, entre comillas la función utilizada, nombre de tabla a la que hace alusión o nombre de carpeta con archivos. Las flechas que poseen una leyenda indican el dato o datos que están siendo transferidos.

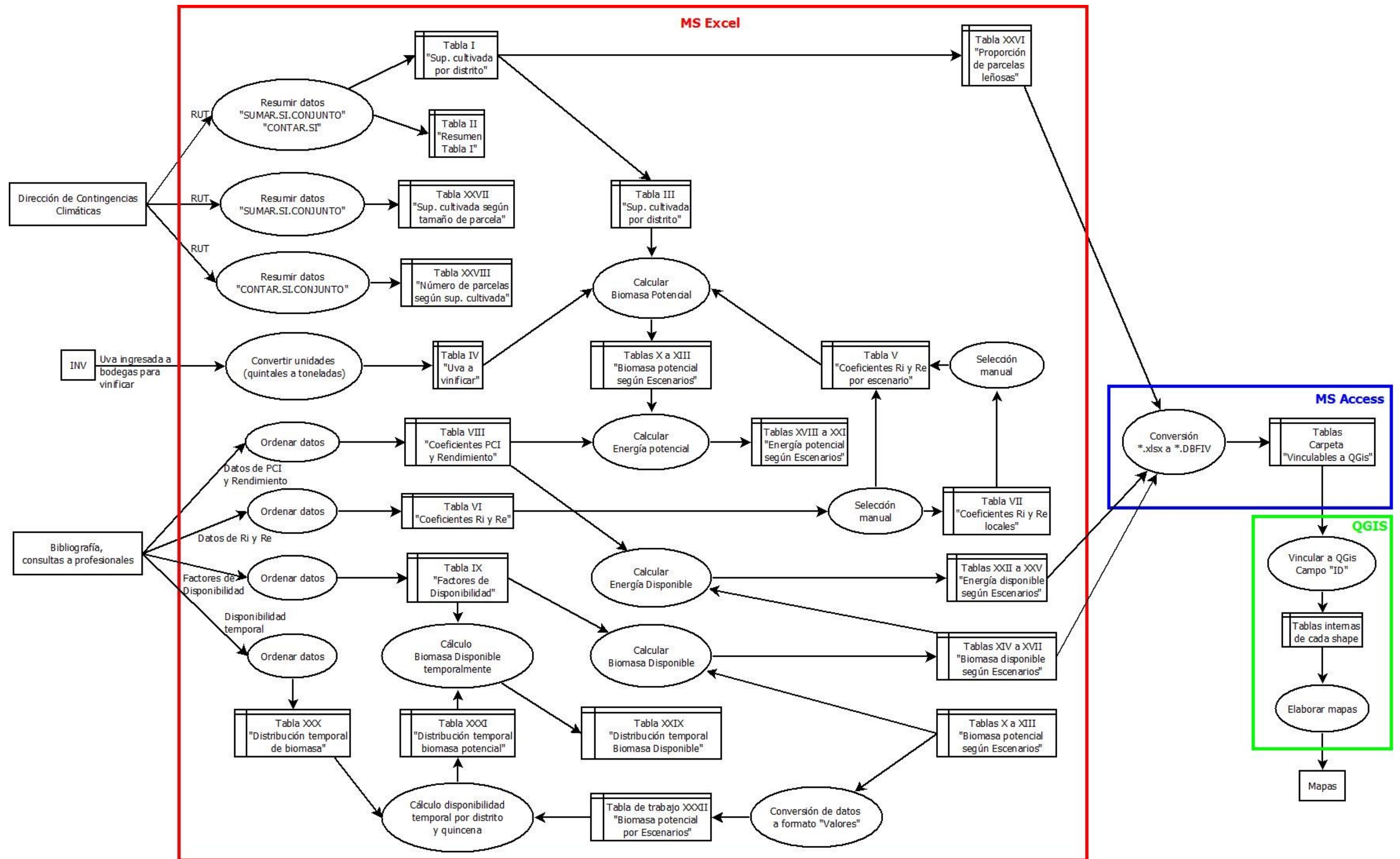


Figura 6. Diagrama de Flujo de Datos utilizado en la base de datos. Fuente: elaboración propia.

3.2.3.2 Implementación de la base de datos a través de un Sistema de Información Geográfica

Este apartado tiene el objetivo de mostrar cómo se llega a la generación de una capa o shape del Oasis Norte de Mendoza con las divisiones administrativas de distrito de manera de luego poder vincularlo con la base de datos generada en el apartado anterior.

Se pretende entonces generar un shape como el de Figura 7, donde se puede observar un área verde que representa la extensión del área cultivada irrigada por los ríos Mendoza y Tunuyán Inferior a la cual se le han quitado las áreas urbanas y no cultivadas.

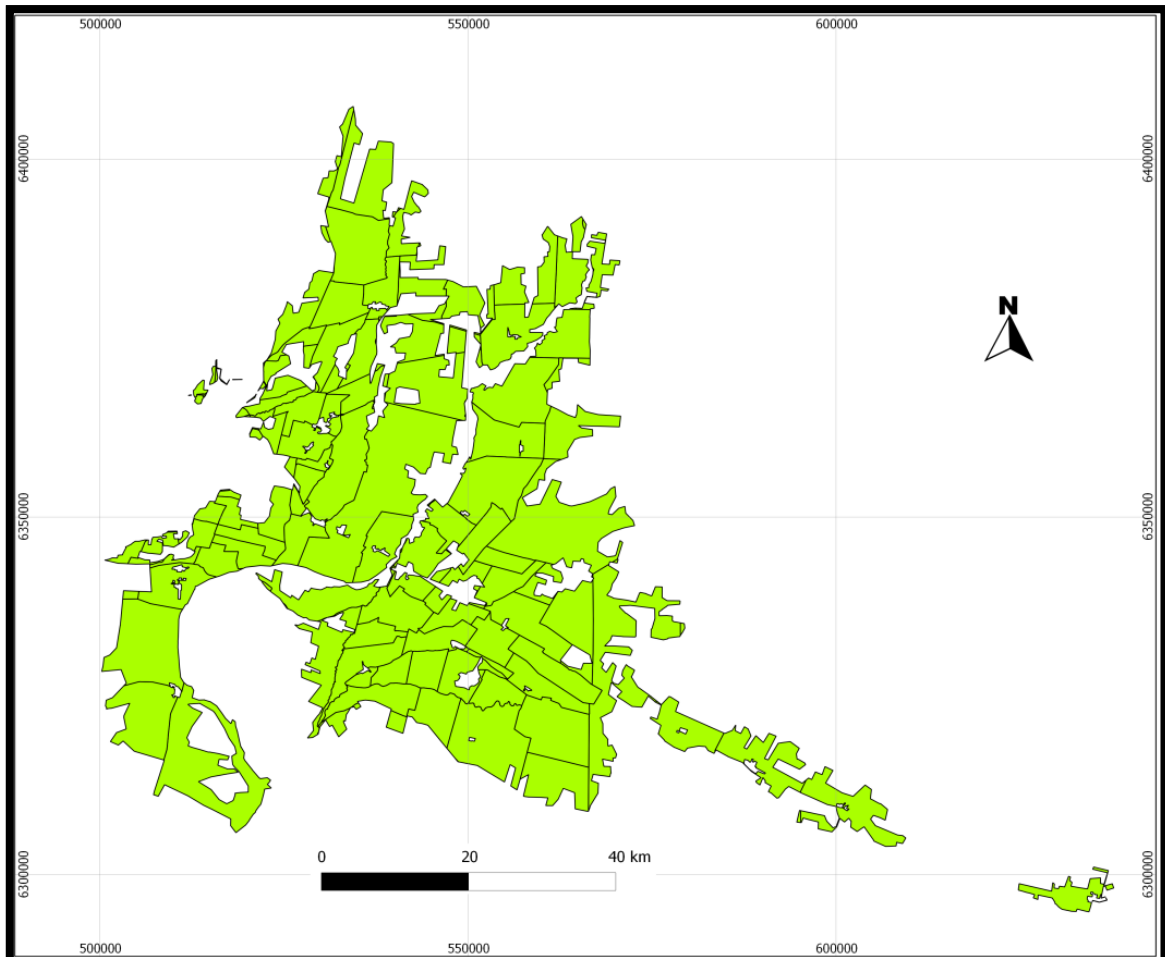


Figura 7. Shape de la extensión del Oasis Norte de Mendoza con división de distritos.

Fuente: elaboración propia a partir del shape "Distritos de Mendoza" de IGN (2003).

El shape cuenta con noventa y nueve polígonos que representan el área cultivada de cada distrito. Cada polígono tiene un número identificador propio llamado "ID" que permite asociarlo con otros polígonos y con datos externos o internos.

En la base de datos, a cada distrito se le asigna el mismo número ID que ese distrito tiene en el shape. Al vincular las tablas del shape con las de la base de datos, toda la información cargada en la base de datos puede visualizarse y por ende procesarse desde QGIS.

Para llegar a obtener la capa de Figura 7 se procede:

1. Digitalizando los límites de la superficie cultivada (color verde) usando la función de creación de polígonos de Google Earth y exportando el polígono para ser utilizado en QGIS (Figura 8a).
2. Del mismo modo se procede digitalizando las zonas urbanas (color naranja) y no cultivadas (color amarillo) que se encuentran dentro del oasis (Figura 8b).
3. Usando, dentro de QGIS, como molde el shape de Distritos de la Provincia, se obtienen las divisiones de distritos sobre el shape mostrado en la Figura 8a. Luego se pueden quitar las zonas urbanas y no cultivadas quedando la Figura 8c.
4. Por último se obtiene el shape del área cultivada con la división de distritos (Figura 8d) que es usado para vincular con diferentes datos y facilitar la interpretación y análisis de los datos espaciales.

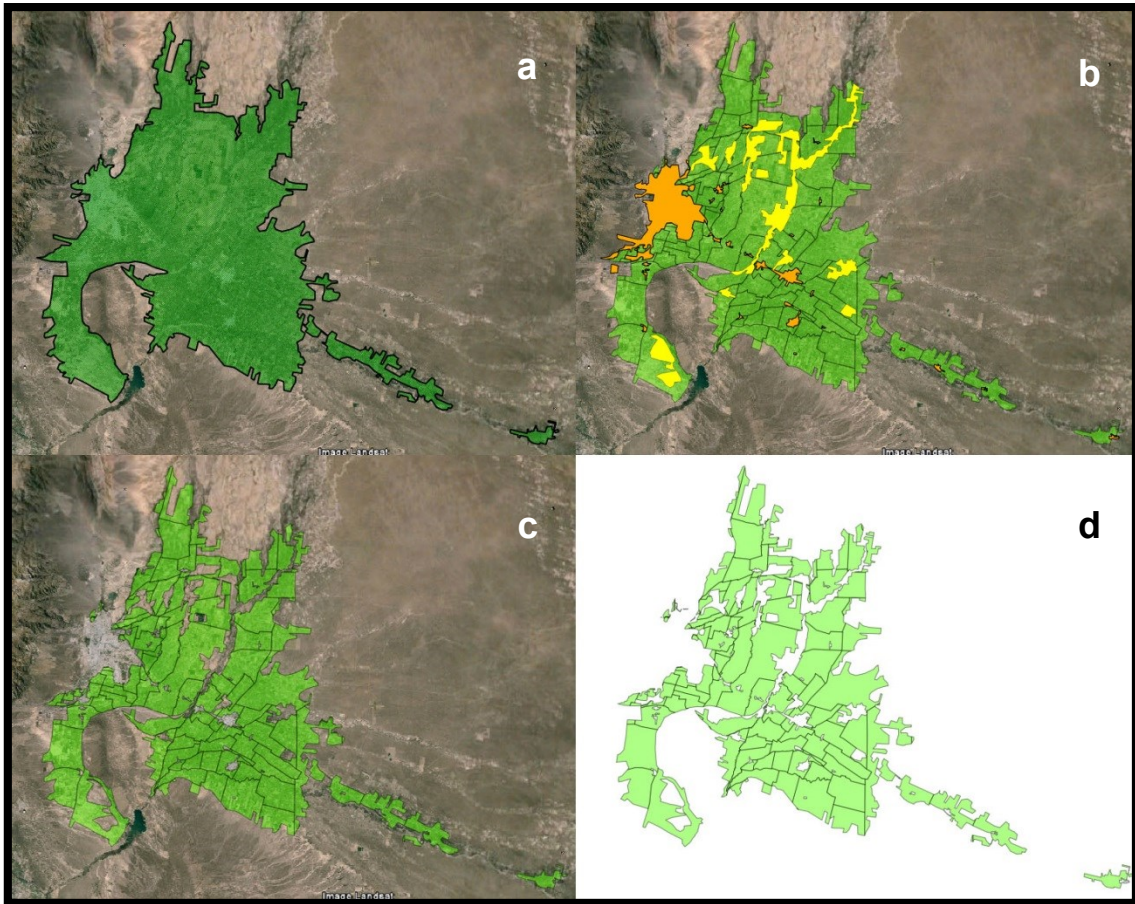


Figura 8. Proceso de creación del shape de distritos. Fuente: elaboración propia a partir del shape de “Distritos de Mendoza” de IGN (2003).

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se presentan y discuten los resultados obtenidos, con base en la aplicación de la metodología descrita, a nivel de Oasis Norte. También se realiza una comparación con estudios y datos estadísticos disponibles.

Se comienza con una introducción del área cultivada a nivel provincial y oasis con la finalidad de dar al lector un panorama que le permita comprender mejor el resto de los resultados.

La superficie de la provincia de Mendoza es de 148.827 km² (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010) ó 14.882.700 ha de las cuáles 314.314 ha (2,11%) se encuentran cultivadas. En el Oasis Norte de la provincia de Mendoza existen 184.799 ha cultivadas de las cuáles, 153.688 ha corresponden a los cultivos leñosos estudiados en esta tesina, representando un 49% del total cultivado en la Provincia.

En Tabla 6 se detallan los valores de superficie cultivada por departamento para toda la provincia de Mendoza.

Tabla 6. Superficie cultivada por departamento y oasis en la provincia de Mendoza.

Oasis	Departamento	Superficie cultivada [ha]	Superficie cultivada por oasis [ha]	Superficie cultivos leñosos [ha]	Superficie cultivos leñosos por oasis [ha]
Norte	Godoy Cruz	35	184.799	35	153.688
	Guaymallén	3.426		2.001	
	Junín	16.890		15.977	
	La Paz	1.263		552	
	Las Heras	4.438		3.281	
	Lavalle	27.119		18.686	
	Lujan de Cuyo	19.134		15.915	
	Maipú	31.749		23.067	
	Rivadavia	24.653		22.237	
	San Martín	41.119		38.299	
	Santa Rosa	14.973		13.638	
Centro	San Carlos	19.565	55.020	10.058	36.756
	Tunuyán	17.282		14.440	
	Tupungato	18.173		12.258	
Sur	Gral. Alvear	17.007	72.500	13.489	59.523
	San Rafael	55.493		46.035	
Malargüe	Malargüe	1.995	1.995	0	0
Totales		314.314		249.967	

Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT.

El Oasis Norte concentra el 58,8% de la superficie cultivada total de la Provincia y el 61,5% de la superficie cultivada con vid, olivo y demás frutales en estudio.

La distribución de la superficie, según tipo de cultivo en estudio, para el Oasis Norte de la Provincia se presenta en Gráfico 1. Los cultivos predominantes son vid, olivo, ciruelo y duraznero, sumando entre los tres casi el 97% de la superficie en estudio.

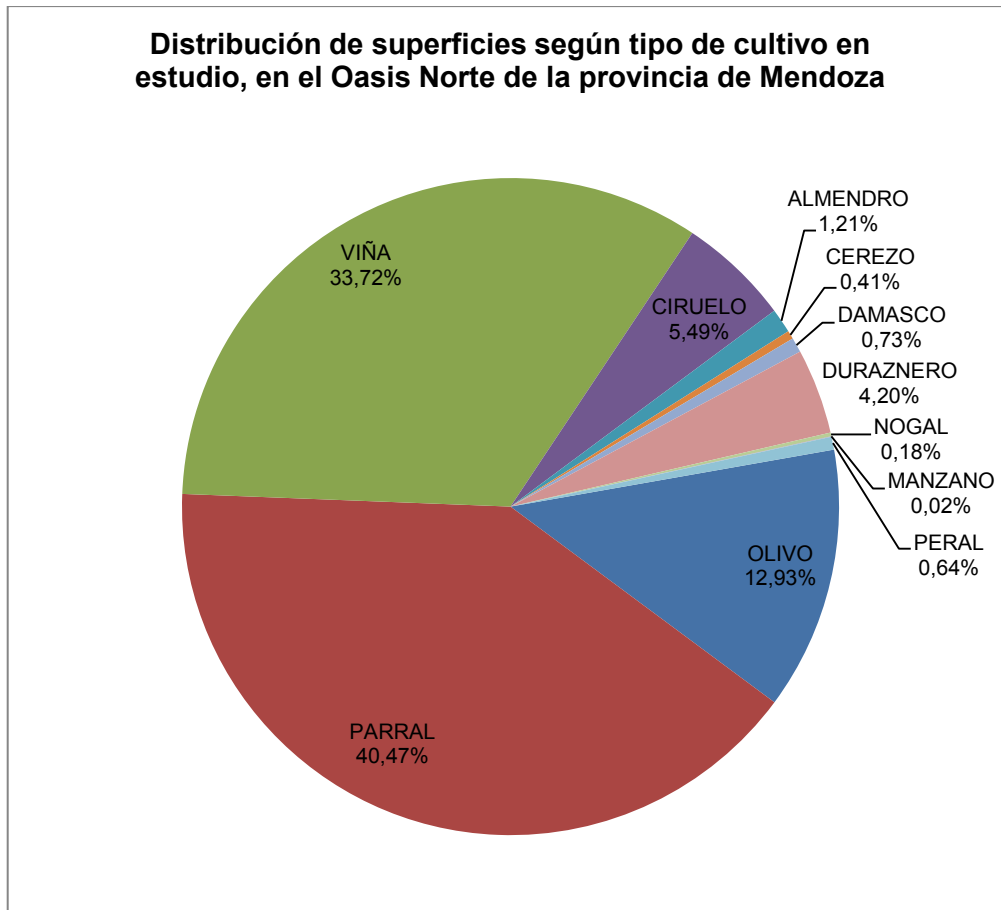


Gráfico 1. Distribución de superficies según tipo de cultivo en estudio, en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza. Fuente: elaboración propia a partir de datos del RUT.

En el apartado 3.2.1.3 “Factores que afectan la disponibilidad de biomasa potencial”, se introdujo la idea de que la Accesibilidad Logística (ALo) a la biomasa se verá afectada por la superficie cultivada mínima que debe tener una parcela de forma de no entorpecer el proceso de gestión y adquisición de la biomasa desde sus generadores. Al evaluar cómo se distribuye el número de parcelas en función de la superficie cultivada por parcela, se obtiene el Gráfico 2 donde se observa que un 49% de las parcelas tienen una superficie cultivada menor o igual a 2 (dos) hectáreas y un 18% de las parcelas se encuentran en el intervalo siguiente (2;4]. La notación “(2;4]” significa que dicho intervalo contiene todos los números mayores que 2 (dos) y menores-iguales a 4 (cuatro).

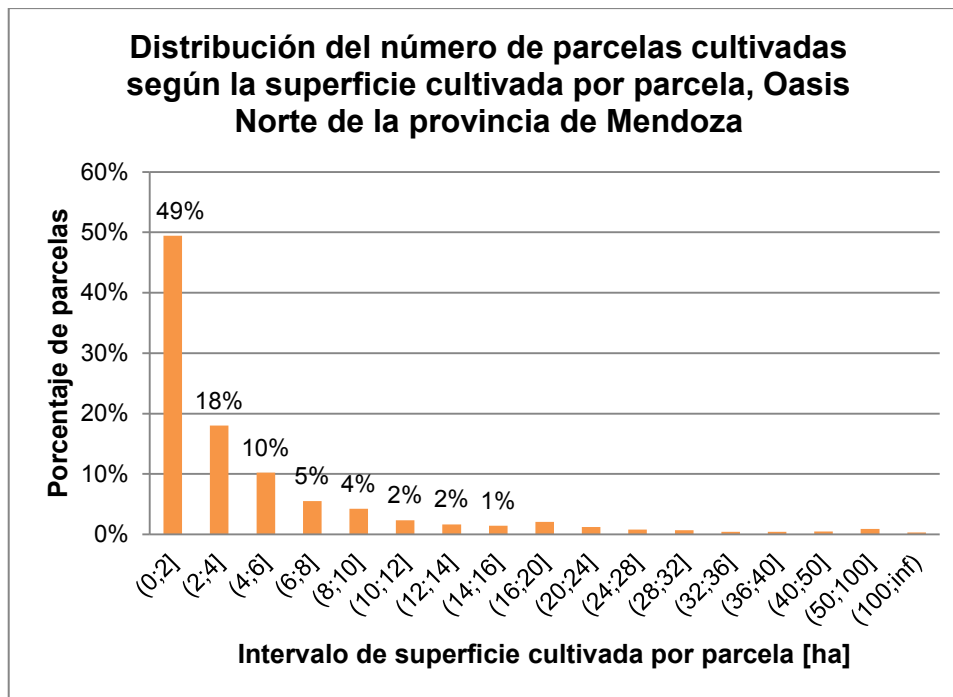


Gráfico 2. Distribución del número de parcelas cultivadas según la superficie cultivada por parcela, Oasis Norte de la provincia de Mendoza. Fuente: elaboración propia a partir de datos del RUT.

Si consideramos la distribución de la superficie cultivada total para cada intervalo de superficie cultivada por parcela, obtenemos el Gráfico 3. Para los dos primeros intervalos encontramos que el 17,1% de la superficie cultivada es menor o igual a 4 (cuatro) hectáreas.

