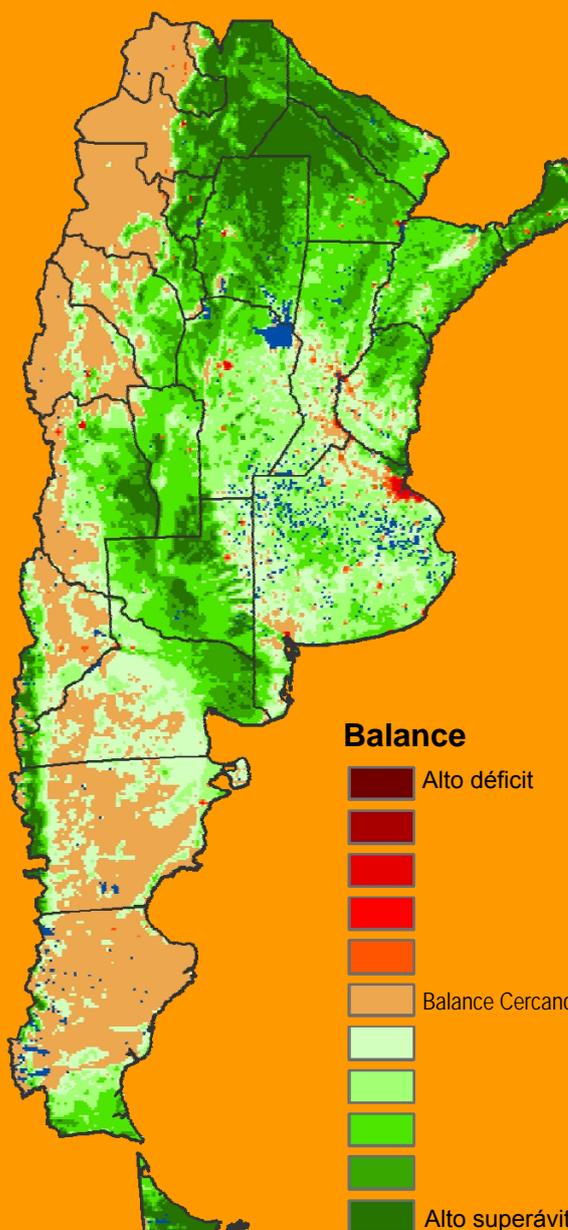
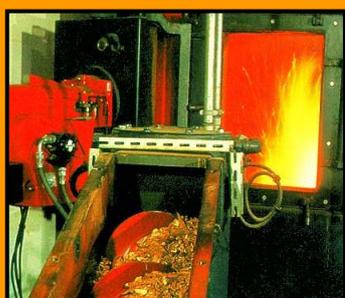
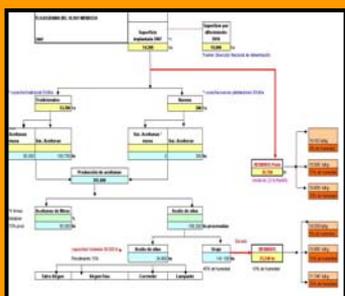


# Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina

- WISDOM Argentina -

## Informe Final



FAO Departamento Forestal  
Dendroenergía



# **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” (Woodfuel Integrated Supply / Demand Overview Mapping).**

**Financiado por el Proyecto TCP/ARG/3103.**

**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)  
Departamento Forestal  
Servicios y Productos Forestales – Dendroenergía**

Actividad coordinada y supervisada por: Miguel Trossero (Oficial Principal Forestal, Dendroenergía, FAO Roma)

Análisis realizado por Rudi Drigo, Consultor Internacional (WISDOM), con la colaboración de Alicia Anschau y Stella Carballo (INTA, *Clima y Agua*) y Noelia Flores Marco (INTA, Instituto de Ingeniería Rural)

Edición del Informe Técnico Final: Eduardo Beaumont Roveda (Consultor FAO)

**Mayo 2009**

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

ISBN

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Jefe de la Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la Dirección de Comunicación de la FAO Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia, o por correo electrónico a [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

© FAO 2009

## Tabla de Contenidos

|  |           |
|--|-----------|
| Índice de Tablas .....   | vii       |
| Índice de Figuras .....  | viii      |
| Prefacio .....   | ix        |
| Agradecimientos .....  | xi        |
| Resumen Ejecutivo .....  | xiii      |
| Glosario .....   | xvii      |
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1.1. Antecedentes .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1.2. Por qué WISDOM? .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>1.3. Objetivos del Proyecto WISDOM Argentina. ....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>1.4. Marco Institucional del Proyecto. ....</b>   | <b>4</b>  |
| 1.4.1. INTA. ....  | 5         |
| 1.4.2. Secretaría de Energía. ....   | 5         |
| 1.4.3. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. ....   | 5         |
| 1.4.4. INDEC. ....   | 5         |
| 1.4.5. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. ....   | 6         |
| <b>1.5. Actividades de Asistencia Técnica de FAO .....</b>   | <b>6</b>  |
| 1.5.1. Seminario "Matriz de oferta y demanda de bioenergía". ....  | 6         |
| 1.5.2. Taller de Transferencia de Información y Aplicaciones. ....   | 9         |
| 1.5.3. Seminario-Taller Regional en San Luis. ....   | 9         |
| <b>2. BIOENERGÍA Y DESARROLLO.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>2.1. Posibilidades de la biomasa como fuente de energía y desarrollo. ....</b>                              | <b>11</b> |
| <b>2.2. Bioenergía y Desarrollo Rural.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>2.3. Dendroenergía y Desarrollo Rural. ....</b>   | <b>12</b> |
| <b>2.4. Desarrollo de la Bioenergía en la Argentina.....</b>   | <b>13</b> |
| 2.4.1. Conclusiones de la acción Bioenergía: Desafíos para la Argentina. ....                                  | 13        |
| 2.4.2. Escenarios Prospectivos. ....   | 15        |
| <b>3. METODOLOGÍA.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>3.1. Características principales de los sistemas de energía biomásica.....</b>                              | <b>17</b> |
| <b>3.2. Metodología de Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles.....</b>                      | <b>18</b> |
| <b>3.3. Características principales de WISDOM Argentina. ....</b>  | <b>19</b> |
| 3.3.1. Pasos analíticos. ....  | 19        |
| 3.3.2. Fecha de referencia. ....   | 19        |
| <b>4. MÓDULOS Y RESULTADOS DE WISDOM.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>4.1. Selección de la base espacial. ....</b>  | <b>21</b> |
| 4.1.1. Base cartográfica administrativa de análisis. ....  | 21        |
| <b>4.2. Módulo Oferta .....</b>  | <b>25</b> |
| 4.2.1. Oferta Directa de biomasa sustentable accesible y potencialmente disponible para usos energéticos. .... | 26        |
| 4.2.2. Accesibilidad. ....   | 36        |
| 4.2.3. Recursos disponibles y accesibles para usos energéticos. ....   | 36        |
| 4.2.4. Fuentes de Oferta Indirecta de Biomasa. ....  | 39        |
| 4.2.5. Síntesis de la Oferta Potencial. ....   | 41        |

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| <b>4.3.</b> | <b>Módulo Demanda.....</b>   | <b>45</b>  |
| 4.3.1.      | Sector Residencial   | 46         |
| 4.3.2.      | Sector Comercial.  | 48         |
| 4.3.3.      | Sector Industrial.   | 49         |
| <b>4.4.</b> | <b>Módulo Integración. ....</b>  | <b>52</b>  |
| 4.4.1.      | Balance local entre Oferta y Demanda.  | 52         |
| 4.4.2.      | Balance "Comercial".   | 54         |
| <b>4.5.</b> | <b>Análisis de cuencas de aprovisionamiento de biomasa. (Biocuencas) .....</b>   | <b>57</b>  |
| <b>5.</b>   | <b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>   | <b>59</b>  |
| <b>5.1.</b> | <b>Análisis del consumo actual de dendrocombustibles. ....</b>   | <b>59</b>  |
| 5.1.1.      | Sector Residencial.  | 60         |
| 5.1.2.      | Sector Comercial.  | 60         |
| 5.1.3.      | Sector Industrial.   | 60         |
| 5.1.4.      | Consumo Total.   | 61         |
| <b>5.2.</b> | <b>Análisis de las fuentes de producción de dendrocombustibles.....</b>  | <b>61</b>  |
| 5.2.1.      | Bosques Nativos e Implantados.   | 61         |
| 5.2.2.      | Otras Fuentes Directas y Fuentes Indirectas.   | 61         |
| 5.2.3.      | Oferta Total.  | 63         |
| 5.2.4.      | Análisis Espacial.   | 64         |
| <b>5.3.</b> | <b>Importación y exportación.....</b>  | <b>64</b>  |
| <b>5.4.</b> | <b>La oferta potencial de dendrocombustibles.....</b>  | <b>64</b>  |
| <b>5.5.</b> | <b>Contribución potencial de la Dendroenergía.....</b>   | <b>64</b>  |
| <b>5.6.</b> | <b>Promoción de un sistema de información nacional en bioenergía. ....</b>   | <b>65</b>  |
| 5.6.1.      | Escenarios Prospectivos.   | 65         |
| <b>6.</b>   | <b>CONCLUSIONES Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO. ....</b>   | <b>67</b>  |
| <b>6.1.</b> | <b>Principales Conclusiones.....</b>   | <b>67</b>  |
| 6.1.1.      | Logros y resultados.   | 67         |
| 6.1.2.      | Aplicación de la información generada en la formulación de políticas.  | 68         |
| <b>6.2.</b> | <b>Recomendaciones.....</b>  | <b>69</b>  |
| 6.2.1.      | Principales Sugerencias.   | 70         |
| 6.2.2.      | Acciones de seguimiento recomendadas.  | 71         |
| <b>7.</b>   | <b>REFERENCIAS .....</b>   | <b>75</b>  |
| <b>8.</b>   | <b>ANEXOS.....</b>   | <b>77</b>  |
| <b>8.1.</b> | <b>ANEXO 1: Definiciones, unidades de medida y factores de conversión.....</b>   | <b>79</b>  |
| <b>8.2.</b> | <b>ANEXO 2: Clasificación de los recursos biomásicos.....</b>  | <b>81</b>  |
| <b>8.3.</b> | <b>ANEXO 3: Nombres y descripción de los mapas principales.....</b>  | <b>83</b>  |
| <b>8.4.</b> | <b>ANEXO 4: Coberturas del suelo, estimación primaria de Densidad e Incremento Medio Anual.....</b>                                  | <b>87</b>  |
| <b>8.5.</b> | <b>ANEXO 5: Clases de Cobertura del Suelo y estimación de la Productividad Anual Sustentable disponible para uso energético.....</b> | <b>93</b>  |
| <b>8.6.</b> | <b>ANEXO 6. Marco regulatorio argentino respecto al aprovechamiento de recursos bioenergéticos. ....</b>                             | <b>99</b>  |
| 8.6.1.      | Secretaría de Energía y Minería.   | 99         |
| 8.6.2.      | Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.   | 99         |
| 8.6.3.      | Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.   | 99         |
| 8.6.4.      | Nivel Provincial.  | 99         |
| <b>8.7.</b> | <b>ANEXO 7. Uso de Biomasa para la Generación de Energía Eléctrica en la Provincia de Tucumán.....</b>                               | <b>101</b> |

## ***Índice de Tablas***

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Datos de Contacto de los Participantes del Proyecto.   | 10 |
| Tabla 2: Mapas y capas temáticas compiladas para crear el mapa de Cobertura del suelo y usos de la tierra para el análisis WISDOM.  | 22 |
| Tabla 3: Valores de Incremento Medio Anual (IMA) para los principales grupos de especies y provincias, derivadas del Inventario de Plantaciones Forestales 2001. [m <sup>3</sup> /ha·año] | 27 |
| Tabla 4: Recursos biomásicos indirectos, potencialmente disponibles para usos energéticos, provenientes de las principales foresto y agro industrias. [toneladas anuales en base seca]    | 40 |
| Tabla 5: Resumen provincial de las principales categorías del Módulo Oferta, en su variante Media [Miles de toneladas en base seca].  | 44 |
| Tabla 6. Consumo Residencial Urbano y Rural, por Provincia.   | 47 |
| Tabla 7: Consumo de combustibles biomásicos por provincia [toneladas en base seca por año].   | 51 |
| Tabla 8: Resumen provincial del análisis del balance oferta/demanda [Miles de toneladas en base seca por año].  | 56 |
| Tabla 9. Consumo relevado de dendrocombustibles.  | 59 |
| Tabla 10. Residuos por actividad y para cada provincia.   | 63 |
| Tabla 11. La Biomasa en la Matriz Energética Argentina.   | 68 |
| Tabla 12. Selección de los términos más relevantes de la Terminología Unificada para Bioenergía (FAO. 2004a)  | 79 |
| Tabla 13. Principales factores de conversión aplicados y referencias.   | 80 |
| Tabla 14: Clasificación de las fuentes de biocombustibles por sus características (adaptado de TUB, FAO 2004a)  | 81 |
| Tabla 15. Principales Mapas Elaborados.   | 83 |
| Tabla 16. Coberturas del suelo, estimación primaria de Densidad e Incremento Medio Anual.   | 87 |
| Tabla 17. Clases de Cobertura del Suelo y estimación de la Productividad Anual Sustentable disponible para uso energético.  | 93 |

## Índice de Figuras

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1: Fuentes de Abastecimiento y Tipos de Biocombustibles.  | 11  |
| Figura 2: WISDOM Argentina. Principales pasos analíticos y capas temáticas.  | 20  |
| Figura 3. Mapa nacional de usos y coberturas del suelo.  | 23  |
| Figura 4: Vista del mapa de Usos y Coberturas de Suelo de un área específica.  | 24  |
| Figura 5: Módulo Oferta. Diagrama de las principales etapas analíticas de WISDOM Argentina.  | 25  |
| Figura 6. Flujograma de la actividad olivícola.  | 29  |
| Figura 7. Flujograma de la actividad algodonera.   | 29  |
| Figura 8. Oferta de Residuos de la Foresto y Agroindustria en todo el país.  | 30  |
| Figura 9. Flujograma de la actividad arrocerera.   | 31  |
| Figura 10. Flujograma de la actividad azucarera.   | 32  |
| Figura 11: Mapa del <i>MODIS VCF Tree Cover Percent</i> (Porcentaje de Cobertura Arbórea)  | 34  |
| Figura 12: Ejemplo de los mapas de entrada y los mapas resultantes de existencias e incremento medio anual. 35   |     |
| Figura 13: Ejemplo del mapa de accesibilidad física y legal (a) y del mapa de incremento medio anual accesible (b).  | 37  |
| Figura 14: Mapeo de la biomasa leñosa proveniente de árboles frutales, viñedos y plantaciones agrícolas.   | 38  |
| Figura 15: Ejemplo de mapas de productividad biomásica accesible y potencialmente disponible para usos energéticos.  | 42  |
| Figura 16: Productividad biomásica total, accesible y potencialmente disponible para usos energéticos (mapa de la izquierda) y fracción comercial de la misma productividad (derecha). | 43  |
| Figura 17: Módulo Demanda. Diagrama de las principales fases analíticas de WISDOM Argentina.   | 45  |
| Figura 18: Consumo de combustibles leñosos en el sector residencial en el año 2001 (izquierda), basado en el Censo de Hogares y Vivienda INDEC y proyección al 2007 (derecha).         | 46  |
| Figura 19: Distribución espacial del total del consumo de combustibles biomásicos en los sectores residencial, comercial e industrial.   | 50  |
| Figura 20: Ejemplo de balance oferta/demanda a nivel píxel (izquierda) y en un contexto local con un radio de 10 km (derecha). Ambos referidos a la variante de productividad media.   | 52  |
| Figura 21: Síntesis nacional del balance oferta/demanda (variante productividad media).  | 53  |
| Figura 22: Ejemplo a nivel píxel del balance oferta/demanda primario (izquierda) y el balance "comercial" (derecha), ambos referidos a la variante de productividad media.             | 54  |
| Figura 23: Síntesis a nivel departamento de los resultados de la variante de productividad media.  | 55  |
| Figura 24: Balance comercial para la ciudad de Córdoba (variante de productividad media), red de vías de comunicación (izquierda); y el correspondiente mapa de accesibilidad.         | 57  |
| Figura 25: Ejemplo de bio-cuenca para la ciudad de Córdoba.  | 58  |
| Figura 26. Distribución de la Biomasa Accesible en la Provincia de Tucumán.  | 101 |
| Figura 27. Posibles cuencas de aprovisionamiento para una central de cogeneración.   | 102 |

## **Prefacio**

Una de las motivaciones más importantes para la puesta en marcha de este proyecto fue la necesidad de brindar informaciones confiables sobre el uso de biomasa para uso energético, que resultara útil para la elaboración de estrategias energéticas de largo plazo, proceso en el cual están involucradas la Secretaría de Energía y la SAGPyA, organismos que solicitaron esta asistencia técnica a la FAO.

En efecto, la información vinculada con el consumo (demanda), la producción actual (oferta) y la producción potencial, era de tal debilidad que para considerar la incorporación de la energía derivada de biomasa en dichas estrategias energéticas era prioritario mejorar considerablemente los conocimientos existentes.

Considerando que la energía proveniente de la biomasa ya tiene una contribución importante en el balance energético nacional y siendo la Argentina un gran productor agropecuario, el potencial dendroenergético total es muy significativo, tal como lo muestra la información derivada del proyecto. Por ello, resulta primordial que el país considere la dendroenergía en su estrategia energética, y para ello era necesario conocer claramente ese potencial.

FAO hace varios años que viene promoviendo acciones para el desarrollo de “sistemas bioenergéticos sostenibles”. A tal efecto, ha puesto a disposición de sus países miembros un programa de asistencia técnica para reforzar las capacidades nacionales en la planificación y formulación de estrategias bioenergéticas, debidamente integradas con las políticas energéticas, ambientales, agrícolas y forestales. Dicho programa incluye, entre otras cosas, la transferencia de su metodología denominada WISDOM (Metodología de Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles). Esta metodología permite identificar, cuantificar y localizar la producción y el consumo de biocombustibles<sup>1</sup> y otros eventuales recursos de biomasa aun no utilizados, dentro de un área geográfica específica.

La asistencia brindada por FAO a la Argentina se llevó a cabo por medio del proyecto de cooperación técnica TCP/ARG/3103 cuyas actividades se ejecutaron a través de un grupo interinstitucional formado por profesionales provenientes, entre otros, de las Secretarías de Energía (SE), Agricultura (SAGPyA), Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS), INTA, INDEC y otros, con la coordinación del Grupo Clima y Agua de INTA.

Este informe técnico tiene por objetivo resumir los resultados más importantes alcanzados en este proceso. No hay duda de que el presente proyecto constituyó un pilar importante para la sistematización y geo-referenciación de las informaciones disponibles sobre la situación actual del consumo y producción de la biomasa en el país y su potencial hacia el futuro.

Los datos obtenidos señalaron la importancia que tiene la dendroenergía (ya sea como leña, carbón vegetal o residuos agroindustriales) para la producción de energía (térmica y eléctrica) en el sector residencial, comercial e industrial del país. Además mostraron que esta contribución es significativamente más elevada de lo que evidencian las estadísticas energéticas, agropecuarias y forestales actualmente en uso. En efecto, de acuerdo a los datos del Balance Energético Nacional (BEN)<sup>2</sup> la contribución de la biomasa a la Oferta Interna de Energía Primaria para el año 2005, es de algo más del 3 % (2.255 ktep de un total de 72.000 ktep anuales) mientras que los cálculos del proyecto hacen presumir que esta contribución es cercana al doble de dicha cantidad.

A su vez, el potencial disponible para uso energético calculado con WISDOM es de 34.000 ktep lo cual representa aproximadamente la mitad de la Oferta Interna de Energía Primaria del país. Una cantidad enorme que demuestra que el país cuenta con un potencial importante por desarrollar.

---

<sup>1</sup> No debe confundirse un *biocombustible*, que es cualquier combustible de origen biológico no fosilizado, con los *biocarburantes*, que son un subgrupo de los biocombustibles, caracterizados por la posibilidad de aplicación a los actuales motores de combustión interna. Para mayor detalle consultar [FAO. 2004a.] TUB – Terminología Unificada sobre la Bioenergía.

<sup>2</sup> Balance Energético Nacional de la Secretaría de Energía

Otro logro del proyecto fue el notable mejoramiento que se logró en las capacidades de los organismos ligados al sector, para hacer frente a los desafíos del planeamiento y la promoción de la bioenergía.

Ahora solo queda esperar que, con dichas capacidades y conocimientos mejorados, se establezca un programa bioenergético bien integrado dentro de las políticas energéticas, agropecuarias y forestales de tal manera que la energía proveniente de la biomasa pueda contribuir a la autonomía energética del país, a la diversificación agropecuaria y forestal, y a la reducción de emisiones de GEIs.

Desde luego, éste es solo un inicio, ya que los conocimientos e informaciones puestos a disposición por el proyecto deberán ser complementados con otros estudios que contemplen en mayor detalle los múltiples aspectos de los sistemas bioenergéticos específicos, a nivel nacional y provincial. Ahora solo queda esperar que el proceso iniciado continúe y tenga un seguimiento adecuado. Este informe brinda una serie de sugerencias que esperamos sean bien recibidas por las contrapartes, con quienes hemos tenido la oportunidad de colaborar y compartir conocimientos.

Seguramente las decisiones finales estarán sujetas a diversas consideraciones adicionales, ajenas a este informe. De todas maneras, consideramos que las contribuciones realizadas por el proyecto ya permiten imaginar una mejor y más eficiente política energética, en la cual se dé un mayor impulso a la generación de energía a partir de biomasa.

Por último deseamos informar al lector que este documento es el primero de la serie en español y que ofrece varias novedades, entre las cuales destaca el análisis espacial de la oferta de biomasa disponible para usos energéticos, derivadas de diversas agroindustrias, viñedos, olivares, cítricos y otras plantaciones agrícolas. Esperamos que sean de vuestra utilidad

Miguel Angel Trossero  
Oficial Forestal Superior - Dendroenergía  
Servicio de Productos Forestales  
Dirección de Productos e Industrias Forestales  
Departamento Forestal  
FAO - Roma

## ***Agradecimientos***

Dado el carácter multidisciplinario de la bioenergía, el desarrollo de la base de datos geo-espacializados WISDOM Argentina no hubiera sido posible sin la contribución de un gran número de personas, provenientes de diferentes Instituciones, Agencias y ONGs.

Si bien la lista de colaboradores del proyecto es larga, no es posible dejar sin mencionar la contribución fundamental que brindó la Unidad de Transferencia de Tecnología del Instituto de Clima y Agua del INTA-Castelar, conducido por Stella Carballo e integrada por Noelia Flores Marco<sup>3</sup> y Alicia Anschau y la colaboración de Jorge Hilbert, Coordinador del Programa Nacional de Bioenergía del INTA.

También la Secretaría de Energía (S.E.) del Ministerio de Infraestructura y Planificación Federal, participó a través, entre otros, de Juan Legisa, Guillermo Genta y Juan Ignacio Paracca, del Grupo de Planeamiento Energético del Consejo Asesor de Estrategia Energética.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) del Ministerio de Economía y Producción, también brindó una colaboración que resultó fundamental para la materialización de este proyecto a través del Programa Nacional de Biocombustibles de la Dirección de Agricultura de la Dirección Nacional de Producción Agropecuaria y Forestal, a través de Flory Begenisic y Miguel Almada. Asimismo, la Dirección de Forestación, a cargo de Gustavo Cortés, suministró la información de base correspondiente a los Bosques Implantados.

También es necesario hacer llegar el reconocimiento a Jorge Luis Menéndez, Norma Esper y Celina Montenegro, que brindaron la información correspondiente a los Bosques Nativos, desde la Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS)

Por último un sincero agradecimiento al personal de las Oficinas de FAO, a nivel Nacional y de la Sede de Roma, por la asistencia técnica brindada para la realización del proyecto, a través de José Benítes, Francisco Yofre, Miguel Trossero, Rudi Drigo (consultor internacional WISDOM) y Eduardo Beaumont Roveda.

En el apartado 1.4 Marco Institucional del Proyecto., se describen con mayor detalle los diferentes organismos e instituciones que participaron del programa, como así también sus integrantes y directivos.

FAO desea expresar su especial aprecio por la disposición y colaboración recibida de todas las Agencias participantes en este proyecto, y desea expresar su gratitud hacia todos los miembros del equipo WISDOM Argentina, que mostró un ejemplo de esfuerzo y colaboración interinstitucional que no ha sido fácil encontrar en proyectos similares.

---

<sup>3</sup> Pertenciente al Instituto de Ingeniería Rural del INTA.



## **Resumen Ejecutivo**

El Gobierno de la República Argentina implementó, conjuntamente con FAO, dos acciones puntuales en el marco del Proyecto TCP/ARG/3103, con el objetivo estratégico de mejorar los conocimientos de la situación actual de la bioenergía, estimar su potencial y analizar las perspectivas para su desarrollo.

El primer tramo: “Bioenergía: Desafíos para la Argentina”, permitió gestar un grupo de trabajo interinstitucional en la temática de la energía de biomasa y los biocombustibles, y comprobar que existe un gran potencial de recursos y residuos biomásicos disponibles en el país y aprovechables para uso energético. Sin embargo, no existía suficiente información disponible como para formular políticas de fondo que permitieran incorporar a todos los recursos bioenergéticos, detectándose la necesidad de profundizar el diagnóstico de la situación existente de esos recursos y el potencial para su futuro desarrollo.

En función de ello, se lanzó un segundo tramo: “Realización de WISDOM Argentina” con el objetivo principal de revisar las informaciones y datos estadísticos existentes y realizar una cuantificación inicial del potencial disponible de biomasa para uso energético. Para ello se utilizó la metodología “WISDOM” (Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles) desarrollado por FAO. Esta metodología, permite identificar, cuantificar y localizar la producción y el consumo de biocombustibles —y otros eventuales recursos dendroenergéticos— dentro de un área geográfica específica y estimar su potencial. Para ello utiliza primordialmente una plataforma SIG para la representación y visualización —a través de mapas— de los datos e informaciones disponibles en una base de datos geo-referenciados.

Para la ejecución de este tramo se consolidó el grupo de trabajo inicial, con el liderazgo de la Unidad del Instituto de Clima y Agua —del INTA Castelar— y la participación de estamentos representativos del Consejo Asesor de Estrategia Energética de la Secretaría de Energía (SE), la Dirección Nacional de Producción Agropecuaria y Forestal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA), la Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SADS) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

La aplicación de la metodología de análisis WISDOM —utilizada para representar la oferta de biomasa combustible y delinear las áreas de consumo (demanda) de biocombustibles a nivel local— implicó, entre otras cosas, la definición de la unidad administrativa/espacial mínima de análisis. Esto condujo a la selección del Departamento como nivel de análisis de la base cartográfica administrativa, analizándose una estructura de 531 departamentos en 24 provincias. Para el análisis ráster, por su parte, considerando la escala y la resolución espacial de los datos de cobertura y usos del suelo y otros factores, se decidió adoptar un tamaño de celda de 250 m de lado (6,25 ha de superficie).

Con esta base cartográfica se construyó una base de datos geo-referenciada, en la que pueden ser visualizados los mapas de la producción y el consumo de dendroenergía y otras formas de bioenergía, como así también sus potencialidades, cubriendo todo el país tanto a nivel de Departamento como a nivel de unidad espacial (píxel), y tomando como base de referencia temporal la información actualizada al año 2005.

El análisis de las fuentes de oferta directa de biomasa consideradas se vincula a las clases de cobertura y uso del suelo (bosques nativos, plantaciones forestales, otros usos) y a las reservas de biomasa, su productividad y subproductos. El procedimiento de asignación, referencia y conversión fue realizado en hojas de cálculo de MS Excel®, que permiten mostrar los valores de las reservas e incrementos medios anuales, y la productividad potencialmente disponible para usos energéticos provenientes de:

- 1) plantaciones forestales, derivadas del “Inventario de Plantaciones Forestales” del año 2001. Ver páginas 27-28.
- 2) bosques nativos, elaborada en base a los resultados del “Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos”, realizado durante el período 1998-2005 por la Dirección de Bosques de la SAyDS. Ver página 28.
- 3) fuentes indirectas, que incluyen residuos de industrias forestales y/o agroindustriales tales como: biomasa disponible de subproductos de aserraderos; de la industria algodonera; de los molinos arroceros; de la industria manicera, arroceras, yerbatera, de la industria de la caña de azúcar (bagazo); y subproductos del procesamiento del prensado de aceitunas. Ver páginas 38-39.
- 4) de otras fuentes como son los residuos de los bosques y/o plantaciones tales como: residuos derivados del aprovechamiento forestal (y actividades silvícolas) y de la cosecha de algunos cultivos anuales tales como residuos provenientes de plantaciones de olivo, caña de azúcar; arroz; viñedos; plantaciones de cítricos; y otros frutales de huerto. Ver páginas 36-37.

Las estimaciones en estos casos fueron realizadas por expertos de los sectores específicos siguiendo los diagramas de flujo que se muestran en el texto. (Ver páginas 29 a 32) Sin embargo, la mayor parte de estos residuos —provenientes del sector agrícola— no pueden aprovecharse en usos energéticos, ya que en el país se practica el sistema de siembra directa, en el cual los residuos se mantienen sobre el suelo para conservar su fertilidad y estructura.

Con estos valores se realizaron mapas de productividad biomásica accesible y potencialmente disponible para usos energéticos, de productividad biomásica total, accesible y potencialmente disponible para usos energéticos y de la fracción comercial de la misma productividad, considerando aquellas áreas que garanticen como mínimo 0,48 t/ha/año (12 t /ha a lo largo de una rotación de 25 años).

Con relación al módulo de demanda, se estimó el consumo de leña o carbón a nivel residencial (por hogar y por departamento) sobre la base del Censo del INDEC del año 2001, en el cual se informa sobre el número de hogares que utilizan leña o carbón para cocinar. La estimación del consumo para calefacción o provisión de agua caliente se infirió en base a la situación del combustible utilizado para cocinar, asumiendo que en aquellos hogares en los cuales la leña o el carbón son utilizados con este fin, también lo utilizan con fines de calefacción, ya que no contarían con servicios de gas o electricidad para hacerlo. La estimación del consumo fue asociada a la base espacial de centros poblados, a fines de lograr la mayor distribución espacial posible de la demanda, y consecuentemente contabilizar y cartografiar el balance local entre oferta y demanda.

En el sector comercial, fue estimado el consumo de leña y carbón para los restaurantes y parrillas, y para los hornos de las panaderías. Ante la ausencia de información sobre el consumo de leña y carbón de las parrillas, los valores se estimaron sobre la base del consumo de carne y los requerimientos aproximados de combustible por kg de carne asada. El consumo total estimado fue distribuido para cada Departamento en proporción al número de hogares urbanos informados en el Censo 2001. La biomasa utilizada por las panaderías (esencialmente leña) fue estimada considerando el total de pan consumido en el país, la cantidad de madera necesaria para hornear 1 kg de pan y la red de distribución de gas, para identificar las probables panaderías consumidoras de leña.

En el sector industrial fueron analizados dos rubros consumidores de leña: ladrilleras y secaderos de yerba mate y té. En la industria del ladrillo —por falta de información— el cálculo se realizó con parámetros estándares. El consumo para el secado de la yerba mate y de las hojas de té se estimó de acuerdo a información del Instituto Nacional de la Yerba Mate. Otros sectores del consumo que aparecían menos relevantes no fueron incluidos.

En resumen, el consumo relevado de biomasa con fines energéticos se estimó en 7,9 millones de t (2.380 ktep/año), de los cuales 2,1 millones de t provienen del sector residencial, 3,9 millones de t se deben al sector comercial y 1,9 millones de t se utilizan en el sector industrial. El ejercicio reveló la magnitud del consumo de combustibles leñosos en varios sectores y la importancia del rol que juegan en el balance energético del país. La provincia donde se detectó mayor consumo fue la de Buenos Aires, seguida de Misiones, Santa Fe, Córdoba, Chaco, Corrientes y Santiago del Estero. (Ver Tabla 7 en la página 51)

Dado que los sectores relevados no son habitualmente considerados en el BEN, que se concentra en los combustibles utilizados para la autoproducción de electricidad y que representan unas 2.255 ktep/año, se presume que el consumo total real de biomasa para energía en el país se acerca a las 5.000 ktep/año.

Por otra parte, los cálculos realizados en el módulo de oferta muestran que la productividad leñosa anual sustentable del país —según la variante de productividad media— es de 193 millones de t, de las cuales 143 millones de t (42.900 ktep/año) son físicamente accesibles y están potencialmente disponibles para usos energéticos. A estos recursos se le suman 2,7 millones de t de biomasa leñosa proveniente de los subproductos de los aserraderos y de las plantaciones frutales, y cerca de 2,3 millones de t de otros subproductos biomásicos derivados de las agroindustrias, dando un total de recursos potencialmente disponibles que asciende a 148 millones de t, de los cuales 124 millones de t (37.200 ktep/año) proceden de fuentes potencialmente comerciales. (Ver Tabla 5, página 44)

El módulo integración, finalmente, muestra el balance entre la oferta potencial y el consumo actual estimado, tanto a nivel local —cuantificando el balance oferta/demanda en un determinado radio— como a nivel comercial, considerando solamente la oferta potencial proveniente de fuentes biomásicas susceptibles de ser aprovechadas comercialmente para la producción de energía y los niveles actuales de consumo.

Los datos obtenidos por el proyecto señalaron la importancia que tiene la dendroenergía (ya sea como leña, carbón vegetal o residuos agroindustriales) para la producción de energía (térmica y eléctrica) en los sectores residencial, comercial e industrial del país. Además mostraron que esta contribución es significativamente más elevada de lo que evidencian las estadísticas energéticas, agropecuarias y forestales actualmente en uso. En efecto, de acuerdo a los datos del Balance Energético Nacional (BEN)<sup>4</sup> la contribución de la biomasa a la Oferta Interna de Energía Primaria para el año 2005, es de algo más del 3 % (2.255 ktep de un total de 72.000 ktep anuales) mientras que los cálculos del proyecto hacen presumir que esta contribución es cercana al doble de dicha cantidad.

El cálculo del balance oferta/demanda resulta útil para contabilizar el saldo disponible para energía, en particular la relación entre el consumo y la oferta potencial dentro de una superficie con un radio de 10 km alrededor de cada celda. El balance comercial, por su parte, permite determinar una zona de oferta sustentable más realista en función de abastecer a los mercados demandantes de combustibles leñosos, ya sea en las áreas urbanas, al planificar futuras plantas de producción de energía, o para analizar posibilidades de exportación. Sobre la base del balance comercial, también es posible delimitar áreas de oferta sustentable potencial para abastecer a las principales ciudades y sus áreas de influencia — denominadas bio-cuencas— considerando el consumo de las áreas suburbanas y las áreas rurales circundantes, así como los recursos disponibles.