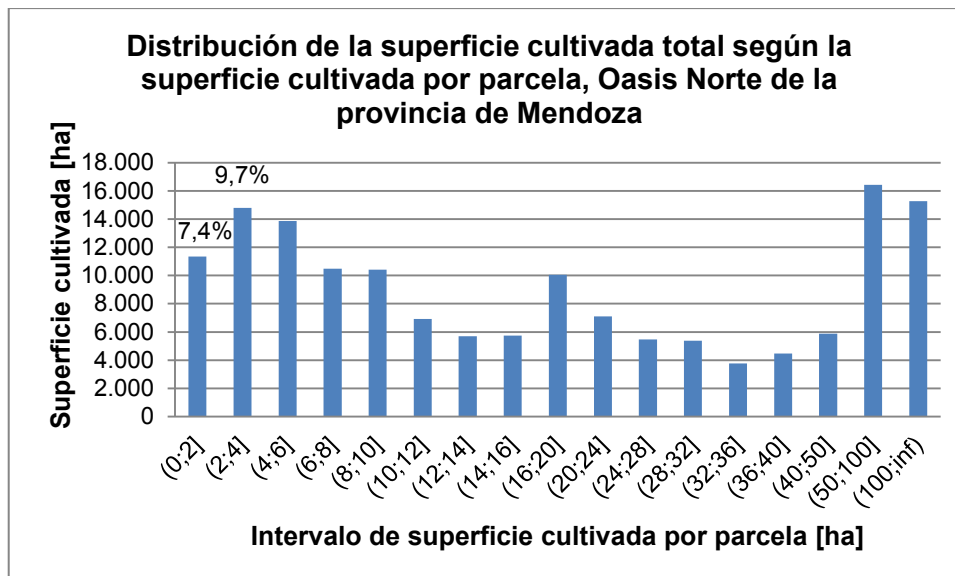


Gráfico 3. Distribución de la superficie cultivada total según la superficie cultivada por parcela, Oasis Norte de la provincia de Mendoza. (Se indican únicamente los valores de porcentaje del total correspondientes a las dos primeras columnas para reflejar lo mencionado en el texto).

Fuente: elaboración propia a partir de datos del RUT

El valor de 4 (cuatro) hectáreas resume la idea de que un tercio de las parcelas en estudio aglomeran el 82,9% de la superficie cultivada. Este límite de 4 (cuatro) hectáreas puede no ser el óptimo, pero el autor de esta tesina lo considera un valor lógico como límite inferior de tamaño de parcelas a incluir en la recogida de biomasa a gran escala. Este criterio se basa en estimaciones de FAO (2009) que dicen que un hogar sin acceso a gas o electricidad, hace uso de la leña o carbón para calefacción y provisión de agua caliente a razón de $3 \text{ t} \cdot \text{año}^{-1}$ de biomasa seca. Usando el valor de generación de biomasa de poda de $1,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (valor correspondiente a los cultivos más abundantes, vid viña y olivo, para escenario Local) y considerando un contenido de humedad en zonas áridas inferior al 20% (Araniti, y otros, 2012) se dispondrían de $1,52 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ de biomasa seca. Por último incorporando el Factor de Disponibilidad al razonamiento ($FD=0,465$), de cada hectárea se recuperarían $0,707 \text{ t} \cdot \text{año}^{-1}$. Concluyendo se requieren unas 4,24 hectáreas cultivadas para abastecer a un hogar en estas condiciones y por ello se toma el valor de 4 hectáreas como límite inferior.

4.1 Biomasa potencial y disponible

En Tablas 7 y 8 se presentan los resultados de biomasa potencial y disponible. En resumen, para el Oasis Norte de la provincia de Mendoza se podría disponer de una cantidad de biomasa, según el escenario estudiado, entre 94.682 y 500.307 toneladas al año. Estos cálculos no consideran el límite inferior de 4 (cuatro) hectáreas.

Se calcularon los valores de biomasa generada según cuatro escenarios que utilizan valores diferentes de los coeficientes de generación de residuos por superficie (R_i) y por unidad de producto (R_e) (apartado 3.2.1 “Algoritmos de cálculo y Factores de Disponibilidad). Se incluye dentro de la biomasa generada la proveniente de la poda de olivo, vid (parral y viña), ciruelo, almendro, cerezo, damasco, duraznero, nogal, manzano, peral y escobajos provenientes de bodegas.

Tabla 7. Biomasa potencial para el Oasis Norte de Mendoza.

Departamento	Biomasa potencial [t*año ⁻¹]			
	Escenario			
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	LOCAL
Godoy Cruz	607	1.003	1.522	1.023
Guaymallén	3.160	7.560	13.346	8.364
Junín	16.153	51.932	97.416	54.200
La Paz	368	1.523	3.292	1.631
Las Heras	4.288	8.036	15.465	9.013
Lavalle	16.858	53.035	105.613	54.393
Lujan de Cuyo	18.936	52.072	103.467	49.524
Maipú	19.929	69.859	130.603	73.507
Rivadavia	20.503	68.921	130.087	71.848
San Martín	38.664	131.180	247.362	139.114
Santa Rosa	9.455	39.765	77.631	41.806
Total	148.921	484.886	925.805	504.421

Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

Para la obtención de la biomasa disponible de Tabla 8 se aplicaron los Factores de Disponibilidad, basados en criterios de sustentabilidad y accesibilidad física y legal, que afectan disminuyendo la disponibilidad de biomasa. No se incluyó el criterio de Accesibilidad Logística (ALo) dado que se desarrolla luego.

Tabla 8. Biomasa disponible para el Oasis Norte de Mendoza (valores sin factor ALo incorporado en el cálculo).

Departamento	Biomasa disponible [t*año ⁻¹]			
	Escenario			
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	LOCAL
Godoy Cruz	550	895	1.350	904
Guaymallén	2.315	4.867	8.234	5.242
Junín	10.347	29.358	53.113	30.413
La Paz	175	714	1.540	764
Las Heras	3.069	4.040	7.647	4.495
Lavalle	10.697	28.120	54.298	28.751
Lujan de Cuyo	13.439	30.132	56.991	28.948
Maipú	11.825	40.213	72.324	41.910
Rivadavia	12.659	38.207	69.728	39.568
San Martín	24.808	75.190	136.310	78.879
Santa Rosa	4.798	20.273	38.772	21.222
Total	94.682	272.011	500.307	281.095

Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

Discriminando por escenario la biomasa producida proveniente de la poda de frutales y de escobajos obtenemos los valores de Tabla 9 donde se entiende que en general la biomasa de poda representa entre el 66 al 72% del total, excepto para el escenario Mínimo en el que este valor es 46% y se convierte en minoría frente al aporte del escobajo. Esta variación se debe a que los valores de **Ri** utilizados en el escenario Mínimo resultan en una cantidad de biomasa de poda proporcionalmente menor a la de escobajos y no a una variación de superficie cultivada.

Tabla 9. Biomasa disponible según tipo de biomasa para el Oasis Norte de Mendoza (entre paréntesis se indica el porcentaje del total).

Tipo de biomasa	Biomasa disponible [t*año ⁻¹]			
	Escenario			
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	LOCAL
Poda	43.815 (46%)	178.933 (66%)	360.691 (72%)	188.017 (67%)
Escobajos	50.867 (54%)	93.078 (34%)	139.616 (28%)	93.078 (33%)
Total	94.682	272.011	500.307	281.095

Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

Si se calcula la biomasa disponible de poda considerando solo las parcelas de más de 4 (cuatro) hectáreas, se obtienen los valores expuestos en Tabla 10. Entre paréntesis se indica el porcentaje que representan estos valores en relación a la biomasa disponible de poda en Tabla 9.

Tabla 10. Biomasa disponible de poda para el Oasis Norte de Mendoza considerando factor ALo.

Oasis Norte	Biomasa disponible [t*año ⁻¹]			
	Escenario			
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	LOCAL
Total	35.418 (80,8%)	148.386 (82,9%)	301.052 (83,5%)	153.851 (81,8%)

Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

Para obtener el valor final de biomasa disponible según escenarios se suma la biomasa de escobajos de Tabla 9 con la biomasa de poda de Tabla 10 que considera parcelas mayores a 4 (cuatro) hectáreas y los resultados están asentados en Tabla 11.

Tabla 11. Biomasa disponible en el Oasis Norte de Mendoza.

Oasis Norte	Biomasa disponible [t*año ⁻¹]			
	Escenario			
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	LOCAL
Total	86.286	241.464	440.669	246.929

Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

Resumiendo lo visto en este apartado...

- *La superficie cultivada en estudio representa el 49% de la superficie cultivada provincial, y los cultivos predominantes son vid, olivo, ciruelo y duraznero.*
- *Se generarían entre 148.921 y 925.805 t*año⁻¹ de biomasa según escenario.*
- *Considerando factores de disponibilidad, dispondríamos entre 94.682 y 500.308 t*año⁻¹ de biomasa según escenario.*
- *Excluyendo parcelas menores-iguales a 4 hectáreas se disponen entre 86.286 y 440.669 t*año⁻¹ de biomasa. La biomasa de poda proviene del 82,9% de la superficie cultivada en estudio, que equivale al 33% de las parcelas en estudio.*

4.1.1 Disponibilidad temporal

Se presenta en los Gráficos 4 y 5 la distribución temporal de la biomasa potencial (columnas con rallado oblicuo) y biomasa disponible (columnas con relleno sólido) para los escenarios Mínimo y Local. Salvando la cantidad de biomasa generada, los demás escenarios presentan un comportamiento similar al escenario Local por lo que se presenta solo éste como representativo de los escenarios Promedio y Máximo. En el eje de abscisas se encuentran detalladas las divisiones de quincenas y se puede observar que la generación de biomasa se produce desde la segunda quincena de febrero a fines de septiembre.

En ambos gráficos se pueden identificar tres momentos o periodos, el primero abarca desde la segunda quincena de febrero hasta la segunda quincena de marzo, el segundo corresponde al mes de abril y el tercero desde mayo en adelante. El primer periodo corresponde al aporte exclusivo de biomasa de escobajos y la diferencia entre biomasa potencial y disponible se basa en el factor de Accesibilidad Física (AF=0,93). En el segundo periodo además del aporte de los escobajos se contabiliza el material

de poda de Ciruelos y Damascos. Para el tercer periodo solo se cuenta con material de poda de olivo, vid y demás frutales. El valle generado en la primera quincena de mayo es debido a la ausencia de biomasa de vid y olivo y el pico en el mes de junio se debe al aporte simultáneo de todos los cultivos, situación que disminuye a partir de julio donde desaparece el aporte de olivo, duraznero y damasco.

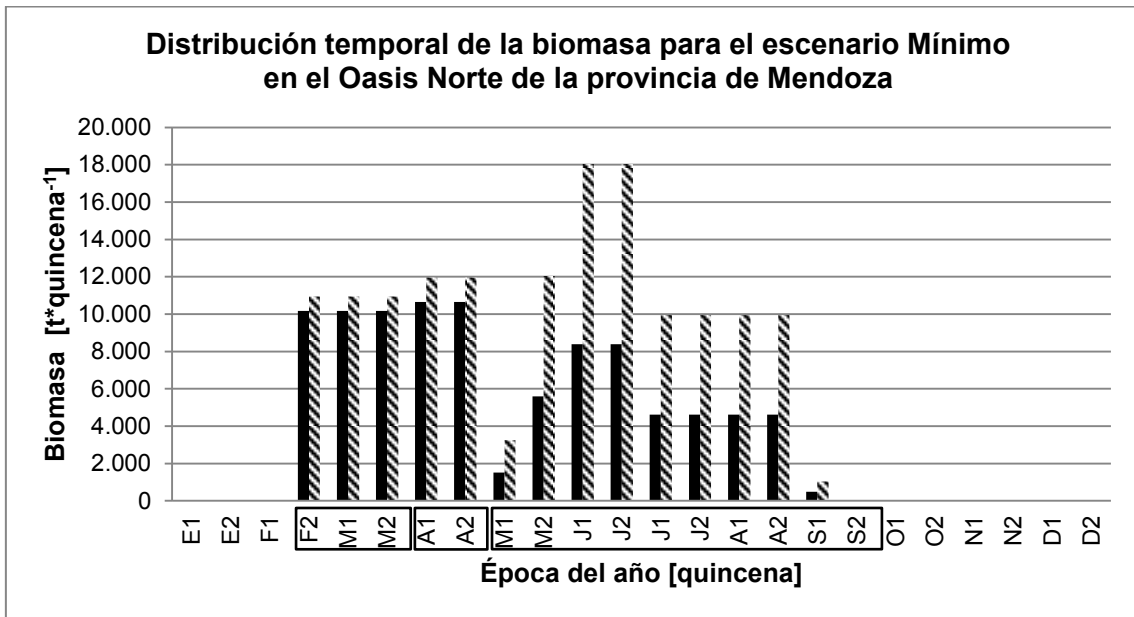


Gráfico 4. Distribución temporal de la biomasa para el escenario Mínimo en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza. Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

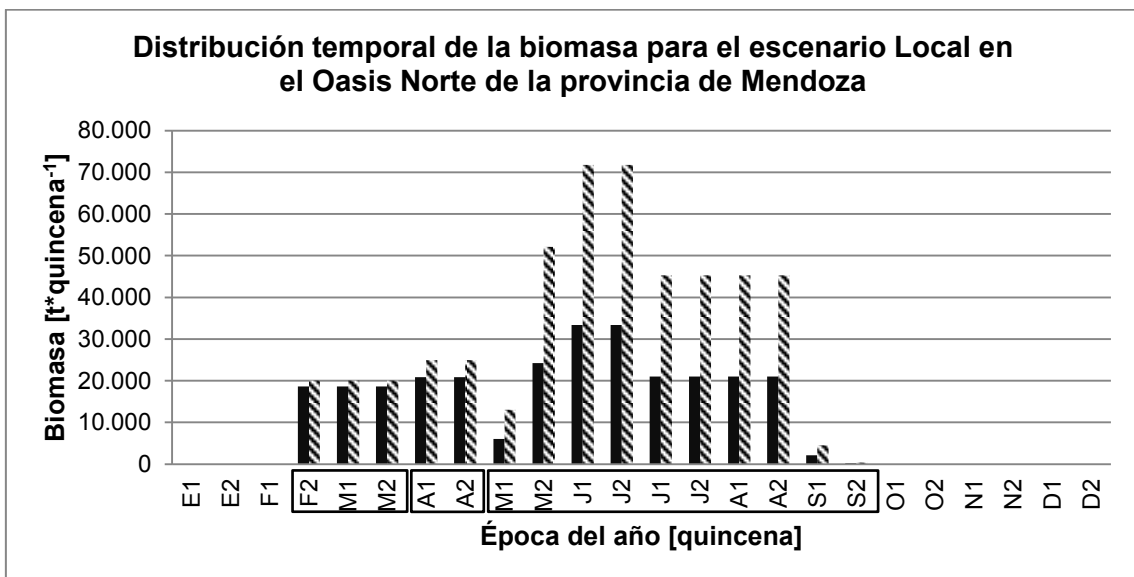


Gráfico 5. Distribución temporal de la biomasa para el escenario Local en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza. Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

Comparando el tercer periodo, en relación al primer y segundo periodo, vemos que para el escenario Mínimo la generación de biomasa disponible es notablemente menor que para el escenario Local que en promedio supera los valores de los dos primeros periodos. Esta variación se debe a que los valores de *Ri* utilizados en el escenario Mínimo resultan en una cantidad de biomasa de poda proporcionalmente menor a la de escobajos y no a una variación de superficie cultivada.

Si incorporamos al análisis el límite mínimo de parcela a incluir en la cuantificación de la biomasa y continuando la línea de presentación de los resultados, la distribución temporal de la biomasa para el escenario Mínimo y Local queda representada en los Gráficos 6 y 7. No se presentan los escenarios Promedio y Máximo ya que se comportan similarmente al escenario Local, con excepción de la cantidad de biomasa generada. Para el primer periodo los valores potenciales y disponibles son iguales entre si dado que el aporte de escobajos no se ve modificado por el límite de parcela. El segundo periodo acusa pequeñas diferencias entre valores potenciales y disponibles ya que continúa el aporte fuerte de escobajos y lo que induce la variación es el comienzo del aporte de material de poda de ciruelo y damasco. El tercer periodo debe sus diferencias al aporte pleno de material de poda.

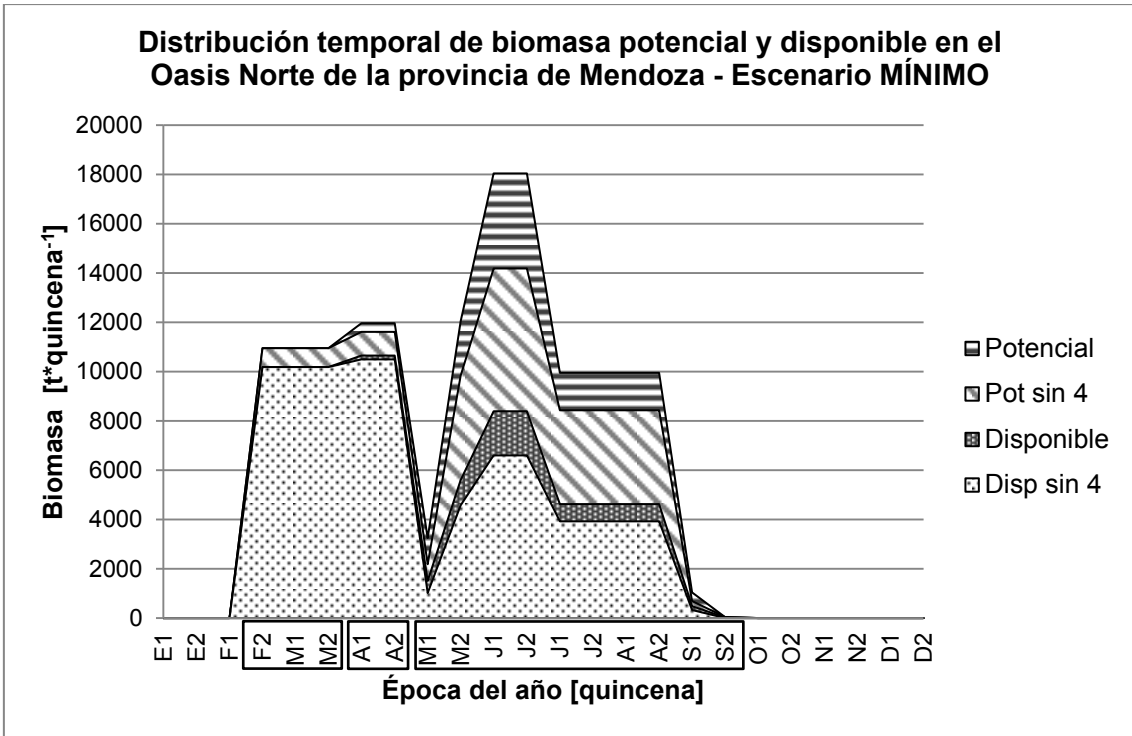


Gráfico 6. Distribución temporal de biomasa potencial y disponible en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza – Escenario Mínimo. Las curvas “Pot sin 4” y “Disp sin 4” corresponden a los valores de biomasa potencial y disponible considerando el límite inferior de 4ha. Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

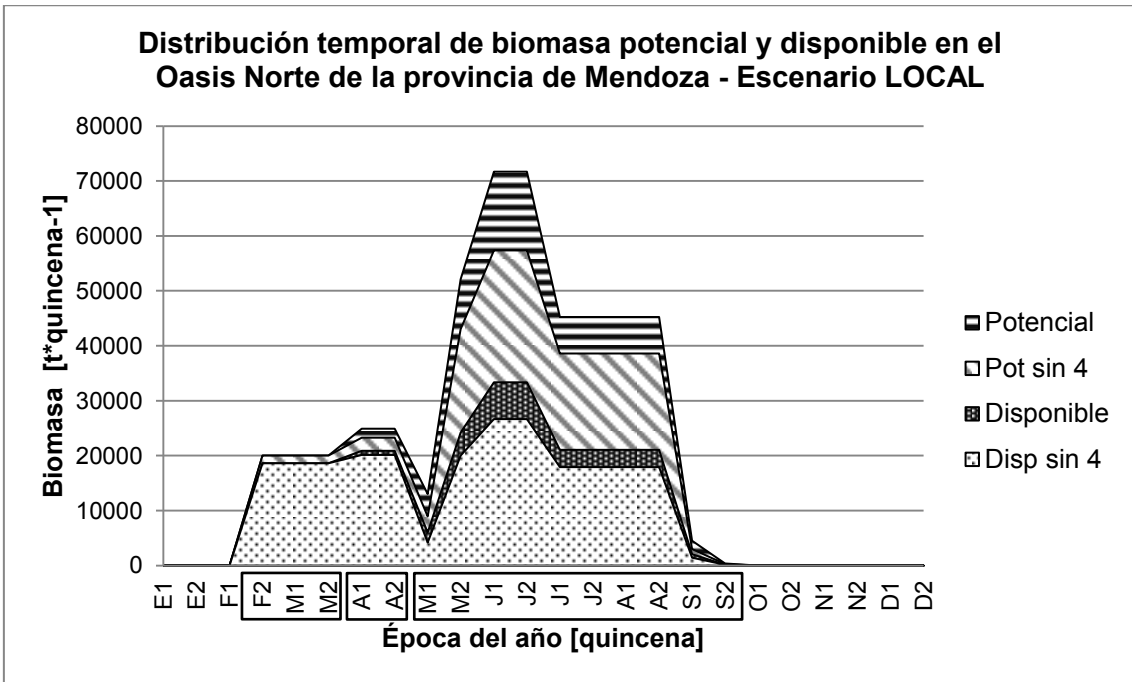


Gráfico 7. Distribución temporal de biomasa potencial y disponible en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza - Escenario Local. Las curvas “Pot sin 4” y “Disp sin 4” corresponden a los valores de biomasa potencial y disponible considerando el límite inferior de 4ha. Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

En el Gráfico 8 se muestra cuánto representa la biomasa disponible de cada escenario en relación al escenario Máximo. Hay una variación en el tiempo del porcentaje entre cada escenario, por ejemplo, para el escenario Promedio pasa de representar el 66,7% a representar el 52,9% del máximo. No hay una continuidad de estos valores, lo que se explicaría nuevamente por el aporte diferencial de los cultivos y escobajo en el tiempo.

La importancia de conocer cuánta de la biomasa disponible son escobajos se debe a que su aporte a la biomasa disponible global es estable entre mediados de febrero y fines de abril. Por otro lado, no depende en gran medida de los Factores de Disponibilidad y es una biomasa que al encontrarse acopiada en las bodegas, brinda una mayor seguridad en cuando a su disponibilidad.

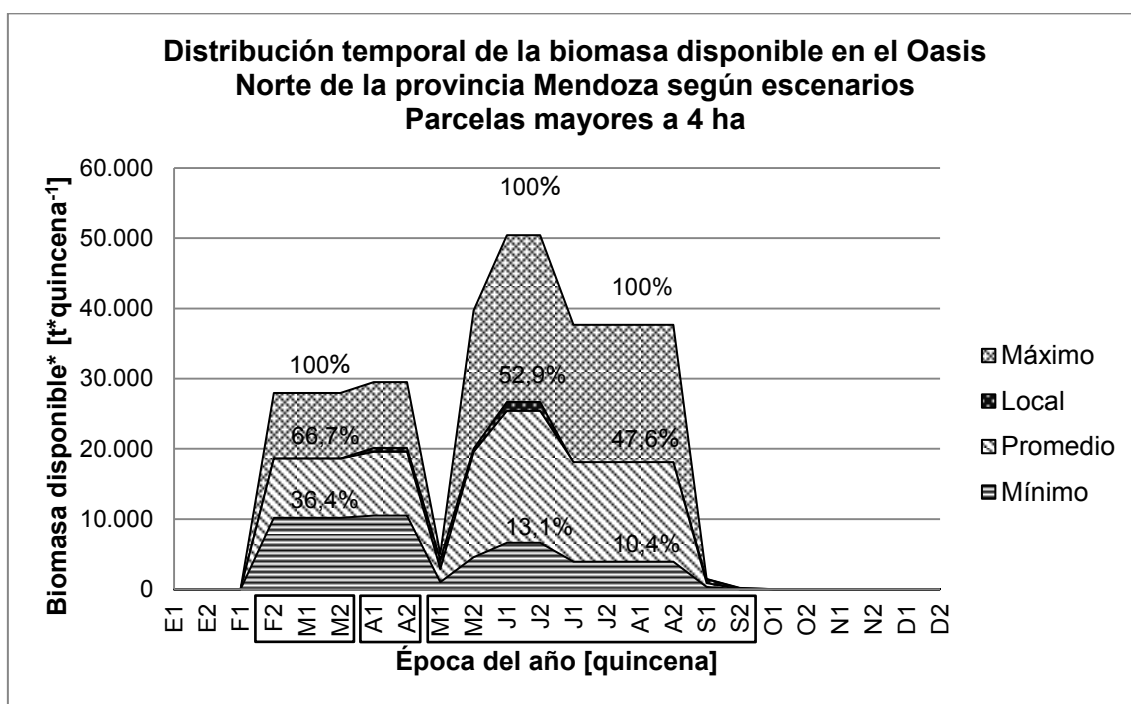


Gráfico 8. Distribución temporal de biomasa disponible en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza según escenarios - Parcelas mayores a 4 ha. Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

Si se considera que la biomasa generada estacionalmente puede almacenarse para ser usada a lo largo de todo el año, se dispondría de una cantidad de biomasa por quincena y hora como se detalla en Tabla 12.

Tabla 12. Biomasa disponible por quincena y hora según escenario.

Oasis Norte	Biomasa disponible			
	Escenario			
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	LOCAL
Por quincena [t*quincena ⁻¹]	3.595	10.061	18.361	10.289
Por hora* [t*hora ⁻¹]	10,8	30,2	55,1	30,9

Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

* Considerando 8.000 horas de consumo de biomasa al año.

En el Gráfico 9 se puede observar cómo evoluciona la generación de biomasa disponible bajo el escenario Mínimo a lo largo de dos años, el consumo de biomasa a razón de 3.595 t*quincena⁻¹ y el nivel de biomasa almacenada o stock. De este balance de biomasa se destaca la capacidad máxima de almacenamiento que debería disponerse, de aproximadamente 43.000 toneladas.

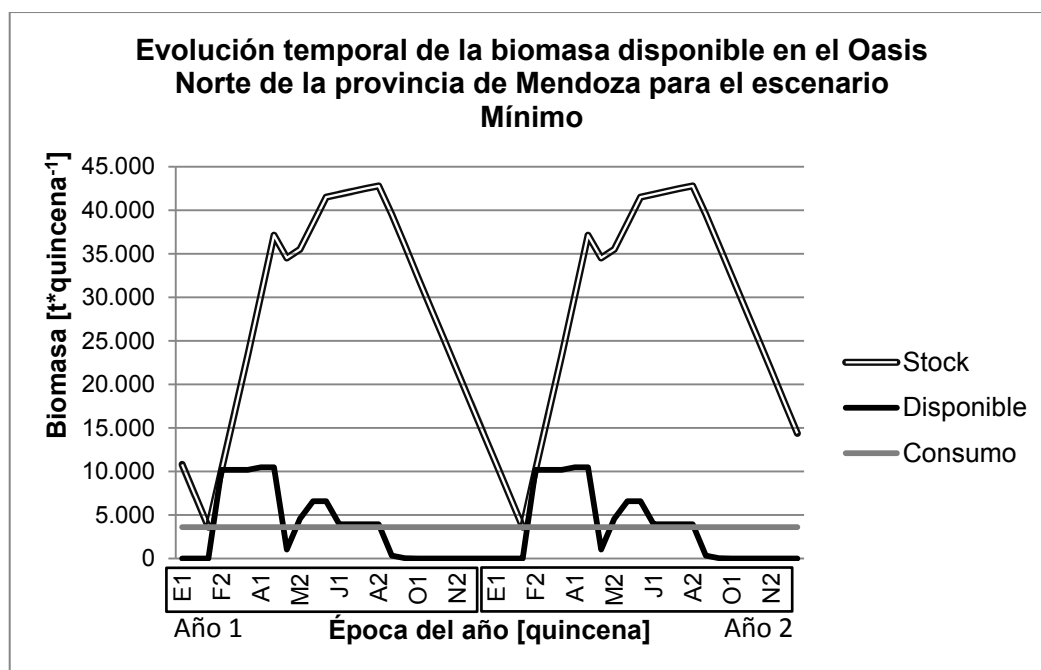


Gráfico 9. Evolución de la biomasa disponible en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza para el escenario Mínimo a lo largo de 2 (dos) años. Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

Resumiendo lo visto en este apartado...

- La biomasa está disponible entre la segunda quincena de febrero y fines de septiembre y no se distribuye homogéneamente en este periodo.
- La disponibilidad depende de los aportes de los distintos cultivos y escobajos y de los coeficientes **R_i** y **R_e** utilizados por escenario.
- Es fundamental conocer los valores de **R_i** y **R_e** de la zona en la que se realiza la cuantificación de biomasa disponible.

4.1.2 Comparación con estudios previos

Del trabajo “Bioenergía como vehículo de valoración de las cadenas agroforestindustriales regionales, para el desarrollo de las comunidades locales. Perspectivas de desarrollo con criterios de sustentabilidad ecológica, social y económica” de Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert, (s.f.) se extrajo Tabla 13 que detalla los valores de biomasa potencial generada para diferentes tipos de biomasa.

Tabla 13. Potencial biomásico en el Oasis Norte de Mendoza.

Tipo de Biomasa	Superficie Cultivada [ha]	Producción potencial de residuos de poda [t*año ⁻¹]
durazno	14.914,92	44.745,90
frutal	28.297,00	84.834,30
nogal	2.333,58	7.000,80
olivo	12.976,33	32.449,60
peral	3.959,76	11.879,40
plantación forestal	3.821,92	11.466,00
vid	60.886,00	109.597,70
Total	127.189,51	301.973,70

Fuente: (Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert, (s.f.)).

Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert (s.f.) calculan una producción potencial de residuos de poda de durazno, frutales, nogal, olivo, peral y vid de 290.508 t*año⁻¹, mientras que el valor obtenido en esta tesina para biomasa disponible de poda para el escenario Local (sin considerar límite inferior de 4 ha) es de 281.095 t*año⁻¹.

Por su parte Araniti, y otros, (2012) estudian la disponibilidad de la biomasa de poda de vid y olivo en la provincia de Mendoza. No presentan resultados en cuanto a la biomasa de poda de vid. En cuanto a la poda de olivo estiman, considerando que el Oasis Norte concentra el 65% de la producción olivícola de la Provincia, una generación de biomasa de 16.067 t*año⁻¹. En esta tesina, para el escenario Local y sin considerar el límite inferior de 4 ha, se obtuvo el valor de biomasa disponible de olivo igual a 17.589 t*año⁻¹.

Surgen diferencias importantes cuando se considera la biomasa de poda por especie. En Tabla 14 se muestran los valores de biomasa según autores para su comparación.

Tabla 14. Biomasa disponible de poda según autores en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza.

Biomasa disponible de poda en el Oasis Norte de Mendoza			
Especie	Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert (s.f.) [t*año ⁻¹]	Araniti y otros (2012) [t*año ⁻¹]	Resultados de esta tesina, escenario Local [t*año ⁻¹]
olivo	32.449,6	16.067	17.589,21
vid	109.597,7	-	127.255,27
durazno	44.749,9	-	12.604,58
nogal	7.000,8	-	551,6
peral	11.879,4	-	1.843,02
otros frutales	84.834,3	-	121.251,28
Total	290.511,7	16.067	281.094,96

Estas diferencias se pueden basar en la superficie considerada y en el coeficiente **Ri**. Para olivo, Araniti, y otros (2012) y Flores Marco, Anschau, Carballo & Hilbert, obtienen superficies cultivadas similares (12.359,1 ha y 12.976,33 ha respectivamente) (Tabla 15). La diferencia entre biomasa disponible radica entonces en el coeficiente **Ri**, 1,3 t*ha⁻¹*año⁻¹ de Araniti y otros (2012), frente a 2,5 t*ha⁻¹*año⁻¹ de Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert (s.f.). En esta tesina se contabilizó una superficie cultivada de 19.915,79 ha y se utilizó un coeficiente **Ri** de 1,9 t*ha⁻¹*año⁻¹.

Para el resto de los cultivos se presenta Tabla 15 con los valores de superficie cultivada para el Oasis Norte.

Tabla 15. Superficie cultivada por especie, Oasis Norte de Mendoza.

Especie	Superficie cultivada considerada	
	Flores Marco, Anschau, Carballo, & Hilbert [ha]	Resultados de esta tesina en base a datos del RUT [ha]
olivo	12.976,33	19.915,79
vid	60.886,00	114.230,01
durazno	14.914,92	6.470,81
nogal	2.333,58	282,69
peral	3.959,76	978,33
otros frutales	28.297,00	12.111,71

Las diferencias de superficie cultivada por especie que muestra la Tabla 15 resaltan la importancia, para la cuantificación de biomasa, de los valores de superficie considerada, que varían según la fecha de análisis y la precisión de la fuente de información. En este caso, Flores Marco, Anschau, Carballo & Hilbert (s.f.) utilizaron para determinar la superficie cultivada, imágenes satelitales de alta resolución.

Por último, Flores Marco, Anschau, Carballo & Hilbert (s.f.), estiman la extensión de la biocuenca de abastecimiento de una planta de generación de energía localizada en San Martín Ciudad por medio de un método que *“consiste en expandir el área que rodea al punto de interés (...), hasta que los valores acumulados (suma) de biomasa de cada pixel alcancen valores necesarios para la instalación de la planta sin que supere un radio de 20 km”*. Como resultado del análisis, en la biocuenca de 15 km de radio se dispondría de 142.563 t*año⁻¹ (Tabla 16).

Realizando un análisis similar, en esta tesina se llega a la conclusión de que en el mismo radio de recolección y bajo el escenario Local se obtendrían 79.976 t*año⁻¹ (Tabla 16). Para obtener este valor se generaron 6 (seis) anillos de radio interno y

externo como muestra la Tabla 16, se calculó el porcentaje del total de cada distrito que representa el área dentro de cada anillo y se obtuvo así la biomasa disponible.

Tabla 16. Comparación de biomasa disponible en un radio de 15 km alrededor de la localidad de San Martín Ciudad.

Anillo	Radio interno – Radio externo [km]	Biomasa por anillo según autor [$t \cdot \text{año}^{-1}$]	
		Flores Marco, Anschau, Carballo & Hilbert (s.f.)	Resultado de esta tesina, escenario Local*
1	(0 – 1]	14.284	159
2	(1 – 3]	26.444	4.318
3	(3 – 7]	27.500	18.561
4	(7 – 10]	28.367	20.350
5	(10 – 13]	38.710	21.959
6	(13 – 15]	7.259	14.628
Total		142.563	79.976

*Nota: los valores aquí presentados se refieren a todas las parcelas en estudio, sin aplicar el límite de 4 ha.

La notable diferencia se debe, en primer lugar, a que Flores Marco, Anschau, Carballo & Hilbert (s.f.) incluyen en la biomasa disponible además de la poda de olivo, vid y frutales, la biomasa proveniente de la industria del durazno, aceite de oliva, vitivinícola y residuos de aserraderos. En segundo lugar, en esta tesina se asumió en el cálculo de biomasa disponible, que la misma se distribuye homogéneamente en el espacio, mientras que Flores Marco, Anschau, Carballo & Hilbert (s.f.) al utilizar imágenes satelitales logran identificar con mayor precisión la distribución de la biomasa.

La distribución temporal de la biomasa disponible del escenario Local para esta biocuenca se muestra en Gráfico 10. A nivel macro se observa un comportamiento similar al de la totalidad del Oasis Norte bajo el escenario Local (columnas con relleno sólido del Gráfico 5), en el que los coeficientes **Ri** y **Re** hacen que el aporte de los escobajos en los dos primeros periodos sea casi igual al aporte de la biomasa de poda en el tercer periodo.

Comparando el aporte a la biomasa disponible de los escobajos a nivel de Oasis Norte y a nivel de la biocuenca, obtenemos que en el primer caso, los escobajos representan el 33% de la biomasa total mientras que en el segundo caso, representan el 48% de la biomasa total. Situación que supone un mayor aporte de escobajos y por ende de la capacidad productiva vitícola de la zona.

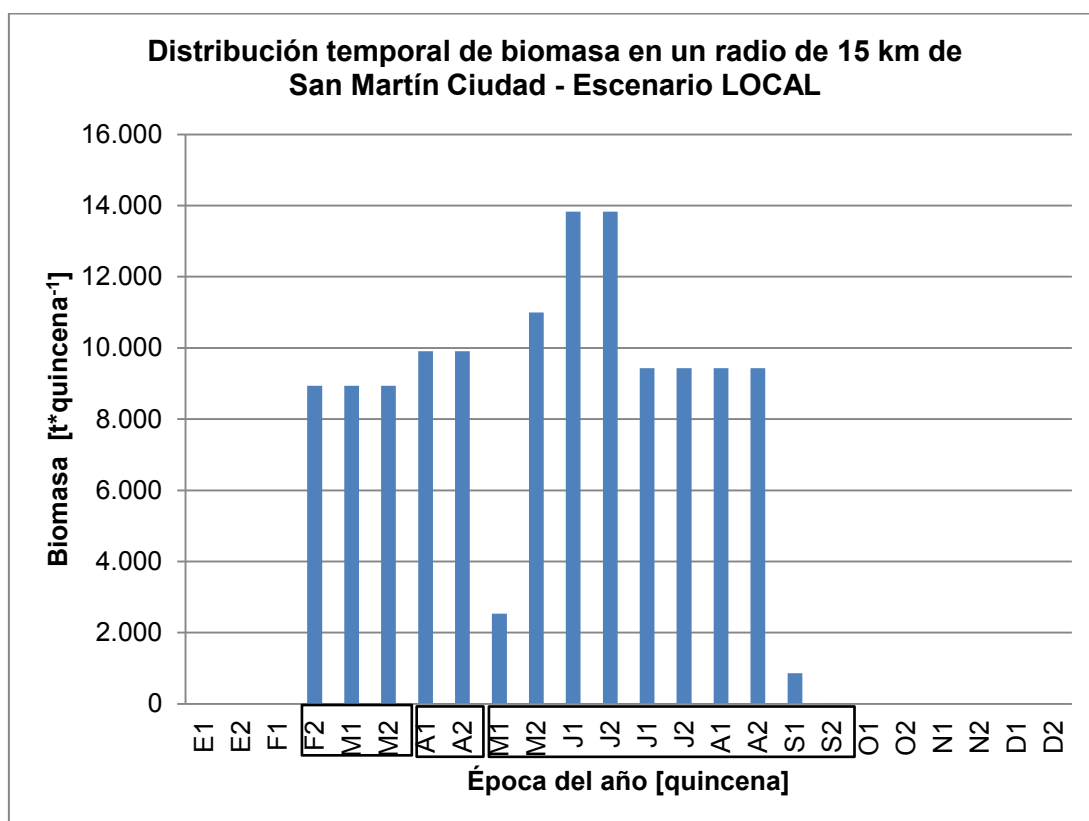


Gráfico 10. Distribución temporal de biomasa en los distritos abarcados en un radio de 15 km alrededor de San Martín Ciudad –Escenario Local. Fuente: elaboración propia a partir de datos del RUT y otras fuentes.

4.2 Energía potencial y disponible

En Tablas 17 y 18 se presentan los resultados de energía potencial y disponible. Se podría disponer de una cantidad de energía según escenarios entre 1.229.857 y 6.676.911 GJ*año⁻¹. Estos cálculos no consideran el límite inferior de 4 (cuatro) hectáreas.

Tabla 17. Energía potencial para el Oasis Norte de Mendoza.

Departamento	Energía potencial [GJ*año ⁻¹]			
	Escenario			
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	LOCAL
Godoy Cruz	7.534	12.495	18.986	12.763
Guaymallén	40.934	99.958	177.547	111.108
Junín	213.479	697.710	1.314.398	729.225
La Paz	5.058	20.930	45.263	22.436
Las Heras	55.762	109.776	211.617	123.303
Lavalle	223.054	718.199	1.435.325	737.238
Luján de Cuyo	246.047	697.020	1.393.566	662.317
Maipú	266.576	937.475	1.760.850	988.318
Rivadavia	272.432	928.299	1.758.955	968.988
San Martín	510.783	1.759.203	3.333.409	1.869.242
Santa Rosa	128.735	540.733	1.057.831	569.131
Total	1.970.396	6.521.799	12.507.748	6.794.067

Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

Tabla 18. Energía disponible para el Oasis Norte de Mendoza.

Departamento	Energía disponible [GJ*año ⁻¹]			
	Escenario			
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	LOCAL
Godoy Cruz	6.803	11.090	16.748	11.215
Guaymallén	29.456	63.154	107.570	68.339
Junín	134.237	388.679	707.560	403.333
La Paz	2.400	9.809	21.163	10.509
Las Heras	39.189	54.790	104.019	61.080
Lavalle	138.961	376.614	731.403	385.467
Luján de Cuyo	171.557	397.100	757.487	380.963
Maipú	155.500	531.231	961.753	554.873
Rivadavia	165.215	507.598	931.823	526.519
San Martín	321.729	993.019	1.812.520	1.044.187
Santa Rosa	64.810	273.423	524.865	286.628
Total	1.229.857	3.606.509	6.676.911	3.733.114

Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

Considerando la energía generada proveniente de parcelas de más de 4 (cuatro) hectáreas, se obtuvieron los valores de Tabla 19 en la que se indica entre paréntesis el porcentaje que representan estos valores en relación a la energía disponible en Tabla 18.

Tabla 19. Energía disponible en el Oasis Norte para parcelas mayores a 4ha.

Oasis Norte	Energía disponible [GJ*año ⁻¹]			
	Escenario			
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	LOCAL
Total	1.114.160 (90,6%)	3.186.064 (88,3%)	5.856.385 (87,7%)	3.262.450 (87,4%)

Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

El cálculo de la potencia media de una planta generadora por incineración se realizó considerando el valor de 8.000 horas de trabajo al año utilizado por Flores Marco, Silva Colomer, Anschau, Carballo, & Hilbert (2010) y se detalla en Tabla 20 el valor de potencia eléctrica para un rendimiento de 20%, 26% y 33% según corresponda.

Tabla 20. Potencia eléctrica media de una planta generadora por incineración.

	Escenario			
	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	LOCAL
Rendimiento [%]	20	26	33	26
Potencia media [MWe]	8,5	32,6	76,6	33,7

Fuente: elaboración propia a partir de datos de RUT y otras fuentes.

La Tabla 21 muestra una comparación de la potencia posible a instalar según escenarios, con otros equipos generadores existentes en la Provincia.

Tabla 21. Ejemplo de plantas de generación de similar potencia eléctrica en la provincia de Mendoza.

Escenario y Potencia	Ejemplo de otras plantas de generación de similar potencia en la provincia de Mendoza
Mínimo: 8,5 MWe	Hidráulica General San Martín (Río Mendoza): 6 MWe Hidráulica 25 de Mayo (Río Diamante): 6,64 MWe
Promedio: 32,6 MWe	Hidráulica Nihuil IV (Río Atuel): 30,45 MWe Grupos Turbo Gas: 32 MWe
Local: 33,7 MWe	
Máximo: 76,6 MWe	Hidráulica Nihuil I (Río Atuel): 72 MWe Grupo Ciclo Combinado ABB: 72 MWe

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Instituto Regional de Estudio sobre Energía (2007).

4.3 Mapas

En esta sección se presentan una serie de mapas con la principal información por distrito. La utilización de mapas permite poder visualizar con facilidad la distribución de un recurso como la biomasa, que no se genera homogéneamente en el espacio, así como los Factores de Disponibilidad que afectan su disponibilidad.

Vale aclarar que, el nivel de detalle a nivel de distrito que se alcanza en esta tesina, y con el cuál se elaboran los mapas aquí mencionados, no es suficiente para un estudio puntual de aprovechamiento de biomasa residual. Los objetivos de la tesina no persiguen ese fin. De igual manera se generan los mapas que permiten una primera aproximación a la definición de grandes áreas de mayor o menor potencial de generación de biomasa.

En el Mapa 1 “Extensión del Oasis Norte, Provincia de Mendoza” se muestra la extensión, ubicación, límites del Oasis Norte y departamentos incluidos. También se muestran los principales ríos de la Provincia. Este mapa permite al lector ubicarse espacialmente para luego abordar los demás mapas temáticos.

El Mapa 2 “Áreas urbanas y áreas no cultivadas” permite identificar las áreas dentro del Oasis Norte que no están siendo utilizadas para cultivos. Dentro de las “Áreas urbanas” se incluyen las ciudades, pueblos, aglomeraciones urbanas y áreas industriales. Las “Áreas no cultivadas” incluyen áreas actualmente no cultivadas enmarcadas dentro del Oasis Norte y la superficie ocupada por el cauce del río Mendoza.