Entre los resultados obtenidos, destaca el hecho de que, al menos a nivel nacional, existe un consistente superávit potencial de biomasa energética, tanto para explotaciones locales como comerciales. A nivel subnacional y local, sin embargo, existe una significativa variabilidad y algunas áreas deficitarias, la mayor parte de las cuales están localizadas en las provincias del noroeste, en el norte de la provincia de Buenos Aires y al sur de la provincia de Santa Fe, especialmente si se considera el balance comercial en lugar del balance primario. (Ver Figura 21, página 53)

Los datos recopilados en el Módulo Oferta, en su variante media, evidencian que la Biomasa Comercial accesible y potencialmente disponible alcanza las 37.200 ktep, valor que representa más de la mitad de la Oferta Interna de Energía Primaria del país. Aún restando de esta oferta potencial el consumo total, que se presume en unas 2.400 ktep, el balance comercial calculado con WISDOM es aún de casi 34.000 ktep, lo cual representa aproximadamente la mitad de la Oferta Interna de Energía Primaria del país. Este gran excedente indica que existe un enorme potencial de biomasa disponible para uso energético en el país y muestra que la Argentina cuenta con un importante potencial a desarrollar.

Como actividad destacada de intercambio y discusión de los actores, entre el 19 y 20 de junio de 2008 se realizó un Seminario-Taller, organizado por la S.E., el INTA, la SAGPyA y FAO, y auspiciado por la SAyDS, denominado “Matriz de oferta y demanda de Bioenergía. Situación actual y desarrollo potencial en Argentina”. El objetivo principal de dicha reunión fue presentar y comentar con los actores involucrados y participantes invitados los resultados logrados por las actividades de este tramo del proyecto.

Por otra parte, el estudio constituyó un importante punto de partida hacia una sistematización y geo-referenciación de la información disponible sobre la situación actual y potencial de la biomasa en el país, lo cual permitirá establecer y/o consolidar políticas de estímulo para la generación de bioenergía, a partir de materias primas agrícolas, forestales o agroindustriales. Es importante destacar también que a partir de la motivación del proyecto, el INTA reforzó los recursos monetarios y humanos que venía dedicando a esta actividad, estando la misma contemplada específicamente en el Programa Nacional de Bioenergía, lo cual asegura la continuidad en el tiempo de este tipo de actividades.

A partir de los mapas generados y la base de datos desarrollada, será posible avanzar sobre estrategias bioenergéticas más precisas e identificar la viabilidad de proyectos de utilización energética de biomasa en lugares específicos del territorio nacional. Los pasos a dar, que se estiman necesarios para continuar avanzando en el conocimiento de la disponibilidad de recursos y residuos de biomasa y las posibilidades de su utilización energética, son los siguientes:

- Debería mantenerse vigente la aptitud colaborativa del equipo de trabajo forjado, y continuar procesando y analizando la información recopilada. En particular, resulta de vital importancia verificar las conjeturas realizadas, y revisar consecuentemente las estimaciones de consumo obtenidas a partir de ellas.

---

<sup>4</sup> Balance Energético Nacional de la Secretaría de Energía

- Deberían verificarse los supuestos adoptados inicialmente y mantener actualizados los datos de referencia que se han empleado para las estimaciones y proyecciones (ej. datos de consumo/actividad de los sectores económicos.)
- Debería establecerse un “sistema de información nacional en bioenergía”, que de continuidad al proyecto y facilite la actualización del sistema con nuevos parámetros y datos más confiables que se vayan obteniendo en el futuro.
- Debería convertirse al “WISDOM Argentina” en una herramienta usual de planificación estratégica, que permita una gestión integrada de los recursos bioenergéticos y posibilite impulsar acciones concretas hacia la optimización del uso de los recursos disponibles y el consecuente desarrollo del sector de la bioenergía.
- Deberían identificarse y comenzar a llenarse los vacíos críticos de información detectados durante la revisión de la información disponible. (V.g. otras industrias procesadoras de frutas).
- Deberían desarrollarse WISDOM provinciales, de manera de ir sumando cada día nuevos y más detallados datos, que permitan una mayor aproximación y certeza en el planeamiento estratégico y operacional del sector bioenergético.
- Debería avanzarse en la formulación de estrategias bioenergéticas más precisas e identificar la viabilidad de proyectos que den impulso a la generación de energía a partir de biomasa en áreas prioritarias de intervención y lugares específicos sobre el territorio nacional.

Asimismo, entre las principales recomendaciones que se formularon se encuentra la de exhortar a los actores y organismos —públicos y privados— vinculados al sector rural, la aplicación rutinaria de la herramienta WISDOM en la formulación y desarrollo de estrategias sustentables en aquellos aspectos energéticos vinculados a lo forestal, agrícola y agroindustrial, ya que esto permitirá, por una parte valorizar lo ya hecho al constatar su utilidad, y por otra justificar la asignación de nuevos y mayores recursos para su mejora y ampliación de cobertura.

Finalmente, y dado que los recursos disponibles para la formulación del WISDOM Argentina fueron muy limitados, lo que no permitió disponer del tiempo necesario para terminar de entender, madurar y asimilar la nutrida información y los múltiples datos obtenidos, se estima que resultaría conveniente disponer de recursos adicionales de cooperación para:

1. Dedicarlos al mejoramiento del diagnóstico sectorial realizado y a la interpretación cabal de la información elaborada.
2. Realizar WISDOM a nivel provincial que permitan a las provincias realizar sus propias estrategias bioenergéticas, en línea con la estrategia nacional.
3. Revisar y generar datos para retroalimentar el “sistema de información nacional en bioenergía”.

Por último, debe señalarse que el proyecto no solo generó informaciones —como se describe mas arriba— sino que también mejoró notablemente la capacidad de los organismos ligados al sector para hacer frente a los desafíos del planeamiento y la promoción de la bioenergía. Es de esperar que, con esas capacidades y conocimientos mejorados, se establezca un programa bioenergético bien integrado dentro de las políticas energéticas, agropecuarias y forestales, de manera de contribuir a la autonomía energética del país, la diversificación agropecuaria y forestal y la reducción de emisiones de GEIs.

## Glosario

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>BE</b>        | Bioenergía, Bioenergético/a  |
| <b>BEN</b>       | Balance Energético Nacional  |
| <b>CC</b>        | Cambio Climático   |
| <b>DAP</b>       | Diámetro a la altura del pecho   |
| <b>DBL sa</b>    | Densidad de la biomasa leñosa secada al aire (12% de humedad)  |
| <b>DBL bs</b>    | Densidad de la biomasa leñosa en base seca (0% humedad)  |
| <b>FAO</b>       | Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación  |
| <b>FEB</b>       | Factor de expansión de la biomasa  |
| <b>FEV</b>       | Factor de expansión del volumen  |
| <b>FFD</b>       | Factor de Fracción Dendroenergética (fracción del total de biomasa sobre el suelo compuesto por ramas, puntales y corteza) (Woodfuel Fraction Factor: WFF) |
| <b>FOCALMEAN</b> | Función que recalcula los valores de los píxeles considerando el promedio de los valores de los píxeles circundantes                                       |
| <b>GEIs</b>      | Gases con efecto invernadero   |
| <b>GLC2000</b>   | Global Land Cover (database) para el año 2000  |
| <b>IGM</b>       | Instituto Geográfico Militar   |
| <b>IMA</b>       | Incremento Medio Anual   |
| <b>INDEC</b>     | Instituto Nacional de Estadística y Censos   |
| <b>INTA</b>      | Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  |
| <b>INTI</b>      | Instituto Nacional de Tecnología Industrial  |
| <b>INV</b>       | Inventario   |
| <b>INYM</b>      | Instituto Nacional de la Yerba Mate  |
| <b>kg sa</b>     | kilogramos, secado al aire, a 12% de humedad, aproximadamente.   |
| <b>kg bs</b>     | kilogramos en base seca, a 0% de humedad.  |
| <b>ktep</b>      | Miles de toneladas equivalentes de petróleo  |
| <b>LEAP</b>      | <i>Long-range Energy Alternatives Planning</i>   |
| <b>MDT</b>       | Modelo Digital del Terreno   |
| <b>MW</b>        | Megawatt   |
| <b>NBI</b>       | Necesidades Básicas Insatisfechas  |
| <b>ONGs</b>      | Organizaciones No Gubernamentales  |
| <b>PERMER</b>    | Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales  |
| <b>PNUMA</b>     | Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente   |
| <b>SAGPyA</b>    | Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos  |
| <b>SAyDS</b>     | Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable  |
| <b>S.E.</b>      | Secretaría de Energía  |
| <b>SEN</b>       | Sistema Estadístico Nacional   |
| <b>SIG</b>       | Sistemas de Información Geográfica.  |
| <b>SRF</b>       | Silvicultura de corta rotación ( <i>Short Rotation Forestry</i> )  |
| <b>tep</b>       | Toneladas equivalentes de petróleo   |
| <b>t sa</b>      | toneladas, secada al aire, a 12% de humedad, aproximadamente.  |
| <b>t bs</b>      | toneladas, base seca, a 0% de humedad.   |
| <b>TCP</b>       | Proyecto de Cooperación Técnica  |
| <b>UBA</b>       | Universidad de Buenos Aires  |
| <b>UICN</b>      | Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza  |
| <b>ULP</b>       | Universidad de La Punta (Provincia de San Luis, Argentina)   |
| <b>UNAM</b>      | Universidad Nacional de México   |
| <b>VEF</b>       | Factor de expansión del volumen.   |
| <b>VFSC</b>      | Volumen de fuste sin corteza   |
| <b>WCMC</b>      | World Conservation Monitoring Centre (PNUMA)   |
| <b>WISDOM</b>    | Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping (metodología) (Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles)                               |



# 1. Introducción.

## 1.1. Antecedentes.

El Gobierno de la República Argentina implementó, conjuntamente con FAO, dos acciones puntuales en el marco del Proyecto de Cooperación Técnica TCP/ARG/3103<sup>5</sup>:

- Bioenergía: Desafíos para la Argentina.
- Realización de WISDOM Argentina.

El objetivo estratégico conjunto de estas actividades fue el de mejorar los conocimientos de la situación actual y analizar las perspectivas y el potencial para el desarrollo de la bioenergía en el país.

Durante el desarrollo del primer tramo “Bioenergía: Desafíos para la Argentina”, se extrajeron una serie de elementos significativos, que permitieron a su vez obtener conclusiones y formular recomendaciones:

- Se gestó un grupo de trabajo interinstitucional en la temática de la bioenergía y los biocombustibles, hecho que no registraba antecedentes en el país.
- Se manifestó en las diferentes instituciones participantes un importante apoyo político hacia la temática del proyecto.
- Se comprobó que existía un gran potencial de recursos y residuos biomásicos disponibles en el país y aprovechables para uso energético, incluyendo, además de los conocidos biocombustibles (biodiesel y bioetanol), leña, residuos forestales y de la foresto – industria, residuos agropecuarios, residuos agrícolas y los derivados de la agroindustria.
- Se puso de manifiesto que no existía aún suficiente información disponible como para formular políticas BIOENERGÉTICAS de fondo que incorporen a todos los recursos bioenergéticos, en particular la leña, los residuos forestales y de la foresto-industria y los residuos agropecuarios.
- Entre las tareas pendientes que se detectaron, se destacó la necesidad de profundización del diagnóstico de los recursos de biomasa.

Por su parte, el informe técnico final del proyecto recomendó, entre otras consideraciones:

- Consolidar el grupo de trabajo interinstitucional en la temática de la bioenergía y los biocombustibles.
- Profundizar los diagnósticos de los recursos de biomasa disponibles y evaluar su potencial.
- Programar y realizar tareas que complementaran los desarrollos llevados a cabo en ese componente, de manera de cubrir, adecuada y gradualmente, sucesivas etapas que conduzcan al desarrollo de todas y cada una de las opciones potenciales de aprovechamiento energético de los recursos y residuos de biomasa existentes en el país.

En función de ello, se formuló el segundo tramo “Realización de WISDOM Argentina” con el objetivo principal de continuar el impulso y la promoción de la utilización energética de biomasa en la República Argentina, por medio de la cuantificación de las disponibilidades de biomasa para uso energético en áreas prioritarias y la institucionalización de la utilización de la metodología WISDOM como herramienta de desarrollo de sistemas bioenergéticos sostenibles en el país.

La metodología WISDOM (Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles - Woodfuels Integrated Supply / Demand Overview Mapping) fue desarrollada por FAO, en cooperación con el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional de México (UNAM), como método para visualizar espacialmente las áreas prioritarias o “puntos calientes” para los combustibles leñosos.

---

<sup>5</sup> El Proyecto de Cooperación Técnica TCP/ARG/3103 financió un total de diez acciones puntuales en la Argentina.

A nivel nacional, el enfoque WISDOM ha sido implementado en México (FAO, 2005), Eslovenia (FAO, 2006a), Senegal (FAO, 2004), Italia (Drigo et al. 2007) y Mozambique (Drigo, 2008). A nivel subregional, WISDOM ha sido implementada a lo largo de la costa oriental de los países de África central cubiertos bajo el Programa Africover<sup>6</sup> (FAO, 2006b) y en otros países del Sudeste Asiático<sup>7</sup> (FAO, 2007).

Recientemente, también fueron terminados dos estudios subnacionales: para Castilla y León, en España (FAO, 2008) y para la Emilia Romagna, en Italia (RENEWED, 2008).

WISDOM está basado en la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que ofrecen nuevas posibilidades de combinar o integrar información estadística y espacial sobre la producción (oferta) y el consumo (demanda) de combustibles leñosos (leña, carbón vegetal y otros dendrocombustibles). Esta técnica es accesible y fácil de usar, permitiendo presentar los resultados del análisis espacial de manera comprensible no solo a especialistas, sino también a funcionarios o ciudadanos comunes. Los análisis realizados en diversas escalas permiten mostrar situaciones locales de cualquier parte de un país o región.

WISDOM se adapta a la información disponible, generalmente dispersa, sea ésta directa (consumo de leña y sus tendencias, productividad sostenible, etc.) o indirecta (otras variables relacionadas a la oferta y demanda de energía y/o combustibles), proponiendo su integración, de manera de evitar la necesidad de realizar una nueva y costosa recopilación de datos.

La metodología es un instrumento de planificación estratégica, para la programación y el desarrollo de la dendroenergía. Facilita el análisis espacial de la oferta y la demanda de combustibles leñosos, mostrando las situaciones locales o de todo un país o una región. La identificación de "puntos calientes" puede ayudar a las autoridades a fijar prioridades de acción y la necesidad de realizar estudios adicionales, que ayuden a eliminar lagunas específicas de información, encontrar maneras de resolver los principales problemas y realizar intervenciones.

WISDOM es un instrumento modular, abierto, adaptable a información heterogénea recogida por múltiples sectores interesados en la dendroenergía: direcciones de bosques, industria energética, agricultura, asuntos sociales, etc. Mediante aplicaciones reiteradas de WISDOM a lo largo de los años, se podrá dar al análisis de la dendroenergía una congruencia cada vez mayor.

En resumen, los principales beneficios del uso de WISDOM son los siguientes:

- Permite una visión global de los dendrocombustibles en todo el país o la región, ayudando a determinar áreas prioritarias para intervenciones de manejo o restauración de recursos, o bien para promover nuevas iniciativas dendroenergéticas.
- Aporta información esencial para complementar la formulación de planes de manejo sostenible de bosques u otras tierras arboladas dentro o fuera de los bosques.
- Puede utilizarse para promover el desarrollo de la dendroenergía, como energía localmente disponible y ecológica, y que puede contribuir a generar empleo y mejorar condiciones de vida.
- Ayuda a deslindar el rol de los sectores energético, forestal, agrícola y otros, en la provisión y suministro de dendrocombustibles, favoreciendo una más clara asignación de responsabilidades y contribuyendo a promover sinergias.
- Permite identificar carencias críticas de datos, de manera de formular acciones para subsanarlo.
- Integra información fragmentada y favorece la colaboración interinstitucional, contribuyendo al desarrollo de los sectores involucrados.

## 1.2. Porqué WISDOM?

El desarrollo de la metodología WISDOM fue motivado por una serie de características propias de la bioenergía y circunstancias del mercado energético y rural que se fueron acentuando en los últimos años. Entre ellas pueden mencionarse:

- El consumo de bioenergía ha crecido fuertemente en el pasado reciente.
- La competencia por las materias primas entre alimentos y energía ha generado tensiones, situación que se incrementará en el futuro.

---

<sup>6</sup>Burundi, DR Congo, Egypt, Eritrea, Kenya, Rwanda, Somalia, Sudan, Tanzania and Uganda.

<sup>7</sup>Cambodia, Malaysia, Laos, Thailand, Vietnam and the Yunnan Province of China.

- Los sistemas bioenergéticos presentan algunos aspectos clave, tales como:
  - multi-sectorialidad (deben participar el sector forestal, de energía, de agricultura, de desarrollo rural, etc.)
  - interdisciplinaridad (requieren conocimientos de silvicultura y gestión forestal, agronomía, física, química, ingeniería, geografía, gestión ambiental, economía, etc.)
  - son casi siempre sitio-específicos, es decir que en cada caso hay características diferentes que los hacen singulares, requiriendo soluciones especiales.
  - existe una enorme heterogeneidad de las fuentes de biomasa posibles (bosques, residuos de apeo, residuos de forestoindustrias, plantaciones de rápido crecimiento, residuos agropecuarios, residuos de fruticultura, recuperación de residuos de madera, etc.)
- Las respuestas dadas a la problemática bioenergética desde los sectores de la energía, de la agricultura y forestal son diferentes, requiriendo una mayor coordinación y sinergia.
- Es necesario contar con herramientas para concertar las políticas energéticas y agropecuarias, imaginando proyectos sostenibles que apunten al largo plazo. (V.g. biorefinerías)
- Es necesario coadyuvar a evitar los ciclos de “riqueza y pobreza” en el sector rural, mediante actividades que aporten continuidad.

Como una contribución a enfrentar esta problemática, FAO conjuntamente con el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional de México, desarrolló esta metodología que resume una visión sistémica, permite nuevos enfoques, promueve la interacción entre los actores y dispone de una interfase que resulta amigable al no técnico y al decisor político, facilitando la integración de la producción de biocombustibles en la planificación de las actividades agrícolas y forestales, y vinculando a la vez a estos sectores con los de la energía, industria y ambiente.

#### **Box 1. El Síndrome de Cenicienta<sup>8</sup>.**

A pesar de su indudable rol, la dendroenergía todavía sufre de una extensa carencia de reconocimiento en el contexto de la planificación a nivel nacional. Esta invisibilidad política, que la convierte en una suerte de Cenicienta entre los otros combustibles y fuentes de energía, ha impedido la puesta en práctica de acciones más eficaces destinadas a garantizar un uso sostenible y sostenido de los dendrocombustibles. Varios factores contribuyen a este problema:

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.

Los datos sobre la oferta y demanda de dendrocombustibles son en gran parte inadecuados y conciernen a diferentes agencias, lo que impide el desarrollo de visiones holísticas y la definición clara de prioridades.

Los generalmente escasos datos existentes sobre fuentes de provisión de dendrocombustibles, por ejemplo, originan percepciones tendenciosas:

- ◆ sobre el rol de los bosques en la oferta de dendrocombustibles, comparado con el del sector agrícola, y, a la vez,
- ◆ sobre el rol de la demanda energética, como una de las fuerzas impulsoras de la deforestación y los procesos de degradación.

Los Departamentos Forestales de la mayoría de los países en desarrollo, reconocen que los dendrocombustibles son importantes productos del bosque, a menudo los más importantes; sin embargo, en niveles políticos más altos, generalmente no se menciona a la dendroenergía entre las prioridades del sector forestal.

Para mejorar el reconocimiento de la dendroenergía y hacerla más comprensible a los decisores políticos, es necesario contar con herramientas de planificación que contribuyan a armonizar e integrar los datos sobre el consumo y la demanda de dendrocombustibles.

Estas herramientas deben generar percepciones claras y holísticas con respecto a los patrones de uso de los dendrocombustibles y su evolución, y de los impactos asociados, guiando a los decisores políticos y Gobiernos sobre cómo y donde fijar prioridades.

<sup>8</sup> Tomado y traducido del documento: [FAO 2003] “Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping – WISDOM”.

### 1.3. Objetivos del Proyecto WISDOM Argentina.

Como se mencionara anteriormente, el principal objetivo de la realización del proyecto “WISDOM Argentina” fue el de dar continuidad al impulso y la promoción del uso energético de biomasa en la República Argentina, iniciado con el proyecto “Bioenergía: Desafíos para la Argentina”.

Para ello se planteó encarar la cuantificación de las disponibilidades de biomasa para uso energético en áreas prioritarias, como así también la institucionalización de la utilización de la metodología WISDOM como herramienta de desarrollo de sistemas bioenergéticos sostenibles en el país, mejorando la capacidad del país para producir mapas temáticos que describan y cuantifiquen la producción y el consumo nacional de bioenergía y sus potencialidades.

A ese efecto, se procedió a la construcción de bases de datos geo-referenciados, en las que la producción y el consumo de dendroenergía y otras formas de bioenergía y sus potencialidades pueden ser visualizados como mapas, cubriendo todo el país tanto a nivel de unidad administrativa (departamento) como a nivel de unidad espacial (píxel), y tomando como base de referencia temporal la información actualizada al año 2005<sup>9</sup>.

Estas bases de datos y mapas derivados servirán para:

- La incorporación de la biomasa en la elaboración y formulación de estrategias energéticas a corto, mediano y largo plazo;
- El análisis de impactos técnicos, económicos, ecológicos, ambientales y sociales; y
- Contribuir al manejo sustentable de los recursos naturales para la producción de materias primas para la producción de bioenergía.

A tal efecto, el proyecto impulsó la implementación de un estudio WISDOM para Argentina, como apoyo a la gestión sustentable de sus recursos biomásicos y al desarrollo de la planificación bioenergética, y proporcionó el entrenamiento necesario —al equipo WISDOM nacional— para el manejo de la metodología y el mantenimiento y actualización de la base de geodatos.

Todos estos resultados posibilitarán, entre otras cosas:

- Consolidar conocimientos y difundir tecnologías que contribuyan a la producción sustentable de biocombustibles y bioenergía, respetando la competitividad de los mismos y en armonía con las políticas públicas.
- Caracterizar y cuantificar el potencial de los diferentes residuos y subproductos originados por el sector agropecuario y agroindustrial para su aprovechamiento energético.
- Elaborar información y estudios que sean de aplicación para la construcción de escenarios bioenergéticos a corto, mediano y largo plazo.

### 1.4. Marco Institucional del Proyecto.

FAO, a través de la acción “Bioenergía: Desafíos para la Argentina”, impulsó la creación de un grupo de trabajo interinstitucional e interdisciplinario en la temática de Bioenergía y Biocombustibles, en el cual intervinieran organismos públicos, grupos de investigación y de desarrollo tecnológico, y se integraran también proyectos bioenergéticos de diferentes provincias.

En el seminario: “Las Perspectivas para el desarrollo de la Bioenergía en el País” (13/9/2006), participaron, además de FAO Roma y la Oficina Local de FAO, funcionarios de los siguientes organismos: Secretaría de Industria, Comercio y de la Pequeña y Mediana Empresa, Secretaría de Energía, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Cámara de Diputados, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio y Culto, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Facultad de Agronomía de la UBA, Facultad de Ingeniería de la UBA, Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, INTA y Fundación ARGENINTA.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> En muchos casos esta fecha de referencia es el año 2007.

<sup>10</sup> Ver principales conclusiones de esta acción en el punto 2.4.1.

Al iniciarse el proyecto WISDOM Argentina, y a fin de desarrollar las acciones para la mejora de la información disponible sobre el consumo actual de biocombustibles y la evaluación del potencial de los recursos y residuos biomásicos para su uso sostenible con fines energéticos, se consolidó un grupo de trabajo específico, liderado por el INTA (Unidad del Instituto de Clima y Agua, del INTA Castelar) e integrado por estamentos representativos de la Secretaría de Energía del Ministerio de Infraestructura y Planificación Federal (S.E. - Consejo Asesor de Estrategia Energética) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos del Ministerio de Economía y Producción (SAGPyA - Dirección Nacional de Producción Agropecuaria y Forestal).

Asimismo, como valiosos proveedores de información de base se incorporaron también la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS - Dirección de Bosques) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) del Ministerio de Economía y Producción.

#### **1.4.1. INTA.**

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), actúa por medio de sus programas y proyectos, que se desarrollan en diferentes unidades específicas. En este caso la actividad estuvo contemplada en uno de los proyectos de la actual cartera del Programa Nacional de Bioenergía, con profesionales del Instituto de Clima y Agua y del Instituto de Ingeniería Rural del INTA Castelar.

En ese marco, el INTA participó a través de la Unidad de Transferencia de Tecnología, del Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar, conducida por Stella Carballo, e integrada por Noelia Flores Marco<sup>11</sup> y Alicia Anschau, y contó con la colaboración del Coordinador del Programa de Bioenergía Nacional, Ing. Agr. Msc. Jorge Hilbert.

#### **1.4.2. Secretaría de Energía.**

La Secretaría de Energía (S.E.) del Ministerio de Infraestructura y Planificación Federal, participó a través del Grupo de Planeamiento Energético<sup>12</sup> del Consejo Asesor de Estrategia Energética, cuyo Coordinador es el Ing. Juan Legisa, cuyo Subcoordinador es el Lic. en Economía Guillermo Genta y está integrado, entre otros profesionales, por el Licenciado en Geografía y Especialista en Teledetección y SIG Juan Ignacio Paracca.

Asimismo, colaboraron en diferentes instancias del proyecto funcionarios de otras áreas, tales como las Direcciones Nacionales de Prospectiva y de Promoción y la Coordinación de Energías Renovables de esta última, e incluyendo —entre otros— a Alicia Baragatti, Mónica Servant, Pablo Carulla, Verónica Seifer, Fernando Pino y Ramiro Mata.

#### **1.4.3. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.**

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) del Ministerio de Economía y Producción, participó a través del Programa Nacional de Biocombustibles de la Dirección de Agricultura de la Dirección Nacional de Producción Agropecuaria y Forestal, grupo coordinado por Miguel Almada y Flory Bergenisic e integrado por Pablo Gramicci y Juan Carlos Ferrero.

Asimismo, la Dirección de Forestación, a través de Liliana Corinaldesi, Liliana La Rosa y Marcelo Yorio, suministró la información de base correspondiente a los Bosques Implantados.

#### **1.4.4. INDEC.**

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) es el organismo público, de carácter técnico, que unifica la orientación y ejerce la dirección superior de todas las actividades estadísticas oficiales que se realizan en el territorio de la República Argentina. El INDEC también tiene la responsabilidad de coordinar el Sistema Estadístico Nacional (SEN), integrado por los servicios estadísticos de los organismos nacionales, provinciales y municipales. Participó del proyecto a través de María Teresa Carré, Ana María Papa y Pablo Gallo Mendoza.

---

<sup>11</sup> Pertenece al Instituto de Ingeniería Rural del INTA.

<sup>12</sup> Creado por Resolución de la S.E. 1284/2006.

### **1.4.5. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.**

La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) de la Jefatura de Gabinete de Ministros, participó a través de la Dirección de Bosques, de la Dirección Nacional de Ordenamiento Ambiental y Conservación de la Biodiversidad, a cargo del Ing. Jorge Luis Menéndez, cuyo Programa Nacional de Estadística Forestal, coordinado por la Lic. Norma Esper, y su Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal, coordinado por la Ing. Agr. Celina Montenegro, gestionan la información correspondiente a los Bosques Nativos.

## **1.5. Actividades de Asistencia Técnica de FAO.**

Las actividades de asistencia técnica de FAO, realizadas para la creación WISDOM Argentina, fueron coordinadas y supervisadas por el Dr. Ing. Miguel Trossero, Oficial del Programa energía derivada de la madera del Departamento Forestal de la Sede de Roma y los Sres. José Benites y Francisco Yofre de la Oficina Local de FAO, y se desarrollaron durante aproximadamente 13 meses, durante los cuales un Consultor Internacional, Rudi Drigo, visitó el país en tres oportunidades, sumando un total de 8 semanas de misión.

Durante la primera misión, de dos semanas de duración (7 al 18 de mayo de 2007), las actividades se enfocaron a (i) presentar el alcance y la estructura de la metodología WISDOM, y definir su posible estructura en el contexto argentino, (ii) proveer asistencia en la definición/identificación de las capas temáticas necesarias para el desarrollo de los módulos oferta y demanda y su desarrollo inicial y, (iii) proveer asistencia en el establecimiento de las sinergias inter-institucionales necesarias.

En la segunda misión, de tres semanas de duración (26 de octubre al 17 de noviembre de 2007), las actividades incluyeron: (i) análisis de la información espacial y estadística disponible, (ii) identificación, obtención, revisión e integración de capas adicionales, (iii) definición de los pasos analíticos del procedimiento y entrenamiento al equipo de INTA dedicado al análisis WISDOM, y (iv) primera definición de los valores de stock y productividad sustentable de biomasa.

En la tercera misión (2 al 21 de junio de 2008) las actividades incluyeron: (i) revisión e integración de la información colectada por INTA y provista por las otras instituciones participantes, (ii) concreción de los módulos Oferta, Demanda e Integración a niveles de unidad administrativa y espacial, y ejemplificación de análisis de cuencas de aprovisionamiento de biomasa, (iii) presentación y discusión de WISDOM Argentina en un seminario en Buenos Aires, de dos días de duración, entre el 19 y 20 de junio de 2008, y (iv) documentación del procedimiento analítico.

La contraparte técnica directa para el análisis fue la unidad de Transferencia de Tecnología, del Instituto de Clima y Agua, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Castelar.

### **1.5.1. Seminario “Matriz de oferta y demanda de bioenergía”.**

Entre el 19 y 20 de junio de 2008 se realizó un Seminario-Taller, organizado por la S.E., el INTA, la SAGPyA y FAO, y auspiciado por la SAyDS, denominado “Matriz de oferta y demanda de Bioenergía. Situación actual y desarrollo potencial en Argentina”.

El Seminario-Taller se llevó a cabo en el salón auditorio de la delegación INTA, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y contó con la participación de representantes de prácticamente todos los organismos involucrados de nivel nacional, como así también de los organismos equivalentes de nivel provincial de muchas de las provincias argentinas, invitados especialmente.

Los objetivos del Seminario-Taller fueron:

- a) Informar y compartir con los distintos actores convocados, los principales resultados de los estudios realizados sobre el estado actual de la utilización de la bioenergía en el país y la estimación del potencial en términos de biomasa forestal, agrícola, agroindustrial y pecuaria
- b) Establecer propuestas para la implementación de mecanismos de relevamiento —a nivel de las provincias— de datos e información existente, así como la obtención de nuevos datos a nivel provincial.
- c) Implementar una metodología de trabajo común, que sirva a la planificación estratégica de la bioenergía tanto para el sector público como privado en todas las provincias Argentinas.
- d) Identificar actividades de seguimiento y asistencia técnica para mejorar el WISDOM nacional y realizar WISDOM a escala provincial.

En la sesión matutina de la primer jornada del Seminario-Taller se realizó el acto de apertura, en el cuál presentaron la actividad un representante de FAO, un representante del Secretario de Energía, el Secretario de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentos y el presidente del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

A continuación, el Ing. Miguel A Trossero, Oficial de la Dirección de Productos Forestales del Departamento Forestal de FAO - Roma, disertó sobre “La contribución de FAO al desarrollo de una estrategia bioenergética”. Seguidamente, el Ing. Agr. Jorge A Hilbert, Director del Instituto de Ingeniería Rural y Coordinador del Proyecto Biocombustibles del INTA, se refirió al “Compromiso institucional del INTA con la bioenergía a nivel nacional, avances más significativos”.

Posteriormente, el Consultor Internacional Rudi Drigo, especialista en planificación y desarrollo de políticas dendroenergéticas de FAO y la Unión Europea, con sede en Roma, realizó la presentación de los mapas bioenergéticos obtenidos mediante la aplicación de la metodología WISDOM, reflejando el consumo actual de biomasa en Argentina y su potencial; en tanto que la Lic. Stella Carballo, Coordinadora de la oficina de Servicios especiales y Transferencia de Tecnología del Instituto de Clima y Agua del INTA, expuso los aspectos metodológicos y los principales resultados y conclusiones del proyecto.

En la sesión vespertina, se hizo referencia a los aportes que puede hacer el conocimiento de la localización de los recursos biomásicos a la “Planificación de Estrategias Energéticas” para la Argentina en el mediano y largo plazo. El Lic. Juan Ignacio Paracca, del Consejo Asesor de Estrategia Energética de la Secretaria de Energía, expuso sobre “Bases para el planeamiento estratégico del aprovechamiento de recursos bioenergéticos”; en tanto que el Geógrafo Pablo Carulla, de la Dirección Nacional de Promoción de la Secretaría de Energía, y el Ing. Alejandro Gallino, Consultor en Energía, presentaron un “Estudio de prefactibilidad para la utilización de residuos de la industria arrocera y la forestoindustria, en la generación de energía eléctrica, en la provincia de Entre Ríos”.

Luego de un breve debate y comentarios sobre lo expuesto, se desarrolló un bloque sobre “La importancia del uso de WISDOM a nivel provincial”, con el objetivo de informar a los representantes provinciales los detalles del WISDOM como sistema de asistencia a la toma de decisiones para el desarrollo estratégico de la bioenergía en el país y en las provincias. A ese efecto, se presentó la Base de Datos del “Módulo de Demanda” de WISDOM sobre el consumo de bioenergía en el sector residencial, comercial e industrial a nivel nacional y provincial y se trató la identificación de problemas y soluciones posibles. Asimismo, se presentó la Base de Datos del “Modulo de Oferta” de WISDOM sobre las diferentes fuentes de aprovisionamiento de bioenergía para el sector residencial, comercial e industrial a nivel nacional y provincial y se trató la identificación de problemas y soluciones posibles. Finalmente, se describieron algunos problemas encontrados en la aplicación de WISDOM a nivel nacional.

En la sesión matutina de la segunda jornada, dedicada a identificar las actividades de seguimiento y asistencia técnica para mejorar el WISDOM a nivel nacional y realizar nuevos WISDOM a nivel provincial, se realizaron algunas presentaciones de experiencias provinciales y locales en la generación de bioenergía. En particular, el Ing. Juan Pablo Badía, en representación del PERMER, se refirió a la “Localización y estudio de factibilidad de la instalación de un proyecto de generación con biomasa en las provincias de Corrientes y Misiones”.

Mas tarde, se inició un análisis y discusión en grupos de trabajo regionales de la oferta y consumo de bioenergía por sectores (residencial, comercial e industrial), para lo cual se establecieron ciertas pautas para el trabajo en grupo:

1. Identificar interés y actividades para la realización de WISDOM provinciales.
2. Detectar qué datos se encuentran disponibles a nivel provincial, para reforzar las bases de datos utilizadas en la elaboración de los mapas bioenergéticos del país a partir de WISDOM.
3. Determinar los canales de transferencia e intercambio de datos para la realización de ejercicios WISDOM provinciales.
4. Formulación de conclusiones y compromisos asumidos por los diferentes representantes sectoriales de los Grupos de Trabajo.

Finalmente, en la sesión vespertina se procedió a la presentación y discusión de conclusiones y recomendaciones de los Grupos de Trabajo, incluyendo la formulación de planes y metodologías de trabajo y la enunciación de conclusiones. Al acto de clausura y cierre asistió el Secretario de Energía de la Nación.