En el Mapa 3 “Factores que afectan la disponibilidad de biomasa” se presentan dos elementos claramente visibles, las áreas protegidas y las rutas provinciales y nacionales. No existen áreas protegidas dentro del área de estudio. La imagen satelital de Google Earth de fondo permite también identificar la Precordillera y cómo el Oasis Norte se extiende prácticamente en zona de llanura facilitando la logística de aprovechamiento de la biomasa.

Para la serie de mapas denominados Mapa 4n, se muestra la biomasa disponible por distrito y por año, para los distintos escenarios (n: a, b, c, d) y la biomasa potencial por distrito y por año, para los distintos escenarios (n: e, f, g, h). Se presentan en el desarrollo de la tesina solo los mapas correspondientes a los valores de biomasa disponible. Los mapas de biomasa potencial se encuentran en formato digital en la documentación que acompaña esta tesina.

El Mapa 5 “Proporción de cultivos leñosos por distrito” se elaboró para visualizar dónde se encuentra la mayor cantidad de cultivos leñosos en estudio en relación al resto de los cultivos. Permite identificar dos zonas con mayor proporción ubicadas al este del departamento de Maipú y en la zona cultivada de los departamentos de San Martín, Junín y Rivadavia. En la Figura 9 se presenta el mapa de usos del suelo elaborado por Flores Marco, Silva Colomer, Anschau, Carballo & Hilbert (2010) donde se puede identificar el mismo patrón de distribución de cultivos leñosos y no leñosos.

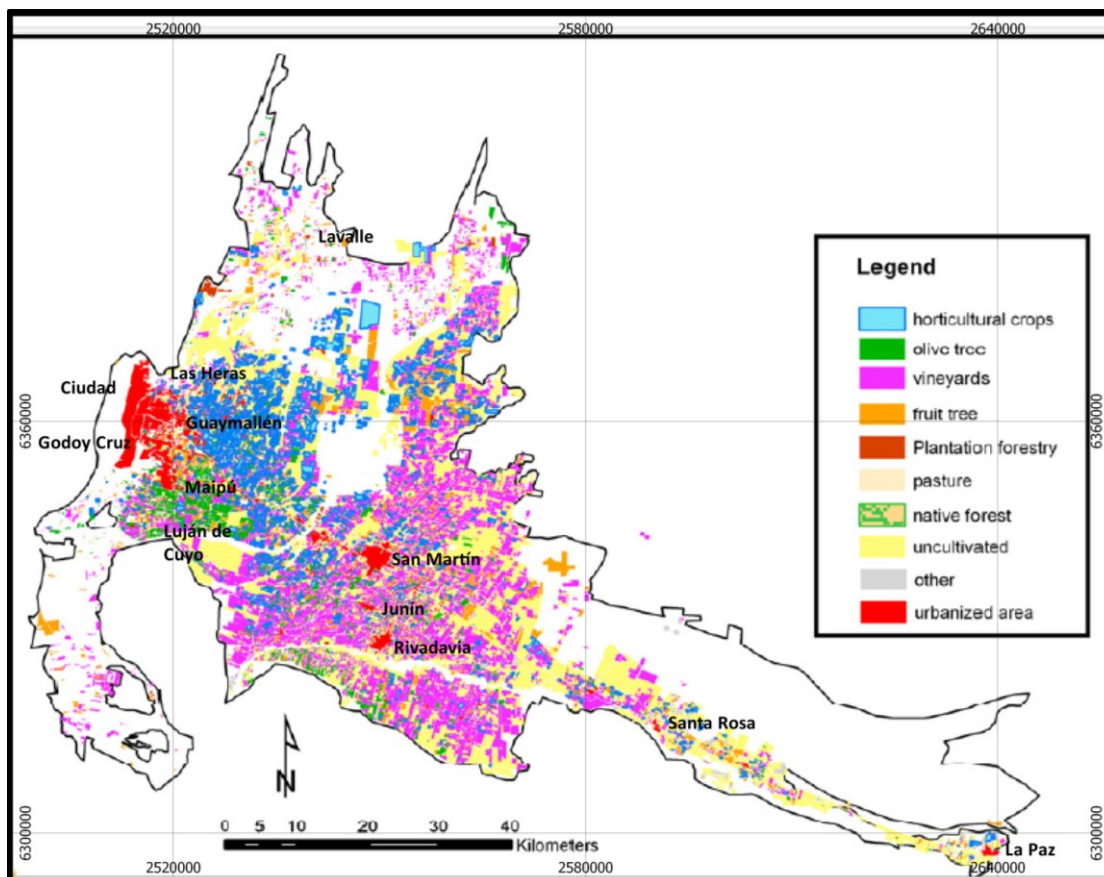
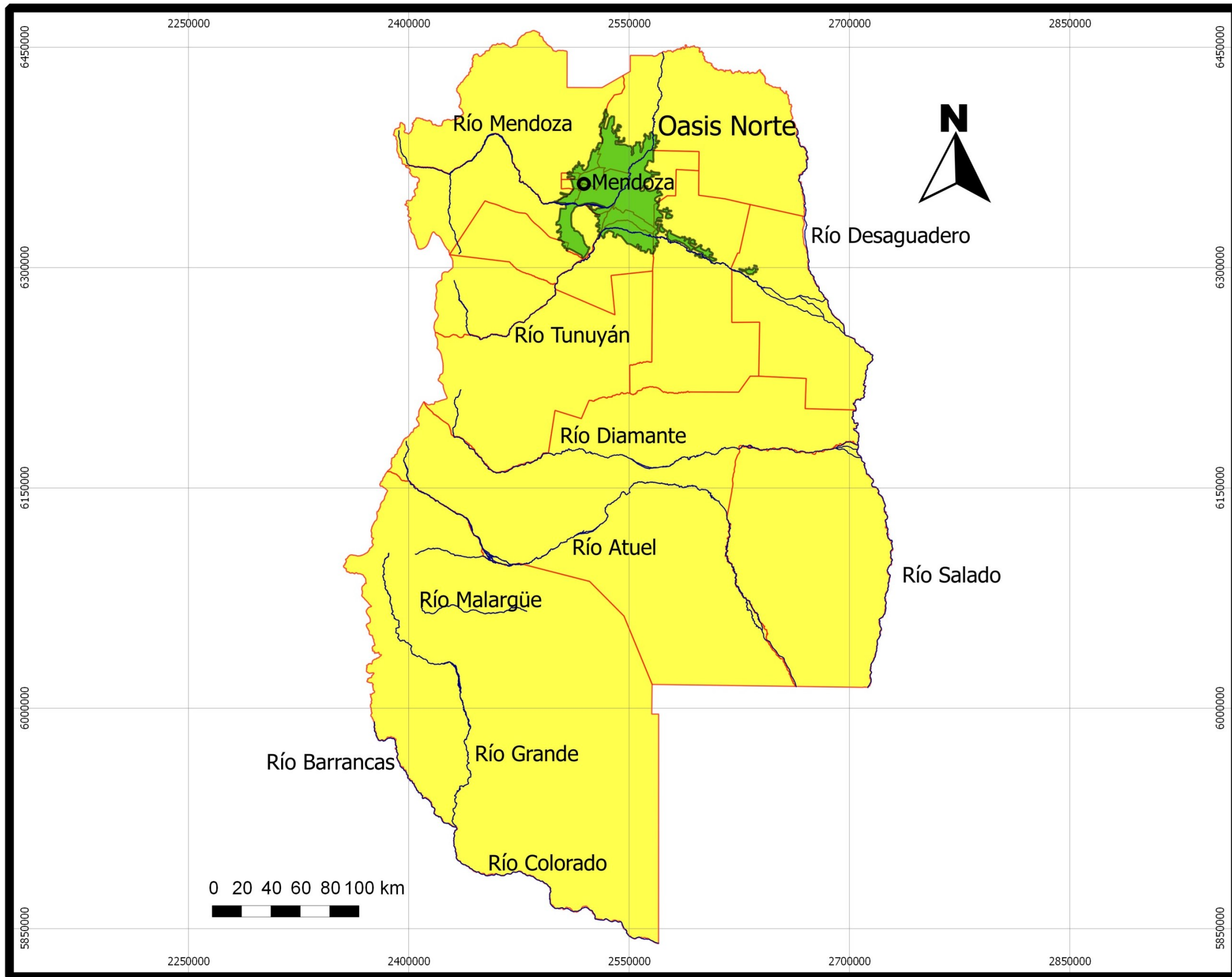


Figura 9. Mapa de usos del suelo del Oasis Norte de Mendoza.

Fuente: modificado de Flores Marco, Silva Colomer, Anschau, Carballo & Hilbert (2010).

La serie de mapas denominados Mapa 6n, presentan la energía disponible por distrito y por año, para los diferentes escenarios (n: a, b, c, d), y la energía potencial por distrito y por año, para los diferentes escenarios (n: e, f, g, h). Se presentan en el desarrollo de la tesina solo los mapas correspondientes a los valores de energía disponible. Los mapas de energía potencial se encuentran en formato digital en la documentación que acompaña esta tesina.

El Mapa 7 “Posible localización de planta generadora” muestra la cuenca de abastecimiento de 15 km de radio que tendría una planta de generación instalada en la localidad de San Martín Ciudad. El cálculo por medio de anillos concéntricos, permite la comparación de los resultados obtenidos con los de Flores Marco, Anschau, Carballo & Hilbert (s.f.) en su trabajo *“Bioenergía como vehículo de valoración de las cadenas agroforestointindustriales regionales, para el desarrollo de las comunidades locales. Perspectivas de desarrollo con criterios de sustentabilidad ecológica, social y económica”*.



Mapa 1
"Extensión del Oasis Norte, Provincia de Mendoza"



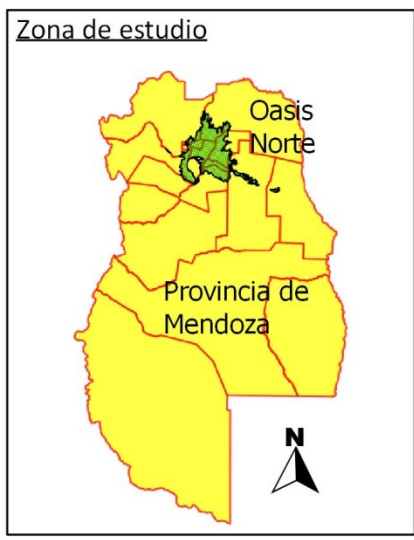
Leyenda

- Ríos principales
- OasisNorte

Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 Provincia de Mendoza con división de Departamentos: IGN (2003)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Argentina en el minimapa: Wikipedia (2014)
 Elaboró José Nicolás Martín, enero de 2014

Mapa 2 "Áreas urbanas y áreas no cultivadas"

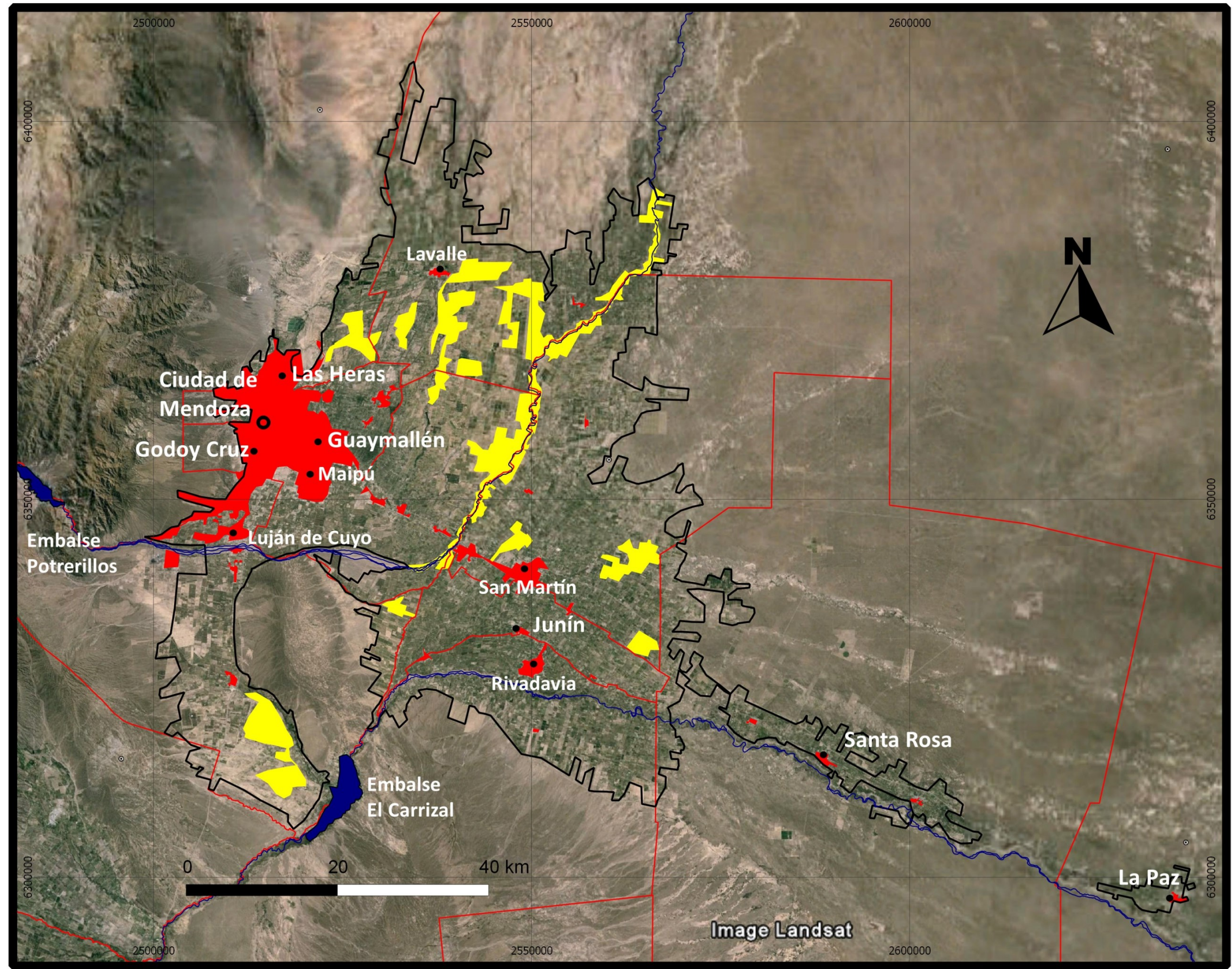


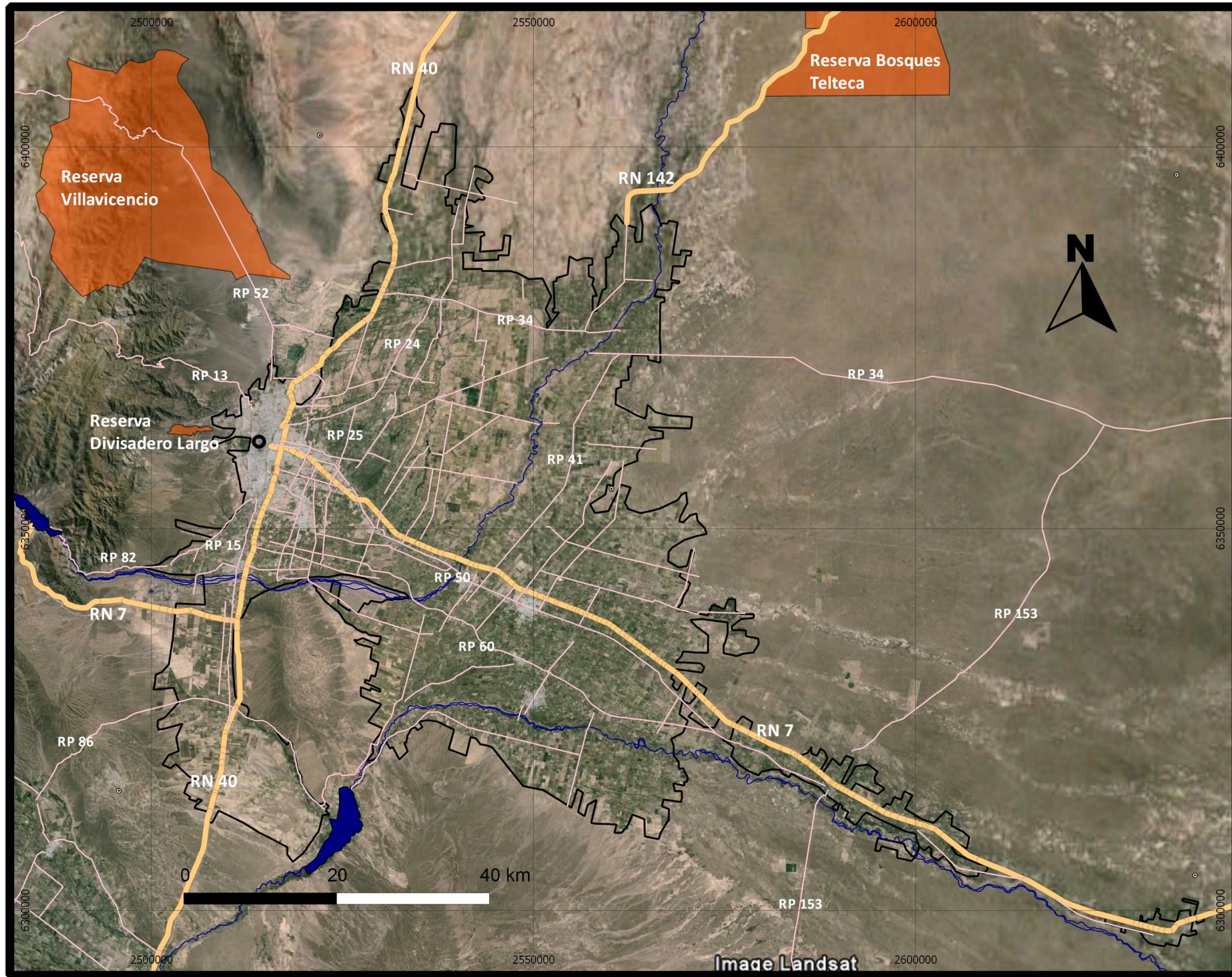
Leyenda

- Espejos de agua ■
- Ríos principales —
- OasisNorte
- Áreas no cultivadas
- Áreas urbanas

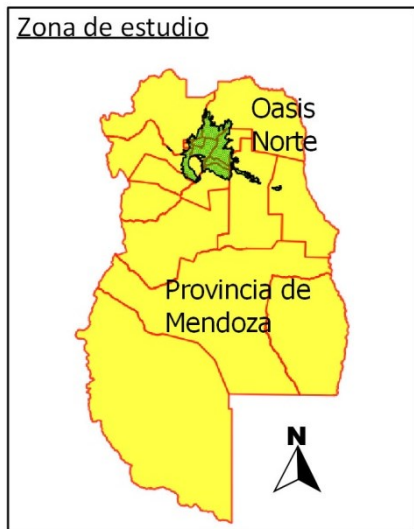
Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 Imagen Satelital: Google Earth (9 de abril de 2013)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, enero de 2014





Mapa 3 "Factores que afectan la disponibilidad de Biomasa"



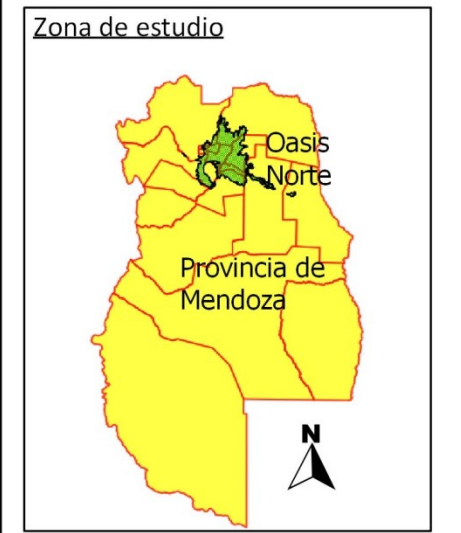
Leyenda

- Rutas Provinciales
- Rutas Nacionales
- Ríos principales
- OasisNorte
- Áreas Protegidas

Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 Rutas Provinciales y Nacionales: IGN (2003)
 Red de Áreas protegidas: Dir. Recursos Naturales Renovables
 Imagen Satelital: Google Earth (9 de abril de 2013)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, enero de 2014

Mapa 4a
"Biomasa
disponible por
distrito, escenario
mínimo"



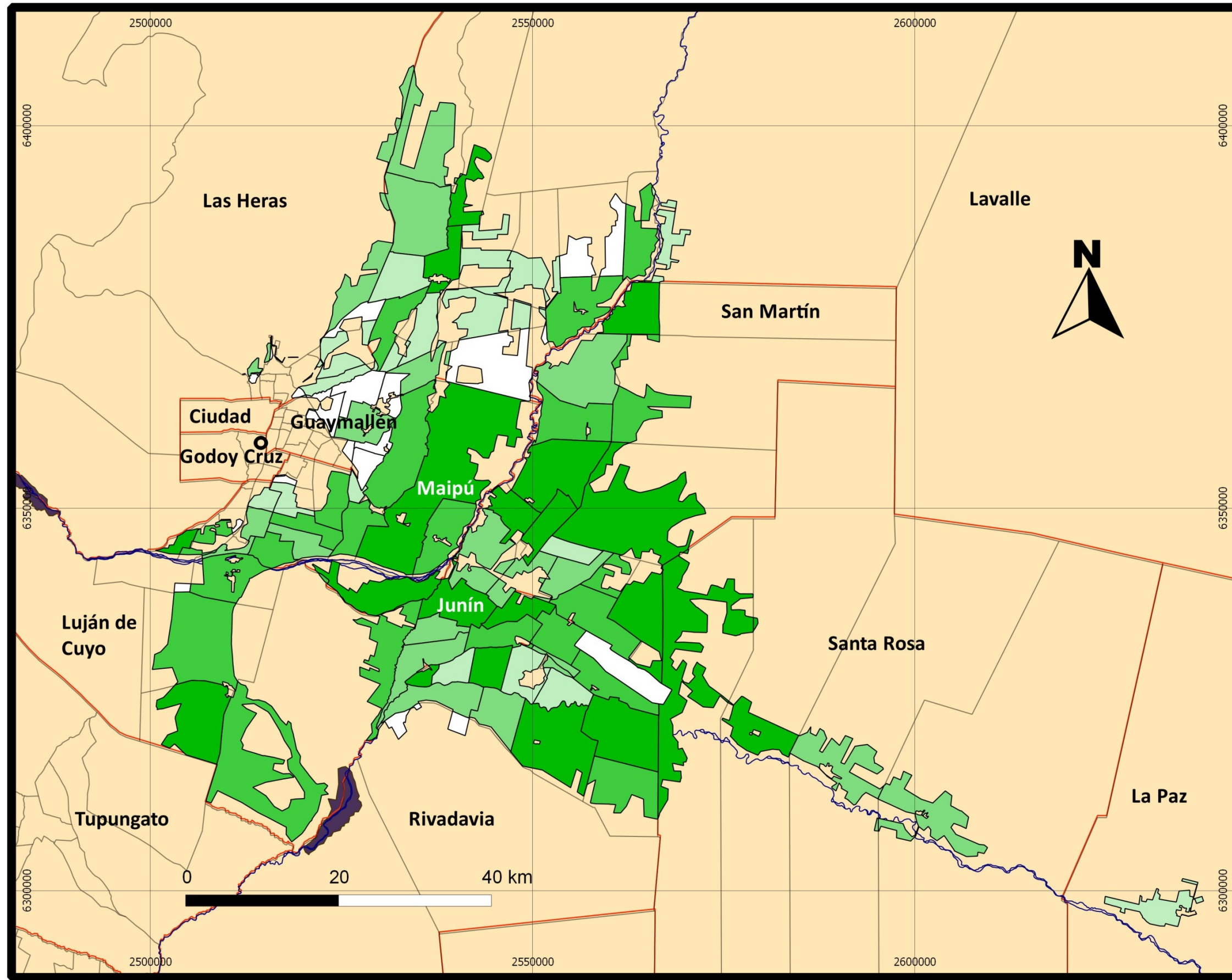
Leyenda

BDMIN [$t \cdot \text{año}^{-1}$]

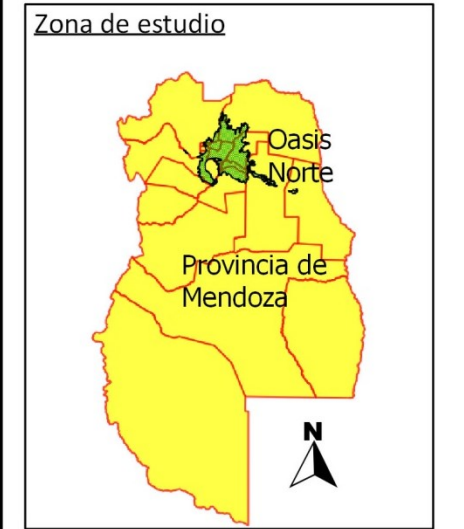
- 0 - 58
- 58 - 316
- 316 - 661
- 661 - 1.502
- 1.502 - 5.556

Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 División administrativa de distritos y departamentos de Mendoza: IGN (2003)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, febrero de 2014



Mapa 4b
"Biomasa disponible por distrito, escenario promedio"



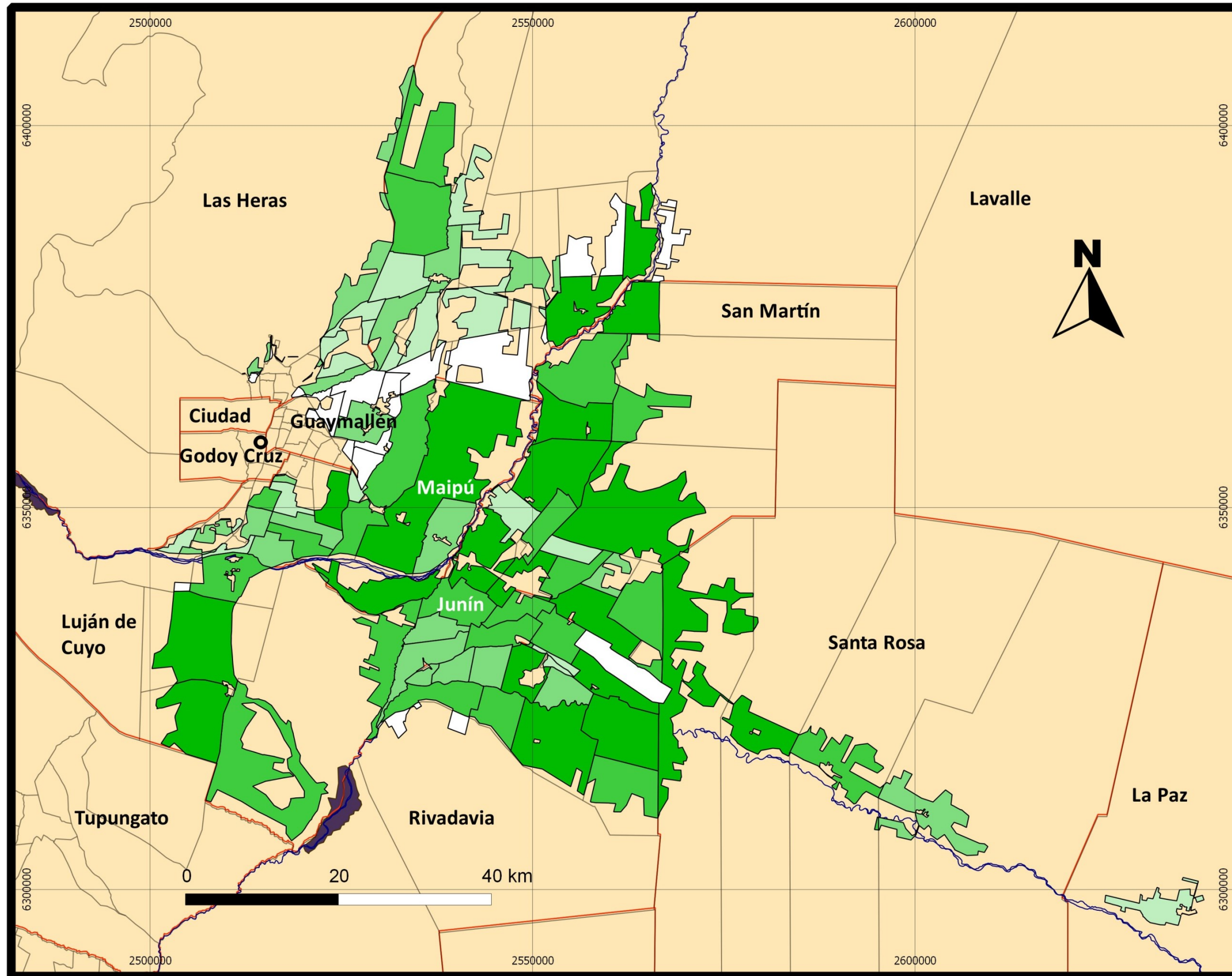
Leyenda

BDPROM [t*año-1]

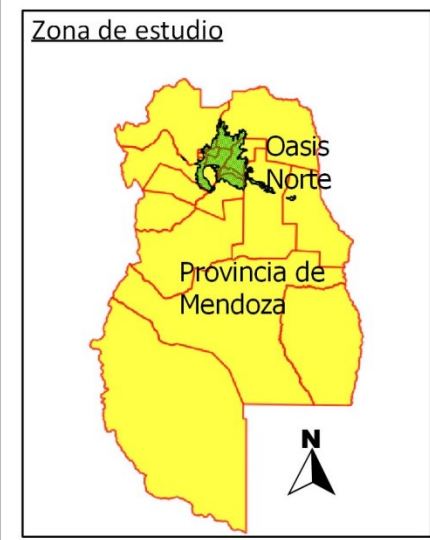
0 - 236
236 - 909
909 - 2.047
2.047 - 4.285
4.285 - 11.183

Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 División administrativa de distritos y departamentos de Mendoza: IGN (2003)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, febrero de 2014



Mapa 4c
"Biomasa disponible por distrito, escenario máximo"



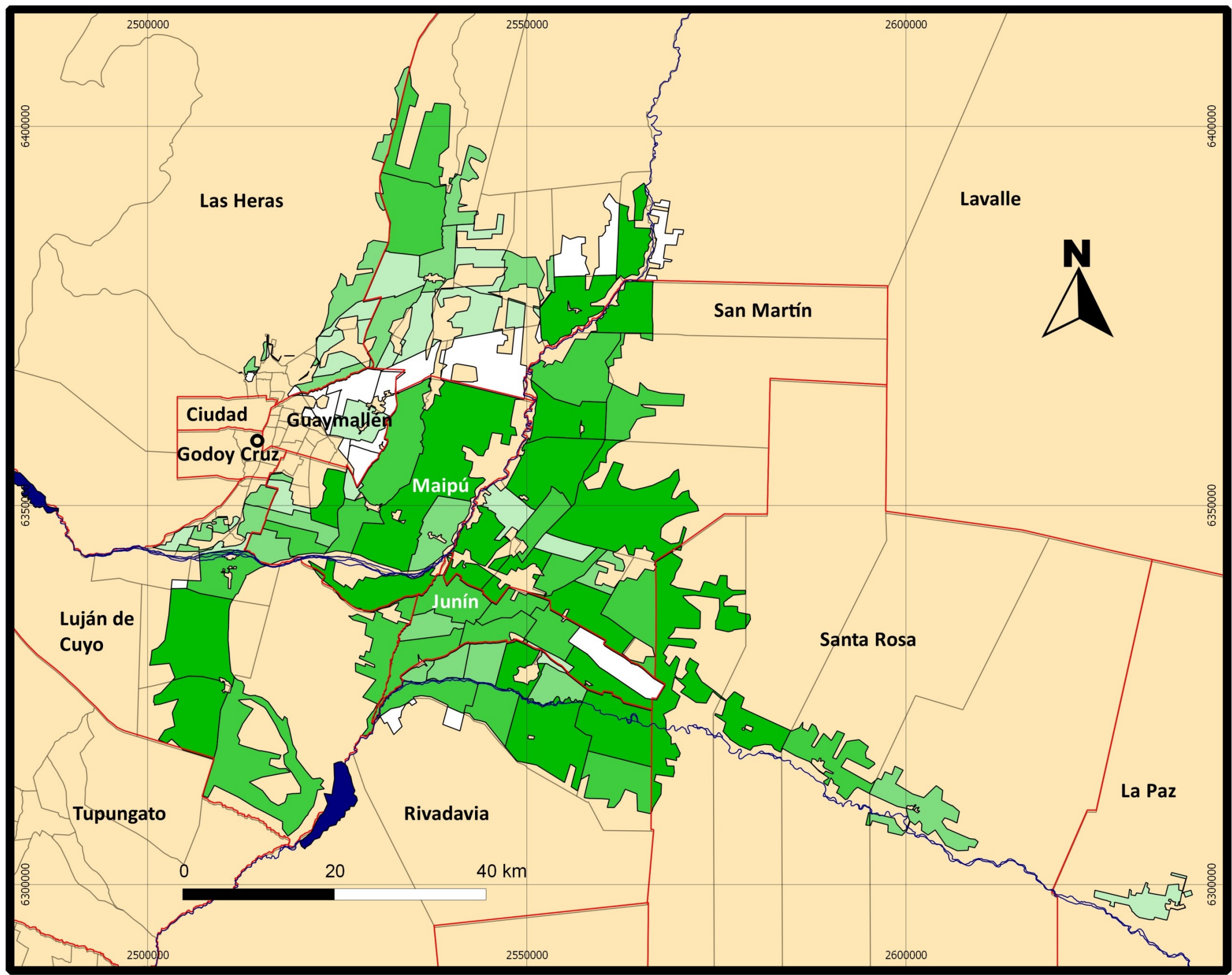
Leyenda

BDMAX [t*año-1]

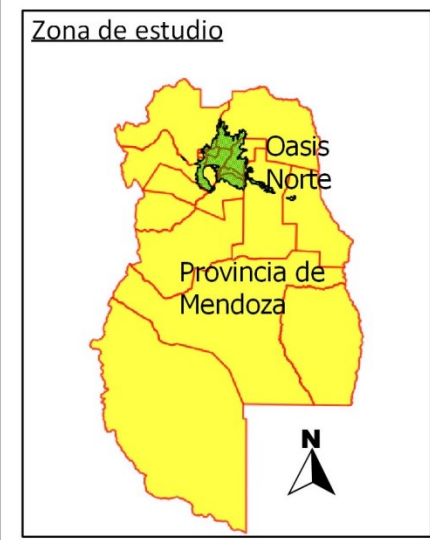
0 - 448
448 - 1.709
1.709 - 3.790
3.790 - 7.930
7.930 - 22.013

Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 División administrativa de distritos y departamentos de Mendoza: IGN (2003)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, febrero de 2014



Mapa 4d
 "Biomasa disponible por distrito, escenario local"



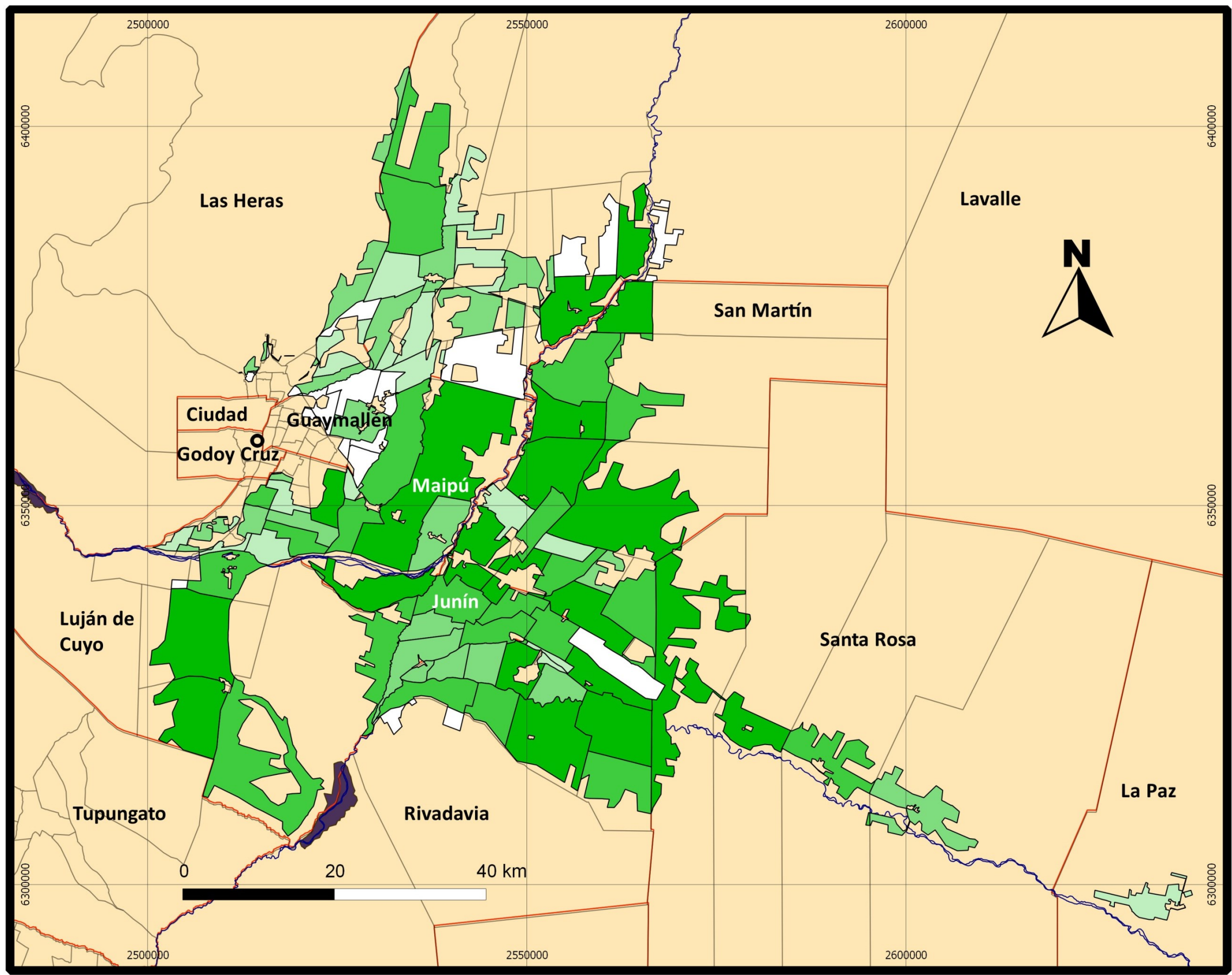
Leyenda

BDLOC [t*año-1]

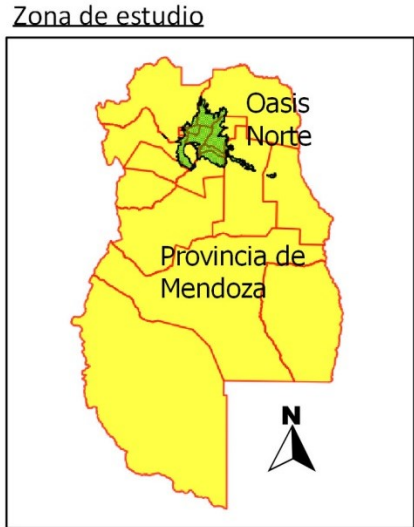
- 0 - 266
- 266 - 900
- 900 - 2.088
- 2.088 - 4.323
- 4.323 - 11.395

Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 División administrativa de distritos y departamentos de Mendoza: IGN (2003)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, febrero de 2014



Mapa 5
 "Proporción de cultivos leñosos por distrito"



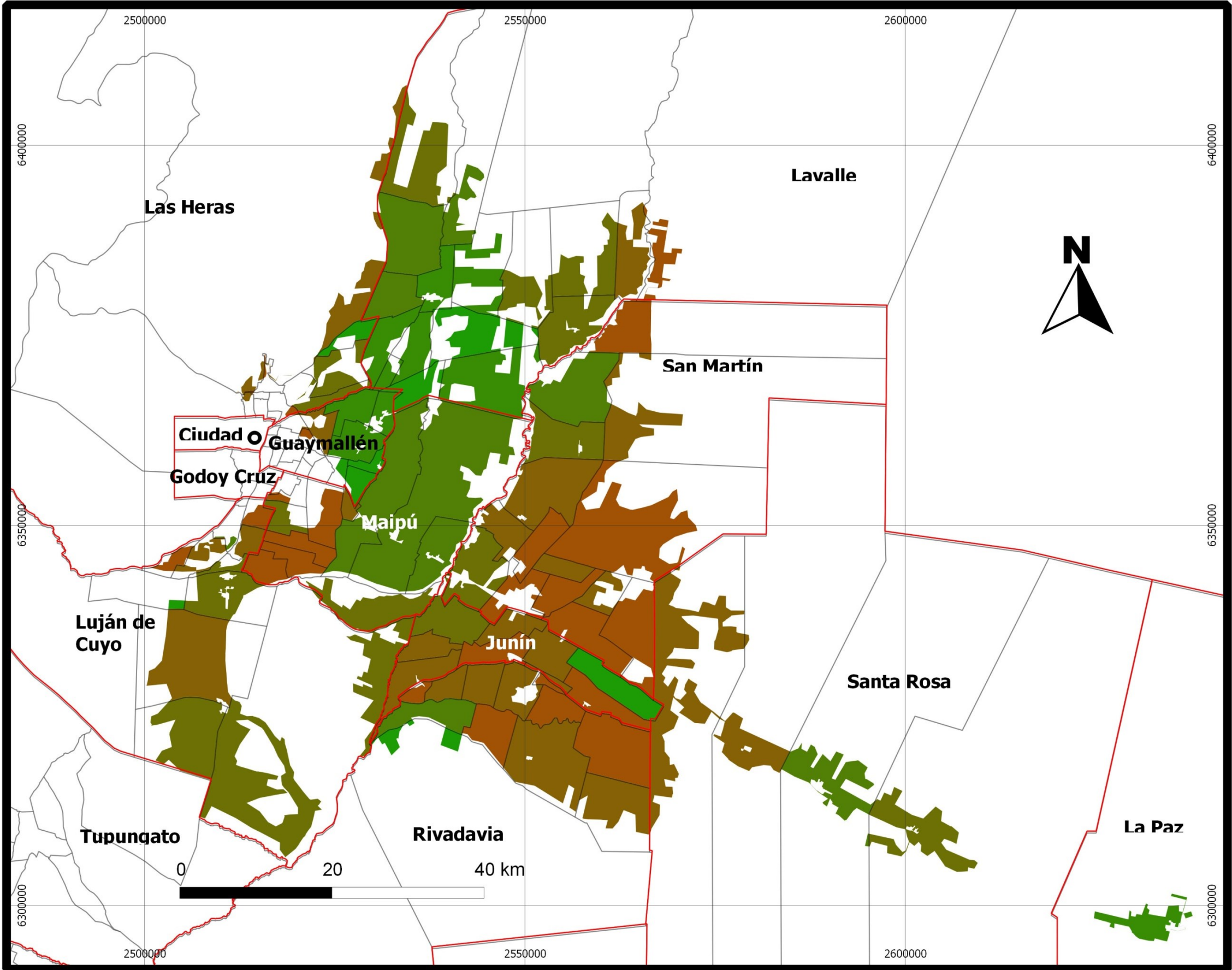
Leyenda

Proporción leñosos

- 0.0000 - 0.3262
- 0.3262 - 0.5684
- 0.5684 - 0.7038
- 0.7038 - 0.8460
- 0.8460 - 0.9500
- 0.9500 - 1.0000

Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 División de departamentos y distritos de Mendoza: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, enero de 2014



Mapa 6a "Energía disponible por distrito, escenario mínimo"