## Palabras del Secretario de Energía en el cierre del Seminario-Taller.

En el cierre del Seminario, el Secretario de Energía puso de relieve los desafíos que enfrentan el mundo, la región y el país a partir del hecho de que las reservas energéticas —renovables y no renovables— no están distribuidas de manera homogénea, que generalmente la demanda es mayor y anterior a la oferta, y que —a diferencia de lo ocurrido en crisis anteriores— se ha sumado un problema ambiental relevante, como lo es el cambio climático.

En ese sentido, sostuvo que las energías renovables (geotérmica, eólica, solar, biomasa), aún siendo complementarias de la demanda global, se perfilan como opciones realistas para desarrollar la oferta de energía, ya que debido al aumento de los precios de los hidrocarburos, muchas de ellas ya pueden competir con las energías convencionales.

Expresó también que garantizar el acceso a fuentes de energía accesibles y confiables es un elemento fundamental de la agenda de desarrollo y será uno de los grandes temas que tendrán que encarar las próximas generaciones de cara al futuro. Es necesario comenzar a desarrollar fuentes alternativas de energía que sean sustentables en el largo plazo. Entre ellas mencionó los biocombustibles líquidos —en una sana armonía con los alimentos— y el estudio y explotación de los recursos biomásicos.

Resaltó asimismo que el desafío es aún mayor, ya que lo anterior debe realizarse en un ámbito creciente del “derecho a la energía”, fundamentalmente en el abastecimiento a zonas rurales, en que los habitantes sufren las mayores necesidades. Al efecto, mencionó la experiencia del programa PERMER, que está mostrando que es posible abastecer con energías renovables a los pobladores rurales dispersos con éxito.

Ante este escenario, el Gobierno Nacional ha tomado decisiones a través de la Secretaría de Energía, poniendo en ejecución programas de eficiencia y sustentabilidad energética, para lograr un ahorro del 7% del consumo de energía eléctrica para el 2016, y dando señales tendientes a la utilización de energías renovables que incluyen, entre otras, acciones para:

- Incentivar el empleo de fuentes renovables a fin de diversificar la matriz energética.
- Cuantificar los recursos y localizar su demanda y oferta.
- Detectar áreas de atención prioritaria tanto por su potencial para el aprovechamiento bioenergético, como por su déficit de acuerdo a la demanda existente del recurso.
- Ampliar la participación en los proyectos de las provincias.
- Promocionar proyectos energéticos que aprovechan los recursos biomásicos.

Remarcó además que se han sancionado en el país leyes fundamentales que aportan los marcos jurídicos para acelerar la incorporación de estas energías a la matriz energética. (Ver Anexo 8.6 ANEXO 6. Marco regulatorio argentino respecto al aprovechamiento de recursos bioenergéticos.)

Dentro del programa PERMER se realizaron estudios a fin de evaluar los recursos de biomasa y la potencial localización y estudio de factibilidad para la instalación de un proyecto de generación en la provincia Misiones y uno en la provincia de Corrientes, que conjugan objetivos ambientales, que hacen a la sustentabilidad de una actividad productiva y que a su vez permiten abastecer con electricidad a un significativo número de personas que viven en el medio rural sin otras alternativas de abastecimiento.

Asimismo, destacó la realización de un estudio de prefactibilidad para la utilización de residuos provenientes de la industria arrocerá y de la forestoindustria, que permitiría mejorar las condiciones de prestación de servicios, fundamentalmente generación de energía eléctrica, en la provincia de Entre Ríos. Los detalles de ambos proyectos fueron presentados en el Seminario Taller.

Por otro lado, a fin de contar con herramientas para la toma de decisiones que aseguren el abastecimiento de recursos energéticos para el desarrollo económico y el bienestar de la sociedad, la Secretaría de Energía está efectuando estudios para el diseño y elaboración de un sistema de Planeamiento Estratégico de Energía a mediano y largo plazo.

Tanto para la ejecución de la normativa vigente como para la planificación estratégica de la energía, se detectó que los conocimientos referentes al potencial de los recursos biomásicos en Argentina no habían sido suficientemente desarrollados como para permitir su óptimo aprovechamiento energético, por lo cual desde la S.E. se apoyó la conformación de un grupo de estudio con representantes de otros organismos (SAGPyA, INTA, SAsyDS), en conjunto con la asistencia de FAO, para la aplicación en la Argentina de la metodología WISDOM.

La cuantificación y localización de los recursos bioenergéticos facilitará la formulación de políticas públicas que favorezcan su mejor empleo —actual y futuro— ya que permitirá la detección de áreas prioritarias de atención en materia de bioenergía, focalizando el potencial con que cuentan algunas regiones del país en la materia, pero también sobre aquellas en donde estos recursos son insuficientes para atender su demanda, requiriendo el avance sobre propuestas para su manejo eficiente y/o reemplazo.

De acuerdo a los primeros resultados de los estudios realizados bajo este marco de cooperación interinstitucional, se detectó una importante fuente potencial y sustentable de energía. En efecto, el aprovechamiento bioenergético puede contribuir a una mejor gestión de las formaciones vegetales y de los residuos provenientes de actividades agropecuarias, agroindustriales, entre otras. Apoyando de este modo a la diversificación de la matriz energética nacional, la que actualmente se apoya fuertemente en combustibles de origen fósil.

De este modo se pretende que la Secretaría de Energía, como entidad de aplicación del marco normativo vigente en materia de energías renovables, cuente con una herramienta que permita el mejor arbitraje de los proyectos presentados referidos a esta materia, en vistas a ejercer del modo más eficiente sus potestades de fiscalización y de planificación de corto, mediano y largo plazo para el mejor aprovechamiento estratégico y sostenible de los recursos energéticos con que cuenta el territorio nacional.

### **1.5.2. Taller de Transferencia de Información y Aplicaciones.**

Los días 29 y 30 de Septiembre de 2008 se realizó en la Secretaría de Energía el “Taller de Transferencia de información y aplicaciones de WISDOM en Argentina”, con el objetivo de devolver a las Instituciones participantes los resultados alcanzados durante la ejecución del proyecto.

### **1.5.3. Seminario-Taller Regional en San Luis.**

El 30 y 31 de Octubre de 2008, en la Universidad de la Punta, Provincia de San Luis, se llevó a cabo un Seminario-Taller Regional denominado: “Situación actual y desarrollo potencial de la matriz de oferta y demanda de bioenergía”. El encuentro fue organizado en conjunto por la Oficina Local de FAO, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Universidad de La Punta (ULP).

El objetivo principal del evento fue el de informar a los participantes de organismos públicos y privados acerca de los resultados derivados de la aplicación de la metodología WISDOM para el análisis de la situación actual y potencial del uso de la bioenergía en la región. A partir de dicha información, se propuso formular el desarrollo estratégico de la bioenergía e identificar actividades de seguimiento y asistencia técnica para mejorar la aplicación regional de WISDOM e implementarla a escala provincial. Participaron del taller representantes de Catamarca, San Juan, Mendoza y San Luis. A partir de esta reunión se iniciaron actividades tendientes a realizar análisis a escala provincial, con datos y participación de las mismas.

En la primera jornada, luego de la apertura, a cargo del Ing. Alejandro Munizaga —representante de la ULP— el Ing. Agr. MSc. Jorge Antonio Hilbert, Coordinador del Programa Nacional de Bioenergía y Director del Instituto de Ingeniería Rural del INTA, expuso sobre el “Programa Nacional de Bioenergía del INTA, avances y proyecciones”.

Seguidamente, Alicia Anschau y Noelia Flores Marco<sup>13</sup>, de la oficina de Servicios especiales y Transferencia de Tecnología del Instituto de Clima y Agua del INTA presentaron la aplicación de la metodología WISDOM a nivel Nacional.

Posteriormente, Noelia Flores Marco expuso una aplicación regional: “Valorización de las cadenas productivas regionales a partir de la utilización de sus residuos en la generación de energía eléctrica en las provincias de La Rioja, Catamarca y Tucumán”; en tanto que Alicia Anschau expuso otra aplicación regional: “Aprovechamiento de subproductos de las actividades forestales y citrícolas en la generación de energía eléctrica en la provincia de Corrientes”. Estos trabajos fueron realizados en el marco del Programa Nacional de Bioenergía de INTA para ajustar la metodología con datos provinciales, relevados por INTA a través de sus centros regionales.

En la sesión de la tarde, el Ing. Eduardo Beaumont Roveda expuso sobre “Aprovechamiento de Energía de Biomasa en pequeña escala (20 – 500 kW). Puesta al día de tecnologías y posibilidades”; y se realizó un panel de debate con representantes provinciales denominado “La biomasa y su realidad en la matriz energética”.

---

<sup>13</sup> Perteneciente al Instituto de Ingeniería Rural del INTA.

Finalmente, en la segunda jornada se realizó una presentación denominada “El ArcGIS y sus aplicaciones prácticas. Servicios de la ULP”, para introducir a los participantes en la temática SIG, y seguidamente se expuso sobre “La experiencia del relevamiento de biomasa en Argentina”. La idea de estas presentaciones fue ofrecer a los representantes provinciales la posibilidad de replicar el WISDOM en la ULP para el nivel regional. Por último, en la sesión vespertina se realizaron mesas de discusión acerca de las posibilidades de aplicación y relevamiento de datos a nivel regional.

Está prevista la realización de una jornada de seguimiento en la ULP —posiblemente en el mes de mayo de 2009— a fin de avanzar en la implementación del WISDOM de nivel regional.

**Tabla 1. Datos de Contacto de los Participantes del Proyecto.**

| Nombre               | Organismo                           | Correo Electrónico   |
|----------------------|-------------------------------------|--|
| Almada, Miguel       | SAGPyA                              | <a href="mailto:malmad@mecon.gov.ar">malmad@mecon.gov.ar</a>               |
| Anschau, Alicia      | INTA-Clima y Agua                   | <a href="mailto:aly.anschau@gmail.com">aly.anschau@gmail.com</a>           |
| Baragatti, Alicia    | Secretaría de Energía               | <a href="mailto:abarag@mecon.gov.ar">abarag@mecon.gov.ar</a>               |
| Benites, José        | FAO                                 | <a href="mailto:FAO-AR@fao.org">FAO-AR@fao.org</a>                         |
| Carballo, Stella     | INTA-Clima y Agua                   | <a href="mailto:scarballo@cnia.inta.gov.ar">scarballo@cnia.inta.gov.ar</a> |
| Carré, María Teresa  | INDEC                               | <a href="mailto:mcarr@indec.mecon.gov.ar">mcarr@indec.mecon.gov.ar</a>     |
| Carulla, Pablo       | Secretaría de Energía               | <a href="mailto:pcarul@minplan.gov.ar">pcarul@minplan.gov.ar</a>           |
| Corinaldesi, Liliana | SAGPyA-Dir. Nacional de Forestación | <a href="mailto:lcorin@sagyp.mecon.gov.ar">lcorin@sagyp.mecon.gov.ar</a>   |
| Drigo, Rudi          | FAO                                 | <a href="mailto:rudi.drigo@tin.it">rudi.drigo@tin.it</a>                   |
| Esper, Norma         | SAYDS                               | <a href="mailto:nesper@ambiente.gov.ar">nesper@ambiente.gov.ar</a>         |
| Flores Marco, Noelia | INTA-Instituto de Ingeniería Rural  | <a href="mailto:nflores@cnia.inta.gov.ar">nflores@cnia.inta.gov.ar</a>     |
| Genta, Guillermo     | Secretaría de Energía               | <a href="mailto:ggenta@minplan.gov.ar">ggenta@minplan.gov.ar</a>           |
| Hilbert, Jorge       | INTA-Instituto de Ingeniería Rural  | <a href="mailto:hilbert@cnia.inta.gov.ar">hilbert@cnia.inta.gov.ar</a>     |
| Legisa, Juan A.      | Secretaría de Energía               | <a href="mailto:jlegis@minplan.gov.ar">jlegis@minplan.gov.ar</a>           |
| Menendez, Jorge      | SAYDS                               | <a href="mailto:jmenendez@ambiente.gov.ar">jmenendez@ambiente.gov.ar</a>   |
| Paracca, J. Ignacio  | Secretaría de Energía               | <a href="mailto:jparac@minplan.gov.ar">jparac@minplan.gov.ar</a>           |
| Servant, Monica      | Secretaría de Energía               | <a href="mailto:mserva@mecon.gov.ar">mserva@mecon.gov.ar</a>               |
| Trossero, Miguel A   | FAO                                 | <a href="mailto:Miguel.Trossero@fao.org">Miguel.Trossero@fao.org</a>       |
| Yofre, Francisco     | FAO                                 | <a href="mailto:Francisco.Yofre@fao.org.ar">Francisco.Yofre@fao.org.ar</a> |

## 2. Bioenergía y Desarrollo.

### 2.1. Posibilidades de la biomasa como fuente de energía y desarrollo.

La situación imperante de crisis internacional, precios elevados de la energía, seguridad energética precaria y diversos problemas generados por el cambio climático, ha facilitado el impulso de políticas energéticas y ambientales favorables al desarrollo de las energías renovables, entre ellas la Bioenergía (BE), como pocas veces se ha visto en el pasado.

Esta circunstancia ha permitido a FAO consolidar una serie de desarrollos que permiten poner en evidencia las distintas oportunidades, ventajas y beneficios que ofrece la bioenergía y que se considera necesario que los decisores políticos conozcan acabadamente. Estas oportunidades, ventajas y beneficios, van mucho más allá de la seguridad energética, del combate al cambio climático (CC) y del hecho que la bioenergía pueda constituir una fuente descentralizada de energía. Las ventajas más importantes tienen que ver con el desarrollo de la comunidad, de su territorio y de sus recursos naturales.

En efecto, la biomasa para uso energético no es solo una fuente energética disponible localmente y que si se maneja adecuadamente es renovable, sino que además es económica, ambiental y socialmente sostenible. Constituye un recurso energético que se puede generar y multiplicar, de acuerdo a lo necesario, mediante plantaciones, y con el cual se pueden producir combustibles —sólidos, líquidos, y gaseosos— que permiten generar energía térmica, mecánica y eléctrica, para uso en la industria, los servicios y la economía del mismo territorio, y cuyos excedentes pueden exportarse a comunidades vecinas, generando un sistema sinérgico de gran valor agregado para la comunidad involucrada.

De esta manera se puede reemplazar el consumo de combustibles derivados del petróleo, cada vez mas conflictivo y oneroso, generando un ahorro considerable, reduciendo la dependencia externa y contribuyendo a la mitigación del CC.

El uso de la bioenergía es una realidad en casi todos los países y regiones del mundo. Si bien aún hay muchas dificultades por resolver, sus múltiples beneficios son indiscutibles. Uno de esos beneficios es que la bioenergía es una oportunidad para promover el desarrollo rural. Por lo tanto, la FAO ha realizado una firme apuesta a favor del desarrollo de la bioenergía en sus países miembros.

**Figura 1: Fuentes de Abastecimiento y Tipos de Biocombustibles.**

| Produccion, Oferta                | Tipo de Biocombustible   | Usos, ejemplos de biocombustibles                              |
|-----------------------------------|--------------------------|--|
| Dendrocombustibles Directos       | DENDROCOMBUSTIBLES       | <b>Sólidos:</b> leña, rollizos, chips, aserrín, carbón vegetal |
| Dendrocombustibles Indirectos     |                          | <b>Líquidos:</b> licor negro, etanol.                          |
| Dendrocombust. Recuperados        |                          | <b>Gaseosos:</b> gas de pirólisis                              |
| Cultivos Energéticos              | AGROCOMBUSTIBLES         | <b>Sólidos:</b> paja, tallos, cáscaras, bagazo                 |
| Subproductos Animales             |                          | <b>Líquidos:</b> etanol, biodiesel                             |
| Subproductos de la Agro-industria |                          | <b>Gaseosos:</b> gas de pirólisis                              |
| CENTROS URBANOS                   | SUBPRODUCTOS MUNICIPALES | <b>Sólidos:</b> residuos sólidos urbanos                       |
|                                   |                          | <b>Líquidos:</b> efluentes cloacales, bioaceite de pirólisis   |
|                                   |                          | <b>Gaseosos:</b> biogas, gas de pirólisis                      |

Adaptado de: TUB, Terminología Unificada sobre Bioenergía, [FAO. 2004a].

## 2.2. Bioenergía y Desarrollo Rural.

Existen claros nexos o interrelaciones entre bioenergía y sociedad, economía y territorio. Más específicamente, entre áreas rurales y urbanas, con sus servicios, sus actividades y sus producciones — sean estas forestales, agropecuarias, industriales o empresariales. Estos nexos, lamentablemente, han sido poco estudiados hasta la fecha, aunque marcan que la bioenergía —si es manejada y utilizada correctamente— puede jugar un rol importante para promover un desarrollo más armónico e integrado entre las sociedades de los centros urbanos y de las áreas rurales.

En las áreas rurales, la bioenergía puede convertirse en un mecanismo y complemento ideal para la utilización de los numerosos subproductos —residuos o desechos— que generan las actividades humanas existentes, ya sean forestales, agropecuarias o industriales. Incluso, en muchos casos pueden evitarse fuertes impactos ambientales, ya que la sociedad no sabe como eliminar estos subproductos sin causar graves daños al entorno, al territorio y a sí misma.

En este contexto, la utilización de biomasa como fuente energética se convierte automáticamente en un canal privilegiado, no solo para la utilización de las múltiples y considerables cantidades de residuos existentes, sino también para promover nuevas plantaciones, ya sean energéticas o de uso múltiple, con los consiguientes beneficios para el desarrollo ulterior del territorio, a través de nuevas empresas e industrias, que generen mas empleos y mayores ingresos, temas de gran interés en este período de crisis que está enfrentando la humanidad.

Vale la pena señalar dos dimensiones principales que están ligadas a la opción bioenergética: a nivel macro, se produce una redistribución de la renta hacia los sectores rurales; en tanto que a nivel micro, se impulsa la generación de empleos y la mejora de los ingresos en ese sector.

Medir los beneficios que puede acarrear, por ejemplo, el “simple” desplazamiento de petróleo importado<sup>14</sup> por fuentes energéticas disponibles localmente, como la bioenergía, es bastante complejo. Sin embargo, puede comprenderse fácilmente que esto significa que, por una parte, se ahorran divisas<sup>15</sup>, dando lugar a una redistribución de ingresos<sup>16</sup> (efecto macroeconómico). Esta redistribución de ingresos, a su vez, posibilita movilizar inversiones para la realización de iniciativas en territorio nacional, destinadas a generar la energía suplantada. Si estas inversiones son canalizadas hacia proyectos de bioenergía, esto significa direccionarlas hacia las áreas rurales, generando nuevos emprendimientos, empleos e ingresos para las mismas (efecto microeconómico).

En función de lo anterior, puede concluirse que la bioenergía es un mecanismo apto para promover el desarrollo rural, movilizar inversiones y generar empleos e ingresos. Sin embargo, también debe tenerse en cuenta que la bioenergía no siempre es sostenible, ya que, si no se planifica debidamente, existe riesgo de deforestación, pérdida de biodiversidad, erosión de suelos, excesivo uso del agua, conflictos en el uso del suelo y la tenencia de la tierra, escasez de alimentos o subas repentinas de los precios. Por lo tanto es necesario prestar especial atención al tipo de combustible biomásico a promover y a los aspectos de dónde y cómo es producido.

## 2.3. Dendroenergía y Desarrollo Rural.

Como ya se ha dicho, la bioenergía ofrece una multitud de oportunidades, ventajas y beneficios. En este sentido es necesario examinar el papel que juega la bioenergía —y en particular la dendroenergía— como mecanismo para promover el desarrollo rural.

Si se analizan diferentes estadísticas de empleo estimado en diversos países, empleos generados por las diferentes opciones energéticas, en particular las diversas energías renovables y las diferentes opciones bioenergéticas, como así también las inversiones necesarias para la generación de empleos se observan importantes indicadores:

- En la India, entre 3 y 4 millones de empleos se deben al comercio de dendrocombustibles. En Pakistán se suman otros 600.000 empleos. En Filipinas, 700.000 empleos se deben a la producción y comercio de energía de biomasa.

---

<sup>14</sup> O la liberación de petróleo autóctono para su exportación.

<sup>15</sup> O se generan divisas, en el caso inverso.

<sup>16</sup> Entre el país y el exterior o entre una región del país y el resto.

- En la Unión Europea se ha estimado que más del 90% de los empleos generados por la utilización de fuentes renovables de energía (450.000 en 2005; 642.700 en 2010; y 838.800 en 2020), corresponden a la bioenergía.
- Analizando las diferentes opciones bioenergéticas<sup>17</sup>, siempre en la Unión Europea, se estima que de esos nuevos empleos generados en el año 2005 por la bioenergía, 140.800 fueron debidos a la utilización de residuos agrícolas (el 31%) y 133.300 fueron debidos a la utilización de residuos forestales (casi el 30%). Para el 2010 y 2020 estos valores están pronosticados en 139.400 y 147.000, respectivamente, para residuos forestales; y 220.600 y 289.000, respectivamente, para residuos agrícolas.
- En relación a las inversiones necesarias para la generación de empleos, se ha estimado que en el sector de la Bioenergía, el valor oscila entre 12.000 y 100.000 US\$/empleo, según que la solución técnica adoptada sea: bioelectricidad, biocalor, bioetanol o biodiesel, en tanto que en otros sectores es, por ejemplo, de 800.000 US\$/empleo en la industria petroquímica y de 1.000.000 US\$/empleo en la generación de energía hidroeléctrica.
- Un estudio realizado por el Programa Dendroenergético de FAO, llevado a cabo en Nicaragua, mostró que los precios de 1 MW eléctrico generado con leña, no solo era competitivo con la generación mediante bunker de petróleo, sino que, además, 1 MW eléctrico generado con bunker requiere el empleo de 15 personas, mientras que cuando se utiliza leña (residuos de eucaliptos) se requieren 45 personas. Sencillamente, tres veces más empleos, y estos empleos son generados principalmente en el área rural.

En particular, la dendroenergía puede contribuir fuertemente al desarrollo del sector forestal, ya que mediante apropiadas inversiones e innovación tecnológica, pueden obtenerse grandes producciones y altas productividades, representando más empleos y más ingresos, sin perder de vista que también puede significar mayor competencia por las materias primas: madera vs. combustibles, aunque esta ecuación casi siempre se equilibra por la natural complementación entre productos y residuos.

La lista de ventajas socioeconómicas adicionales para la comunidad es larga. Vale la pena mencionar dos más de ellas: a) las derivadas de las inversiones para la realización de la planta de generación energética mediante biomasa, y b) las derivadas de la producción, preparación y comercialización de los biocombustibles necesarios para dicha planta, implicando ambas una variedad de nuevas actividades y empresas estrechamente vinculadas al territorio.

Puede concluirse que la dendroenergía puede constituirse en un mecanismo importante para promover el desarrollo rural y forestal, aunque el conocimiento sobre su dimensión socioeconómica es aún insuficiente. El rol de FAO es contribuir a mejorar esta situación, posibilitando la utilización de la biomasa forestal como un combustible viable y sostenible.

La principal propuesta de FAO para promover la dendroenergía como fuente local de energía para el desarrollo rural, consiste en promover Sistemas Dendroenergéticos Sostenibles, mediante herramientas de trabajo como el WISDOM, que permite analizar y visualizar la oferta y demanda de biocombustibles en forma de mapas y tablas, a fin de visualizar situaciones bioenergéticas, identificar áreas prioritarias, analizar impactos y establecer estrategias y programas.

## **2.4. Desarrollo de la Bioenergía en la Argentina.**

### **2.4.1. Conclusiones de la acción Bioenergía: Desafíos para la Argentina.**

Desde el punto de vista agronómico y forestal, Argentina posee condiciones ecológicas adecuadas para el desarrollo de los insumos básicos necesarios para la producción de energía a partir de la biomasa. Asimismo, tiene un gran potencial y ventajas comparativas para la producción de biocombustibles, ya que es uno de los principales productores mundiales de cereales y oleaginosas. Posee grandes extensiones de tierras aptas para el desarrollo de cultivos tradicionales (soja, girasol, maíz y sorgo) y no tradicionales (ricino, cártamo, colza, etc.), principales insumos para la elaboración de biocombustibles. Al mismo tiempo, es uno de los líderes en la exportación de aceites vegetales.

---

<sup>17</sup> Biocombustibles anaeróbicos, Combustión de Biocombustibles, Gasificación de Biocombustibles, Biocombustibles líquidos, Cultivos energéticos, Residuos forestales y Residuos agrícolas.

Existen también los instrumentos legales para sostener el desarrollo de la bioenergía: el régimen de promoción de la Ley 26.093 para la producción y uso sustentable de biocombustibles y la Ley 26.190 que promueve el uso de fuentes renovables de energía para la producción de energía eléctrica.<sup>18</sup>

De acuerdo a lo que expresan los propios actores sectoriales, desde el punto de vista económico y social el desarrollo de la bioenergía y los biocombustibles promoverá la creación de nuevas actividades e industrias hoy inexistentes en el país, tendrá un “efecto riqueza” generado por las inversiones realizadas en el sector, posibilitará la diversificación de riesgo del productor debido a la existencia de un nuevo destino para su producción, permitirá una significativa generación de puestos de trabajo, tanto en la producción de los dendro y biocombustibles como en su conversión y utilización, impulsará el desarrollo de áreas marginales a partir de la implementación de cultivos energéticos y su industrialización *in situ*, y promoverá una mejora ambiental por reducción de emisiones contaminantes y con efecto invernadero.

Algunos de los beneficios más notables a obtener con el desarrollo, producción y consumo de bioenergía y biocombustibles son:

- Diversificar la matriz energética, incluyendo nuevos actores del sector agrícola y forestal;
- Reducir la generación de emisiones con efecto invernadero y mejorar la salud pública por aire más limpio.
- Diversificar y agregar valor a la producción agrícola, hoy excesivamente limitada por los “*commodities*”.
- Introducción de zonas actualmente marginales para la producción agrícola y forestal, con el desarrollo concomitante de las economías regionales, hoy altamente deterioradas.
- Crear empleo en zonas rurales, con la consiguiente estabilización de la población en zonas que actualmente son “expulsoras” de mano de obra.
- Posibilitar la generación de acreencias en el mercado de bonos de reducción de emisiones de carbono.

La energización rural mediante biomasa requiere el mejoramiento del flujo de información entre los actores involucrados en la misma (los sectores energético, forestal y agrícola) y los gobiernos locales; la capacitación, para generar aptitudes técnicas y de gerenciamiento; la identificación de proyectos demostrativos y la realización de estudios de factibilidad; y la cooperación interinstitucional e interdisciplinaria.

Por su parte, entre las principales barreras de la bioenergía —que son comunes a la mayoría de las energías renovables— pueden mencionarse las barreras técnicas, económicas y financieras, institucionales y sociales. Entre las barreras técnicas, las principales son la insuficiente información sobre recursos, la localización de recursos donde no hay demanda, la localización de recursos donde no hay infraestructura, y el insuficiente desarrollo de capacidades para el diseño, operación construcción y mantenimiento de proyectos de pequeña escala.

Entre las barreras económicas y financieras se mencionan generalmente los altos costos de inversión en equipamiento, la dificultad de tramitación y altos costos de transacción, aún para los proyectos de pequeña escala, y la dificultad en la competitividad de los proyectos por el impacto de determinados subsidios.

Entre las barreras institucionales, por su parte, se mencionan la necesidad de compatibilizar la política energética con la política ambiental, la necesidad de incentivos públicos, la falta de consideración de las externalidades, y la tendencia a privilegiar la extensión de la red por sobre el aprovechamiento de las energías locales.

Finalmente, algunos de los desafíos a superar incluyen la promoción de la investigación y desarrollo con el fin de disminuir costos de producción y poder aprovechar más eficientemente la biomasa producida; impulsar el uso de la biotecnología para el desarrollo de variedades de materias primas con fines energéticos; desarrollar acciones que tiendan a identificar y establecer líneas de financiamiento, a través de la coordinación con los organismos multilaterales de crédito, el mercado de capitales y el sistema financiero; y lograr un equilibrio sustentable de proyectos grandes, medianos y pequeños.

---

<sup>18</sup> Ver mayor detalle en el Anexo 8.6. ANEXO 6. Marco regulatorio argentino respecto al aprovechamiento de recursos bioenergéticos.

La Argentina es, sin duda, un país que cuenta con cantidades abundantes de biomasa apta para uso energético. Sin embargo, la utilización de dicho potencial está lejos de ser fácil y simple. Como se ha mencionado, hay diversas tareas aún por hacer y existen diversas barreras y limitaciones de tipo institucional, técnico, económico, ambiental y de logística que es necesario enfrentar.

## 2.4.2. Escenarios Prospectivos.

En la República Argentina, el suministro energético en condiciones óptimas de seguridad, calidad y precio es un objetivo irrenunciable en la definición de una política energética. En este contexto, la tarea de previsión de las necesidades energéticas futuras debe hacerse de manera tal que la misma resulte sustentable.

Actualmente, se está llevando a cabo un proceso de planificación estratégica que permite la compatibilización de la iniciativa privada con la pública de manera de procurar un escenario energético sustentable y un crecimiento económico estable y sostenido. El proceso de planeamiento involucra todas las formas de energía, entendiendo que la diversificación de las fuentes, la investigación, el desarrollo de nuevas tecnologías y fuentes de energía y el manejo estratégico de los recursos constituyen elementos claves en la evolución del sector energético nacional.

El desarrollo de la bioenergía en la Argentina está basado en la dotación de recursos biomásicos y la experiencia en el manejo de los mismos, avanzando hacia un proceso de planificación bioenergética que permita generar condiciones para la sustentabilidad energética. En ese marco, la modelización se constituye en una herramienta fundamental para el planeamiento, de acuerdo a su capacidad de parametrizar, optimizar y/o simular el funcionamiento del sector.

El Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de Largo Plazo (LEAP<sup>19</sup>) es la herramienta adoptada actualmente para modelar recursos energéticos y ambientales. Sus escenarios se basan en balances integrales sobre la forma en que se consume, convierte y produce energía en una región o economía determinada, según una gama de hipótesis alternativas de población, desarrollo económico, tecnología, y otras características. Dada su flexible estructura de datos, LEAP permite realizar análisis tan ricos en especificación tecnológica y detalles de consumo final como lo decida el usuario, por lo tanto este modelo de simulación se enmarca en lo que conceptualmente se denominan modelos analíticos del tipo “*bottom-up*”.

A su vez, el LEAP al ser un modelo de simulación del tipo “*What If*”, permite mayor flexibilidad a este nivel y además pone de manera más explícita las funciones principales del Estado, dado que con este tipo de abordaje metodológico se podrán identificar las acciones a implementar para poder alcanzar los objetivos definidos por la política energética, como por ejemplo: precios relativos, subsidios (si fuera el caso), promoción de algunas fuentes, entre otras.

Adicionalmente, se puede realizar la prospectiva de las emisiones de gases con efecto invernadero (GEIs), provenientes de la demanda final de energía. El análisis ambiental se encuentra básicamente enfocado al impacto que podría provocar cada uno de los escenarios analizados en lo que se refiere a emisiones de estos gases. Para ello LEAP cuenta con bases de datos ambientales que contienen los factores de emisión específica relevados en la Segunda Comunicación sobre Cambio Climático, recientemente realizada en la República Argentina.

Considerando los distintos requerimientos para cubrir las necesidades de cada tipo de demanda, se determinará la evolución de la oferta que permita su abastecimiento de acuerdo a un conjunto de condiciones que se fundamenten en umbrales tecnológicos, económicos y de dotación de recursos.

En este sentido, el cálculo del rendimiento de recursos biomásicos u otras formas de energías renovables podrá ser modelado especificando tanto los requerimientos anuales de energía como la disponibilidad anual en términos de unidad de área requerida para la satisfacción de determinada demanda y restricciones implicadas en para su aprovechamiento, mediante la construcción de distintos escenarios de políticas de sustentabilidad energética.

Al momento se cuenta en el país con algunas proyecciones de la demanda desarrolladas para el Grupo de Planeamiento Energético del Consejo Asesor de Estrategia Energética por la Fundación Bariloche. En ellas, para poder identificar los impactos de diferentes políticas públicas, se desarrollaron dos escenarios energéticos: un Escenario Tendencial y otro Estructural para el periodo 2004 - 2025.

---

<sup>19</sup> Long-range Alternatives Planning System. Stockholm Environment Institute. [www.sei-us.org](http://www.sei-us.org)

El escenario tendencial consiste en una descripción de cómo evolucionará el sistema energético en el futuro en ausencia de nuevas y explícitas políticas de cambios estructurales, salvo las ya previstas. El escenario estructural incorpora los efectos esperados de políticas de promoción de la sustentabilidad y eficiencia en la asignación y uso de los recursos energéticos del país.

A futuro, los datos obtenidos mediante la metodología de análisis espacial WISDOM permitirán desarrollar escenarios que den lugar a una modelización viable de la planificación energética en línea con el uso sustentable del recurso biomásico.

## 3. Metodología.

### 3.1. Características principales de los sistemas de energía biomásica.

La experiencia adquirida ha demostrado que la principal barrera a superar para desarrollar políticas de aprovechamiento energético de los recursos biomásicos, es la complejidad de los sistemas dendro y agro energéticos. Esto resulta de una variedad de factores que se suman para dificultar la posibilidad de tener una visión clara y compartida del sector. (Arnold et al. 2003).

Los usos tradicionales y modernos de la energía biomásica no representan un sector bien definido y delimitado, y no disponen de una estructura institucional bien definida que sea responsable de su planeamiento y control. Su gestión se ubica en la intersección de muchos sectores, disciplinas y competencias institucionales, en las que cada una de ellas tiene bajo su carter responsabilidades y herramientas de planificación, pero ninguna tiene responsabilidad directa en relación al desarrollo y monitoreo de sistemas bioenergéticos sustentables (FAO, 2008).

Un desafío crítico en la planificación de la dendro y agro energía es superar la fragmentación de las competencias y responsabilidades que los caracteriza, y lograr un adecuado nivel de integración y colaboración entre todos los sectores involucrados.

El sector energético muchas veces utiliza herramientas de planificación que incluyen elementos de bioenergía, tal como el modelo *Long-range Energy Alternatives Planning* (LEAP), (FAO, 1998a; SEI, 2000), pero éstos son analizados generalmente desde la perspectiva del consumo, dejando de lado muchos de los aspectos relacionados con las fuentes de obtención de la biomasa y la sustentabilidad de su producción, los cuales resultan mas familiares a los sectores forestal y agropecuario. De todos modos, estos últimos sectores están más orientados a los productos primarios o “nobles”, prestándole muy poca atención a la biomasa utilizada para energía —la cual presenta un alto porcentaje de informalidad— y a sus subproductos, tales como residuos de cultivos y procesos agro y forestoindustriales.

De hecho, las herramientas de gestión forestal tratan el tema de la producción sustentable, pero se concentran en las concesiones de tala y en la producción industrial del monte, pero no en la producción de combustibles leñosos, a pesar de la enorme importancia de la dendroenergía entre los productos forestales. Por otra parte, la gestión forestal está limitada a formaciones forestales, mientras que una fracción significativa de la biomasa actualmente consumida y potencialmente disponible es producida fuera de las áreas de bosque o monte, ya sea nativo o implantado, (por ejemplo, áreas de desmonte, cambios de uso del suelo, áreas agroforestales, tierras de labranza, etc.), o se nutre de residuos agro y forestoindustriales.