Zona de estudio



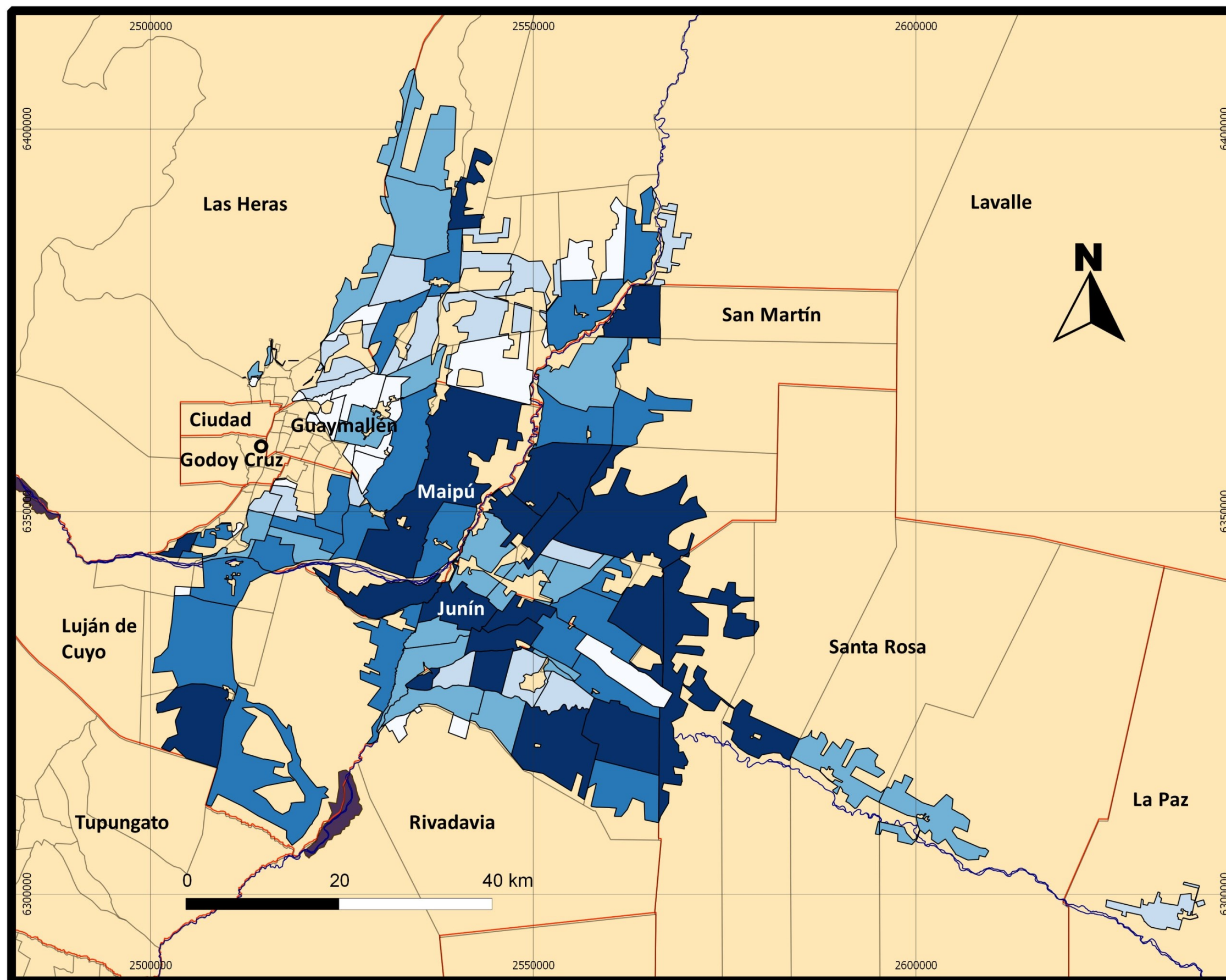
Leyenda

EDMIN [GJ*año-1]

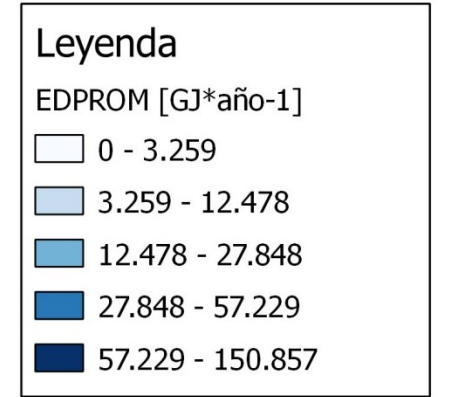
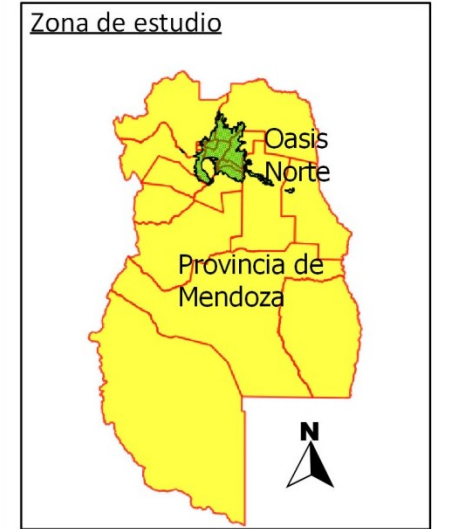
- 0 - 790
- 790 - 4.198
- 4.198 - 8.470
- 8.470 - 19.042
- 19.042 - 71.426

Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 División administrativa de distritos y departamentos de Mendoza: IGN (2003)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, febrero de 2014

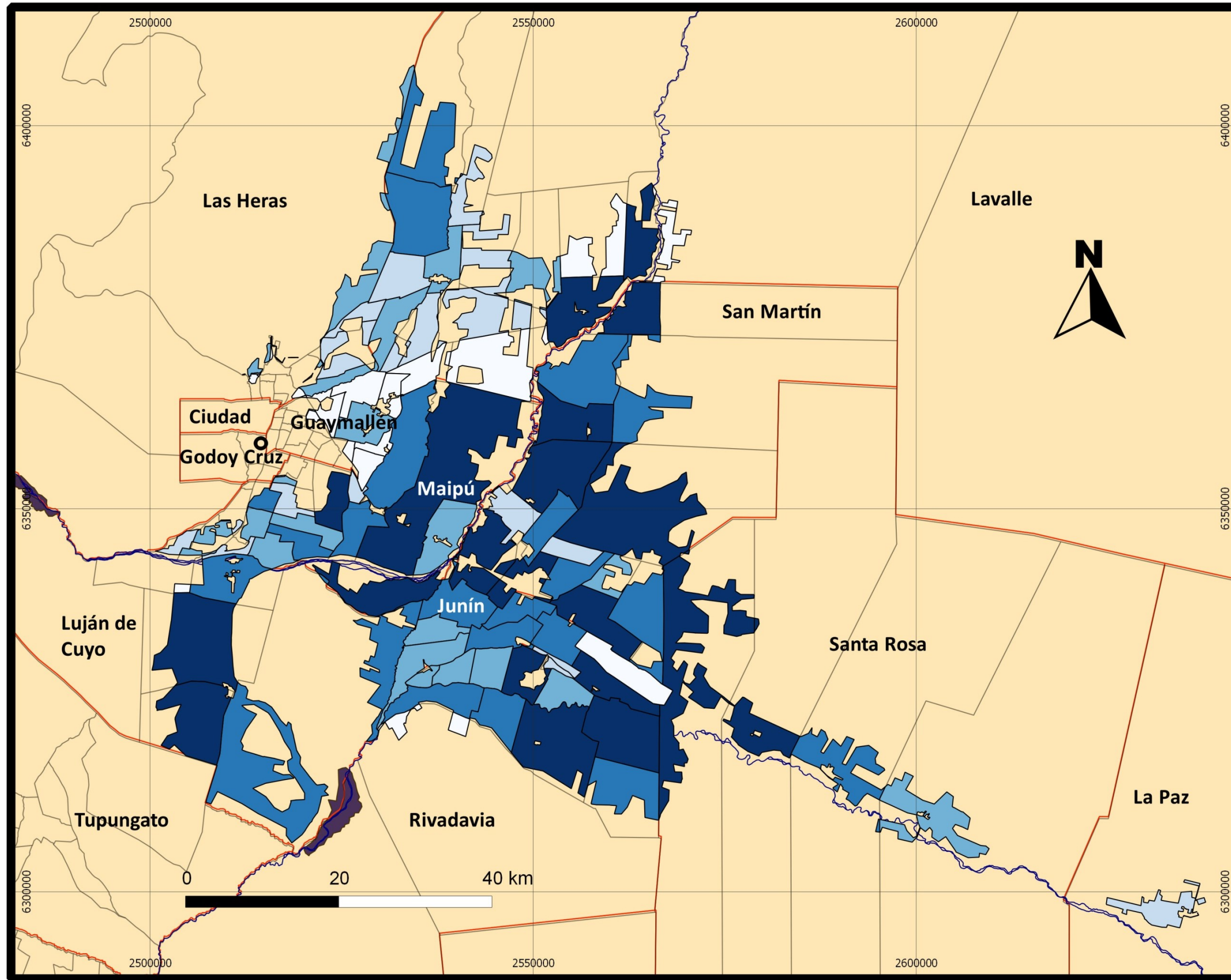


Mapa 6b "Energía disponible por distrito, escenario promedio"

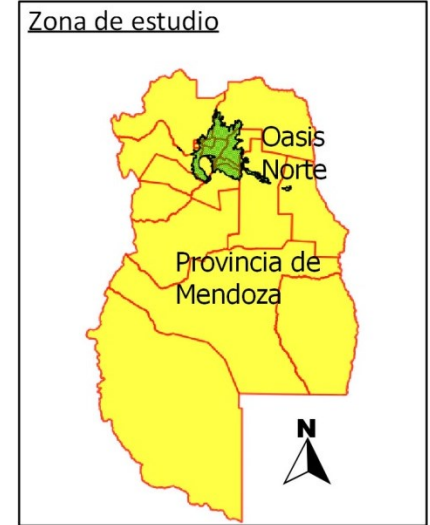


Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 División administrativa de distritos y departamentos de Mendoza: IGN (2003)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, febrero de 2014



Mapa 6c "Energía disponible por distrito, escenario máximo"



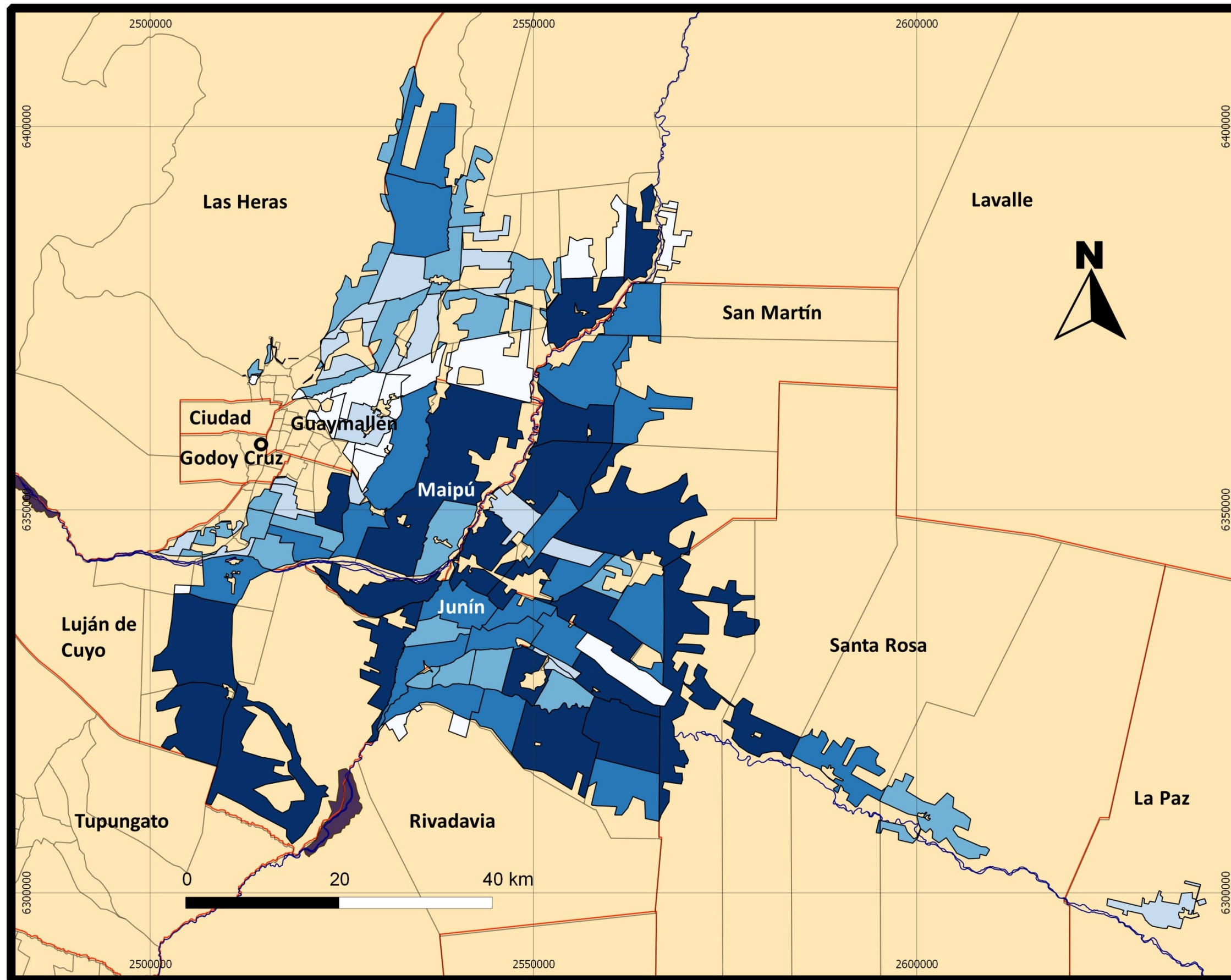
Leyenda

EDMAX [GJ*año-1]

0 - 6.180
6.180 - 22.938
22.938 - 50.869
50.869 - 106.048
106.048 - 301.261

Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 División administrativa de distritos y departamentos de Mendoza: IGN (2003)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, febrero de 2014



Mapa 6d "Energía disponible por distrito, escenario local"

Zona de estudio



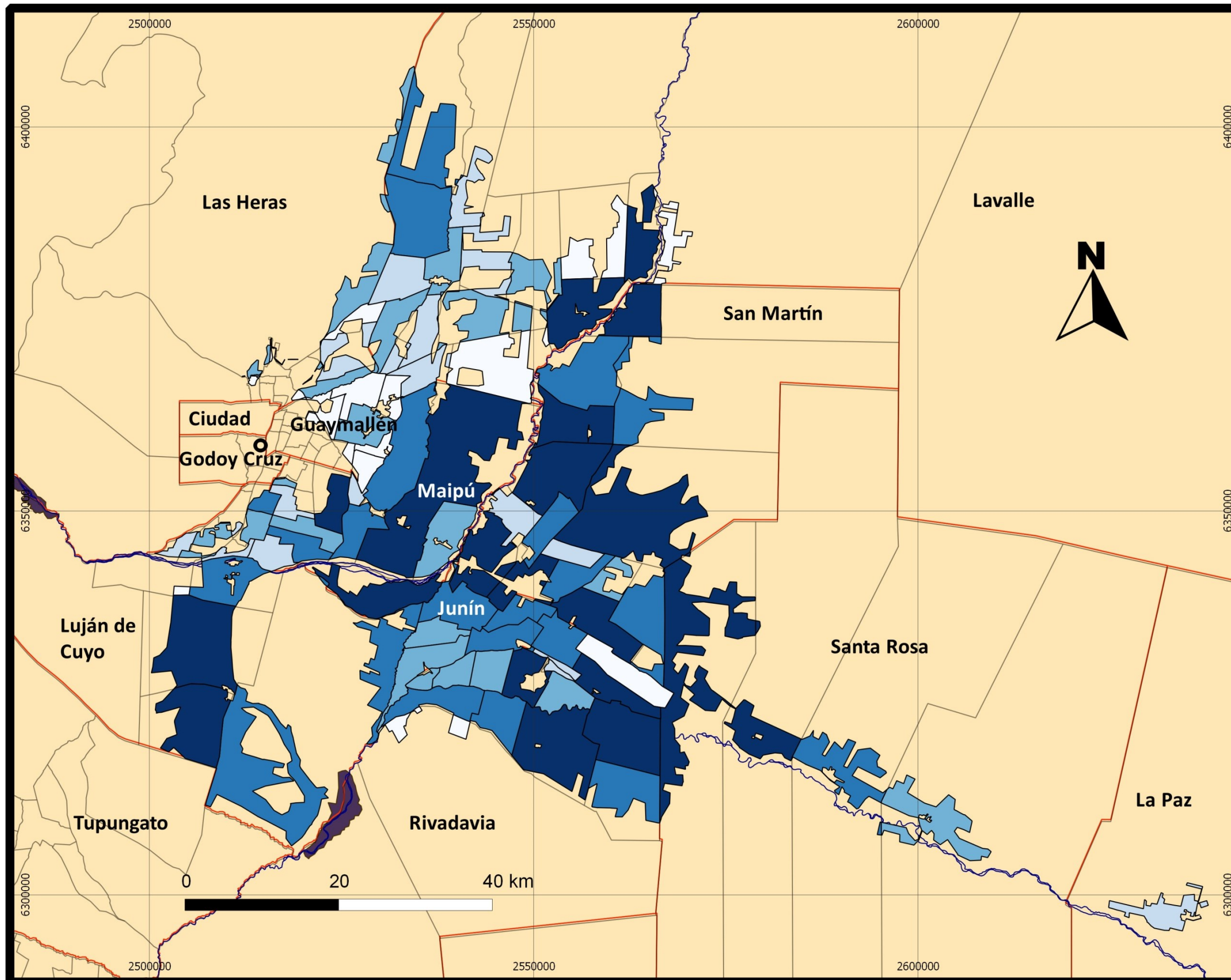
Leyenda

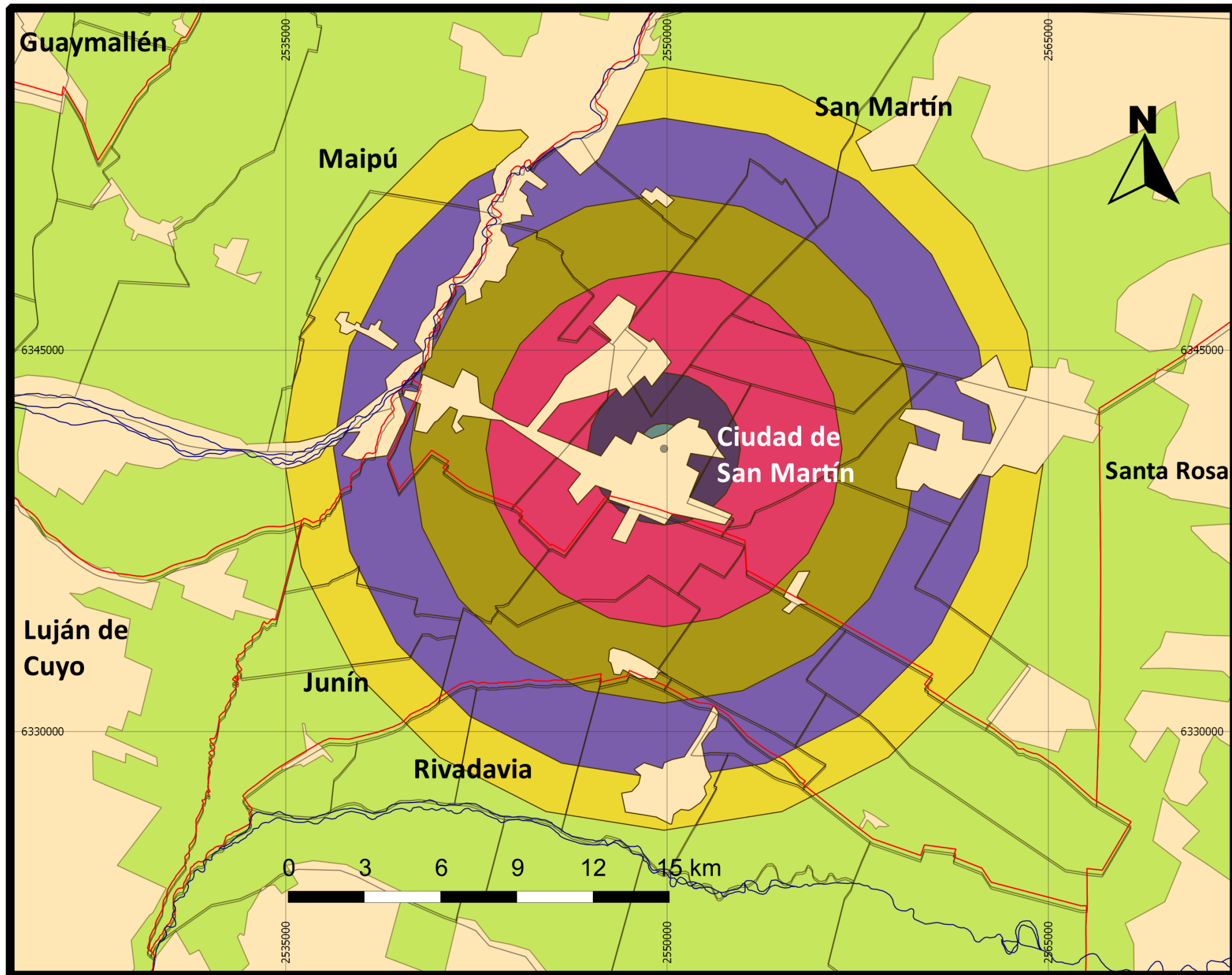
EDLOC [GJ*año-1]

- 0 - 3.680
- 3.680 - 12.368
- 12.368 - 27.865
- 27.865 - 57.200
- 57.200 - 154.941

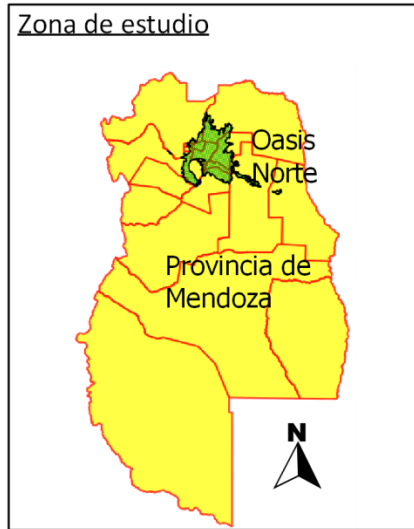
Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 División administrativa de distritos y departamentos de Mendoza: IGN (2003)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, febrero de 2014





Mapa 7 "Posible localización de planta generadora"



Leyenda

- Anillo 1 - 0 a 1km
- Anillo 2 - 1 a 3km
- Anillo 3 - 3 a 7km
- Anillo 4 - 7 a 10km
- Anillo 5 - 10 a 13km
- Anillo 6 - 13 a 15km

Sistema de referencia WGS 84

Fuentes de datos
 División administrativa de distritos y departamentos de Mendoza: IGN (2003)
 Ríos principales: IGN (2003)
 Imagen de Mendoza en el minimapa: IGN (2003)
 Elaboró José Nicolás Martín, marzo de 2014

4.4 Reflexiones finales

El aprovechamiento de un recurso renovable actualmente subutilizado para la generación de energía eléctrica bajo un sistema tradicional de combustión en caldera puede brindar al productor agrícola y consumidor de energía, una fuente de energía limpia que a su vez ayuda en la resolución de una problemática ambiental y energética.

El conocimiento de la disponibilidad de esta biomasa permite estimar la potencia eléctrica y térmica que podría instalarse. Los estudios anteriores, acompañados por esta tesina, y conjugados para lograr un mayor nivel de detalle serían el puntapié inicial para el aprovechamiento energético de la biomasa residual.

La biomasa disponible en el Oasis Norte de Mendoza y en el resto de la Provincia no se restringe a la aquí estudiada, y un estudio integral de disponibilidad requiere un equipo de trabajo multi- e interdisciplinario que aborde todas las cadenas productivas relacionadas. Es necesario el desarrollo de la investigación en las temáticas:

- efecto ambiental de la remoción de residuos biomásicos de los cultivos leñosos y no leñosos,
- cantidad de biomasa residual posible de ser extraída de un cultivo sin daño al ecosistema,
- tasas de generación de biomasa residual de poda, renovación y desarraigo para los cultivos leñosos en la provincia de Mendoza,
- criterios de selección del tamaño mínimo de superficie cultivada por parcela que será considerada para el aporte de biomasa a la cuenca de abastecimiento de un generador, entre otras.

El abordaje económico del aprovechamiento por incineración de la biomasa residual lignocelulósica no ha sido objetivo de esta tesina, pero de más está destacar su importancia para la evaluación de la rentabilidad de un proyecto de esta índole.

Míguez Gómez (2013) nombra varios parámetros de base para el cálculo de la viabilidad económica de una planta de biomasa:

- Potencia media [MWe]
- Ratio medio de inversión [$\text{€}\cdot\text{kW}^{-1}$]
- Horas equivalentes (de funcionamiento de la planta) [$\text{Horas}\cdot\text{año}^{-1}$]
- Producción eléctrica [MWh/año]
- Rendimiento global [%]
- Vida útil [años]
- Consumo de biomasa [$\text{t}\cdot\text{año}^{-1}$]
- Costos de operación y mantenimiento [$\text{c€}\cdot\text{kWh}^{-1}$]

Según Míguez Gómez (2013) el costo de inversión para una planta de potencia media de 5 MWe asciende a $1.803 \text{ €}\cdot\text{kW}^{-1}$ y el costo de operación y mantenimiento a $9,3 \text{ c€}\cdot\text{kWh}^{-1}$. De modo de tener un valor aproximado usamos estos datos para calcular para el escenario mínimo (8,5 MWe) el monto de la inversión a realizar. Se deberían invertir entonces 15,32 millones de Euros y los costos de operación y mantenimiento ascenderían a $790,5 \text{ €}/\text{kWh}$.

A la inversión en la planta generadora deben sumarse los costos de aprovisionamiento de biomasa o tratamiento, que abarcan desde la corta del material de poda en el campo u obtención de escobajos en bodegas, hasta que el material se encuentra listo para ser incinerado.

Por último se deben considerar los ingresos generados por la venta de la energía a la red, en Mendoza regulado por la Ley N°7.822 (2008), y los beneficios económicos, fiscales e impositivos aplicables a la generación con energías renovables. A nivel nacional la Ley N°26.190 (2006) regula y fomenta el uso de fuentes de energías renovables.

CAPÍTULO 6: BIBLIOGRAFÍA

6.1 Bibliografía citada

Altshuler, B. (2012). Fronteras sociales y asimetrías en la vitivinicultura mendocina actual. Cuadernos de desarrollo rural, 151-175. Colombia.

Araniti, V., Maza, M., Bauzá, M., Winter, P., Alturria, L., Gómez, F. y otros (2012). Estado actual y perspectivas de la producción de bioenergía a partir de residuos y subproductos de la cadena vitivinícola y olivícola-olearia en la república Argentina. En B. De Genaro, Valorizzazione Energetica di residui e sottoprodotti della filiera agro-alimentare e forestale in Italia e Argentina. Italia.

Becerra de Garramuño, A., & Prieto de Álvarez, E. (1996). Contaminación agroindustrial en los departamentos de Lavalle, Santa Rosa y Tupungato. Facultad de Filosofía y Letras. Mendoza, Argentina.

Cerdá, E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa. Cuadernos económicos de ICE(83). Madrid, España

Departamento General de Irrigación. (2006). Hidrografía de la provincia de Mendoza. Mendoza, Argentina.

Departamento General de Irrigación. (2006). Plan director del río Mendoza. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación - Gobierno de Mendoza. Mendoza, Argentina.

Departamento General de Irrigación. (2006). Plan Director del Río Tunuyán. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación - Gobierno de Mendoza. Mendoza, Argentina.

Dirección de Recursos Naturales Renovables. (s.f.). Red de áreas protegidas de Mendoza. Mendoza, Argentina.

Domínguez Bravo, J. (2000). Breve introducción a la cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Ministerio de Ciencias y Tecnología, Centro de

Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Madrid: CIEMAT.

Elias, X. (2009). Reciclaje de residuos industriales: residuos solidos urbanos y fangos de depuradora. Díaz de Santos. España.

FAO. (2009). Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina - WISDOM Argentina - Análisis espacial de la producción y consumo de biocombustibles aplicando la metodología de "Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles" Informe Final. Argentina.

Fernández, G., Alayón, M., Panero, C., Nazario Pedernera, V., & Stefanini, V. (2010). Aprovechamiento de biomasa residual bajo un esquema de cogeneración de energía eléctrica y térmica. Aplicación del enfoque de marco lógico como herramienta para planificación de la gestión de un proyecto. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 14. Argentina.

Flores Marco, N., Anschau, R., Carballo, S., & Hilbert, J. (s.f.). Bioenergía como vehículo de valoración de las cadenas agroforestoindustriales regionales, para el desarrollo de las comunidades locales. Perspectivas de desarrollo con criterios de sustentabilidad ecológica, social y económica. Argentina.

Flores Marco, N., Colomer, J., Anschau, R., Carballo, S., & Hilbert, J. (2009). Análisis de la producción potencial y desarrollo de la bioenergía en la provincia de Mendoza -biocombustibles y biomasa- utilizando sistemas de información geográfica. Argentina.

Flores Marco, N., Silva Colomer, J., Anschau, R., Carballo, S., & Hilbert, J. (Junio de 2010). Analysis of the potential production and the development of bioenergy in the province of Mendoza – Bio-fuels and biomass – Using geographic information systems. International Journal of Hydrogen Energy, 35. Argentina.

Francescato, V., Antonini, E., & Zuccoli Bergomi, L. (2008). Manual de combustibles de madera. Valladolid, España: AVEBIOM.

González Velasco, J. (2009). Energías renovables. Barcelona: Reverté.

- Guardia, E. (2012). División política de la provincia de Mendoza.
- Huerga, I., & Venturelli, L. (s.f.). Energías Renovables. Su implementación en la Agricultura Familiar de la República Argentina.
- Instituto de Desarrollo Rural. (2010). Censo Frutícola Provincial 2010, Mendoza, Argentina.
- Instituto Geográfico Nacional. (2003). Shape de hidrografía de Mendoza.
- Instituto Geográfico Nacional. (2003). Shape de límites departamentales de Mendoza.
- Instituto Geográfico Nacional. (2003). Shape de límites distritales de Mendoza.
- Instituto Geográfico Nacional. (2003). Shape de rutas provinciales y nacionales.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. República Argentina.
- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2012). Uva ingresada a bodegas para vinificar en la provincia de Mendoza. Mendoza, Argentina.
- Instituto Regional de Estudio Sobre Energía. (2007). Matriz Energética Integral de la Provincia de Mendoza. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza.
- Manrique, S., Franco, J., Núñez, V., & Seghezso, L. (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, 12. Salta, Argentina.
- Manrique, S., Franco, J., Núñez, V., & Seghezso, L. (2011). La biomasa como instrumento estratégico de desarrollo local: principales resultados y reflexiones para el valle de Lerma (Salta). Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 15. Salta, Argentina.
- Martínez Centeno, L. (s.f.). Gestión de residuos. Jornada sobre aprovechamiento energético de residuos. Girona, España.
- Martínez Lozano, S. (Enero de 2009). Evaluación de la biomasa como recurso energético renovable en Cataluña. España.

- Míguez Gómez, C. (2013). La eficiencia energética en el uso de la biomasa para la generación de energía eléctrica: optimización energética y exergética. Madrid.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2009). Estrategia Provincial para el Sector Agroalimentario - EPSA-. Mendoza.
- Nogués, F., & Royo Herrer, J. (2002). Jornadas de Biomasa, Ciclo Energías Renovables. Fundación CIRCE. Zaragoza, España.
- Patiño Diez, J., & Smith Quintero, R. (2008). Consideraciones sobre la dendroenergía bajo un enfoque sistémico. Redalyc(39), 19-34.
- Perlbach de Maradona, I., & Calderón, M. (s.f.). Dinámica productiva departamental, un enfoque de largo plazo. Mendoza.
- Puigdevall, J. P., & Galindo, D. G. (2006). Localización de zonas óptimas para el aprovechamiento de la biomasa residual agrícola en la provincia de Teruel. Tecnosylva. España.
- Secretaría de Energía de la Nación. (s.f.). Probiomasa, energía firme y limpia para crecer. Recuperado el 6 de Enero de 2013, de <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3682>. Argentina.
- Sevilla, F. (04 de mayo de 2008). Fuerte desactualización local en internet. Mendoza, Argentina.
- Sozzi, G. (2007). Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Buenos Aires: Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires.
- Zuloaga Rotta, L. (2008). Diagramas de flujo de datos (DFD). Recuperado el enero de 2014, de <http://alayo.files.wordpress.com/2008/12/diagrama-de-flujo-de-datos2.pdf>

6.2 Bibliografía consultada

- Cátedra de Fruticultura, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca. (s.f.). Poda de fructificación de frutales. Catamarca, Argentina.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2009). Estrategia Provincial para el Sector Agroalimentario - EPSA-. Mendoza.

Cárdenas, Gerónimo. Matriz energética Argentina - Situación actual y posibilidades de diversificación. Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario. Disponible en: <http://www.eeaoc.org.ar/upload/contenido/pdf/20120228122933000000.pdf>

DDS – OEA (Departamento de Desarrollo Sostenible - Organización de los Estados Americanos). 2007. Informe de la iniciativa de política sobre energía sostenible para América Latina y el Caribe. Disponible en: http://www.oas.org/dsd/reia/Documents/SEPIreportFINAL_spanish.pdf

6.3 Entrevistas

Azín, G. (05 de Marzo de 2013). (J. N. Martín, Entrevistador) Mendoza, Argentina.

Burba, J. (31 de Julio de 2012). (J. N. Martín, Entrevistador) Mendoza, Argentina.

Bustamante, J. (Junio de 2014). (J. N. Martín, Entrevistador) Mendoza, Argentina.

Daparo, C. (Mayo de 2013). Gerente General de la Asociación de Industriales y Madereros de Mendoza. (J. N. Martín, Entrevistador) Mendoza, Argentina.

Galarraga, I. (16 de Abril de 2013). (J. N. Martín, Entrevistador) Mendoza, Argentina.

Herrera, M. (Abril de 2013). (J. N. Martín, Entrevistador) Mendoza, Argentina.

Hilbert, J. (15 de Noviembre de 2013). (J. N. Martín, Entrevistador) Córdoba, Argentina.

Indiveri, N. (2013). (J. N. Martín, Entrevistador) Mendoza, Argentina.

Paez, N. (diciembre de 2013). (J. Martín, Entrevistador) Mendoza, Argentina.

Sosa, M. (12 de mayo de 2013). (J. N. Martín, Entrevistador) Mendoza, Argentina.

6.4 Sitios web consultados

<http://biomasud.eu/es/> Web del proyecto Biomasud.

<http://www.conicet.gov.ar/> Web del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

<http://www.dbfz.de/> Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ – Centro Alemán para la Investigación de Biomasa.

<http://www.ecoatlas.org.ar/> Sistema de Información en línea “Ecoatlas” para la provincia de Mendoza, Argentina.

<http://www.europruning.eu/> Web del proyecto Europruning de desarrollo de nuevas cadenas de logística de aprovechamiento de biomasa de poda.

<http://www.fcirce.es/> Web del Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos – Universidad de Zaragoza, España.

<http://www.goiener.com/es> Cooperativa de generación y consumo de energía renovable.

<http://www.ign.gov.ar/> Web del Instituto Geográfico Nacional.

<http://inta.gov.ar/proyectos/pneg> Programa Nacional de bioenergía – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

<http://www.inti.gov.ar/> Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

<http://www.iscamen.com.ar/> Web del Instituto de Sanidad y Calidad Agropecuaria Mendoza.

www.lainesinasolar.com La Inesina S.R.L. Venta de equipos de energías renovables.

<http://www.probiomasa.gov.ar/> Web del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa “Probiomasa”. Ministerios de Agricultura y de Planificación de la Nación.

<http://proingenieria.es/> Esquema de una caldera comercial de biomasa de la empresa española Proingeniería.

<http://puraacepa.blogspot.com.ar> Imagen de las partes de un racimo de uva.

<http://www.qgis.org/es/site/> Web de QGIS, sistema de información geográfica libre y de código abierto.

<http://www.teknycampo.com.ar/index.htm> Web de la empresa Teknycampo, tecnología apropiada para pequeños y medianos productores rurales y periurbanos.

<http://converter.mygeodata.eu/> Web que proporciona una herramienta en línea de conversión de datos CAD y GIS.

<http://www.social.mendoza.gov.ar/desarrollo/> Web del Ministerio de Desarrollo Social y Derechos Humanos de la Provincia de Mendoza.

ANEXOS

Anexo I. Coeficientes utilizados en el desarrollo de la tesina.

En el presente anexo se encuentran las tablas 22 a 26 en las que se detallan los coeficientes de Relación de Generación de residuos de poda "**Ri**" y Relación de Generación de escobajos "**Re**" de los distintos tipos de biomasa considerados en esta tesina.

Tabla 22. Relación de generación de residuos *Ri* según escenarios para cada tipo de cultivo.

BIOMASA	Escenario MÍNIMO		Escenario PROMEDIO		Escenario MÁXIMO		Escenario LOCAL	
	<i>Ri</i> [t*ha ⁻¹]	Fuente bibliográfica	<i>Ri</i> [t*ha ⁻¹]	Fuente bibliográfica	<i>Ri</i> [t*ha ⁻¹]	Fuente bibliográfica	<i>Ri</i> [t*ha ⁻¹]	Fuente bibliográfica
olivo	0,60	Días y Azevedo (2000) en Puigdevall & Galindo (2006)	1,653	Estos valores son promedio de todas las fuentes halladas. Las mismas se detallan en tablas 9, 10 y 11 de este anexo.	2,90	CIRSE (2006) en Puigdevall & Galindo (2006)	1,90	Estos valores son promedio de las fuentes locales halladas. Las mismas se detallan en tabla 10 de este anexo con un asterisco indicador.
vid (parral)	0,54	Domínguez et al. (2000) en Puigdevall & Galindo (2006)	2,692		5,27	Voivontas et al. (2001) en Puigdevall & Galindo (2006)	2,83	
vid (viña)	0,54	Domínguez et al. (2000) en Puigdevall & Galindo, (2006)	2,351		5,27	Voivontas et al. (2001) en Puigdevall & Galindo (2006)	1,89	
ciruelo	1,30	Elias (2009)	3,350		5,40	FAO (2009)	5,40	
almendro	0,37	Sebastián et al. (1997) en Puigdevall & Galindo (2006)	2,162		5,73	Voivontas et al. (2001) en Puigdevall & Galindo (2006)	4,20	

	Escenario MÍNIMO		Escenario PROMEDIO		Escenario MÁXIMO		Escenario LOCAL	
BIOMASA	<i>Ri</i> [t*ha ⁻¹]	Fuente bibliográfica	<i>Ri</i> [t*ha ⁻¹]	Fuente bibliográfica	<i>Ri</i> [t*ha ⁻¹]	Fuente bibliográfica	<i>Ri</i> [t*ha ⁻¹]	Fuente bibliográfica
cerezo	0,12	Sebastián et al. (1997) en Puigdevall & Galindo (2006)	2,548	Estos valores son promedio de todas las fuentes halladas. Las mismas se detallan en tablas 9, 10 y 11 de este anexo.	5,40	FAO (2009)	4,20	Estos valores son promedio de las fuentes locales halladas. Las mismas se detallan en tabla 10 de este anexo con un asterisco indicador.
damasco	0,12	Sebastián et al. (1997) en Puigdevall & Galindo (2006)	2,391		5,40	FAO (2009)	4,20	
duraznero	1,30	Elias (2009)	3,233		5,40	FAO (2009)	4,20	
nogal	1,30	Elias (2009)	3,233		5,40	FAO (2009)	4,20	
manzano	0,12	Sebastián et al. (1997) en Puigdevall & Galindo (2006)	3,609		8,31	CIRSE (2006) en Puigdevall & Galindo (2006)	4,20	
peral	0,12	Sebastián et al. (1997) en Puigdevall & Galindo (2006)	4,437		15,62	Voivontas et al. (2001) en Puigdevall & Galindo (2006)	4,20	

Tabla 23. Relación de generación de residuos R_i según distintos autores considerados dentro del trabajo de Puigdevall & Galindo, (2006).

RRS ($t \cdot ha^{-1}$)	Fuente bibliográfica						
	EUBIONET (2003)	Dias y Azevedo (2000)	Di Blasi et al. (1997)	Voivontas et al. (2001)	Domínguez et al. (2000)	Sebastián et al. (1997)	CIRCE (2006)
olivo	1,30	0,60	1,57	2,82	0,97	0,62	2,90
viña	3,51	3,90	2,23	5,27	0,54	1,23	1,63
melocotonero	3,32	1,70	2,68	4,59	0,32	0,98	3,68
manzano	8,22	2,80	2,22	4,40	0,32	0,12	8,31
peral	-	-	1,85	15,62	0,32	0,12	4,75
albaricoquero	2,58	4,20	-	-	0,32	0,12	2,21
almendro	1,38	1,10	1,57	5,73	0,54	0,37	0,53
cerezo	2,03	-	-	4,71	0,32	0,12	1,74

Nota de los autores Puigdevall & Galindo (2006) que acompaña la tabla: “*Datos originales transformados a humedad de referencia: 35% (b.h.) para todo residuo de poda*”.

Tabla 24. Relación de generación de residuos *Ri* según distintos autores para cada tipo de cultivo.

<i>Ri</i> [t*ha ⁻¹]	Fuente bibliográfica				
	FAO (2009) *	Elias (2009)	Galarraga (2013) *	Araniti, y otros (2012) *	Flores Marco, Silva Colomer, Anschau, Carballo, & Hilbert (2010) *
olivo	2,5	1,6	-	-	-
vid (parral)	2,7	-	2,8	4	1,8
vid (viña)	2,7	-	1,35	1,7	1,8
ciruelo	5,4	1,3	-	-	-
almendro	5,4	2,0	-	-	3
cerezo	5,4	-	-	-	3
damasco	5,4	1,3	-	-	3
duraznero	5,4	1,3	-	-	3
nogal	5,4	1,3	-	-	3
manzano	5,4	1,3	-	-	3
peral	5,4	-	-	-	3

* Los valores indicados por estos autores son considerados bajo el Escenario LOCAL.

Es importante destacar que FAO (2009) obtuvo el valor de *Ri* para vid (parral y viña) gracias a la Fundación IDR de la provincia de Mendoza y se confirmaron con estudios realizados en España por AVEBIOM en zonas agroecológicas comparables. Del mismo modo, para el resto de los frutales con excepción del olivo, la única referencia que FAO (2009) encuentra, se refiere a condiciones en Italia que aplicaron en su estudio Wisdom Argentina hasta tanto no existan en Argentina otras referencias específicas.

Tabla 25. Relación de generación de escobajos Re según escenarios.

	Escenario MÍNIMO		Escenario PROMEDIO		Escenario MÁXIMO		Escenario LOCAL	
	$Re [t^{*}t^{-1}]$	Fuente bibliográfica	$Re [t^{*}t^{-1}]$	Fuente bibliográfica	$Re [t^{*}t^{-1}]$	Fuente bibliográfica	$Re [t^{*}t^{-1}]$	Fuente bibliográfica
Escobajos	0,05	Galarraga (2013) y Araniti, y otros (2012)	0,08	Este valor es el promedio de todas las fuentes halladas. Las mismas se detallan en tabla 12 de este anexo.	0,12	Flores Marco, Silva Colomer, Anschau, Carballo , & Hilbert (2010)	0,08	Este valor es el promedio de las fuentes locales halladas. Las mismas se detallan en tabla 12 de este anexo con un asterisco indicador.

Nota: todos los valores aquí presentados son de trabajos locales o nacionales por lo que el Escenario LOCAL toma los mismos valores que el Escenario PROMEDIO.

Tabla 26. Relación de generación de escobajos Re según distintos autores.

	Fuente bibliográfica			
$Re [t^{*}t^{-1}]$	Araniti, y otros (2012)	Galarraga (2013)	Sosa (2013)	Flores Marco, Silva Colomer, Anschau, Carballo , & Hilbert (2010)
Escobajos	0,05	0,05	0,07	0,12

Anexo II: Consideraciones y observaciones en relación al desarrollo de la tesina.

En este anexo se deja al lector un panorama de las dificultades, observaciones y consideraciones que se tuvieron en cuenta e influyeron en el desarrollo de la tesina.

A.II.I Dificultades y observaciones encontradas

- La capa (shape) con la división administrativa por distritos no corresponde con la división de distritos del RUT. Se dan dos casos puntuales, en el primero, en los shapes faltan distritos que el RUT menciona y en el segundo algunos distritos son incluidos en departamentos distintos. Para salvar este punto se introdujeron modificaciones en el shape original comparando con lo mostrado por Google Earth y por la web del Ministerio de Desarrollo Social y Derechos Humanos de la Provincia de Mendoza donde se puede visualizar los límites y nombres de estos distritos.

El Diario UNO en la nota publicada el 4 de mayo de 2008, titulada "*Fuerte desactualización local en internet*" (Sevilla, 2008) hace mención a esta problemática. En la nota se refiere a casos de distritos que no existen en algunas bases de datos, como El Pastal y Sierras de Encalada en Las Heras, San Isidro y Los Huarpes en Rivadavia y 12 de Octubre y Ñacuñán en Santa Rosa.