Los estudios locales sobre la productividad y uso detallado de los combustibles leñosos, proporcionan a menudo información adecuada y pueden apoyar eficazmente el desarrollo de programas de biomasa para energía (Zakia et al., 1992; FAO, 1997a; FAO, 1998b; FAO, 2000; FAO, 2001; FAO 2002), pero resultan muy onerosos, tanto por los recursos económicos como por el tiempo que insumen para su ejecución. Estos costos hacen que su cobertura geográfica y temporal sea limitada, no pudiendo proporcionar la descripción nacional que es necesaria para la formulación de políticas nacionales en los aspectos referentes a la estimación del potencial de energías renovables, silvicultura, planeamiento de la agricultura y de la energía, inventarios de gases con efecto invernadero, etc.

Algunos estudios locales y nacionales confirmaron la heterogeneidad de las situaciones dendro y agro energéticas y ayudaron a evidenciar algunas características fundamentales de los sistemas bioenergéticos, comunes a la mayoría de los países, que pueden ser resumidas de la siguiente manera:

**Multisectorialidad:** Los sistemas bioenergéticos se sitúan en forma transversal a los sectores forestal, energético, agrícola, industrial y de desarrollo rural, por lo que la planificación de políticas solo puede consolidarse cuando estas diferentes temáticas están integradas.

**Interdisciplinariedad:** El espectro de ciencias y técnicas que están involucradas en el análisis de los sistemas bioenergéticos incluye gestión forestal y silvicultura, agronomía, física, química, ingeniería, ciencias ambientales, geografía, etc.

**Especificidad geográfica:** Los patrones de producción y consumo de biomasa y sus impactos sociales, económicos y ambientales asociados, son sitio-específicos. Las generalizaciones amplias sobre la situación de la biomasa y los impactos en las distintas regiones, o aún dentro del mismo país, han dado lugar a menudo a conclusiones engañosas, a planeamientos pobres y a implementación de políticas ineficaces.

**Heterogeneidad en las fuentes de oferta de biomasa:** En lo referente a la biomasa leñosa, las forestaciones o sistemas de silvicultura de corta rotación (*Short Rotation Forestry* o SRF) no son la única fuente de combustibles biomásicos: otros terrenos naturales o antropizados, tales como arbustales, tierras de labranza, huertas y plantaciones agrícolas, esquemas de agrosilvicultura, arbolado urbano, cortinas forestales, etc., pueden contribuir también substancialmente en términos de biomasa leñosa, ya sea que sea utilizada o esté potencialmente disponible para la producción energética. Respecto a los agrocombustibles, las fuentes son cultivos energéticos; residuos de cosecha, residuos de las agroindustrias, etc.

**Heterogeneidad en los sectores de demanda de biomasa:** Los usuarios de biocombustibles (en su mayoría leñosos) son rurales y, en menor medida, urbanos residenciales, pero también hay niveles visibles de consumo en los sectores comerciales, públicos e industriales, que necesitan de una evaluación y contabilidad cuidadosas.

**Adaptabilidad de los usuarios:** Los patrones de oferta y consumo se influyen mutuamente y tienden a adaptarse a las variaciones en las fuentes y disponibilidad de los distintos recursos. Esto significa que las valoraciones cuantitativas que tienen son muy inciertas y deben ser verificadas (Leach and Mearns, 1988; Arnold et al., 2003).

## 3.2. Metodología de Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles.

(Woodfuels Integrated Supply / Demand Overview Mapping -WISDOM)

Los sistemas dendroenergéticos, entendidos como una secuencia de acciones y elementos que comprometen la producción, distribución y consumo de combustibles leñosos, son complejos y sitio-específicos. Pueden o no implicar aspectos comerciales; de la misma manera, y hasta cierto punto, los combustibles leñosos pueden ser transportados lejos de sus sitios de producción o pueden ser recolectados y consumidos localmente. Las estructuras de su consumo pueden cambiar rápidamente a favor de combustibles tales como gas y kerosene, o de combustibles tales como residuos agrícolas o estiércol de ganado, en respuesta a condiciones del mercado o a niveles diversos de accesibilidad a los recursos de leñosos.

Para hacer frente a las diversas dimensiones de los sistemas dendroenergéticos, el Programa de Dendroenergía de la FAO desarrolló e implementó la metodología "*Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping*" (WISDOM), "*Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles*", en español, que es una herramienta espacial de planeamiento para destacar y determinar las áreas de prioridad o los "puntos calientes" de los dendrocombustibles (Drigo et al, 2002; FAO, 2003; Masera et al, 2006). En su primera formulación, WISDOM surgió como resultado de la colaboración entre el Programa de Dendroenergía de FAO y el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional de México.

La metodología WISDOM originalmente estaba enfocada solamente a la evaluación de la biomasa leñosa, aunque recientemente esta visión se ha ampliado para comprender también otros tipos de biomasa no leñosa, tales como las de origen agrícola y agro industrial. De hecho, la metodología permite la incorporación de otras capas de información geo-referenciada relativas a la oferta y al consumo de otras fuentes de biomasa. Un ejemplo de este WISDOM "extendido" fue recientemente incorporado a la metodología propuesta para la definición de distritos bioenergéticos, que se está desarrollando en el marco del proyecto en curso "*Intelligent Energy – Europe*" (RENEWED), en cuyo contexto ya se ha testado la metodología en la región italiana de Emilia Romagna (RENEWED, 2008). En esta aplicación de WISDOM para Argentina, han sido considerados tanto la biomasa no leñosa de origen agrícola, como los residuos de poda y cosecha y los subproductos de las agroindustrias.

La metodología WISDOM no es un "paquete" de software, sino que permite un alto grado de flexibilidad y adaptabilidad a la heterogeneidad y fragmentación de los datos y la información disponible, referente a la producción y consumo de bioenergía. El enfoque WISDOM tiene la ventaja de considerar el contexto completo de la oferta y la demanda, lo cual brinda un apoyo consistente para el objetivo de definir zonas de oferta sustentable o sitios específicos de alto consumo, tales como las potenciales plantaciones con fines energéticos o las principales ciudades y centros poblados.

El análisis WISDOM a nivel nacional no reemplaza a los estudios detallados de nivel local que se realizan para una planificación operativa, sino que se orienta más bien a la formulación de estrategias políticas, mediante la integración y análisis de la información y los indicadores existentes relativos a la oferta y la demanda de bioenergía. Más que datos absolutos y cuantitativos, WISDOM tiene por objetivo proveer valuaciones cualitativas, tales como zonas de riesgo o áreas críticas, resaltando con el nivel de detalle más alto posible las áreas que requieren atención y, si es necesario, sobre las que se requiere una recolección

de datos más exhaustiva. En otras palabras, WISDOM debe servir como herramienta de planeamiento estratégico para identificar sitios que requieren una acción prioritaria.

WISDOM está basado en:

- a) el uso de bases de datos geo-referenciados sobre aspectos socio-demográficos y recursos naturales, integrados en un sistema de información geográfica;
- b) una unidad mínima de análisis a nivel sub-nacional (administrativo) y a nivel espacial (pixel);
- c) un marco de trabajo modular, abierto y adaptable, que integra información relativa a la bioenergía desde múltiples fuentes; y
- d) una cobertura detallada de los patrones de distribución de las zonas de oferta y consumo de biomasa (leñosa y no leñosa).

### 3.3. Características principales de WISDOM Argentina.

#### 3.3.1. Pasos analíticos.

**Línea de base para el análisis WISDOM:** La aplicación de la metodología de análisis WISDOM para representar el balance de la oferta y demanda de biomasa combustible a nivel local implica cinco pasos principales (FAO, 2003b).

1. Definición de la unidad administrativa/espacial mínima de análisis.
2. Desarrollo del módulo demanda.
3. Desarrollo del módulo oferta.
4. Desarrollo del módulo integración.
5. Selección de las áreas prioritarias o puntos calientes de biomasa bajo diferentes escenarios.

**Análisis adicionales en las áreas de oferta:** Para delinear las áreas que puedan proveer sustentablemente de recursos biomásicos a las zonas de consumo identificadas, es necesario una serie de pasos adicionales que se pueden resumir en:

6. Mapeo de la oferta potencialmente “comercial” de biomasa disponible para el mercado.
7. Definición de las áreas de oferta sustentable (biocuentas), basadas en la producción potencialmente “comercial” de biomasa y en parámetros físicos de accesibilidad.

En la Figura 2 se puede ver una descripción de los módulos y de las principales capas temáticas de WISDOM Argentina.

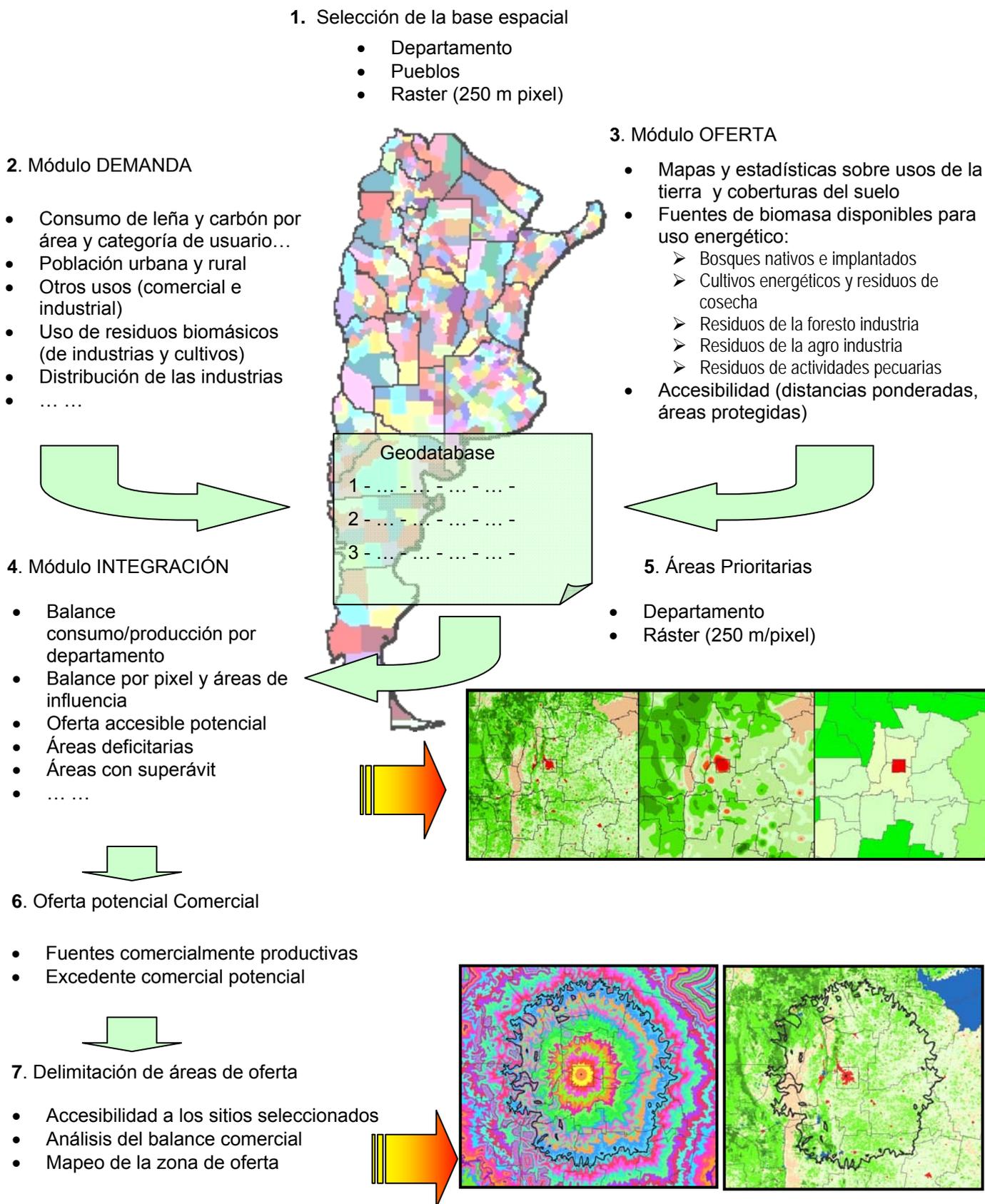
Las capas y los pasos analíticos de cada módulo se describen en la siguiente sección “Módulos y resultados de WISDOM”.

#### 3.3.2. Fecha de referencia.

Considerando la disponibilidad de estadísticas y la situación extremadamente dinámica de los usos de la tierra en Argentina, especialmente en lo concerniente a la expansión de la frontera agrícola (principalmente por cultivos de soja), en detrimento de áreas de bosque y monte nativo, se acordó como referencia para el análisis tomar como base los datos del año 2005.

Sin embargo, durante el proceso de adquisición de datos y con trabajos de actualización sobre la cobertura y uso del suelo, llevados a cabo por el equipo de INTA, se pudo incorporar información más reciente y como consecuencia, aunque las fechas de referencia de los datos no sean homogéneas, se puede considerar el año 2007 como fecha de referencia del estudio.

**Figura 2: WISDOM Argentina. Principales pasos analíticos y capas temáticas.**



## 4. Módulos y resultados de WISDOM.

### 4.1. Selección de la base espacial.

#### 4.1.1. Base cartográfica administrativa de análisis.

Se seleccionó como nivel de análisis de la base cartográfica administrativa al **Departamento** con el objeto de lograr el más alto nivel de detalle subnacional y asegurar la correspondencia con los datos de los censos de INDEC y otras fuentes estadísticas. De esta forma, la estructura administrativa utilizada, presenta 531 departamentos y 24 provincias.

#### **Análisis Ráster.**

**Base ráster.** Considerando la escala y la resolución espacial de los datos de cobertura y usos del suelo y otros factores, se decidió adoptar un tamaño de celda de 250 m de lado (6,25 ha de superficie) para el análisis ráster.

#### **Cobertura del suelo / Uso de la tierra**

La cobertura del suelo y uso de la tierra representan una capa cartográfica fundamental para el análisis WISDOM, ya que sobre sus clases se construirá el módulo de oferta. Por lo tanto, la carencia de un mapa de la cobertura del suelo (o uso de la tierra) único que cubriera la totalidad del territorio argentino representó una considerable limitación en el proceso analítico.

Este problema se ha superado realizando una combinación de mapas existentes, en los que se presentaban categorías específicas de la cobertura del suelo, actualizando varias capas para representar mejor situaciones actuales o recientes. La superposición de las capas así compiladas se realizó respetando una jerarquía específica para dar prioridad a las capas actualizadas, que son de importancia al momento de la valoración las reservas y de la productividad de biomasa, tal como se muestra en la Tabla 2. Todos los mapas originales fueron convertidos en primer lugar al formato ráster con un tamaño de pixel de 250 m y combinados posteriormente para formar un solo mapa ráster (LC\_250\_4.grd).

En la parte inferior de la compilación o superposición (la prioridad más baja), se colocó el mapa de usos de suelo para Sudamérica del proyecto *Global Land Cover Map* del año 2000 (GLC2000) de 1 km de resolución por pixel, producido por el *Joint Research Center of the European Commission* (Eva et al, 2003). El objetivo de esta capa es el de proveer la mejor información disponible sobre áreas que no están cubiertas por las otras capas incorporadas.

Las capas 9 y 8 fueron incluidas con el objeto de proveer una representación de los cuerpos de agua y de las áreas regularmente inundadas.

La capa 7 se basó en información facilitada por la Dirección de Bosques de la SAyDS, la cual suministró la cartografía correspondiente al nivel 1 (*tierras forestales y otras tierras forestales*) del Inventario Nacional de Bosques Nativos. Tan pronto como los niveles 2 y 3 de este trabajo —aún en revisión por la SAyDS— esté disponible, podrá realizarse un mapa más detallado de cobertura del suelo y se podrán producir capas más ajustadas de reservas y productividad de biomasa.

La capa 6 representa una actualización de los límites de las áreas de montes nativos, en función de la expansión de la frontera agrícola ocurrida entre los años 2002 y 2007.

La capa 5 representa las áreas con plantaciones forestales al año 2001/02, por grupo de especies. Esta información fue provista por la Dirección de Forestación de la SAGPyA.

La capa 4 refleja las nuevas plantaciones forestales, establecidas posteriormente a la cartografía suministrada por la SAGPyA, que han podido ser identificadas mediante información satelital reciente. Esta actualización fue realizada por el equipo de Clima y Agua de INTA, mediante interpretación visual de imágenes de alta resolución (Landsat TM o similares) de los años 2007/2008

Las capas 3 y 2 identifican las áreas con cultivos de caña de azúcar y olivo respectivamente. Al igual que la capa 4, estas coberturas son el fruto de interpretación visual de imágenes de alta resolución de los años 2007/08 y fueron generadas por el grupo de Clima y Agua de INTA.

La capa 1 representa el límite de las áreas urbanas, y al igual que las capas anteriores, fueron digitalizadas en el Instituto de Clima y Agua de INTA.

**Tabla 2: Mapas y capas temáticas compiladas para crear el mapa de Cobertura del suelo y usos de la tierra para el análisis WISDOM.**

| Jerarquía en la compilación | Contenido de la capa (y fuente)   | Nombre del mapa | Códigos de clase         |
|-----------------------------|---|-----------------|--------------------------|
|                             | Fusión de todas las capas detalladas a continuación:                      | Lc250_4         | 103 códigos de clase     |
| 1                           | Polígonos urbanos (INTA 2008)   | Urban_900       | 900                      |
| 2                           | Plantaciones de olivo (INTA 2008)   | Olivo500        | 500                      |
| 3                           | Plantaciones de caña de azúcar, actualizadas a 2005 (INTA 2008)           | Cana501         | 501                      |
| 4                           | Forestaciones posteriores al 2001/2 (INTA 2008)                           | act_plant       | Códigos de plantación    |
| 5                           | Forestaciones relevadas al 2001/2 (SAGPyA)                                | plant           | Códigos de plantación    |
| 6                           | Deforestación sobre monte nativo entre 2002/07 (INTA 2008)                | desmonte200     | 200                      |
| 7                           | Bosque Nativo al 2002 (SAyDS, con modificaciones <sup>20</sup> )          | nat_2           | Códigos de Bosque Nativo |
| 8                           | Clase 'Agua' del GLC2000 (para localizar los cuerpos de agua principales) | water_glc       | 1083                     |
| 9                           | Áreas inundadas (INTA 2005)   | agua_2063       | 2063                     |
| 10                          | Usos del suelo, de GLC2000 (EC-JRC 2003; Eva et al, 2003))                | lc_spot_1000    | Códigos LC               |

Todos los esfuerzos de actualización mencionados en los párrafos anteriores fueron ejecutados por el grupo de intérpretes de la unidad de Servicios Especiales y Transferencia de Tecnología del Instituto de Clima y Agua del INTA.

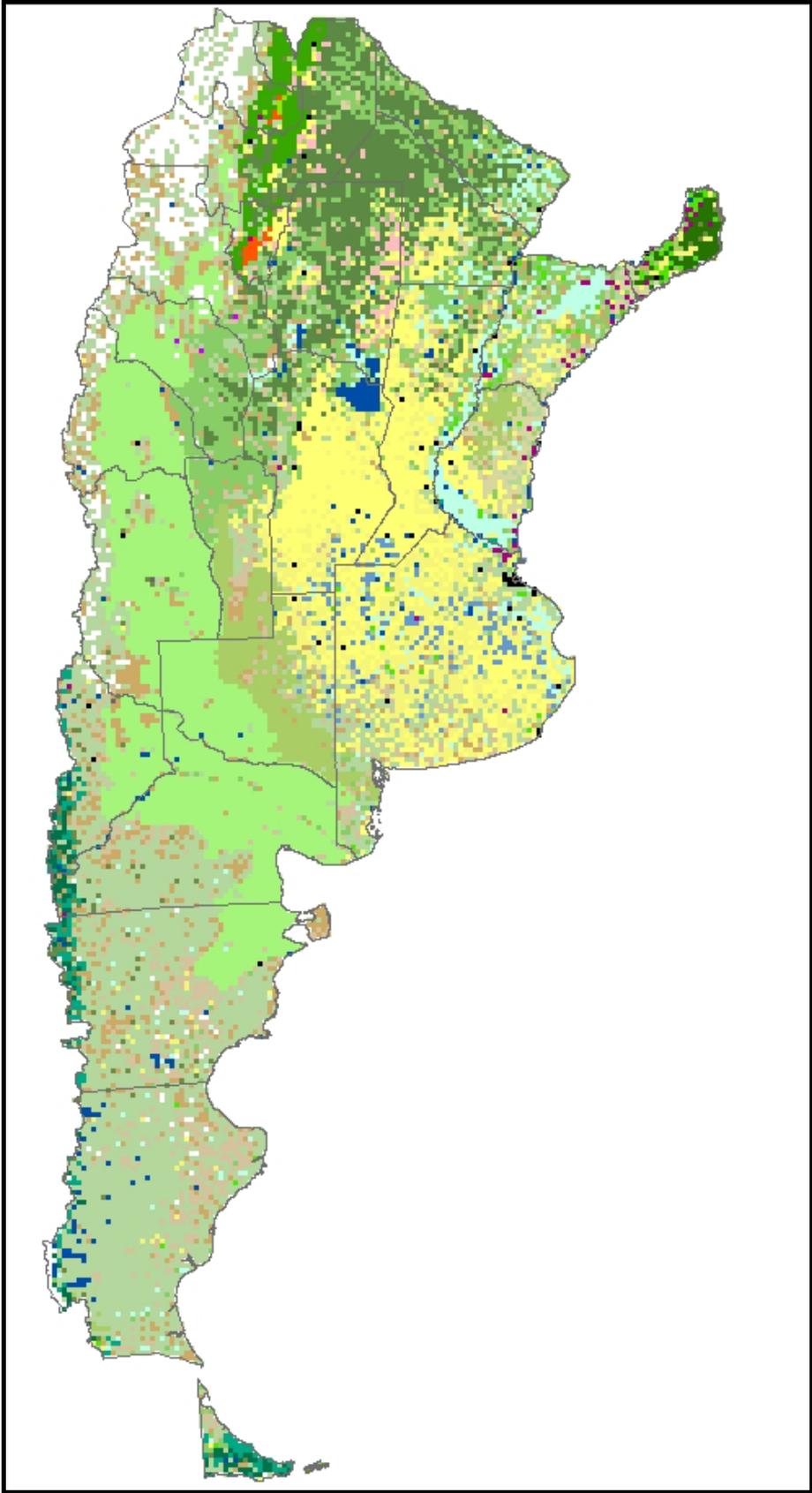
**Otros sitios poblados.** En adición a las áreas urbanas interpretadas por INTA y mencionadas anteriormente, los pequeños asentamientos rurales fueron representados mediante puntos en el archivo **Parajes.shp**.

**Red Vial.** Los datos para la elaboración del mapa de las vías de comunicación se basaron en información proveniente del SIG 250 del Instituto Geográfico Militar (IGM). Por un lado se utilizaron los datos de la red vial (**red\_vial\_utm.shp**) que reflejan las rutas nacionales y provinciales, los caminos secundarios y las sendas, y por otro, los datos de la red ferroviaria (**ferroc\_utm20.shp**). Esta información fue compilada en un archivo único (**fer\_ru.shp**) en el cual se excluyeron los tramos de vías de ferrocarril actualmente abandonados o inactivos.

<sup>20</sup> Considerando documentación provista por la SAyDS, el mapa original fue revisado y la clase Distrito Ñandubay fue reclasificada cambiando su valor de "otras tierras forestales" a "tierra forestal – espinal".

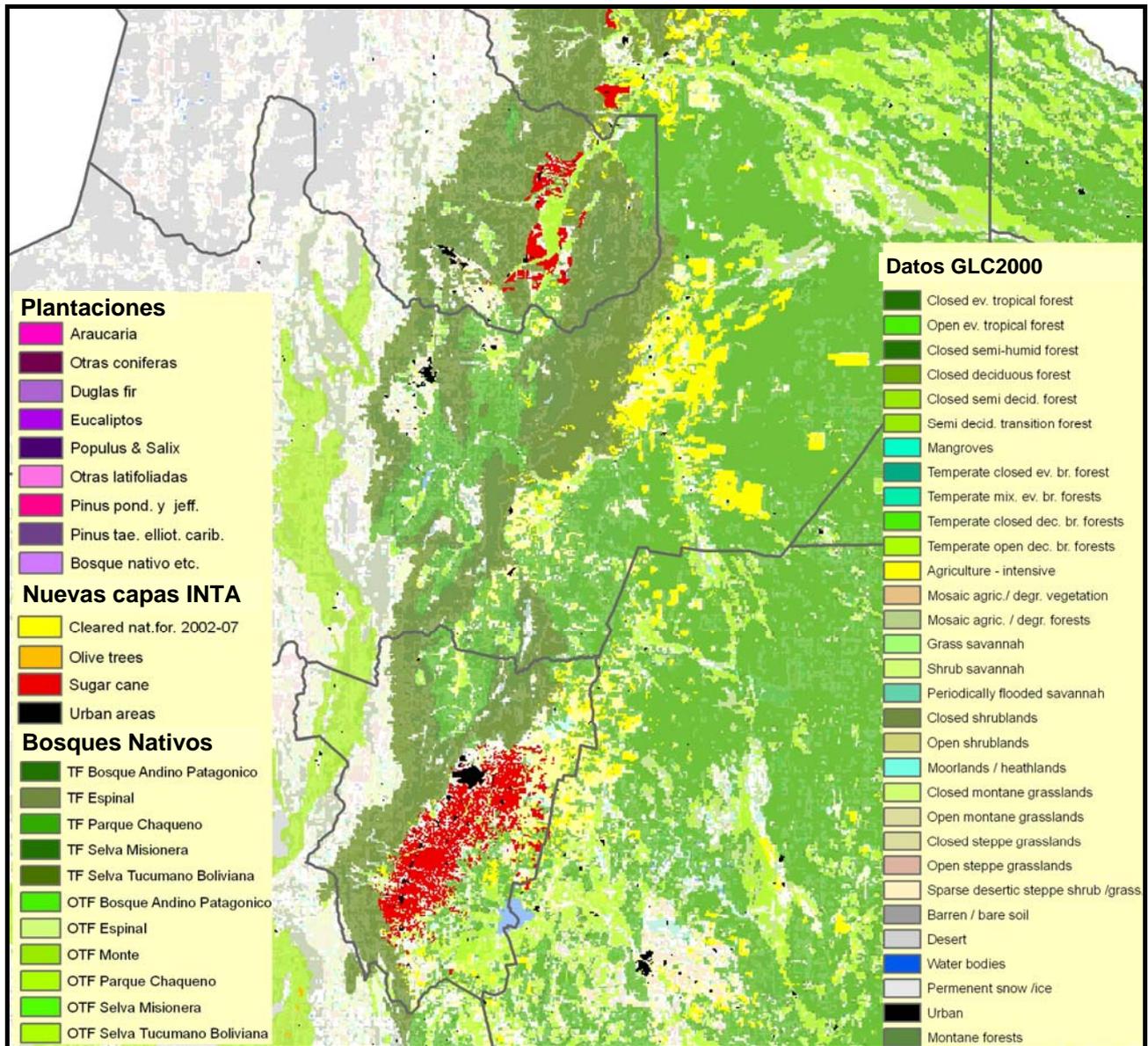
**Figura 3. Mapa nacional de usos y coberturas del suelo.**

(Lc\_250\_4.grd) (Para referencias ver la Figura 4)



**Figura 4: Vista del mapa de Usos y Coberturas de Suelo de un área específica.**

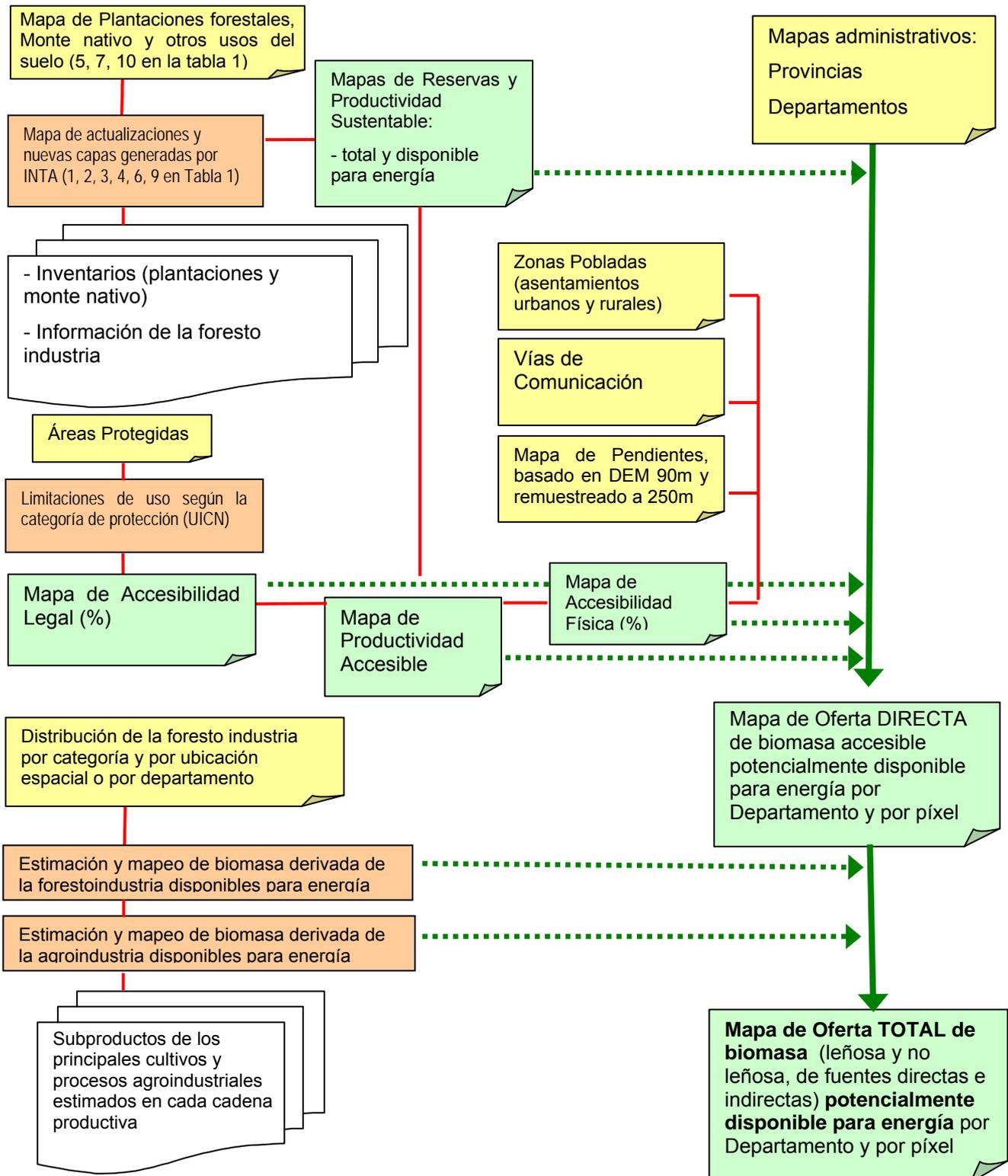
(lc\_250\_4.grd), en el que se combinan datos de plantaciones forestales, monte nativo, sus actualizaciones, plantaciones de caña de azúcar y olivo, zonas urbanas, y datos del GLC2000 para las áreas restantes.



## 4.2. Módulo Oferta

El diagrama de la Figura 5 provee una descripción simplificada de las principales capas temáticas y las etapas de procesamiento del Módulo Oferta. En las siguientes secciones se describen con más detalle, brindando también los nombres de los mapas intermedios y finales y las funciones de análisis SIG utilizadas.

**Figura 5: Módulo Oferta. Diagrama de las principales etapas analíticas de WISDOM Argentina.**



### **4.2.1. Oferta Directa de biomasa sustentable accesible y potencialmente disponible para usos energéticos.**

Las fuentes de oferta directa de biomasa se refieren a las clases de cobertura y uso del suelo (por ejemplo, bosques nativos, plantaciones forestales y otros usos) y a las reservas de biomasa, su productividad y subproductos (ver la clasificación de las fuentes de biomasa en el ANEXO 2: Clasificación de los recursos biomásicos).

#### **Estimación de la productividad sustentable disponible para usos energéticos.**

Una vez que fueron definidas todas las clases del mapa de usos del suelo (*Lc\_250\_4.grd*), fueron asignados los valores de reservas y productividad mínimo, medio y máximo a cada clase, utilizando referencias bibliográficas disponibles e inferencias. El procedimiento de asignación, referencia y conversión fue realizado en una hoja de cálculo de MS Excel, de la cual puede verse un resumen en los Anexos 4 y 5, que muestran los valores de las reservas e incrementos medios anuales, y la productividad potencialmente disponible para usos energéticos, respectivamente.

En el contexto del análisis realizado, el incremento “disponible” representa la fracción del Incremento Medio Anual (IMA) que puede ser considerada como potencialmente disponible con propósitos de generación de energía. Esto fue hecho mediante la deducción del incremento medio anual sustentable de la fracción de biomasa correspondiente a los usos industriales de las plantaciones y a los volúmenes extraídos de los montes nativos para todas las aplicaciones identificadas durante el estudio.

Los principales procesos de estimación, y las fuentes de datos utilizadas, fueron los siguientes:

#### **Volumen de Biomasa.**

Funciones de expansión de volumen a biomasa e información sobre densidad de la madera

La conversión de los datos de volumen de los inventarios forestales para contabilizar la biomasa sobre el suelo implicó el uso de los siguientes factores de conversión:

- Factor de expansión del volumen (FEV)
- Densidad de la biomasa leñosa (base seca; secada al aire) (DBL bs; DBL sa)
- Factor de expansión de la biomasa (FEB)

Se tomó como principal referencia para los factores antedichos el trabajo de la Dra. Sandra Brown, los cuales pueden consultarse en el informe 134 publicado por FAO (FAO, 1997b). Las ecuaciones empleadas para la definición del factor de expansión de la biomasa para bosques latifoliados fueron aplicadas solo para las formaciones boscosas densas, ya que fueron originalmente desarrolladas sobre medidas tomadas en este tipo de formaciones y no pueden ser consideradas como válidas para formaciones abiertas o poco densas, ni para árboles fuera del bosque (Brown, comunicación personal). En las formaciones de menor densidad, en las que la relación entre el volumen del fuste y el volumen total de la biomasa leñosa puede ser considerada como estable, se aplicó un valor fijo de FEB igual a 3 (Brown, Comunicación personal con R. Drigo, Brown and Lugo, 1984). En la Tabla 13 del Anexo se pueden ver las referencias específicas sobre factores de expansión de volumen y biomasa.