- El shape del departamento de La Paz no contaba, al momento de su incorporación a esta tesina, con la división administrativa en distritos. Según datos del RUT se identifican cuatro distritos con cultivos, La Paz, Las Chacritas, Villa Antigua y Villa Cabecera. La nota periodística citada en el primer punto de esta sección hace alusión a este caso comentando que "*para la dirección de Catastro, el departamento de La Paz no está dividido en distritos*" (Sevilla, 2008). Este conflicto se resolvió asignando al área cultivada

de este departamento toda la biomasa hallada en el mismo sin distinción de distritos.

- En el RUT existen parcelas que no tienen asignado un distrito ni departamento por lo que se excluyeron del análisis. En total estas parcelas poseen una superficie cultivada de 240,5 ha por lo que no modifica los resultados finales al ser una cifra poco significativa.

A.II.II Líneas de investigación a desarrollar

Durante el desarrollo de esta tesina, el autor comprendió y verificó que existe un gran vacío de información acerca de los principales temas que son fundamentales para el aprovechamiento de la biomasa en la forma que aquí se detalla.

Las líneas de investigación que el autor propone para seguir desarrollando son:

- Efecto de la remoción de residuos biomásicos de poda de cultivos leñosos y no leñosos.
- Cantidades sustentables de biomasa residual, posibles de ser extraídas de un cultivo sin daño al ecosistema.
- Tasa de Generación de biomasa residual de poda, renovación y desarraigo para los cultivos leñosos en la provincia de Mendoza.
- Estudio de disponibilidad de todos los tipos de biomasa residual propensos a ser utilizados con fines energéticos.
- Criterios de selección del tamaño mínimo de superficie cultivada por parcela que será considerada para el aporte de biomasa a la cuenca de abastecimiento de un generador.
- Incorporación de capas de disponibilidad de biomasa por distrito en el Ecoatlas.

A.II.III Comentarios acerca del alcance de esta tesina

Se entiende que los datos presentados son una aproximación tan certera cómo fue posible realizar con los datos disponibles, sin embargo en un estudio profundo del caso es necesario considerar otros puntos:

- Investigar la cantidad de biomasa residual que genera cada cultivo y proceso agrícola y agroindustrial.
- Determinar con precisión la distribución temporal de la biomasa, discriminando por variedad de cultivos dentro de cada especie.
- Con el acceso a la base de datos completa del RUT se puede localizar espacialmente los cultivos con la máxima precisión existente.
- Incorporar los residuos biomásicos que no se consideraron en este estudio discriminando por tipo de residuo y proceso de valorización posible a aplicar.
- Investigar los Factores de Disponibilidad, en especial el Factor de Disponibilidad Sustentable y Accesibilidad Logística.

Anexo III. Reseña de las tecnologías de aprovechamiento energético termoquímico de la biomasa residual seca

Cuando se desea generar energía con biomasa se puede optar por diferentes sistemas tecnológicos. La elección entre uno y otro depende de las características de los recursos, de la cuantía disponible y del tipo de demanda energética requerida. En Figura 10 se observa un cuadro resumen de los posibles caminos de obtención energética a partir de la biomasa.

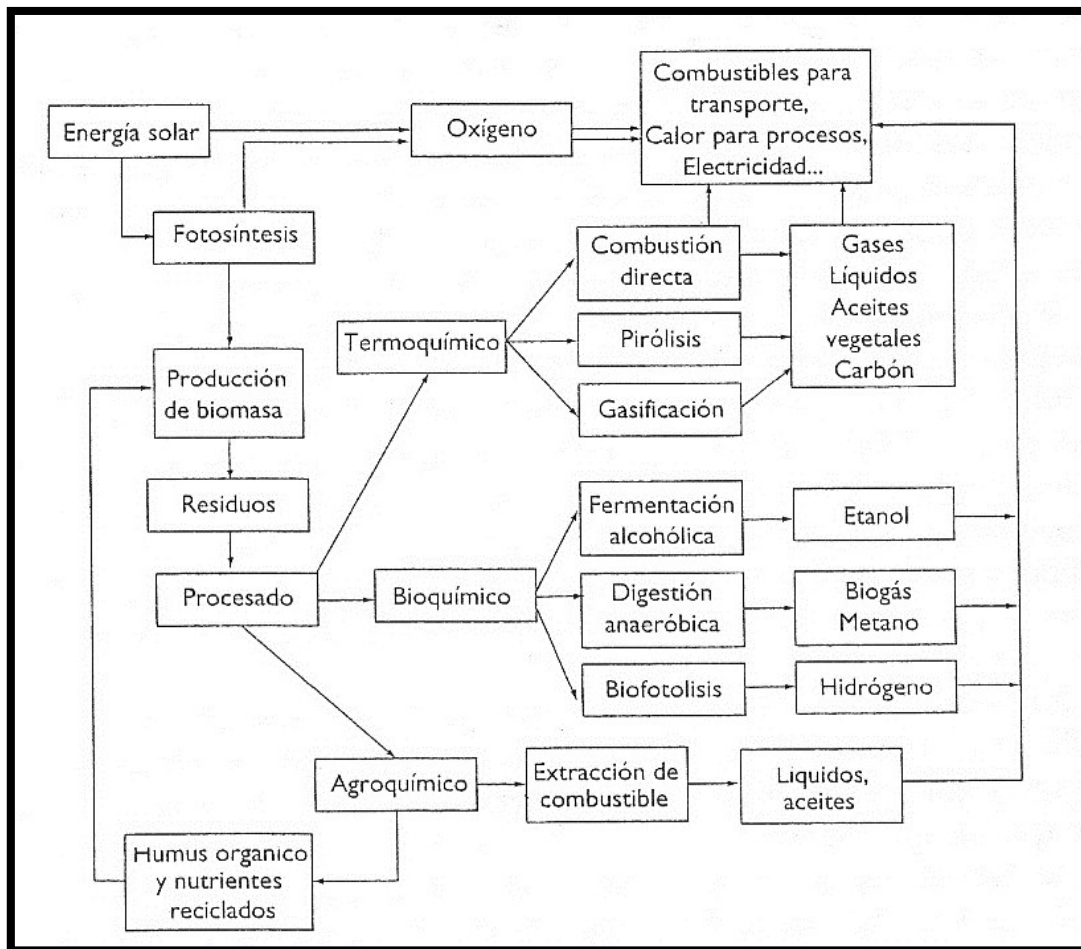


Figura 10. Procesos de producción de biocombustibles. Fuente: González Velasco (2009)

En general, los sistemas comerciales existentes en el mercado para utilizar la biomasa residual seca a través de procesos termoquímicos, se pueden clasificar en

función de que si se basan en la combustión del recurso, en su pirolisis o en su gasificación. La Tabla 27 resume las principales características de los tres procesos que se describirán a continuación.

Tabla 27. Procesos, productos y aplicaciones de la biomasa mediante procesos térmicos.

Proceso	Producto	Aplicaciones	
Combustión	Gases calientes de escape	Caldera/máquina de vapor	Calefacción, proceso de calor, agua caliente, electricidad/calor
Gasificación	Gas combustible	Caldera, motor de gas, turbina de gas, celda de combustible	Calor Electricidad/calor
	Gas de síntesis	Gas natural sintético Combustible líquido de motor	Calor Transporte
Pirolisis	Gas combustible	Motor	Electricidad/calor
	Líquidos Carbón (combustible sólido)	Caldera Motor	Electricidad/calor Transporte

Fuente: Martínez Lozano (2009)

A.III.I Combustión directa

La combustión se basa en la transformación de la energía intrínseca de la materia para la generación de energía térmica a través de la oxidación total del combustible con un agente oxidante (oxígeno del aire).

La energía generada puede aprovecharse térmicamente a través de su captura por medio de un intercambiador de calor y transferencia al agua (agua sanitaria, calefacción de ambientes, entre otros). La generación de energía eléctrica a través de la generación de vapor y posterior inyección a una turbina acoplada a un generador y por último la cogeneración a partir del aprovechamiento térmico del gas exhausto de la turbina o agua caliente del intercambiador de calor.

Se pueden distinguir tres escalas según la potencia de generación:

- Pequeña escala (desde 5 kW hasta 500 kW)
- Mediana escala (entre 500 kW a 5 MW)
- Gran escala (más de 5 MW)

Los equipos actualmente existentes pueden alcanzar rendimientos de hasta el 95% acoplando equipos de recuperación de calor (cogeneración).

Los avances tecnológicos conseguidos, hacen que, en estos momentos, si se dispone de biomasa y es necesario cubrir una demanda térmica, los equipos de combustión de biomasa sean tan eficientes, cómodos y competitivos como los basados en combustibles fósiles.

En general, una planta de combustión de biomasa consta de los siguientes sistemas (ver referencias en Figura 11):

- Almacenamiento de combustible (a)
- Transporte y dosificación del combustible al equipo de combustión (b)
- Equipos y cámara de combustión (c)
- Caldera (vapor, agua caliente, aceite térmico) (d)
- Recuperadores auxiliares de calor
- Depuración de gases (e)
- Extracción de cenizas (f)

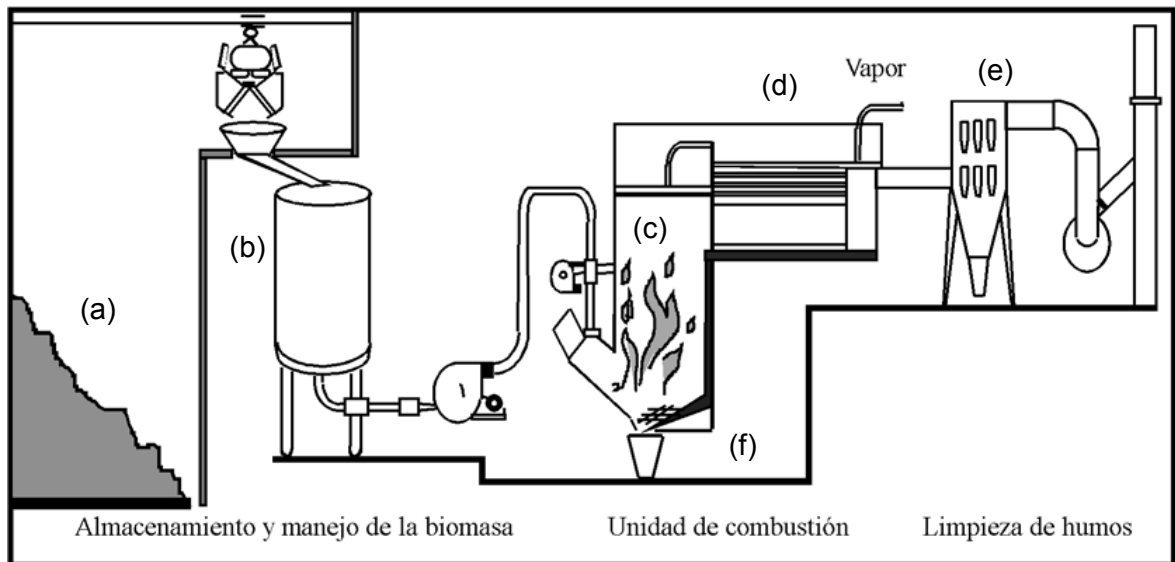


Figura 11. Esquema de una instalación para combustión de biomasa.

Fuente: Nogués & Royo Herrer (2002)

Existen diferentes tecnologías para llevar a cabo la combustión de la biomasa: caldera de parrilla, cámara torsional, combustor en lecho fluido, entre otras. En función de las características del recurso y de la demanda (energía a baja o a alta temperatura y cantidad de la misma a suministrar) es más idóneo uno que otros. En la Figura 12 se muestra un esquema de una caldera de biomasa para la obtención de calor con indicación de las partes que la componen.



Figura 12. Esquema de una caldera comercial de biomasa de la empresa española Proingeniería.

Fuente: <http://proingenieria.es/>

A.III.II Pirolisis

Se define como aquél proceso térmico de descomposición de la biomasa basado en la gasificación indirecta con gases inertes como agentes de gasificación (Figura 13). “La pirolisis es el primer paso de la gasificación de la biomasa. Cuando la temperatura en el reactor alcanza 200 – 250°C, la pirolisis se inicia con el desprendimiento de los compuestos volátiles más simples (H_2 , CO_2 , CO , CH_4 , y otros en menos proporción). Algunos hidrocarburos de molécula larga condensan a temperatura ambiente en forma de “aceite de pirolisis” o alquitrán. Durante el proceso

de pirolisis secundaria, las moléculas largas de hidrocarburos se rompen en moléculas más pequeñas y volátiles” (Martínez Lozano, 2009).

En algunos casos se puede utilizar la pirolisis para obtener combustibles líquidos, proceso que se lleva a cabo en ausencia total de oxígeno y con temperaturas por encima de 250°C hasta 500 o 600°C.

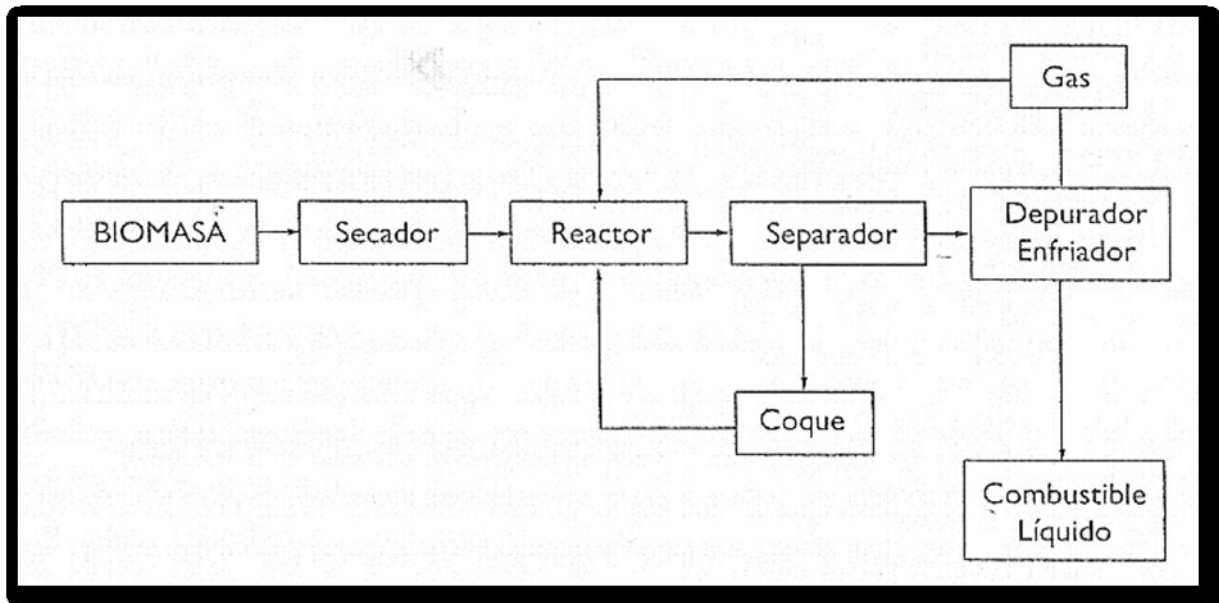


Figura 13. Esquema de un proceso de pirolisis para la obtención de combustibles líquidos.

Fuente: González Velasco, (2009)

A.III.III Gasificación

Cuando se desea generar energía térmica y/o eléctrica con biomasa, ésta se puede introducir en equipos en los que por la acción del calor y la carencia de oxígeno producen, al descomponer térmicamente el recurso, un gas combustible que puede emplearse de forma similar a como se utilizan el gas natural u otros combustibles gaseosos tradicionales. Estos equipos presentan la ventaja de que poseen, cuando se trabaja con potencias reducidas o con potencias muy elevadas, mayor rendimiento que los sistemas de combustión, por lo que en esos casos pueden ser mucho más adecuados. Se consideran ineficientes energéticamente, pero generan productos

combustibles gaseosos más limpios y a veces con mayor densidad energética que el material de partida.

Se habla entonces de gasificación a la producción de combustibles gaseosos (mezcla de gases como CO, CO₂, H₂, CH₄ y H₂O y gas de síntesis) a partir del proceso de reacción (oxidación parcial) entre un combustible sólido con vapor de agua y aire u oxígeno (Figura 14 y 15).

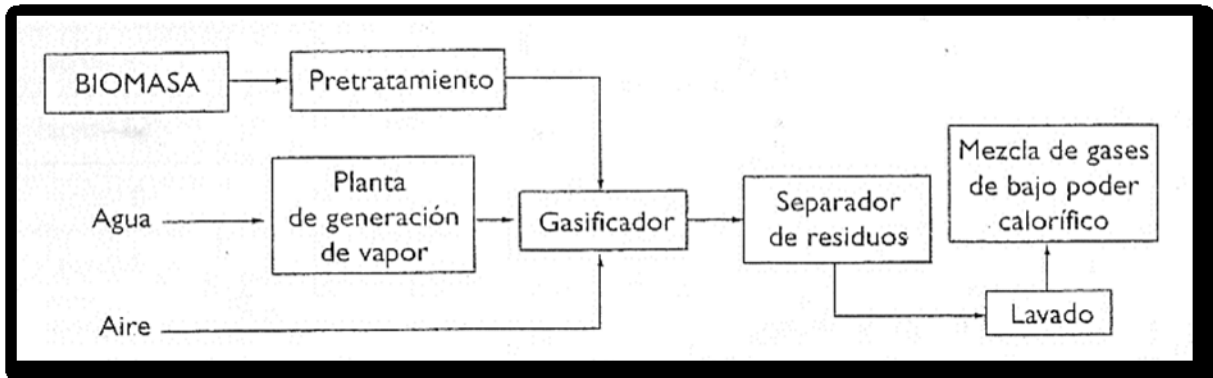


Figura 14. Esquema de un proceso de gasificación sencillo, que resulta en la producción de una mezcla de gases y que contiene más del 50% en volumen de N₂ y de CO₂.

Fuente: González Velasco, (2009)

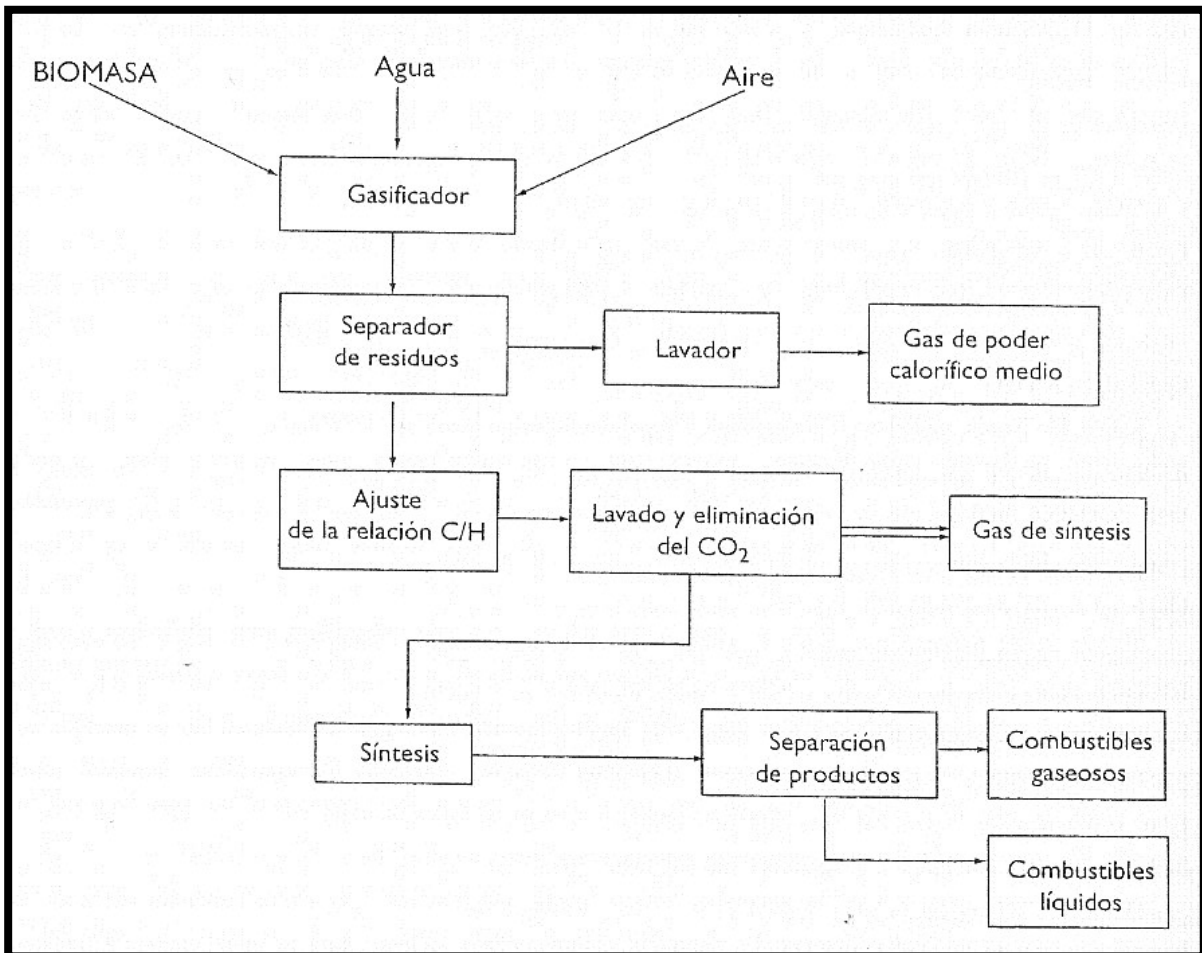


Figura 15. Proceso de obtención de gas de síntesis y de hidrocarburos.

Fuente: González Velasco, (2009)

Aproximadamente, una planta de gasificación consta de los mismos sistemas que una planta de combustión salvo que la caldera se sustituye por el gasificador y el sistema de limpieza del gas.

Como ocurre con la combustión, existen diferentes tecnologías de gasificación de un recurso, gasificador de corrientes paralelas, gasificador en contracorriente, gasificador de lecho fluido, entre otras. En función de las características del combustible y del destino del gas generado es más conveniente un tipo de aplicación u otro.

En Figura 16 se visualiza un equipo de gasificación de biomasa de 250 kW similar al que se instaló en la localidad de Presidencia de la Plaza, provincia de Chaco, por parte del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).



Figura 16. Gasificador de biomasa de 250 kW. Fuente: <http://www.inti.gov.ar>