#### **Estimación de la componente leñosa del total de biomasa disponible para la producción de energía o carbón vegetal**

La biomasa utilizable para propósitos energéticos que se consideró en el análisis se refiere a la biomasa “dendroenergética”, la cual representa una fracción del total de biomasa sobre el suelo estimada mediante las ecuaciones y factores de expansión mencionados en el punto anterior. Por lo tanto, el total de biomasa sobre el suelo fue reducido mediante un Factor de Fracción Dendroenergética (FFD) (Woodfuel Fraction Factor - WFF), 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. El FFD fue determinado a partir de referencias que miden la biomasa de varios componentes arbóreos. Finalmente se adoptaron dos factores, uno para formaciones densas (0.88) y otro para formaciones abiertas (0.83), y, sobre esta base, se relacionaron las clases del mapa de usos y coberturas del suelo. En la Tabla 13, que se consigna en Anexo, se indican las referencias específicas.

Por otra parte, además de tener muy poco rendimiento energético, las hojas y pequeñas ramas son esenciales en el sotobosque para la conservación de los nutrientes y la estructura del suelo.

### Plantaciones Forestales

La estimación de los volúmenes de plantaciones forestales se basó en la información obtenida a través del Inventario de Plantaciones Forestales del año 2001. En la Tabla 3 se indican los valores de referencia utilizados como incrementos anuales mínimo, medio y máximo. Los valores de los rangos mínimos y máximos fueron estimados mediante los valores de dispersión de los valores IMA para los grupos de especie y las provincias presentadas en el Informe del Inventario Forestal de la Dirección de Forestación de la SAGPyA.

En el caso de las plantaciones forestales las cantidades disponibles (en las zonas de cultivo) se limitan a las ramas y despuntes y a los raleos (los rangos estimados se detallan en el Anexo 5).

**Tabla 3: Valores de Incremento Medio Anual (IMA) para los principales grupos de especies y provincias, derivadas del Inventario de Plantaciones Forestales 2001. [m<sup>3</sup>/ha-año]**

| Provincia o Región | Grupo de Especies                                      | IMA del volumen del fuste con DAP ≥10cm [m <sup>3</sup> /ha/año] |       |        | Referencia                       | Años por turno |
|--------------------|--|--|-------|--------|----------------------------------|----------------|
|                    |  | Mínimo   | Medio | Máximo |                                  |                |
| Misiones           | Araucaria  | 5  | 12,5  | 20     | INV 2001                         | 20             |
| Misiones           | Otras coníferas  | 10   | 17,5  | 25     | INV 2001 (Pino)                  | 20             |
| Corrientes         | Otras coníferas  | 8  | 20    | 32     | INV 2001 (Pino)                  | 20             |
| Entre Ríos         | Otras coníferas  | 10   | 15    | 20     | INV 2001 (Pino)                  | 20             |
| Buenos Aires       | Otras coníferas  | 4  | 12    | 20     | INV 2001 (coníferas)             | 20             |
| Patagonia          | Otras coníferas  | 3  | 7,5   | 12     | INV 2001 (otras coníferas)       | 30             |
| NOA                | Otras coníferas  | 5  | 13,5  | 22     | INV 2001 (Pino)                  | 20             |
| Centro             | Otras coníferas  | 4  | 12    | 20     | INV 2001 (Pino)                  | 23             |
| Patagonia          | <i>Pseudotsuga menziesii</i>                           | 3  | 7.5   | 12     | INV 2001 (otras coníferas)       | 30             |
| Misiones           | Eucaliptos   | 20   | 34    | 48     | INV 2001                         | 11             |
| Corrientes         | Eucaliptos   | 10   | 25    | 40     | INV 2001                         | 11             |
| Entre Ríos         | Eucaliptos   | 8  | 23    | 38     | INV 2001                         | 12             |
| Buenos Aires       | Eucaliptos   | 10   | 20    | 30     | INV 2001                         | 12             |
| NOA                | Eucaliptos   | 6  | 18    | 30     | INV 2001                         | 13.5           |
| Centro             | Eucaliptos   | 10   | 17,5  | 25     | INV 2001                         | 12             |
| Entre Ríos         | <i>Populus spp.</i> y <i>Salix spp.</i>                | 8  | 15    | 22     | INV 2001                         | 10             |
| Buenos Aires       | <i>Populus spp.</i> y <i>Salix spp.</i>                | 4  | 14,5  | 25     | INV 2001                         | 10             |
| Patagonia          | <i>Populus spp.</i> y <i>Salix spp.</i>                | 12   | 13,5  | 15     | INV 2001 (salicáceas)            | 10             |
| Centro             | <i>Populus spp.</i> y <i>Salix spp.</i>                | 8  | 15    | 22     | INV 2001 (salicáceas) Entre Ríos | 10             |
| Misiones           | Otras latifoliadas                                     | 20   | 22,5  | 25     | DF Pop Sal Delta                 | 10             |
| Corrientes         | Otras latifoliadas                                     | 8  | 15    | 22     | INV 2001 (salicáceas) Entre Ríos | 10             |
| Buenos Aires       | Otras latifoliadas                                     | 8  | 15    | 22     | INV 2001 (salicáceas)            | 10             |
| Patagonia          | Otras latifoliadas                                     | 12   | 13,5  | 15     | INV 2001 (salicáceas)            | 10             |
| NOA                | Otras latifoliadas                                     | 8  | 15    | 22     | INV 2001 (salicáceas) Entre Ríos | 10             |
| Patagonia          | <i>Pinus ponderosa</i> y <i>jeffreyi</i>               | 2  | 6     | 10     | INV 2001 (Pino)                  | 30             |
| Misiones           | <i>Pinus taeda</i> , <i>elliottii</i> y <i>caribea</i> | 10   | 17,5  | 25     | INV 2001                         | 20             |
| Corrientes         | <i>Pinus taeda</i> , <i>elliottii</i> y <i>caribea</i> | 8  | 20    | 32     | INV 2001 (Pino)                  | 20             |
| Entre Ríos         | <i>Pinus taeda</i> , <i>elliottii</i> y <i>caribea</i> | 10   | 15    | 20     | INV 2001 (Pino)                  | 20             |
| NOA                | <i>Pinus taeda</i> , <i>elliottii</i> y <i>caribea</i> | 5  | 13,5  | 22     | INV 2001 (Pino)                  | 20             |
| Centro             | <i>Pinus taeda</i> , <i>elliottii</i> y <i>caribea</i> | 4  | 12    | 20     | INV 2001 (Pino)                  | 23             |

La estimación de los volúmenes disponibles no industriales, en las zonas de cultivo, se basaron en la diferencia entre la biomasa dendroenergética y la biomasa del fuste. Esta diferencia puede sobreestimar la biomasa disponible en las especies latifoliadas y debe verificarse con datos de campo.

Los valores de biomasa producida a partir de raleos en plantaciones forestales son aún muy tentativos, por lo que mientras no se tengan datos más confiables para su estimación, la biomasa dendroenergética proveniente de raleos se estima de manera conservadora, tomando como base anual el 10% del incremento anual (mínimo, medio o máximo). La estimación fue hecha considerando que los raleos son hechos 1 o 2 veces, dependiendo de las especies y los períodos de rotación, removiendo en cada operación alrededor del 20% del volumen en pie (1 de cada 3 árboles), lo que representa entre el 12 y el 22% al fin de la rotación.

Es necesario realizar más trabajo de investigación para determinar —con una confiabilidad adecuada— cual es la disponibilidad de biomasa de las plantaciones forestales disponible para usos energéticos. Se debe prestar especial atención a la estimación de biomasa disponible en los cultivos forestales y, como se explica en el párrafo anterior, a los volúmenes de biomasa proveniente de los raleos.

### **Bosques Nativos**

La estimación del volumen de bosques nativos fue elaborada en base a los resultados del “Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos”, realizado durante el período 1998-2005 por la Dirección de Bosques de la S AyDS. La información sobre los volúmenes de los principales tipos de bosques fueron tomadas directamente de los datos publicados referidos a “tierras forestales”, mientras que para formaciones de menor densidad consideradas en el inventario como “otras tierras forestales” estos se infirieron sobre la base de sus correspondientes formaciones densas y los datos sobre densidad arbórea disponibles en el propio inventario.

La productividad potencial de estas formaciones fue estimada como aquella alcanzable mediante técnicas y prácticas de gestión forestal sustentable. La estimación cuantitativa de dicha productividad es únicamente indicativa, ya que los valores reales del crecimiento bajo los regímenes específicos de manejo no pudieron ser identificados. Como se muestra en el Anexo 4, la productividad mínima, media y máxima en bosques nativos, fueron estimadas como un porcentaje de los valores de reservas o stock, asumiendo un valor del 2, 3 y 4% respectivamente, para formaciones densas; y valores del 3, 5 y 7% para el Parque (Wabö, 2005) y para otras formaciones abiertas.

En los bosques nativos, la estimación de la productividad sustentable potencialmente disponible para energía fue hecha deduciendo a partir del IMA los volúmenes extraídos en cada departamento de acuerdo a lo declarado en las estadísticas oficiales.

### **Otras fuentes directas de biomasa**

Otras fuentes de biomasa potencialmente disponibles para usos energéticos consideradas incluyen los residuos de cosecha de algunos cultivos anuales y los reemplazos de algunas plantaciones agrícolas.

Los residuos de las cosechas anuales se basaron en las estadísticas de cultivo de la SAGPyA y en estudios sobre los ciclos de cultivo. De todos modos, en la gran mayoría de los casos, estos residuos no están disponibles para usos energéticos ya que en el país se practica el sistema de siembra directa, en el cual los residuos se mantienen sobre el suelo para conservar su fertilidad y estructura.

Las otras fuentes directas que aportan considerables cantidades de biomasa utilizable para energía se pueden agrupar en dos grandes grupos (aunque en el futuro se pueden agregar otras fuentes):

- Aquellas para las cuales se cuenta con mapas de las áreas reales de cultivos (plantaciones de olivo, caña de azúcar y arroz); y
- Aquellas para las cuales se cuenta con estadísticas de la SAGPyA pero para las que no se tienen identificadas espacialmente las áreas cultivadas (viñedos, plantaciones de cítricos y otros frutales de huerto).

**Plantaciones de Olivo.** El cálculo de residuos disponibles para energía en el sitio de cultivo del olivo (2,5 t/ha/año) se basó en el flujograma de la Figura 6. y referencias asociadas a la poda de los olivares. No se calculó el stock para esta clase.

Figura 6. Flujoograma de la actividad olivícola.

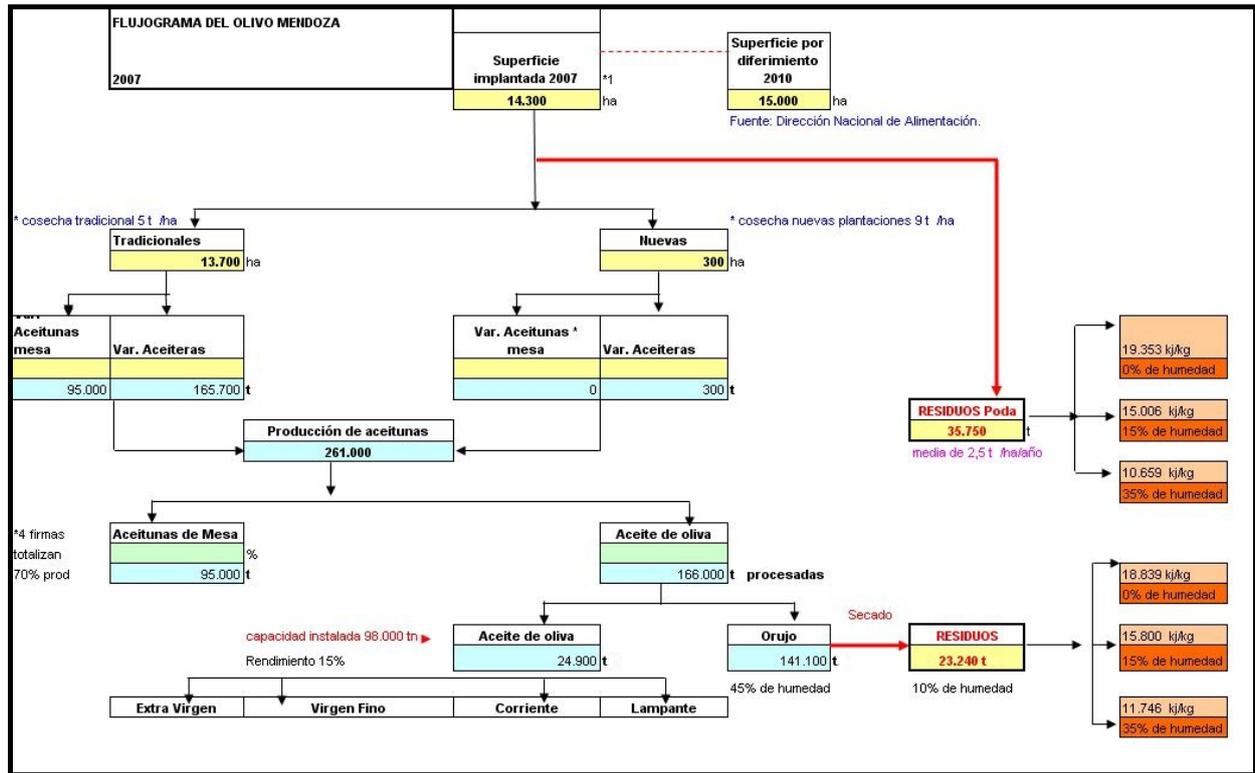


Figura 7. Flujoograma de la actividad aldonera.

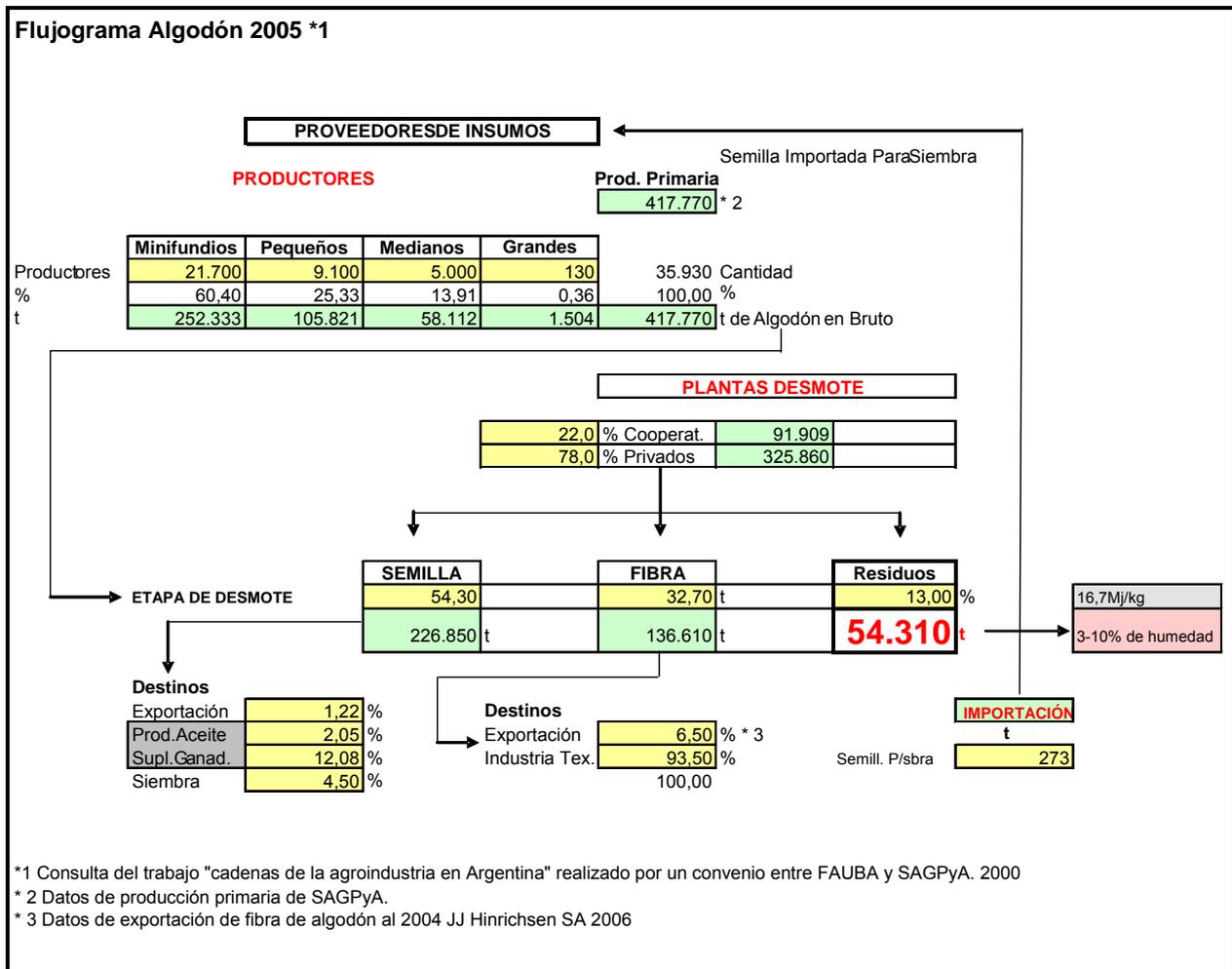


Figura 8. Oferta de Residuos de la Foresto y Agroindustria en todo el país.

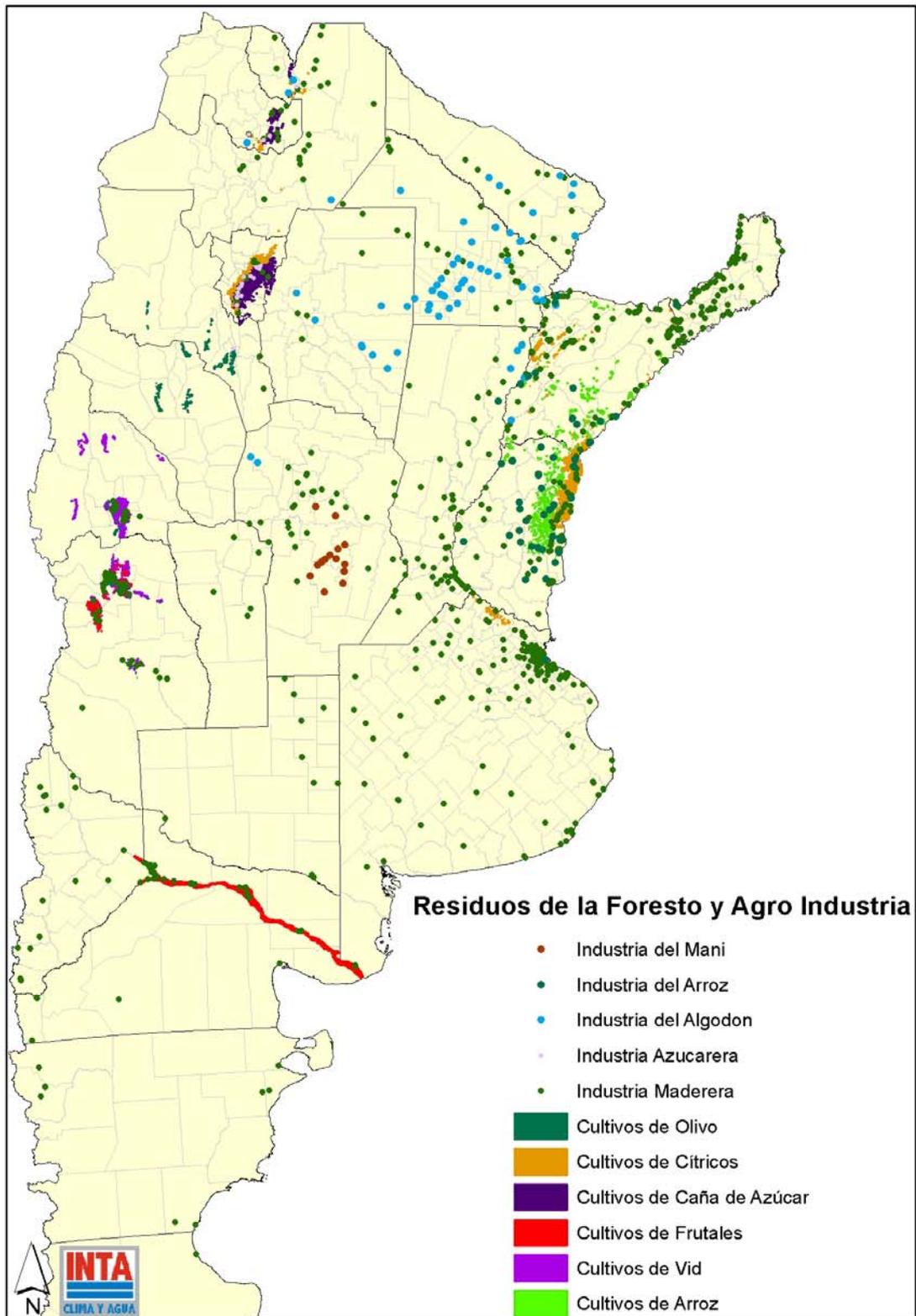


Figura 9. Flujograma de la actividad arrocera.

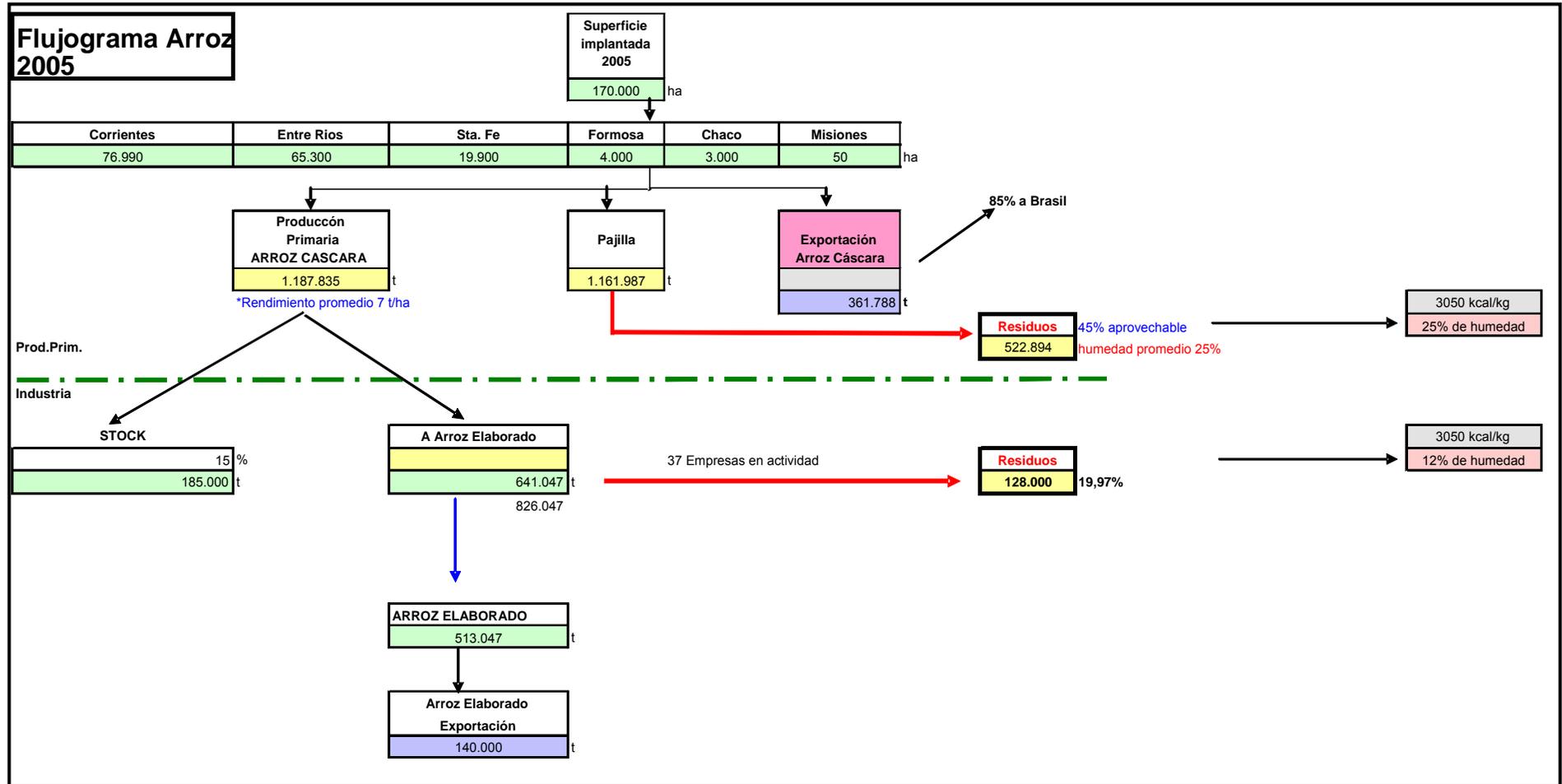
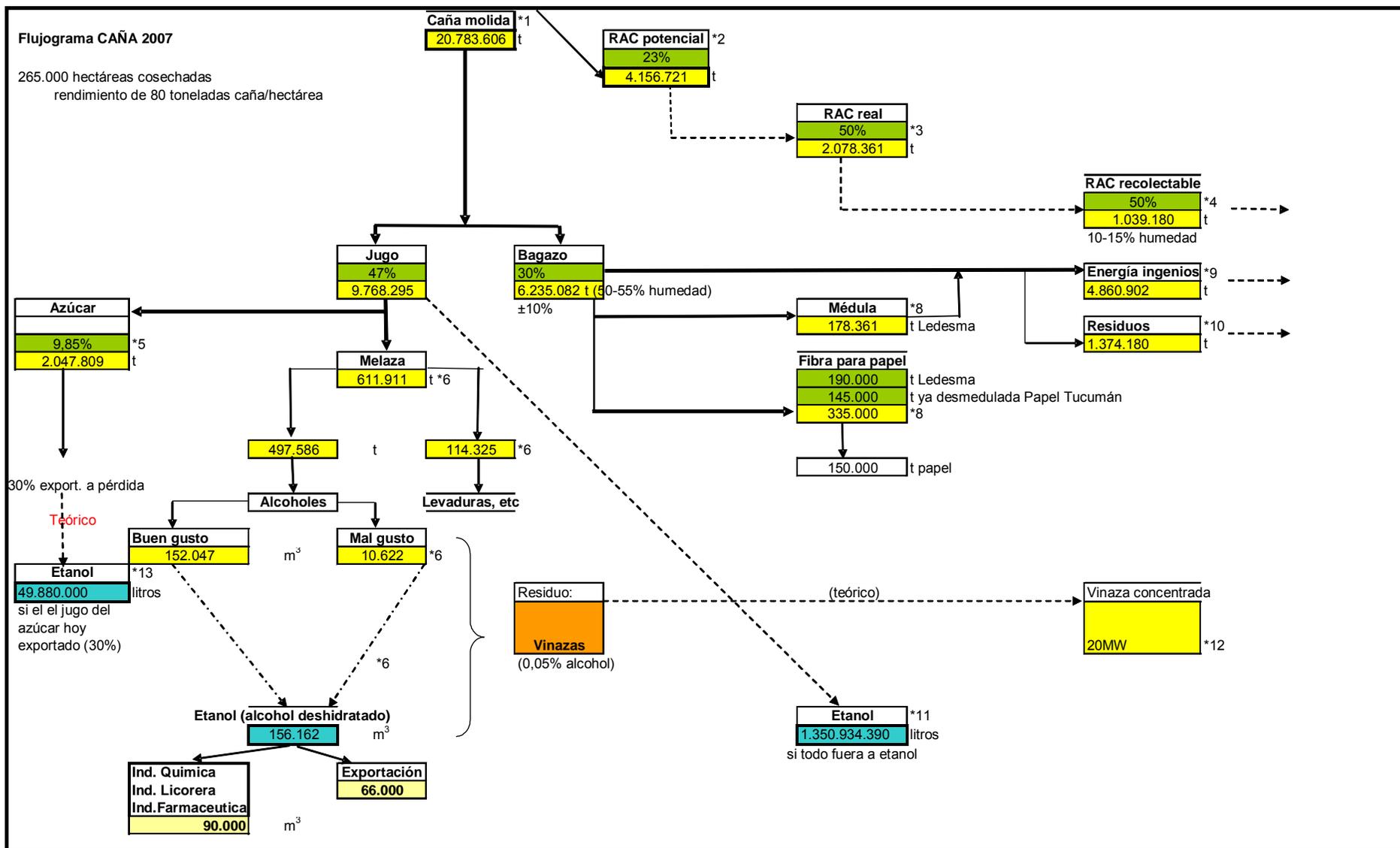


Figura 10. Flujograma de la actividad azucarera.



**Notas a la Figura 10:**

- \*1. Se usaron los datos de caña molida del Centro Azucarero Argentino para 2007. Se consideran los más ajustados a la realidad. Puede haber caña no cosechada, pero tampoco se utilizaría para energía.
- \*2. EEAOC, 2007. Mediciones sobre las variedades más difundidas en Tucumán.
- \*3. RAC real, considerando pérdida de humedad (de 40-50% a 10% aprox.). Se deja secar a campo.
- \*4. RAC recolectable: considerando necesidades agronómicas del suelo (de acuerdo a recomendación técnica) y eficiencia de maquinaria recolectora/densificadora.
- \*5. Centro Azucarero Argentino, rendimiento fabril promedio Argentina, 2007
- \*6. Cámara de Alcoholes, Producc. acumulada Jun-Dic 2007, para alcoholes y otros usos (levaduras, etc.)
- \*7. 1 kg RAC= 1,35 kg bagazo = 0,208 Nm<sup>3</sup> gas natural; Feijoo et al., Jornadas SATCA 2008
- \*8. Empresa Ledesma S.A. en 2007, comunicación personal con el Ing. Agr. Alejandro Valeiro, del INTA Famaillá. Ledesma desmedula el bagazo y la médula se quema en las calderas. Papel del Tucumán compra el bagazo desmedulado.
- \*9. Ledesma usa 100% de su bagazo para energía propia (comunicación personal con el Ing. Agr. Alejandro Valeiro, del INTA Famaillá). Para el resto de los ingenios se calculó a razón de 250 kg quemados/t de caña molida (Perera, 2008 y Ledesma S.A. com. pers.). Estas cifras deberían especificarse en cada ingenio en el futuro.
- \*10. Depende del valor anterior. Ledesma no tiene residuos, es posible que otros ingenios tampoco.
- \*11. A razón de 65 l. Internacionalmente puede llegar a 90 l.
- \*12. Perera, 2008.
- \*13. A razón de 8 l t/caña molida. Internacionalmente la tasa es de 10 l.

**Plantaciones de Caña de Azúcar.** El cálculo de los residuos disponibles para usos energéticos en el sitio de cultivo de la caña de azúcar se basó en el flujograma del cultivo (Figura 10) y se apoyó en información del Centro Azucarero Argentino, que indica que la cantidad total de residuos (con el 10-15% de humedad) fue de 1.039.180 t, cultivadas en una superficie "oficial" de 306.630 ha en el año 2007. De aquí resultan 3,4 t/ha.año. No se calculó el stock para esta clase.

**Residuos del cultivo de arroz.** Los residuos disponibles en los sitios de cultivo fueron estimados sobre las áreas arroceras de las provincias de Entre Ríos y Corrientes, las que suman un total de 140.000 ha identificadas, sobre un total de 170.000 ha reportadas por la SAGPyA para todo el país. (Ver flujograma en la Figura 9) De acuerdo con el ciclo del cultivo del arroz (flujo\_arroz.xls), la pajilla de arroz que queda disponible como residuo representa alrededor de 2,32 t/ha (peso seco).

**Residuos de Viñedos y árboles frutales.** La estimación de los residuos de poda y remplazo de viñedos se basó en la información provista por la Fundación IDR de la provincia de Mendoza, y se confirmó con estudios llevados a cabo en España por AVEBIOM en zonas agroecológicas comparables. El valor aplicado fue de 2,7 t de biomasa seca/hectárea/año. Para cítricos y otros frutales, la única referencia encontrada se refiere a condiciones en Italia (APAT, 2003) y se ha aplicado hasta tanto existan en Argentina otras referencias específicas. Los valores aplicados fueron de 3 t de biomasa seca/hectárea/año para los cítricos y 5,4 t de biomasa seca/hectárea/año para otros árboles frutales.

### **Mapeo de la productividad sustentable disponible para usos energéticos**

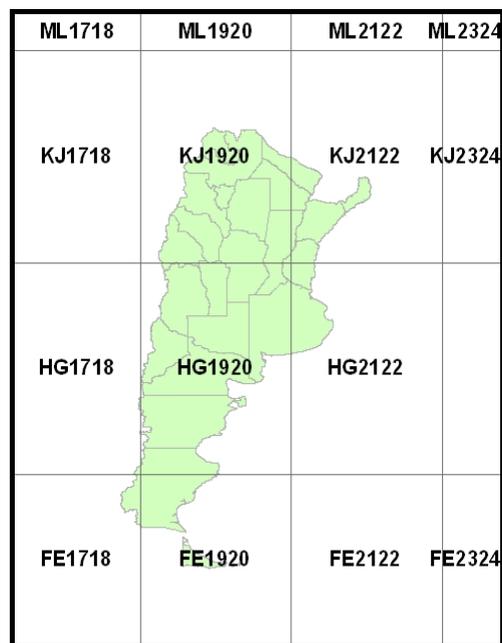
Una vez que los valores de las reservas (stock), productividad sustentable y potencialmente disponible para energía, mínima, media y máxima fueron definidas para cada clase, comienza el proceso de análisis espacial.

En función de considerar la variabilidad espacial dentro de cada clase de uso de cobertura del suelo y uso de la tierra, los valores de stock y productividad no han sido simplemente asignados a la clase correspondiente, sino que los mismos han debido ser ponderados en función de la densidad de la vegetación, que varía aún dentro de una misma clase. Esto se pudo realizar utilizando un producto MODIS, denominado *Vegetation Continuous Field Tree Cover (TC) Percent Map* (Hansen et al., 2003) que refleja el porcentaje de cobertura arbórea para cada pixel. Mediante este proceso, cada valor individual de los pixeles dentro de cada clase, fue ajustado de acuerdo a la capa adicional TC la cual provee características espaciales discretas. El valor de la clase en sí se mantuvo estable, pero cada pixel en su interior reflejó las condiciones de densidad local provenientes de los valores de porcentaje del TC.

Para poder realizar esta tarea fue necesario seguir los siguientes pasos:

- Descargar los datos de “Tree Cover Percent” del sitio Web: [ftp://ftp.glc.f.umd.edu/modis/VCF/Collection\\_4\\_version\\_3/](ftp://ftp.glc.f.umd.edu/modis/VCF/Collection_4_version_3/) Escenas MODIS: KJ1920; KJ2122; HG1920; HG2122; FE 1718; FE1920 (ver las escenas en el mapa de la **Figura 11**)
- Verificación de la utilidad del producto MODIS TC, contra imágenes de satélite (Landsat ETM+). Basados en esta revisión se seleccionó la versión TC2000 ya que sus resultados presentan mayor veracidad con lo observado en las imágenes.
- Fusión de todas las escenas y re-muestreo del mosaico resultante a 250 m de resolución por píxel, para obtener el mapa de porcentaje de cobertura arbórea (**tc2k.grd**).
- Cálculo del valor medio del TC para cada clase de uso o cobertura del suelo (ZONALSTATISTICS: zone=Lc\_250\_4; value=tc2k) y definición de un coeficiente para cada clase, que será usado sobre el porcentaje de cobertura arbórea para derivar los valores mínimo, medio y máximo de stock e incremento anual (IMA) para cada celda.

**Figura 11: Mapa del MODIS VCF Tree Cover Percent (Porcentaje de Cobertura Arbórea)**



Ejemplo del cálculo del valor de cada celda: Stock medio para la clase<sub>x</sub> = 100; valor medio de cobertura arbórea para la clase<sub>x</sub> = 70; coeficiente para la clase<sub>x</sub> = 100/70 = 1.428; Porcentaje de cobertura arbórea de la celda<sub>i</sub> para la clase<sub>x</sub> = 50; stock para la celda<sub>i</sub> de la clase<sub>x</sub> = 50\*1.428 = 71.4; Porcentaje de cobertura arbórea para la celda<sub>j</sub> de la clase<sub>x</sub> = 85; stock para la celda<sub>j</sub> de la clase<sub>x</sub> = 85\*1.428 = 121.4.

### Creación del mapa de coeficientes.

Creación de las capas de valores discretos de stock y IMA mínimo, medio y máximo, a partir de multiplicar los mapas de coeficientes con el mapa de porcentaje de cobertura arbórea generado en el paso c. (**tc2k.grd**).

El mapeo de la fracción del IMA potencialmente disponible para usos energéticos fue realizado mediante la aplicación de los factores de reducción relativos a las plantaciones forestales y a los bosques nativos, de la siguiente manera:

Creación del mapa de “factores de plantación” mediante el cálculo, para cada clase de plantación forestal, de la biomasa disponible como la fracción del IMA (disponible/IMA) y la reclasificación del mapa de Usos y Coberturas del Suelo con estos valores. El mapa resultante (**av\_plmai\_pc.grd**) fue a su vez multiplicado por los mapas de IMA (mínimo, medio y máximo) de tal manera se convierten los valores de IMA de plantaciones forestales a datos sobre biomasa disponible (**maikgav1\_med[min;max].grd**).

Creación del mapa de “factores de monte nativo” mediante el cálculo, para cada departamento de la fracción correspondiente a la diferencia entre las extracciones industriales de madera y el potencial IMA sustentable y la reclasificación del mapa de departamentos con estos valores. El mapa resultante fue luego multiplicado por los mapas obtenidos en el paso anterior (**maikgav1\_med[min;max].grd**) para crear el mapa final de IMA disponible (**maikgav\_med[min;max].grd**).

La Figura 12, en la página siguiente, muestra las principales capas intermedias creadas en este proceso.

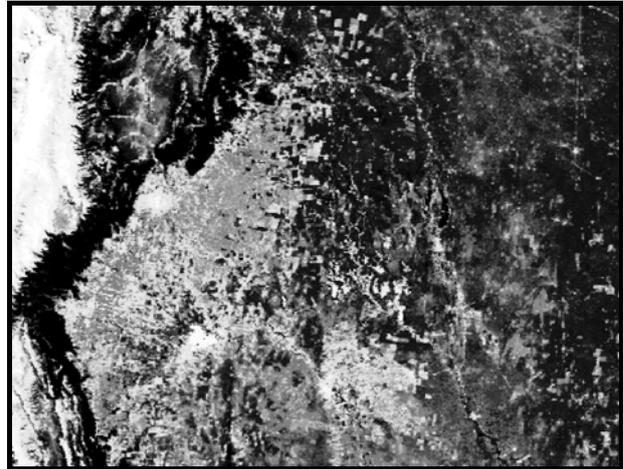
**Figura 12: Ejemplo de los mapas de entrada y los mapas resultantes de existencias e incremento medio anual.**

**a)** Mapa de *Bosque Nativo*, con los estratos *Tierras Forestales* y *Otras Tierras Forestales*; **b)** Mapa de Porcentaje de Cobertura Arbórea basado en *MODIS VCF*; **c)** Mapa de Existencia (media) de biomasa dendroenergética; **d)** Mapa de Incremento (medio) Anual de biomasa dendroenergética

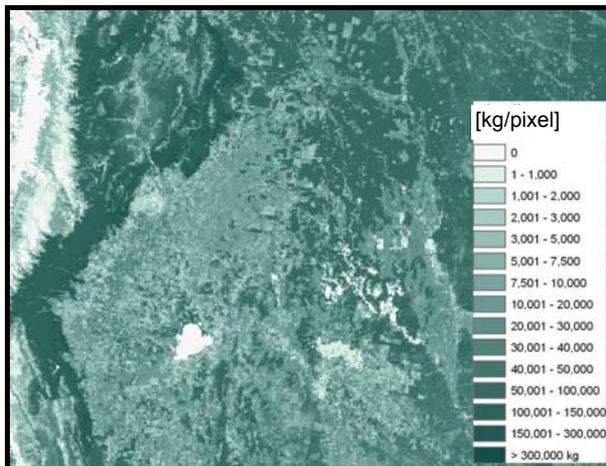
a) Mapa de *Bosque Nativo*



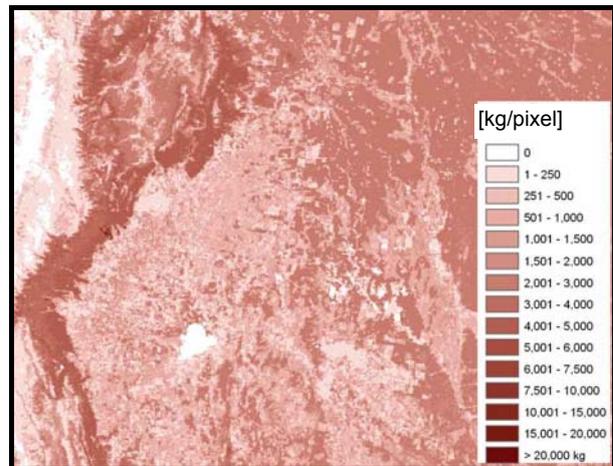
b) Mapa de Porcentaje de Cobertura Arbórea



c) Mapa de Existencia de biomasa [kg/pixel]



d) Mapa de IMA de biomasa [kg/pixel]



En este punto, los recursos disponibles fueron analizados en función de la accesibilidad física y legal, para estimar y mapear los recursos que están potencialmente disponibles y accesibles.

## 4.2.2. Accesibilidad.

### Accesibilidad Física

Este es 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. El mapa de accesibilidad física se genera utilizando un Modelo Digital del Terreno (MDT), cartografía digital de la red vial y ferroviaria y lugares poblados (ciudades, pueblos y parajes) de la siguiente manera:

Remuestreo del Modelo Digital del Terreno, de 90 m a 250 m/píxel.

Creación del mapa de pendiente en base al MDT, a 250 m/píxel (***slope250.grd***)

Fusión de las capas de la red vial, ferroviaria y de asentamientos en una única capa en formato ráster, a 250 m/píxel (***accesib.grd***).

Determinación del costo acumulativo más bajo para cada celda mediante la función “*Cost Distance*”, del “*ArcGis Spatial Analyst*”, utilizando como base para ello los mapas generados en los dos pasos previos. El resultado es el mapa (***cd\_fl\_pc\_1.grd***).

Conversión de los valores continuos a un adecuado número de clases que representen el rango de accesibilidad (como porcentaje del recurso relativo). Se genera un mapa de 20 clases con intervalos del 5% de accesibilidad que se utiliza como coeficiente de los mapas de IMA (***maikgav\_med[min;max].grd***) para lograr el mapa de IMA físicamente accesible.

### Accesibilidad Legal

Este 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. El mapa de accesibilidad legal se generó sobre la base de información disponible acerca de las áreas protegidas, de la siguiente manera:

Compilación cartográfica de las áreas protegidas, lo más completa y actualizada posible, y creación de una capa única (***a\_prot.shp***), la cual se convierte a formato ráster con una resolución de 250 m/píxel (***ar\_prot\_uicn.grd***).

En base a las categorías de protección para la designación de áreas protegidas de la UICN-WCMC que va del i al vi, se estiman (tentativamente) las limitaciones de extracción de biomasa. Sobre el mapa de áreas protegidas se genera entonces el mapa de accesibilidad legal, que refleja el grado de accesibilidad legal en porcentaje (***leg\_acc\_pc.grd***).

En la Figura 13a se muestra un ejemplo de los mapas de accesibilidad física y legal.

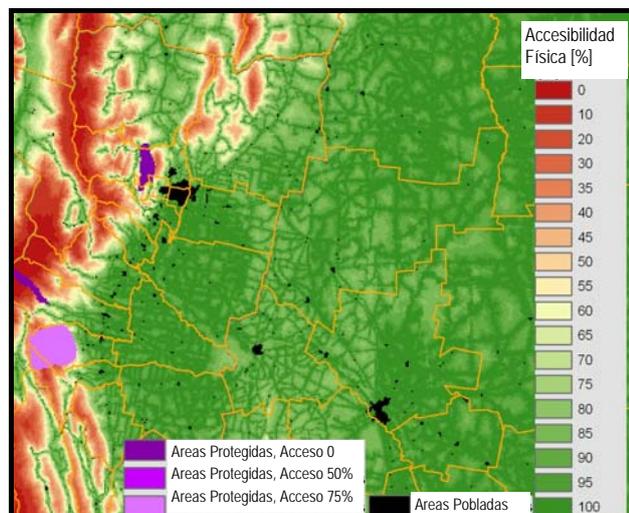
## 4.2.3. Recursos disponibles y accesibles para usos energéticos.

Los mapas de incrementos anuales disponibles y accesibles (mínimo, medio y máximo) fueron generados a partir de la multiplicación de los mapas de Incremento Medio Anual (IMA) (***maikgav\_med[min;max].grd***) con el mapa de accesibilidad física en primer lugar, y luego con el de accesibilidad legal, ambos descritos en el parágrafo anterior.

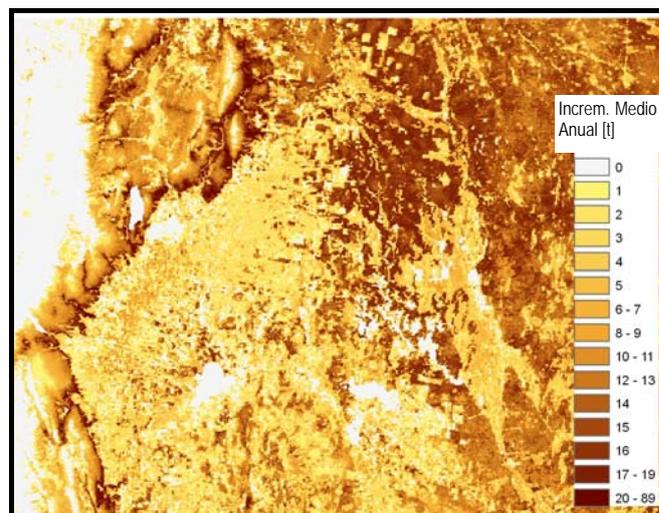
En la Figura 13b se puede ver un ejemplo del mapa de Incremento Medio Anual disponible, física y legalmente accesible

**Figura 13: Ejemplo del mapa de accesibilidad física y legal en % (a) y del mapa de incremento medio anual accesible (b) en toneladas.**

a) Accesibilidad física y legal, en %.



b) Incremento medio anual accesible, en toneladas.



### Otras Fuentes de oferta directa accesible

**Residuos de viñedos y otros árboles frutales.** Mapeo de la biomasa leñosa proveniente de los árboles frutales, viñedos y otras plantaciones agrícolas de cultivo anual y podas y replantaciones periódicas. A diferencia de las plantaciones de olivo y caña de azúcar, que fueron relevadas con precisión e incluidas en el mapa de usos y cobertura del suelo (**Lc250\_4.grd**), las áreas de viñedos, cítricos (naranjas, limones, etc.) fueron solo parcialmente mapeadas.

Con el objeto de incluir la productividad de estas coberturas de la mejor manera posible, se usaron como referencia las estadísticas oficiales del INDEC, que indican la superficie implantada por departamento, y fueron utilizadas como localizaciones posibles las clases agrícolas del mapa de usos del suelo (1050 a 1065) (se puede ver el detalle de los cálculos realizados en la tabla **lc250\_biom\_06.xls**).

La biomasa por hectárea de la poda de estas plantaciones fue estimada sobre la base de las referencias disponibles —aunque lamentablemente ninguna de éstas es específica para Argentina— aplicadas sobre los valores de superficie implantada por departamento suministrados por INDEC. Los residuos frescos (húmedos) se tradujeron a biomasa seca, utilizando para ello un factor de 0,65. La biomasa total resultante por departamento fue luego distribuida sobre las clases probables de uso del suelo:

$$\text{residuos / píxel} = \text{residuos totales en el departamento} / \text{total de píxeles agrícolas en el departamento.}$$

El procedimiento de análisis espacial implicó:

La creación de un mapa de departamentos, donde el valor de los píxeles se corresponda con el valor del código del departamento al cual pertenecen, mediante una tabla de reclasificación ([dept] : [pix. value in dept]);

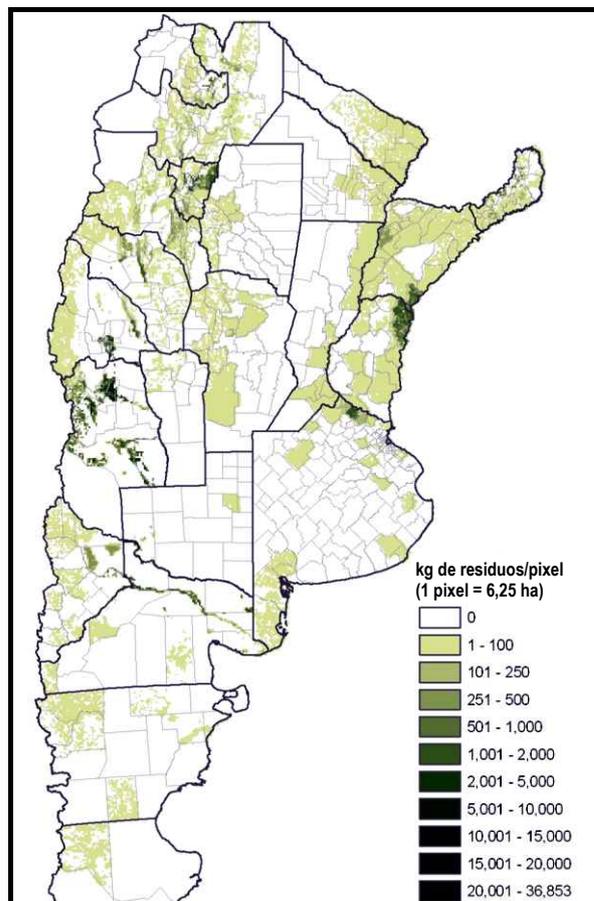
La multiplicación de este mapa de departamentos (*depfru\_dry.grd*) por el mapa de clases agrícolas (*Lc\_agricc2.grd*) para obtener el mapa *frudryres\_kg.grd*.

Los residuos producidos anualmente por los viñedos y poda de árboles frutales estimada resultaron superiores al millón de toneladas (0,34 Mt provenientes de viñedos, 0,27 Mt de los cítricos, y 0,46 Mt de otros árboles frutales), y se distribuyeron tal como se muestra en la Figura 14.

Estos recursos biomásicos son fácilmente accesibles, aunque sería poco realista asumir que su totalidad estará disponible para usos energéticos. Por esto, se consideró como prudencial utilizar un factor de **0.75** para cuantificar la biomasa potencialmente disponible para usos energéticos, y así resultarían **0.8 millones de toneladas** (0,25 Mt proveniente de viñedos, 0,2 Mt de cítricos y 0,34 Mt de otros árboles frutales) El mapa que correspondiente a este cálculo es *frudryrs75\_kg.grd*.

Desde un punto de vista cartográfico, este mapa sería apenas un aporte preliminar, ya que representa la posible ubicación de los recursos y no la distribución espacial real de los mismos. El equipo de INTA está trabajando en clasificaciones e interpretación de imágenes satelitales para determinar las áreas cítricas, los viñedos y otros frutales. Tan pronto como esta cartografía esté completa, podrá ser incorporada al análisis.

**Figura 14: Mapeo de la biomasa leñosa proveniente de árboles frutales, viñedos y plantaciones agrícolas.**



como esta cartografía esté completa, podrá ser

**Mapeo de los residuos de cosecha en cultivos de arroz.** Los residuos de arroz para las provincias de Entre Ríos y Corrientes fueron cartografiados y representados en el mapa *arroz\_resdry.grd*. Hasta el momento el equipo de INTA ha identificado 140.000 ha (de un total de 170.000 ha), estando las restantes 30.000 ha localizadas en otras provincias. Esta cartografía también puede ser incorporada.

#### 4.2.4. Fuentes de Oferta Indirecta de Biomasa.

Las fuentes de oferta indirecta se refieren a la biomasa contenida en los subproductos de procesos industriales, que normalmente están localizados en las plantas industriales en las que dichos procesos tienen lugar (ver Anexo). Se incluyen tanto foresto como agro industrias.

Los residuos de las agroindustrias fueron estimados sobre la base de estadísticas oficiales de la SAGPyA, y sobre otras fuentes (incluyéndose en algunos casos la información declarada en los sitios Web de las industrias). También se realizaron o ajustaron flujogramas relativos a las distintas cadenas productivas. La cuantificación de la oferta indirecta de biomasa potencialmente disponible para energía se realizó incluyendo las siguientes etapas:

Estimación de la producción (en t) de residuos de acuerdo al análisis de los flujogramas de las cadenas productivas y otras estadísticas o inferencias disponibles por departamento o la menor unidad administrativa posible.

Vinculación entre los valores de producción y las entidades espaciales correspondientes a la ubicación de los centros de producción.

Creación de un mapa ráster (250 m/píxel) de oferta indirecta de biomasa leñosa para usos energéticos (t/píxel/año) para cada una de las fuentes identificadas.

Las siguientes fuentes indirectas fueron identificadas, estimadas y cartografiadas:

**Aserraderos de madera de plantaciones forestales.** La biomasa leñosa de los subproductos de aserraderos que trabajan principalmente con madera proveniente de plantaciones forestales fue estimada sobre la base del flujograma de productos forestales implantados, y repartidos de acuerdo a la distribución y ubicación mediante coordenadas de las principales industrias, o la referencia espacial de la localidad a la que pertenecen las restantes industrias menores. En otros casos, para los cuales solamente se contaba con datos a nivel departamental, los mismos fueron geolocalizados tentativamente en las inmediaciones de las áreas urbanas. La biomasa disponible de subproductos de aserraderos de plantaciones forestales totalizó aproximadamente 0,84 millones t bs (toneladas, base seca).

**Aserraderos de madera de monte nativo.** La biomasa leñosa de los subproductos de los aserraderos que trabajan principalmente con madera de especies provenientes de bosque nativo fue estimada sobre la base de las estadísticas de extracción provistas por la SAyDS. Estas estadísticas indicaron que las cantidades de madera procesada industrialmente, el aserrín y los otros subproductos estimaban el 50% de las cantidades efectivamente procesadas. La biomasa leñosa de estos subproductos fue estimada en 0,83 millones t bs. Ante la carencia de información sobre la localización de los sitios de procesamiento de la madera extraída, los subproductos fueron distribuidos en aquellos aserraderos en los que se conocía que procesan madera de monte nativo. La información de estos aserraderos, también deficiente, no ofreció los parámetros de consistencia suficiente como para ser usada para ponderar la distribución del recurso, por lo que éste fue distribuido en partes iguales entre los aserraderos.

**Residuos de la industria algodonera.** Los residuos utilizables para energía fueron estimados a lo largo del flujograma de la cadena productiva del algodón (Figura 7), obteniéndose 54.000 t sa (toneladas, secada al aire) de biomasa que podría ser utilizada para la producción de energía. La ubicación de las plantas procesadoras se reportó en el mapa *algodonera.shp* y los subproductos se distribuyeron de acuerdo a estos datos obteniéndose el mapa *cott\_res\_kg.grd*.

**Molinos arroceros.** De acuerdo al flujograma de la cadena productiva arrocerera (Figura 9), el total de los subproductos utilizables energéticamente alcanzaría los 128.000 t bs, aproximadamente. Este total fue distribuido entre los molinos utilizando como factor de ponderación la capacidad de procesamiento instalada en cada planta. La ubicación de los molinos arroceros se muestra en el mapa *arroceras.shp*. El mapa de los subproductos biomásicos generados por la industria del arroz es *ricemil\_reskg.grd*.

**Industria del maní.** De acuerdo al flujograma de la cadena de la industria manicera, el total de los subproductos derivados de ella asciende a 180.000 t bs, aproximadamente. La totalidad de este procesamiento está concentrado en la provincia de Córdoba. La cartografía que refleja esta situación es *mani\_res\_kg.grd*.

**Industria de la caña azucarera.** La ubicación de los centros procesadores de azúcar de caña se muestran en el mapa *ingenios.shp*. Sus subproductos disponibles para fines energéticos fueron estimados sobre la base de las estadísticas oficiales de producción de cada una de las industrias para el año 2007 y el flujograma de la cadena azucarera (Figura 10) desarrollado con la asistencia de agentes del INTA expertos en esta temática. El total de subproductos utilizables con fines energéticos se aproximó a 1,37 Mt, distribuidos tal como se refleja en el mapa *sug\_res\_kg.grd*.

**Industria del aceite de oliva.** Los subproductos del procesamiento del prensado de aceitunas en la industria aceitera fueron estimados sobre el flujograma de esta cadena productiva (Figura 6). El total de biomasa utilizable para la producción de energía ascendió a 0,23 millones t bs, aproximadamente. Ante la ausencia de información específica sobre la ubicación de las plantas productoras de aceites vegetales que se dedican a la producción olivícola, estos subproductos se distribuyeron en aquellas industrias ubicadas en la región en la que la plantación de esta especie está concentrada (provincias de Catamarca, La Rioja, Mendoza y San Juan). El mapa que muestra la distribución de este recurso es *oliv\_res\_kg.grd*.

En la Tabla 4 se presenta un resumen, por provincia, de los subproductos descritos en este capítulo.

**Tabla 4: Recursos biomásicos indirectos, potencialmente disponibles para usos energéticos, provenientes de las principales foresto y agro industrias. [toneladas anuales en base seca]**

|    | Provincia           | Aserraderos de monte nativo    | Aserraderos de plantaciones forestales | Molinos arroceros | Industria algodonera | Industria manicera | Industria olivícola | Industria azucarera | Total de fuentes indirectas |
|----|---------------------|--------------------------------|--|-------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|
|    |                     | toneladas anuales en base seca |  |                   |                      |                    |                     |                     |                             |
| 2  | Ciudad de Bs. As    | 0                              | 0                                      | 5.378             | 0                    | 0                  | 0                   | 0                   | 5.378                       |
| 6  | Buenos Aires        | 17.494                         | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 0                   | 0                   | 17.494                      |
| 10 | Catamarca           | 128                            | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 25.448              | 32.003              | 57.578                      |
| 14 | Córdoba             | 3.831                          | 0                                      | 0                 | 319                  | 180.011            | 0                   | 0                   | 184.161                     |
| 18 | Corrientes          | 19.920                         | 497.083                                | 29.046            | 5.857                | 0                  | 0                   | 0                   | 551.906                     |
| 22 | Chaco               | 16.728                         | 0                                      | 0                 | 34.737               | 0                  | 0                   | 0                   | 51.464                      |
| 26 | Chubut              | 1.149                          | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 0                   | 0                   | 1.149                       |
| 30 | Entre Ríos          | 6.768                          | 153.714                                | 84.450            | 0                    | 0                  | 0                   | 0                   | 244.932                     |
| 34 | Formosa             | 12.769                         | 0                                      | 0                 | 2.172                | 0                  | 0                   | 0                   | 14.941                      |
| 38 | Jujuy <sup>21</sup> | 7.534                          | 0                                      | 0                 | 160                  | 0                  | 0                   | 303.495             | 311.189                     |
| 42 | La Pampa            | 1.405                          | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 0                   | 0                   | 1.405                       |
| 46 | La Rioja            | 0                              | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 48.193              | 0                   | 48.193                      |
| 50 | Mendoza             | 4.597                          | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 114.402             | 0                   | 118.998                     |
| 54 | Misiones            | 647.011                        | 193.952                                | 2.648             | 0                    | 0                  | 0                   | 2.736               | 846.347                     |
| 58 | Neuquén             | 2.809                          | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 0                   | 0                   | 2.809                       |
| 62 | Río Negro           | 3.320                          | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 0                   | 0                   | 3.320                       |
| 66 | Salta               | 55.035                         | 0                                      | 0                 | 2.738                | 0                  | 0                   | 135.089             | 192.862                     |
| 70 | San Juan            | 2.043                          | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 45.490              | 0                   | 47.533                      |
| 74 | San Luis            | 766                            | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 0                   | 0                   | 766                         |
| 78 | Santa Cruz          | 383                            | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 0                   | 0                   | 383                         |
| 82 | Santa Fe            | 6.385                          | 0                                      | 6.111             | 1.985                | 0                  | 0                   | 19.847              | 34.327                      |
| 86 | Santiago del Estero | 11.748                         | 0                                      | 0                 | 6.343                | 0                  | 0                   | 0                   | 18.090                      |
| 90 | Tucumán             | 10.981                         | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 0                   | 881.012             | 891.993                     |
| 94 | Tierra del Fuego    | 255                            | 0                                      | 0                 | 0                    | 0                  | 0                   | 0                   | 255                         |
|    | <b>Total</b>        | <b>833.057</b>                 | <b>844.749</b>                         | <b>127.633</b>    | <b>54.310</b>        | <b>180.011</b>     | <b>233.532</b>      | <b>1.374.181</b>    | <b>3.647.473</b>            |

<sup>21</sup> En la Industria Azucarera, se incluyen 218.210 t de bagazo que ya se utilizan para la fabricación de papel (Ledezma).

Existen otras industrias, generalmente procesadoras de frutas, que representan una oferta potencial de subproductos biomásicos utilizables para la generación de energía, pero la carencia de información sobre éstas, ha determinado que las mismas no hayan sido integradas al presente análisis WISDOM. Se recomienda ampliar las investigaciones orientadas a conocer y cuantificar estas fuentes potenciales, como así también su distribución sobre el territorio, para que puedan ser incorporadas a la oferta indirecta de subproductos biomásicos.

#### 4.2.5. Síntesis de la Oferta Potencial.

A continuación, se resumen las variadas categorías de productividad biomásica que constituyen la oferta potencialmente disponible para su uso en la generación de energía, tanto de fuentes directas como indirectas:

**Productividad Total:** Ésta define la capacidad biológica sustentable de producir biomasa, en las actuales condiciones de cobertura y uso del suelo. No se incluyen aquí hojas, ramitas y raíces, pero sí quedan incluidos todas las especies, las formaciones vegetales y los usos o coberturas del suelo. Esta categoría es fundamentalmente teórica ya que incluye recursos que no son accesibles, al mismo tiempo que productos que son utilizados para otros usos o procesos industriales.

**Productividad No Industrial Potencialmente Disponible:** Esta categoría se refiere a la fracción de la productividad total que no es de interés industrial en términos de especies o variedades y que puede ser considerada como potencialmente disponible para usos energéticos. Para el cálculo de esta productividad se han excluido todos los troncos o fustes de las plantaciones forestales asumiendo que los mismos son utilizados por la industria. Por el contrario, los puntales y ramas de estos árboles provenientes de plantaciones, fueron considerados como biomasa no industrial ya que los mismos no se utilizan en la industria maderera. La madera de bosques nativos que es utilizada por la industria ha sido deducida, como una fracción del IMA potencial, solamente de aquellos departamentos en los que la extracción ha tenido lugar de acuerdo a las estadísticas oficiales.

**Productividad Accesible y Potencialmente Disponible:** Esta categoría define la fracción del total de la productividad de biomasa no industrial que puede ser considerada accesible, luego de deducir del mismo las áreas y fracciones que no son accesibles por restricciones físicas (pendiente, distancia a los caminos o centros poblados) o legales (áreas protegidas).

El mapa de la **Figura 15** ejemplifica la productividad media (mínima y máxima) accesible y potencialmente disponible para la generación de energía. A nivel nacional esto se puede observar en la Figura 16 (mapa izquierdo). Esta es la productividad que se tomará en cuenta al calcular el balance entre oferta y demanda de biomasa.

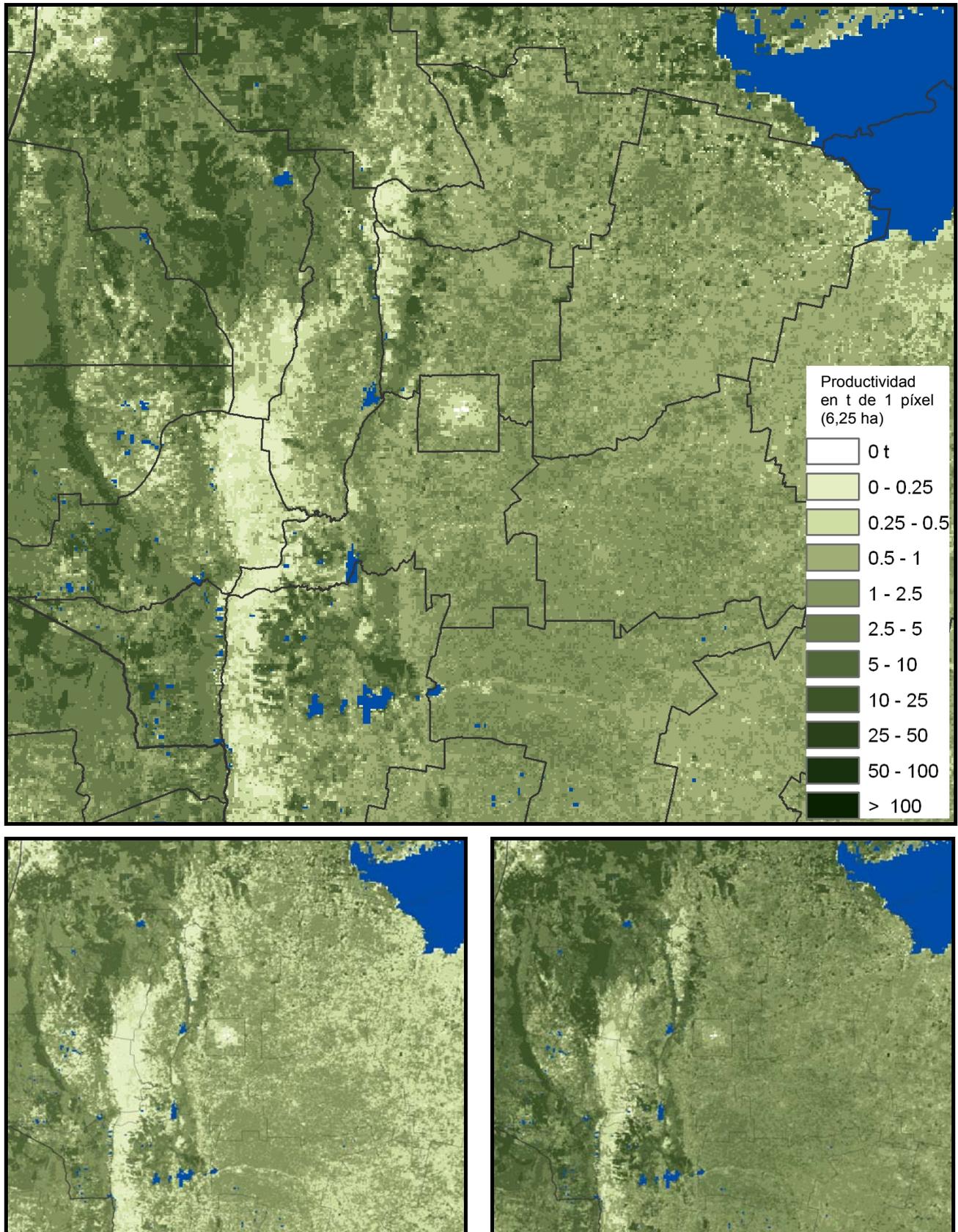
**Productividad “Comercial”:** Esta categoría limita a la anterior en cuanto a que toma en cuenta las formaciones vegetales y otras fuentes potenciales de oferta que garantizan una adecuada producción sustentable de biomasa energética tal que se justifiquen los costos de transporte y gestión de la misma. Las fuentes incluidas son aquellas con mayor capacidad de producción sustentable, y que son adecuadas para sostener una producción comercial de biocombustibles (leña, carbón y otros combustibles de origen biomásico) para abastecer al mercado urbano y a los mercados de exportación. Como primera aproximación, para definir a la productividad como comercial o no, se utilizó un umbral que garantice como mínimo una producción de 12 t/ha con una rotación de 25 años. A partir de esto, han sido consideradas como potencialmente comerciales solo las áreas que presentan una productividad anual sustentable (disponible y accesible) superior a 0,48 t/ha (3 t/píxel).

Al momento de evaluar la factibilidad de un proyecto, en base al análisis de un sitio específico, se requiere considerar también otros aspectos —tales como la distancia hasta los sitios de consumo— que tienen fundamental importancia para la definición de la viabilidad económica de la producción de estos biocombustibles. De todos modos, el umbral mencionado en el párrafo anterior permite distinguir aquellas áreas en las que se podrían desarrollar emprendimientos bioenergéticos de aquellas que no reúnen los requisitos mínimos que garanticen la viabilidad de los mismos, al menos en una primera aproximación. Estos umbrales pueden ser fácilmente modificados para responder a demandas de producción más específicas, a cuyo efecto los utilizados en el presente análisis pueden ser considerados como indicativos. Los mapas de la Figura 16 proveen una visión de la productividad total accesible y potencialmente disponible para usos energéticos (a la izquierda), y a la derecha, se ilustra esta misma productividad pero una vez analizados los totales en función de los umbrales antes mencionados.

La Tabla 5 provee un resumen por provincia de las principales categorías del Módulo Oferta (en su variante de productividad media).

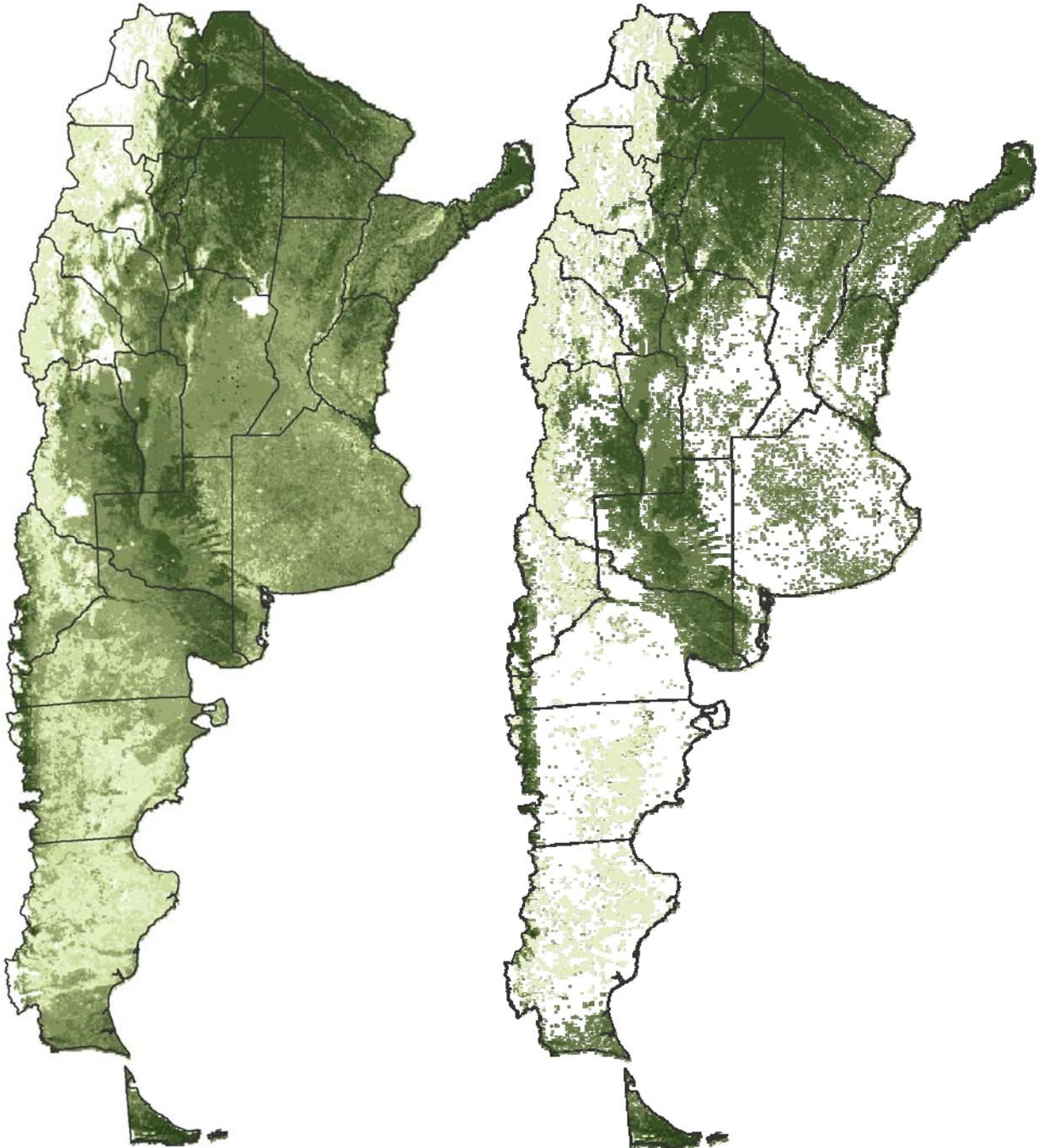
**Figura 15: Ejemplo de mapas de productividad biomásica accesible y potencialmente disponible para usos energéticos.**

En el mapa superior se reflejan los valores de productividad media, en tanto en los inferiores se grafican los valores mínimo y máximo. Los valores de la leyenda se refieren a la productividad en t de 1 píxel (6,25 ha).



**Figura 16:** Productividad biomásica total, accesible y potencialmente disponible para usos energéticos (mapa de la izquierda) y fracción comercial de la misma productividad (derecha).

Ver nota<sup>22</sup>



---

<sup>22</sup> Considerando aquellas áreas que garantizan como mínimo 0,48 t/ha.año (12 t/ha a lo largo de una rotación de 25 años).

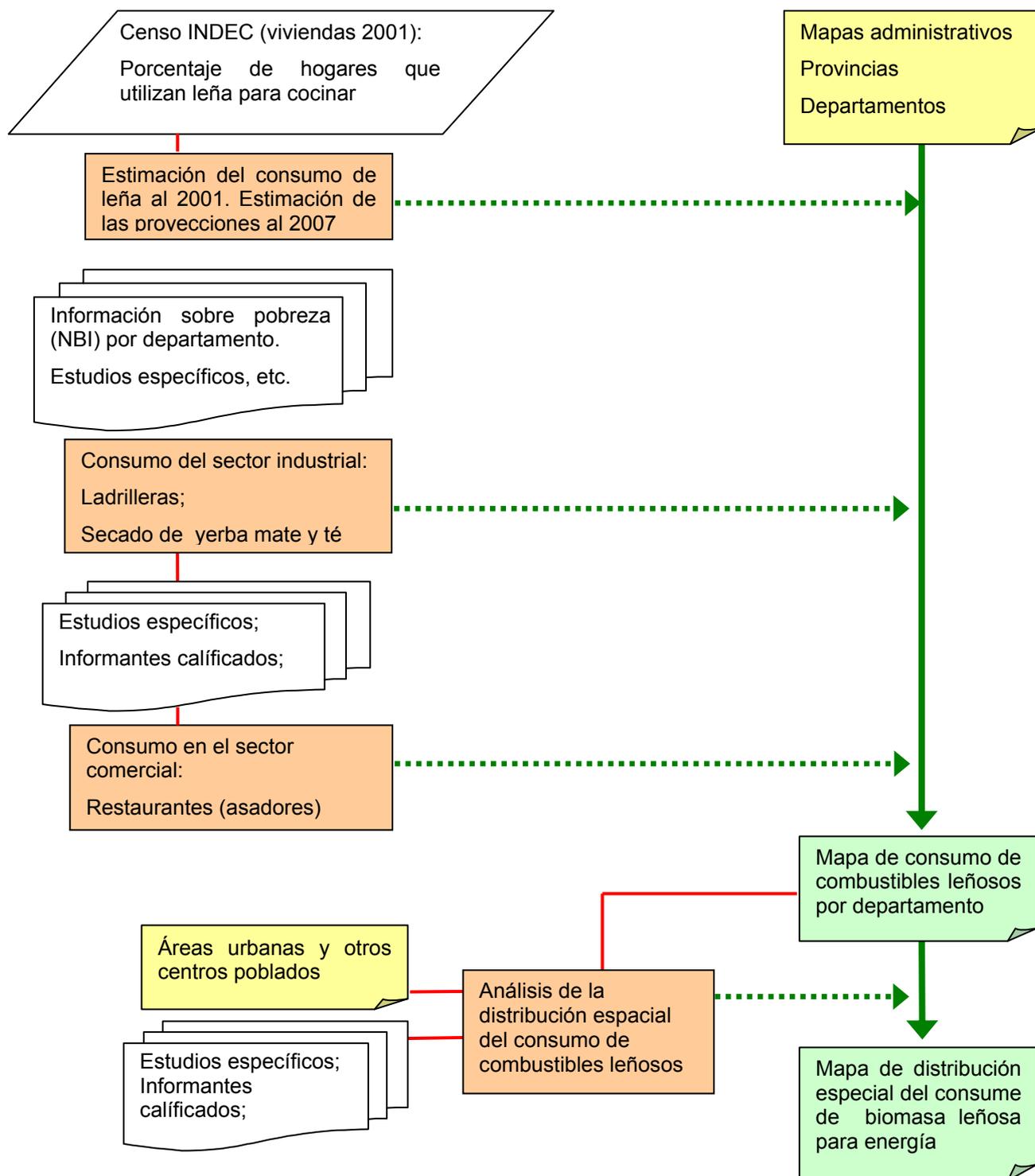
**Tabla 5: Resumen provincial de las principales categorías del Módulo Oferta, en su variante Media [Miles de toneladas en base seca].**

|    | Provincia           | Productividad Total (fuentes directas) | Productividad No industrial (potencialmente disponible) | Productividad potencialmente disponible y Accesible | Subproductos de Aserraderos y Poda de cultivos leñosos permanentes | Biomasa leñosa Total, accesible y potencialmente disponible | Otra biomasa no leñosa potencialmente disponible (pajilla de arroz + subproductos de la agroindustria) | Biomasa Total accesible y potencialmente disponible | Biomasa Comercial accesible y potencialmente disponible |
|----|---------------------|--|---|---|--|---|--|---|---|
|    |                     | maikg_med                              | maikgav_md  | acmaikg_md  | frudryres_kg + r_asr_kg  | acwbkg_md   |  | ac_bkg_md   | ac_bkgmd_c  |
| 2  | Ciudad de Bs. As    | 1,4                                    | 1,4   | 1,4   | 0,0  | 1,4   | 5,4  | 6,7   | 5,5   |
| 6  | Buenos Aires        | 8.970,2                                | 8.116,1   | 7.696,8   | 52,6   | 7.749,4   | 0,0  | 7.749,4   | 4.068,0   |
| 10 | Catamarca           | 2.973,3                                | 2.973,1   | 2.082,4   | 28,1   | 2.110,5   | 57,5   | 2.168,0   | 1.809,8   |
| 14 | Córdoba             | 7.014,0                                | 6.796,5   | 6.017,4   | 8,4  | 6.025,8   | 180,3  | 6.206,1   | 3.742,5   |
| 18 | Corrientes          | 8.899,0                                | 6.100,8   | 5.527,9   | 565,3  | 6.093,2   | 208,5  | 6.301,7   | 5.363,4   |
| 22 | Chaco               | 14.880,6                               | 14.316,0  | 13.438,6  | 17,1   | 13.455,7  | 34,7   | 13.490,4  | 12.785,0  |
| 26 | Chubut              | 8.367,6                                | 8.348,3   | 4.253,7   | 2,5  | 4.256,2   | 0,0  | 4.256,2   | 2.570,5   |
| 30 | Entre Ríos          | 5.951,6                                | 4.445,5   | 4.027,9   | 254,2  | 4.282,1   | 229,0  | 4.511,2   | 3.665,3   |
| 34 | Formosa             | 10.387,6                               | 10.261,4  | 9.650,9   | 14,9   | 9.665,8   | 2,2  | 9.667,9   | 9.230,0   |
| 38 | Jujuy               | 4.360,4                                | 4.215,7   | 2.343,4   | 23,7   | 2.367,1   | 303,7  | 2.670,7   | 2.577,6   |
| 42 | La Pampa            | 11.773,5                               | 11.772,0  | 10.688,2  | 3,4  | 10.691,6  | 0,0  | 10.691,6  | 9.185,1   |
| 46 | La Rioja            | 3.192,9                                | 3.170,2   | 2.428,6   | 29,4   | 2.458,0   | 48,2   | 2.506,2   | 1.762,2   |
| 50 | Mendoza             | 7.420,5                                | 7.375,1   | 6.307,5   | 432,3  | 6.739,8   | 114,4  | 6.854,2   | 5.258,2   |
| 54 | Misiones            | 10.930,3                               | 8.147,1   | 4.414,4   | 857,8  | 5.272,3   | 5,4  | 5.277,7   | 5.167,6   |
| 58 | Neuquén             | 8.072,6                                | 8.028,4   | 2.561,4   | 34,6   | 2.596,0   | 0,0  | 2.596,0   | 1.895,9   |
| 62 | Río Negro           | 10.346,7                               | 10.325,0  | 7.301,0   | 150,6  | 7.451,6   | 0,0  | 7.451,6   | 5.382,9   |
| 66 | Salta               | 22.650,5                               | 22.602,0  | 16.941,6  | 71,8   | 17.013,4  | 137,8  | 17.151,2  | 16.634,1  |
| 70 | San Juan            | 1.185,4                                | 1.185,4   | 474,0   | 93,1   | 567,1   | 45,5   | 612,6   | 220,6   |
| 74 | San Luis            | 5.268,3                                | 5.230,8   | 4.637,7   | 0,9  | 4.638,5   | 0,0  | 4.638,5   | 3.746,6   |
| 78 | Santa Cruz          | 4.878,7                                | 4.878,7   | 3.284,9   | 1,1  | 3.286,0   | 0,0  | 3.286,0   | 1.591,7   |
| 82 | Santa Fe            | 5.346,7                                | 5.242,8   | 5.015,4   | 9,7  | 5.025,1   | 27,9   | 5.053,0   | 3.262,7   |
| 86 | Santiago del Estero | 18.366,1                               | 18.272,6  | 17.257,8  | 13,2   | 17.271,1  | 6,3  | 17.277,4  | 16.392,1  |
| 90 | Tucumán             | 3.602,5                                | 3.577,2   | 2.386,9   | 79,5   | 2.466,4   | 881,0  | 3.347,4   | 3.212,8   |
| 94 | Tierra del Fuego    | 8.273,0                                | 8.197,0   | 4.588,0   | 0,3  | 4.588,3   | 0,0  | 4.588,3   | 4.490,1   |
|    | <b>Total</b>        | <b>193.113</b>                         | <b>183.579</b>  | <b>143.328</b>                                      | <b>2.745</b>   | <b>146.072</b>  | <b>2.288</b>   | <b>148.360</b>                                      | <b>124.020</b>  |

### 4.3. Módulo Demanda

El diagrama de la Figura 17 provee una descripción simplificada de las principales capas temáticas y los pasos de procesamiento del módulo demanda. Estos serán descritos con mayor detalles en las secciones siguientes, en las cuales también se muestran los nombres de los mapas intermedios y las funciones de análisis espacial realizadas.

**Figura 17: Módulo Demanda. Diagrama de las principales fases analíticas de WISDOM Argentina.**



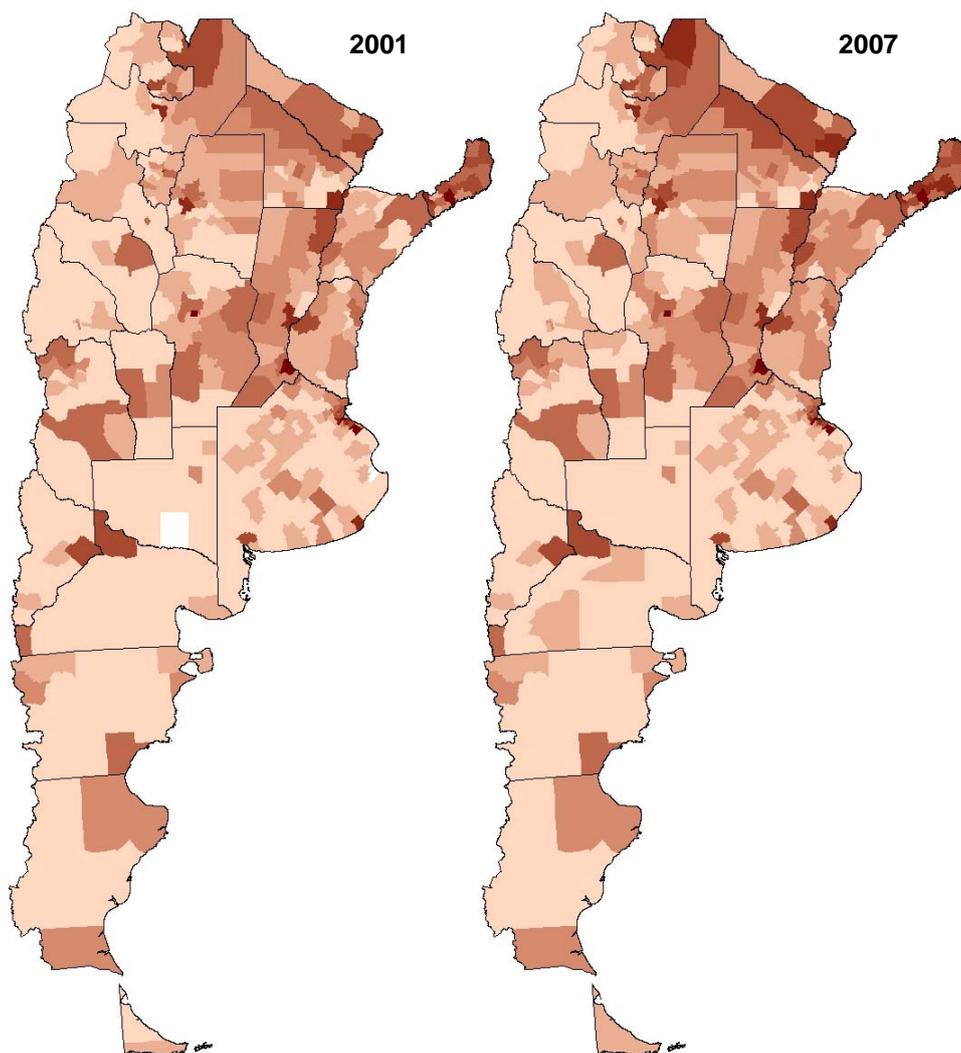
### 4.3.1. Sector Residencial

La estimación del consumo de leña o carbón a nivel residencial (por hogar y por departamento) se realizó sobre la base del Censo INDEC 2001, en el cual se informa sobre el número de hogares que utilizan leña o carbón para cocinar.

La estimación del consumo para calefacción o provisión de agua caliente se infirió sobre la situación del combustible utilizado para cocinar, asumiendo que en aquellos hogares en los cuales la leña o el carbón son utilizados con este fin, también lo utilizan con fines de calefacción, ya que no contarían con servicios de gas o electricidad para hacerlo. Es posible que, de todos modos, algunos de los hogares que utilizan gas o electricidad para cocinar, utilicen al mismo tiempo leña o carbón para calefacción. La ausencia de datos en este sentido hizo que esto haya tenido que estimarse. Las estimaciones se realizaron asumiendo un consumo anual por hogar de 3 t bs, incluyéndose en ellas leña y el equivalente en biomasa del carbón vegetal. Este consumo estimado, relativamente alto, intenta compensar al menos en parte el total de hogares que utilizan otros combustibles para cocinar, y combustibles leñosos para calefacción.

El consumo residencial al año 2007 fue estimado tentativamente, considerando el crecimiento poblacional y factores socio económicos relativos a indicadores de pobreza y la crisis económica de los años 2002-2004. Combinando la influencia de los factores anteriores y la ausencia de datos de referencia, el consumo de combustibles leñosos en el sector residencial al año 2007 fue estimado como 1,5 veces el consumo del 2001. En la Figura 18 se muestran los consumos del sector residencial, por departamento en los años 2001 y 2007.

**Figura 18: Consumo de combustibles leñosos en el sector residencial en el año 2001 (izquierda), basado en el Censo de Hogares y Vivienda INDEC y proyección al 2007 (derecha).**



Por su parte, en la Tabla 6 se detalla la distribución del consumo residencial —correspondiente al año 2001, ya que es el último para el cual se dispone de la apertura— entre los sectores urbano y rural y para cada Provincia.

**Tabla 6. Consumo Residencial Urbano y Rural, por Provincia.**

| Consumo Residencial Urbano y Rural por Provincia |                          |            |                         |            |                           |             |
|--|--------------------------|------------|-------------------------|------------|---------------------------|-------------|
| Año 2001   |                          |            |                         |            |                           |             |
| Provincia  | Consumo Urbano<br>kg/año | % Urbano   | Consumo Rural<br>kg/año | % Rural    | Total Provincia<br>kg/año | % Provincia |
| CAPITAL FEDERAL                                  | 1.080.120                | 100%       | 0                       | 0%         | 1.080.120                 | 0,07%       |
| BUENOS AIRES                                     | 39.660.900               | 73%        | 14.820.600              | 27%        | 54.481.500                | 3,69%       |
| CATAMARCA  | 7.979.730                | 26%        | 22.447.300              | 74%        | 30.427.030                | 2,06%       |
| CORDOBA  | 16.759.000               | 40%        | 25.028.700              | 60%        | 41.787.700                | 2,83%       |
| CORRIENTES                                       | 74.117.800               | 56%        | 57.718.300              | 44%        | 131.836.100               | 8,93%       |
| CHACO  | 95.887.400               | 59%        | 67.002.600              | 41%        | 162.890.000               | 11,03%      |
| CHUBUT   | 3.250.570                | 14%        | 20.451.500              | 86%        | 23.702.070                | 1,61%       |
| ENTRE RIOS                                       | 35.609.200               | 55%        | 29.352.600              | 45%        | 64.961.800                | 4,40%       |
| FORMOSA  | 41.239.900               | 42%        | 56.541.000              | 58%        | 97.780.900                | 6,62%       |
| JUJUY  | 36.469.500               | 50%        | 37.046.200              | 50%        | 73.515.700                | 4,98%       |
| LA PAMPA   | 1.403.120                | 44%        | 1.760.270               | 56%        | 3.163.390                 | 0,21%       |
| LA RIOJA   | 2.619.020                | 18%        | 11.548.300              | 82%        | 14.167.320                | 0,96%       |
| MENDOZA  | 6.894.060                | 30%        | 15.913.500              | 70%        | 22.807.560                | 1,54%       |
| MISIONES   | 223.229.000              | 89%        | 27.432.400              | 11%        | 250.661.400               | 16,97%      |
| NEUQUEN  | 2.188.540                | 18%        | 9.887.740               | 82%        | 12.076.280                | 0,82%       |
| RIO NEGRO  | 8.306.790                | 32%        | 18.020.100              | 68%        | 26.326.890                | 1,78%       |
| SALTA  | 58.803.700               | 43%        | 79.547.600              | 57%        | 138.351.300               | 9,37%       |
| SAN JUAN   | 7.680.240                | 48%        | 8.195.840               | 52%        | 15.876.080                | 1,08%       |
| SAN LUIS   | 1.100.770                | 9%         | 10.670.300              | 91%        | 11.771.070                | 0,80%       |
| SANTA CRUZ                                       | 57.897                   | 2%         | 2.323.600               | 98%        | 2.381.497                 | 0,16%       |
| SANTA FE   | 27.281.000               | 60%        | 18.405.900              | 40%        | 45.686.900                | 3,09%       |
| SANTIAGO DEL ESTERO                              | 62.853.200               | 37%        | 107.002.000             | 63%        | 169.855.200               | 11,50%      |
| TUCUMAN  | 38.173.700               | 48%        | 42.074.300              | 52%        | 80.248.000                | 5,43%       |
| TIERRA DEL FUEGO                                 | 137.438                  | 16%        | 723.657                 | 84%        | 861.095                   | 0,06%       |
| <b>Totales Año 2001</b>                          | <b>792.782.595</b>       | <b>54%</b> | <b>683.914.307</b>      | <b>46%</b> | <b>1.476.696.902</b>      | <b>100%</b> |

Surge de esta tabla que globalmente el consumo residencial urbano es mayor que el rural, aunque hay provincias donde se revierte esta circunstancia —notablemente Santa Cruz, San Luis, Chubut, Tierra del Fuego, Neuquén y La Rioja— como así también que las provincias con mayor consumo residencial son las de Misiones, Santiago del Estero, Chaco, Salta y Corrientes.

### Cartografía de la distribución espacial del consumo residencial

La estimación del consumo fue asociada a la base espacial de centros poblados, a fines de lograr la mayor distribución espacial posible de la demanda, y consecuentemente contabilizar y cartografiar el balance local entre oferta y demanda. El procedimiento fue el siguiente:

#### Cartografía de los centros poblados:

**paraje.shp** (puntos) a partir de los cuales se creó un mapa ráster (250 m): **paraje.grd**

A partir de este mapa se derivó un conjunto de puntos que se localizaban fuera del mapa de áreas urbanas **urban.grd = paraje\_no\_urb**.

**urban.shp** (polígonos) a partir de los cuales se generó un mapa ráster (250 m): **urban.grd**

Usando la función ZONALSTATISTICS se calculó el número de píxeles por departamento de **paraje\_no\_urb** y **urban** (**zst\_dtos\_paraj2.info** (y .dbf) y **zst\_dtos\_urban.info** (y .dbf)).

El consumo por píxel fue estimado en la tabla *hh\_pixel\_cons\_rur\_urb.xls*, utilizando la estimación de hogares rurales y urbanos (ref: INDEC Redatam base de datos del Censo 2001). Desafortunadamente, no existe una relación directa entre el mapa de lugares poblados (paraje and urban) y la distinción que efectúa INDEC entre hogares urbanos y rurales. A los fines de representar de alguna manera el patrón de distribución en los contextos urbano y rural, los valores de consumo por píxel fueron ponderados sobre una relación entre la fracción de hogares que consumen leña en el medio rural y los que consumen leña en el medio urbano calculados para cada departamento.

El proceso resultó en valores de consumo por píxel y por departamento para parajes y para áreas urbanas. A fine de asignar dichos valores a los mapas ráster, los valores (enteros en kg de consumo por píxel) se utilizó para reclasificar el mapa de departamentos (*dtos\_sm3*) como mapas de coeficientes (*dt\_rur\_kgpx.grd* y *dt\_urb\_kgpx.grd*) que serían multiplicados por los mapas ráster de centros poblados:

$$dt\_rur\_kgpx.grd * paraje\_no\_urb.grd = paraj\_kg.grd$$

y

$$dt\_urb\_kgpx.grd * urban.grd = urb\_kg.grd$$

Estos dos mapas fueron luego fusionados en un único mapa de consumo por píxel (*cons01\_kg.grd*) en el que se muestra el consumo estimado en el sector residencial al año 2001 en kg de peso seco (kg sh) / píxel. El mapa *cons07\_kg.grd* representa la estimación del consumo residencial para el año 2007.

### 4.3.2. Sector Comercial.

El consumo comercial de leña y carbón fue estimado para los restaurantes y parrillas, y para los hornos de las panaderías.

#### Parrillas y asadores.

Ante la ausencia de información sobre el consumo de leña y carbón de las tradicionales parrillas argentinas, los valores se estimaron sobre la base del consumo de carne y los requerimientos aproximados de combustible por kg de carne asada. Se asume un total de 600.000 t de carbón consumido anualmente con este fin en parrillas y hogares. Para ser estrictos, parte de este consumo debería haberse considerado como residencial, pero la carencia de datos específicos sobre las prácticas culinarias (como el caso de los asados domésticos) no lo permitió y por ello se incluyó esta fracción en el sector comercial. El total de madera utilizada para producir el carbón necesario se estimó en 3.000.000 t bs, aplicando una tasa de carbonización de 5 t de madera por cada t de carbón.

El consumo total estimado fue distribuido para cada departamento en proporción al número de hogares urbanos reportados en el Censo 2001. El consumo estimado por departamento, se distribuyó luego por píxeles teniendo en cuenta el número de píxeles urbanos en cada departamento. El procedimiento para la creación de este mapa fue similar al seguido en el caso del consumo residencial, tal como se explicó anteriormente.

#### Panaderías

La biomasa utilizada por las panaderías (esencialmente leña) fue estimado considerando el total de pan consumido en el país (0,2 kg/persona/día), la cantidad de madera necesaria para hornear 1 kg de pan (1 kg sh madera / 1 kg de pan, FAO, 1987) y la red de distribución de gas, para identificar las panaderías consumidoras de leña probables. La probabilidad de uso de leña o gas se estimó sobre el acceso de gas de red de cada departamento (se contaba con información relativa a la proporción de hogares con abastecimiento de gas en cada departamento), asumiendo que solamente el 10% de las panaderías existentes en localidades abastecidas con el servicio utilizarían leña, mientras que por el contrario, el 90% de las panaderías utilizarían leña si no tuviesen acceso a la red de gas. Sobre esta base se estimó que sobre el total 2,6 millones de toneladas de pan consumido anualmente, 0,87 millones de toneladas son horneados con leña.

### 4.3.3. Sector Industrial.

No existe información sobre el uso de combustibles biomásicos en el sector industrial, excepto algunos datos sobre el uso informal de leña o carbón en procesos de menor escala o rurales.

Fueron analizados dos rubros consumidores de leña a nivel industrial: Ladrilleras y secaderos de yerba mate y té.

#### **Ladrilleras.**

El consumo de leña en la industria del ladrillo es sustancial, pero no se cuenta con información acerca de las cantidades utilizadas ni de la ubicación de estas industrias.

Tomando como base la poca información disponible, se consideraron las siguientes premisas:

En pequeñas y medianas áreas urbanas existe al menos una fábrica de ladrillos cada 1000 habitantes (0,7 en las áreas urbanas de entre 200.000 y 300.000 habitantes; 0,5 en las ciudades de hasta 300.000 habitantes y ninguna en las grandes ciudades);

Cada unidad produce 12.000 ladrillos por mes, y trabaja 10 meses al año;

Un ladrillo pesa 1,55 kg;

Se necesitan 0,39 kg de leña para cada kg de ladrillo (FAO, 1987)

Este cálculo arrojó que existen 21.000 unidades de producción y que se consumen 1,6 millones de toneladas leña (t sa) anualmente.

#### **Secaderos de yerba mate y té.**

El secado de la yerba mate y de las hojas de té consume aproximadamente 270.000 t sa de leña anualmente, de acuerdo a la información del Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM). Este consumo se concentra en las provincias de Misiones y Corrientes, donde están localizados estos cultivos.

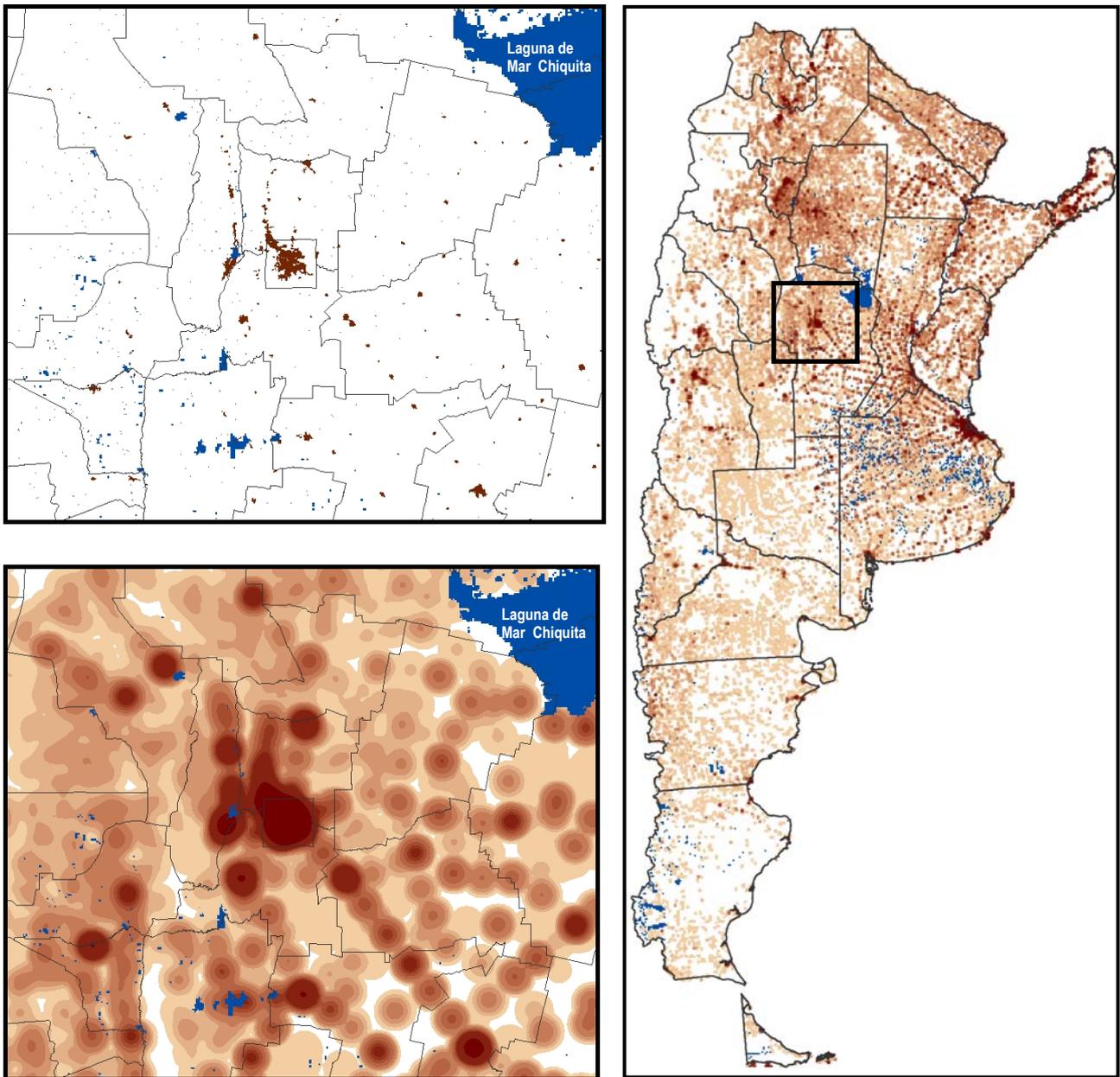
La Figura 19 muestra la distribución espacial del total del consumo, para todo el país, y para áreas piloto. En el ejemplo es posible visualizar los datos del consumo en su forma original (arriba a la izquierda) y mediante la aplicación de la función FOCALMEAN, que recalcula los valores de los píxeles considerando el promedio de los valores de los píxeles circundantes (en este caso un radio de 10 km), se obtiene un mapa que ofrece una mejor percepción de la intensidad del consumo.

La Tabla 7 provee un resumen a nivel provincial de varias de las capas temáticas del módulo demanda.

En ausencia de información confiable proveniente de encuestas o estudios puntuales, los datos del módulo demanda pueden no ser todo lo consistentes que se hubiera deseado. Las estimaciones producidas deberían considerarse solo de manera indicativa y revisarse sobre la base de información más confiable. Muchos sectores del consumo que aparecían menos relevantes no fueron incluidos (por ejemplo, el consumo en industrias alimentarias, madereras, metalurgias, o en actividades artesanales).

A pesar de la escasez de información, el ejercicio reveló la magnitud del consumo de combustibles leñosos en varios sectores y la importancia del rol que juegan en la matriz energética del país.

**Figura 19: Distribución espacial del total del consumo de combustibles biomásicos en los sectores residencial, comercial e industrial. Ciudad de Córdoba y alrededores.**



**Tabla 7: Consumo de combustibles biomásicos por provincia [toneladas en base seca por año].**

| Provincia |                     | Sector residencial      |                  | Restaurantes y asados |                  | Panaderías     | Ladrilleras      | Secaderos de Yerba mate y té | Consumo Total           |                  |
|-----------|---------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|------------------|----------------|------------------|------------------------------|-------------------------|------------------|
|           |                     | 2001                    | 2007             |                       |                  |                |                  |                              | 2001                    | 2007             |
|           |                     | Leña o leña-equivalente |                  | Carbón                | Leña-equiv.      | Leña           | Leña             | Leña                         | Leña o leña-equivalente |                  |
| 2         | Ciudad de Bs. As    | 1.080                   | 1.620            | 67.534                | 337.672          | 20.266         | 0                |                              | 359.018                 | 359.558          |
| 6         | Buenos Aires        | 54.482                  | 81.722           | 248.390               | 1.241.950        | 272.147        | 649.747          |                              | 2.218.326               | 2.245.566        |
| 10        | Catamarca           | 30.427                  | 45.641           | 3.809                 | 19.046           | 12.303         | 22.180           |                              | 83.956                  | 99.169           |
| 14        | Córdoba             | 41.788                  | 62.682           | 51.509                | 257.543          | 26.578         | 112.417          |                              | 438.326                 | 459.219          |
| 18        | Corrientes          | 131.836                 | 197.754          | 11.924                | 59.619           | 61.166         | 44.217           | 32.733                       | 329.572                 | 395.490          |
| 22        | Chaco               | 162.890                 | 244.335          | 12.709                | 63.544           | 64.679         | 46.287           |                              | 337.399                 | 418.844          |
| 26        | Chubut              | 23.702                  | 35.553           | 6.704                 | 33.520           | 16.958         | 28.448           |                              | 102.628                 | 114.479          |
| 30        | Entre Ríos          | 64.962                  | 97.443           | 17.239                | 86.196           | 11.442         | 67.244           |                              | 229.844                 | 262.325          |
| 34        | Formosa             | 97.781                  | 146.671          | 5.826                 | 29.129           | 31.968         | 24.095           |                              | 182.973                 | 231.863          |
| 38        | Jujuy               | 73.516                  | 110.274          | 7.881                 | 39.403           | 9.972          | 35.144           |                              | 158.035                 | 194.793          |
| 42        | La Pampa            | 3.163                   | 4.745            | 4.874                 | 24.368           | 11.550         | 20.020           |                              | 59.102                  | 60.684           |
| 46        | La Rioja            | 14.167                  | 21.251           | 3.726                 | 18.628           | 10.501         | 19.538           |                              | 62.835                  | 69.918           |
| 50        | Mendoza             | 22.808                  | 34.211           | 21.822                | 109.112          | 30.355         | 89.952           |                              | 252.226                 | 263.630          |
| 54        | Misiones            | 250.661                 | 375.992          | 11.181                | 55.904           | 63.435         | 46.388           | 239.581                      | 655.969                 | 781.299          |
| 58        | Neuquén             | 12.076                  | 18.114           | 7.504                 | 37.521           | 10.676         | 20.665           |                              | 80.938                  | 86.976           |
| 62        | Río Negro           | 26.327                  | 39.490           | 8.321                 | 41.606           | 6.843          | 30.401           |                              | 105.177                 | 118.341          |
| 66        | Salta               | 138.351                 | 207.527          | 13.282                | 66.409           | 21.599         | 52.598           |                              | 278.956                 | 348.132          |
| 70        | San Juan            | 15.876                  | 23.814           | 8.566                 | 42.829           | 11.805         | 40.929           |                              | 111.440                 | 119.378          |
| 74        | San Luis            | 11.771                  | 17.657           | 5.797                 | 28.983           | 5.586          | 25.116           |                              | 71.456                  | 77.342           |
| 78        | Santa Cruz          | 2.381                   | 3.572            | 3.408                 | 17.041           | 12.940         | 13.878           |                              | 46.240                  | 47.431           |
| 82        | Santa Fe            | 45.687                  | 68.530           | 51.539                | 257.694          | 95.843         | 91.023           |                              | 490.247                 | 513.090          |
| 86        | Santiago del Estero | 169.855                 | 254.783          | 7.773                 | 38.866           | 44.922         | 37.383           |                              | 291.026                 | 375.953          |
| 90        | Tucumán             | 80.248                  | 120.372          | 16.509                | 82.546           | 14.301         | 61.361           |                              | 238.456                 | 278.580          |
| 94        | Tierra del Fuego    | 861                     | 1.292            | 1.781                 | 8.906            | 3.411          | 87               |                              | 13.265                  | 13.696           |
|           | <b>Total</b>        | <b>1.476.696</b>        | <b>2.215.044</b> | <b>599.607</b>        | <b>2.998.035</b> | <b>871.246</b> | <b>1.579.117</b> | <b>272.314</b>               | <b>7.197.408</b>        | <b>7.935.756</b> |

## 4.4. Módulo Integración.

El principal y más importante resultado del módulo de integración es el balance entre la oferta potencial y el consumo actual. Este análisis se llevó a cabo en dos etapas subsecuentes. En primer lugar, a **nivel local**, para cuantificar el balance oferta/demanda para cada píxel o en un determinado radio, y, en segundo lugar a **nivel comercial**, considerando solamente la oferta potencial proveniente de fuentes biomásicas susceptibles de ser aprovechadas comercialmente para la producción de energía y los actuales niveles de consumo.

La integración de los datos de oferta, demanda y balance con otras capas temáticas, como por ejemplo parámetros socio económicos, indicadores de pobreza, infraestructura de generación y distribución de energías convencionales, etc., es factible de hacer y altamente recomendable. La combinación a nivel geográfico de dendro y agro energía con otros aspectos producirá una aproximación más cercana a esta temática tan multifacética como lo es la bioenergía, y generará un nivel de conocimiento y de capacidad de formular políticas y planes adaptados a las realidades locales. Debido a la carencia de datos adecuados para ser utilizados sin requerir procesamientos previos onerosos, y en función del tiempo que requieren para su adecuación, este nivel adicional de análisis no se ha llevado a cabo al momento de presentar este análisis, pero se recomienda enfáticamente profundizar el grado de análisis de la integración en la medida en que se detecte el interés sobre ello.

### 4.4.1. Balance local entre Oferta y Demanda.

#### Balance a nivel Píxel.

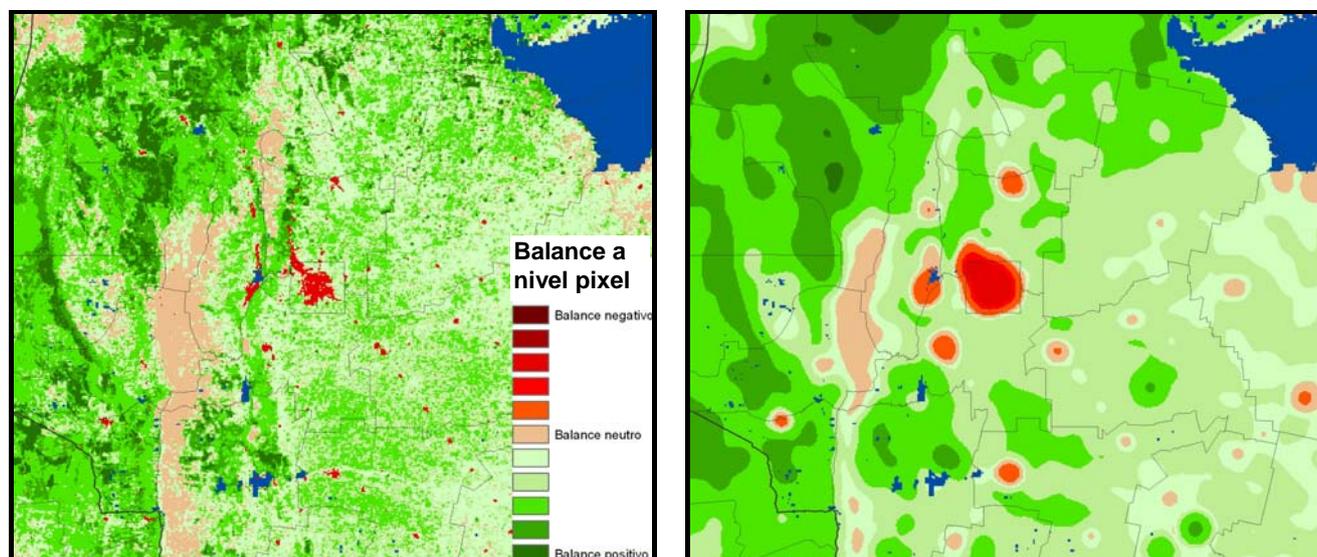
El balance oferta/demanda a nivel píxel se calcula mediante la productividad accesible y potencialmente disponible para energía a nivel píxel (ver las categorías de productividad en la sección 4.2.5 “Síntesis de la oferta potencial”) y la consecuente deducción del consumo a nivel píxel.

#### Balance en el contexto local.

El cálculo de balance oferta/demanda por píxel tiene una función muy útil a los fines de contabilizar el saldo disponible para energía, pero representa un balance algo virtual, ya que las celdas individuales son en realidad tanto sitios de producción como de consumo. Más significativo es representar la relación entre el consumo y la oferta potencial dentro de una superficie que se relacione con el verdadero contexto de oferta. En el caso del consumo local para sectores residenciales, comerciales o industriales de pequeña escala en áreas rurales, dicho horizonte es representado por la distancia que los consumidores locales y los proveedores están dispuestos a alcanzar para buscar o llevar el combustible leñoso. Para poder visualizar este factor, mediante la función FOCALMEAN, el balance de cada celda fue calculado como el balance entre los valores medios de oferta y demanda en un radio de **10 km** alrededor de cada celda.

En la Figura 20 se muestran ejemplos de balances a nivel píxel y en el contexto local para la ciudad de Córdoba.

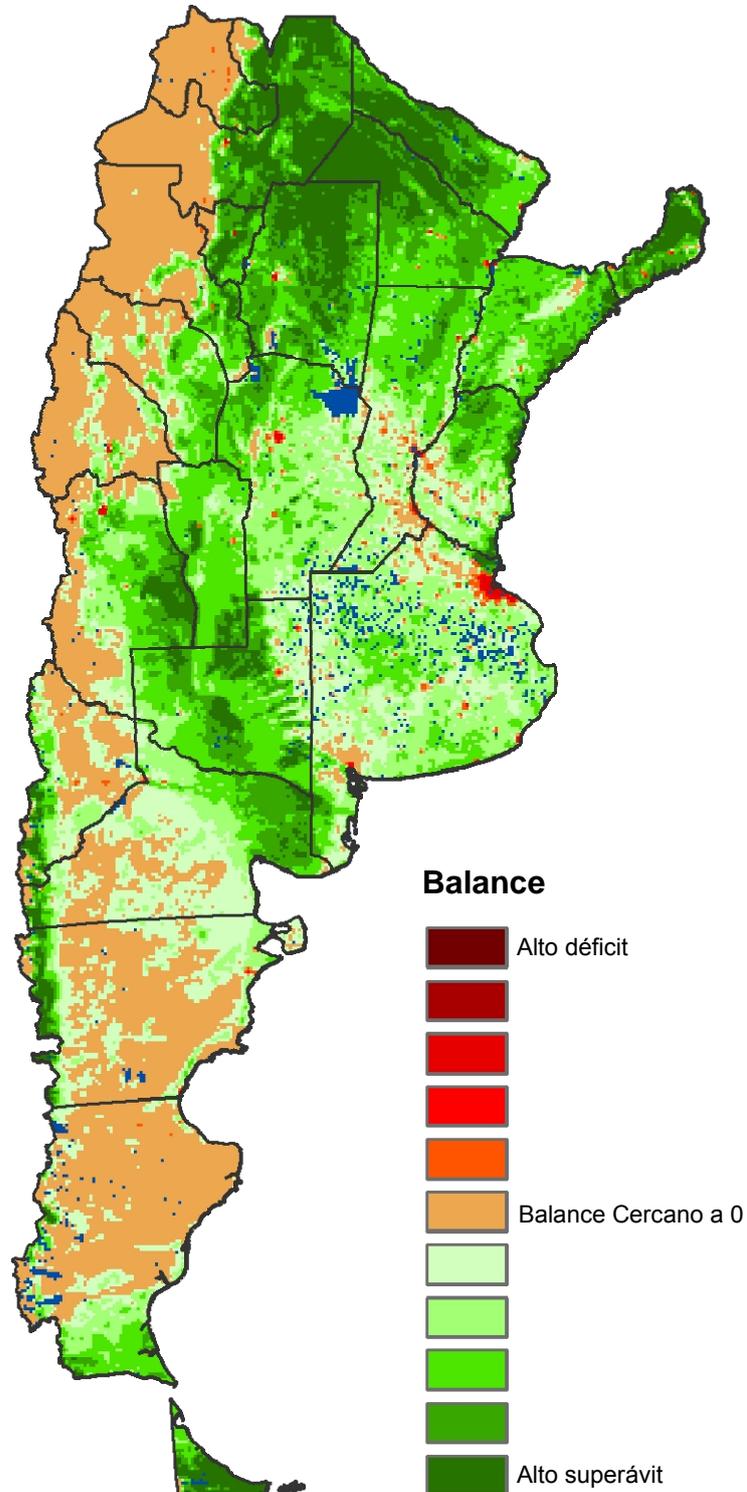
**Figura 20:** Ejemplo de balance oferta/demanda a nivel píxel (izquierda) y en un contexto local con un radio de 10 km (derecha). Ambos referidos a la variante de productividad media.



Comparando ambos mapas es evidentes cómo algunas áreas deficitarias (a nivel píxel) alcanzan condiciones de superávit cuando son analizadas con un radio de 10 km. Al mismo tiempo, áreas deficitarias de unos pocos píxeles se mantienen con balance negativo, aún analizadas con un horizonte de 10 km, lo que demuestra que son sitios de consumo.

La Figura 21 provee una síntesis nacional del balance oferta/demanda en un contexto local de 10 km.

**Figura 21:** Síntesis nacional del balance oferta/demanda (variante productividad media).



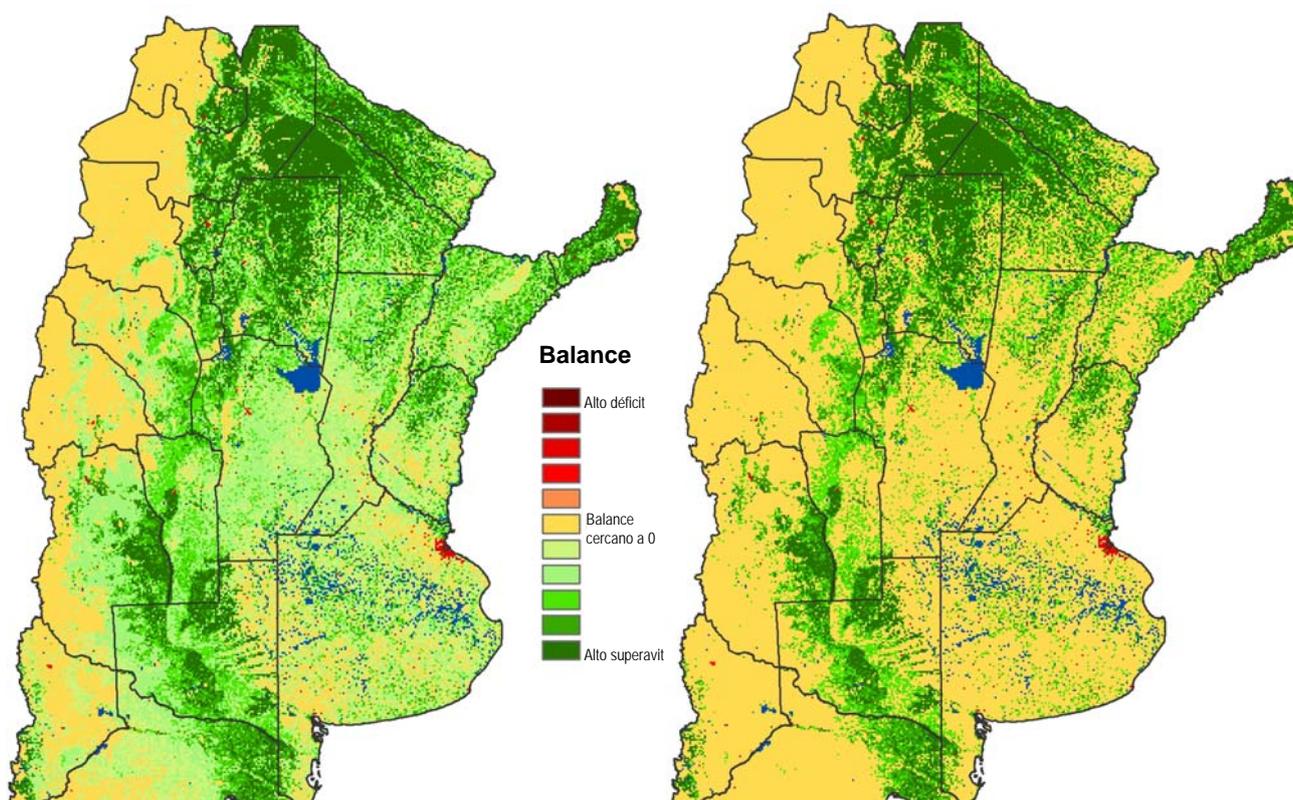
#### 4.4.2. Balance “Comercial”.

El balance comercial fue analizado con el propósito de determinar una zona de oferta sustentable más realista en función de abastecer a los mercados demandantes de combustibles leñosos, tales como las áreas urbanas, para el planeamiento bioenergético para futuras plantas de producción de energía, o para exportación.

En la definición de balance “comercial”, del lado de la oferta, se considera solamente la fracción de la oferta potencial que puede verse como disponible y conveniente en sistemas orientados a la comercialización; mientras que del lado de la demanda se considera la totalidad de la demanda calculada.

La Figura 22 muestra la diferencia entre el balance primario y el comercial, basado en el balance de la productividad media.

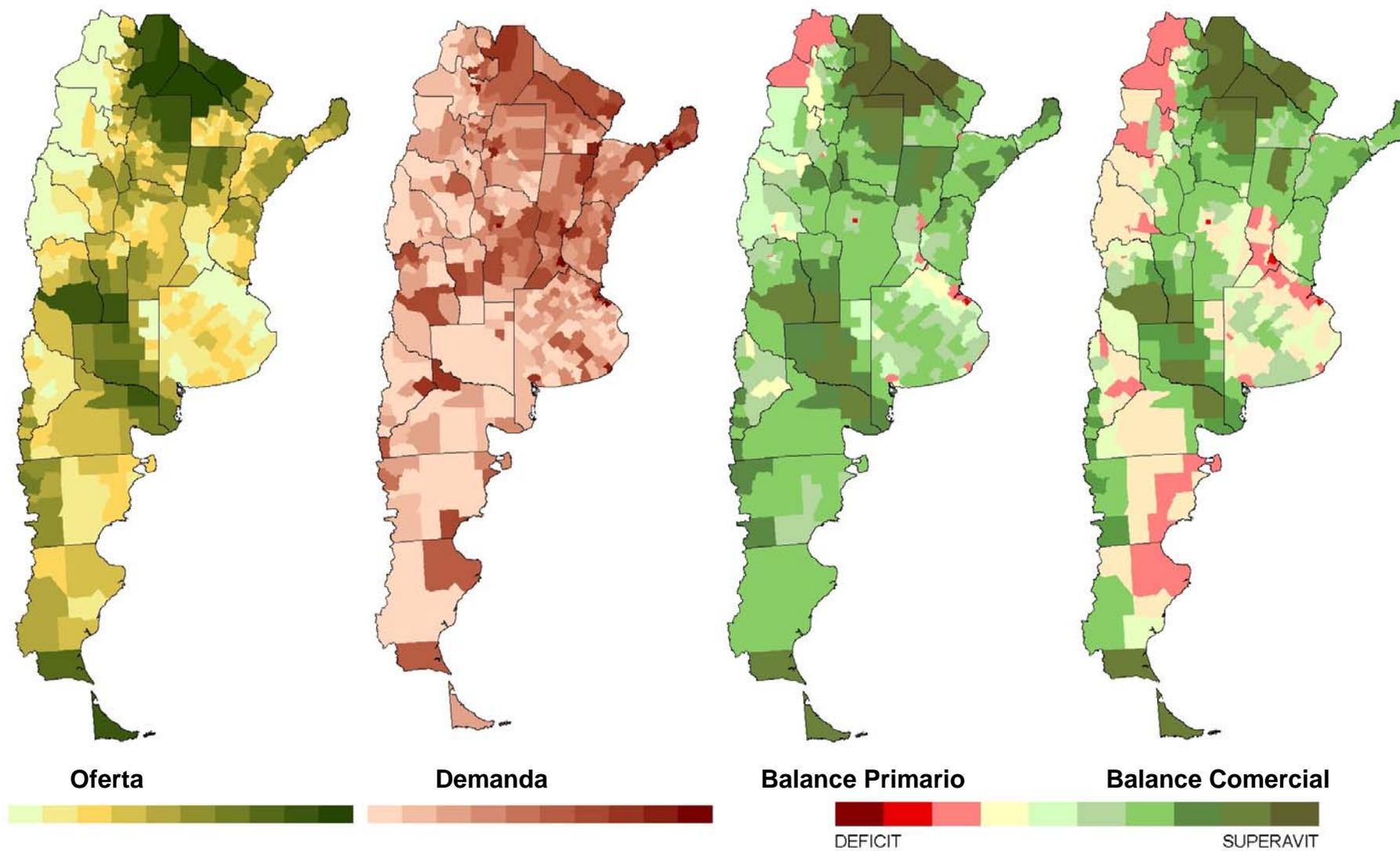
**Figura 22:** Ejemplo a nivel píxel del balance oferta/demanda primario (izquierda) y el balance “comercial” (derecha), ambos referidos a la variante de productividad media.



En la Figura 23 puede observarse una síntesis de la oferta, el consumo y el balance oferta/demanda a nivel departamental, siempre aplicando la variante de productividad media.

La Tabla 8, por su parte, provee un resumen a nivel provincial de las tres variantes (mínima, media y máxima) para la oferta y los balances oferta/demanda total y comercial.

Figura 23: Síntesis a nivel departamento de los resultados de la variante de productividad media.



**Tabla 8: Resumen provincial del análisis del balance oferta/demanda [Miles de toneladas en base seca por año].**

| Provincia |                     | Oferta potencial |                |                | Balance oferta/demanda |                |                | Balance comercial |                |                |
|-----------|---------------------|------------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
|           |                     | Mínimo           | Medio          | Máximo         | Mínimo                 | Medio          | Máximo         | Mínimo            | Medio          | Máximo         |
|           |                     | ac_bkg_mn        | ac_bkg_md      | ac_bkg_mx      | bal_2007_mn            | bal_2007_md    | bal_2007_mx    | bal_com07_mn      | bal_com07_md   | bal_com07_mx   |
| 2         | Ciudad de Bs. As    | 6                | 7              | 7              | -532                   | -532           | -531           | -532              | -532           | -531           |
| 6         | Buenos Aires        | 4.520            | 7.749          | 10.903         | 1.192                  | 4.422          | 7.575          | -1.923            | 735            | 3.568          |
| 10        | Catamarca           | 1.363            | 2.168          | 2.952          | 1.237                  | 2.042          | 2.826          | 780               | 1.685          | 2.483          |
| 14        | Córdoba             | 3.790            | 6.206          | 8.517          | 3.133                  | 5.549          | 7.859          | 934               | 3.089          | 5.442          |
| 18        | Corrientes          | 3.863            | 6.302          | 8.748          | 3.368                  | 5.807          | 8.254          | 2.091             | 4.865          | 7.423          |
| 22        | Chaco               | 8.090            | 13.490         | 18.702         | 7.584                  | 12.984         | 18.195         | 6.521             | 12.263         | 17.702         |
| 26        | Chubut              | 2.639            | 4.256          | 5.870          | 2.485                  | 4.102          | 5.716          | 1.365             | 2.418          | 3.524          |
| 30        | Entre Ríos          | 2.682            | 4.511          | 6.302          | 2.338                  | 4.166          | 5.957          | 1.511             | 3.323          | 5.038          |
| 34        | Formosa             | 5.811            | 9.668          | 13.428         | 5.537                  | 9.393          | 13.154         | 4.745             | 8.952          | 12.835         |
| 38        | Jujuy               | 1.863            | 2.671          | 3.471          | 1.626                  | 2.434          | 3.234          | 1.532             | 2.342          | 3.155          |
| 42        | La Pampa            | 6.403            | 10.692         | 14.915         | 6.314                  | 10.603         | 14.826         | 4.366             | 9.094          | 13.470         |
| 46        | La Rioja            | 1.556            | 2.506          | 3.443          | 1.462                  | 2.412          | 3.348          | 531               | 1.669          | 2.702          |
| 50        | Mendoza             | 4.348            | 6.854          | 9.354          | 3.970                  | 6.476          | 8.975          | 2.671             | 4.883          | 7.378          |
| 54        | Misiones            | 3.681            | 5.278          | 6.915          | 2.697                  | 4.294          | 5.931          | 2.443             | 4.185          | 5.883          |
| 58        | Neuquén             | 1.648            | 2.596          | 3.539          | 1.527                  | 2.475          | 3.418          | 1.013             | 1.777          | 2.574          |
| 62        | Río Negro           | 4.577            | 7.452          | 10.331         | 4.419                  | 7.294          | 10.173         | 2.781             | 5.227          | 7.613          |
| 66        | Salta               | 10.682           | 17.151         | 23.425         | 10.264                 | 16.733         | 23.007         | 9.562             | 16.216         | 22.598         |
| 70        | San Juan            | 425              | 613            | 800            | 257                    | 445            | 632            | -15               | 54             | 162            |
| 74        | San Luis            | 2.776            | 4.639          | 6.459          | 2.669                  | 4.531          | 6.352          | 1.271             | 3.640          | 5.734          |
| 78        | Santa Cruz          | 1.994            | 3.286          | 4.594          | 1.925                  | 3.217          | 4.524          | 698               | 1.518          | 2.566          |
| 82        | Santa Fe            | 3.058            | 5.053          | 7.000          | 2.323                  | 4.318          | 6.264          | 538               | 2.517          | 4.517          |
| 86        | Santiago del Estero | 10.341           | 17.277         | 23.965         | 9.905                  | 16.841         | 23.529         | 8.550             | 15.944         | 22.966         |
| 90        | Tucumán             | 2.585            | 3.347          | 4.093          | 2.227                  | 2.990          | 3.735          | 2.057             | 2.859          | 3.626          |
| 94        | Tierra del Fuego    | 2.943            | 4.588          | 6.219          | 2.923                  | 4.568          | 6.199          | 2.790             | 4.470          | 6.119          |
|           | <b>Total</b>        | <b>91.646</b>    | <b>148.360</b> | <b>203.949</b> | <b>80.850</b>          | <b>137.564</b> | <b>193.153</b> | <b>56.278</b>     | <b>113.191</b> | <b>168.547</b> |

## 4.5. Análisis de cuencas de aprovisionamiento de biomasa. (Biocuecas)

A fin de mostrar las diferentes posibilidades que ofrece la metodología, se ha realizado un análisis de cuencas de aprovisionamiento de biomasa. En efecto, sobre la base del balance comercial es posible delimitar áreas de oferta sustentable potencial que puedan abastecer a las principales ciudades y sus áreas de influencia, considerando siempre el consumo de las áreas suburbanas y las áreas rurales circundantes, así como los recursos disponibles. En estudios previos estas zonas han sido denominadas con el término de “dendro-cuecas” (o “dendro-cuecas urbanas”, cuando se refieren específicamente a los sitios de consumo urbanos), en analogía a otro concepto geográfico más conocido, el de cuenca hidrográfica (FAO, 2008). En el contexto del análisis WISDOM Argentina, este término se ha re bautizado bajo la denominación bio-cuecas, ya que no se ha considerado únicamente biomasa proveniente del sector forestal, sino que en el módulo oferta se ha ampliado el alcance a otras fuentes de biomasa.

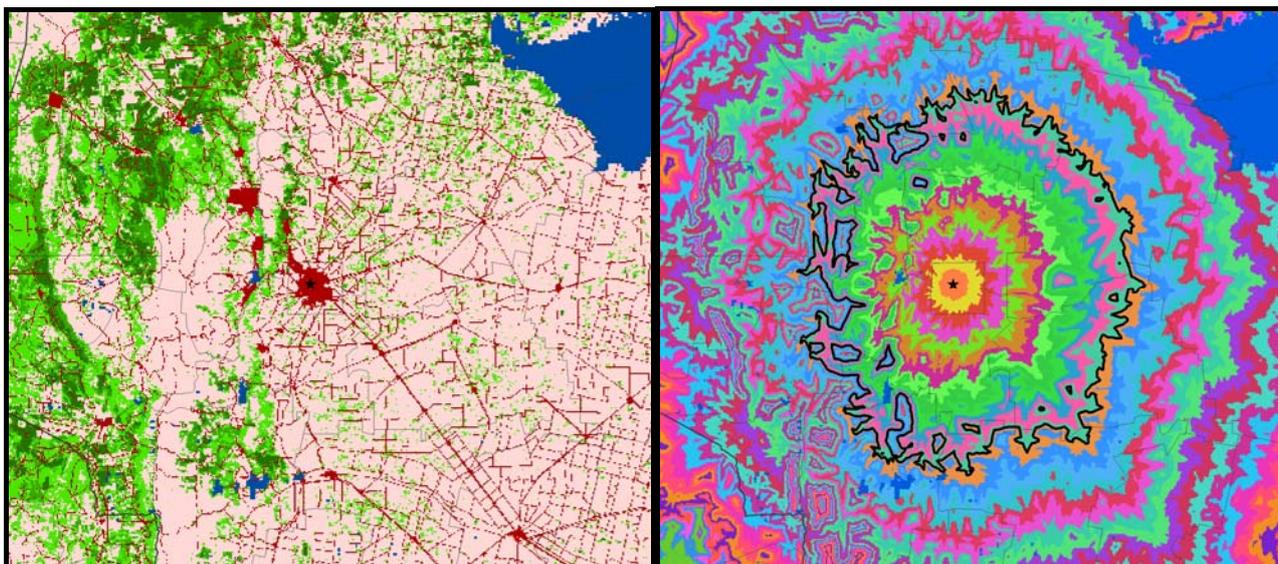
La bio-cuenca de una determinada ciudad o sitio de consumo puede ser definida como el área que rodea a dicho sitio, en la cual el balance entre el total de la demanda de combustible biomásico y el superávit comercial alcanza la estabilidad (es decir, da un valor cero o positivo).

El consumo fuera de la ciudad es tomado en cuenta íntegramente como áreas de déficit local, mientras que el superávit de biomasa leñosa (productividad local más alta que consumo local) es limitado a la variante comercial, tal como se discutió anteriormente cuando se definía la oferta comercial y el balance comercial.

El procedimiento de estimación para determinar la bio-cuenca de una ciudad determinada consiste en expandir el área que rodea a la ciudad (o a cualquier punto que se tome para hacer este análisis) considerando el gradiente de accesibilidad (ver sección 4.2.2) hasta que los valores acumulados del balance comercial alcancen valores positivos, lo que indica que dentro de ese territorio, la oferta potencial es suficiente para cubrir la demanda.

Como ejemplo de análisis de bio-cuecas, la Figura 24 muestra el área de la ciudad de Córdoba con su balance comercial y su red de comunicaciones (izquierda) y las isocuecas de accesibilidad (derecha). Para ejecutar el análisis, debe ponerse en marcha la función ZONALSTATISTICS y definir al mapa de áreas de igual accesibilidad como zona de análisis, y el mapa de balance como valor. Cada área asumirá los valores de balance que le correspondan, dependiendo del mapa de balance considerado. La definición del área de oferta sustentable se hace progresivamente adicionando los valores del balance de los anillos, comenzando desde el punto central (la ciudad), hasta que el balance acumulado adquiera valor positivo.

**Figura 24: Balance comercial para la ciudad de Córdoba (variante de productividad media), red de vías de comunicación (izquierda); y el correspondiente mapa de accesibilidad.**

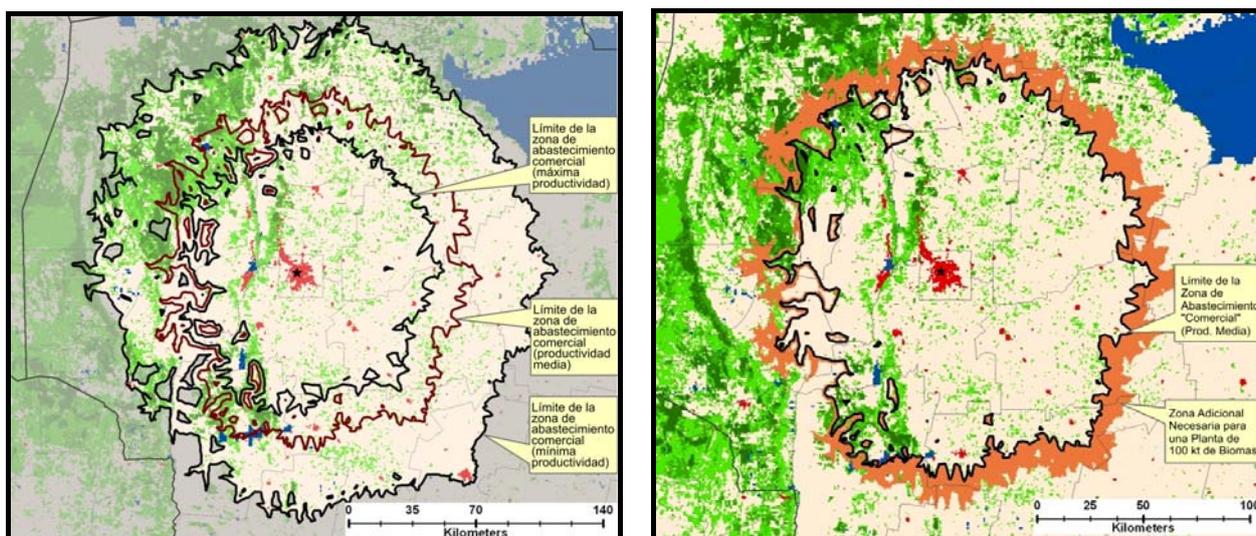


La Figura 25 muestra las tres zonas de oferta correspondientes a las variantes de productividad mínima, media y máxima del balance comercial (mapa superior). La zona finalmente determinada muestra un radio de entre 80 y 140 km, aproximadamente.

Como ejemplo del análisis, en el mapa derecho de la Figura 25, se muestra cual sería el área de oferta adicional si se planteara la instalación de una planta de generación de energía que consumiera 100.000 t/año en las proximidades de la ciudad.

### Figura 25: Ejemplo de bio-cuenca para la ciudad de Córdoba.

Zona de oferta sustentable correspondiente a las variantes mínima, media y máxima del balance comercial de oferta/demanda (mapa izquierdo). Zona de oferta adicional necesaria para abastecer una hipotética planta de generación de energía de 100.000 t/año (mapa derecho).



El ejemplo de análisis aquí presentado asume que la totalidad del excedente es gestionado sustentablemente para producir la cantidad requerida de combustible. Esto es obviamente una situación teórica. Puede ser aconsejable, de hecho, asumir diferentes "intensidades de manejo" correspondientes a la tasa de productos que serán puestos bajo un régimen de producción sustentable dentro del área y en un determinado período. Esto significaría que la oferta real representa solamente una fracción de la oferta potencial. De acuerdo a esto, para lograr la condición de balance, la bio-cuenca incrementará su superficie hasta que la condición de balance sea nuevamente alcanzada.

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Los resultados alcanzados durante el desarrollo del proyecto fueron de múltiples dimensiones, incluyendo aspectos técnicos, de información y conocimiento y de tipo institucional.

Desde el punto de vista técnico, se pusieron a disposición de los profesionales e Instituciones locales potentes herramientas de gestión y análisis de información. Las bases de datos y cartografía elaborados relevan de entrar en mayor detalle a este respecto.

Desde el punto de vista de la información y el conocimiento, se avanzó decididamente en la percepción de la realidad que representa la biomasa como fuente de energía actual y potencial, bastando a este respecto mencionar que, a partir de la estimación del consumo de biomasa en sectores habitualmente no relevados por el Balance Energético Nacional, se ha podido concluir que los valores usualmente mencionados para esta fuente de energía prácticamente se duplican, y la disponibilidad potencial de recursos sustentables y residuos de biomasa son de una magnitud cercana a la mitad de la Oferta Interna de Energía Primaria del país.

Finalmente, desde el punto de vista institucional, la participación y cooperación de los sectores involucrados —forestal, agropecuario, energético, ambiental, estadístico— hacen prever un amplio desarrollo y profundización de las limitadas acciones desarrolladas por el proyecto, lo que solo puede conducir a una mayor y mas eficaz utilización de los recursos disponibles.

### 5.1. Análisis del consumo actual de dendrocombustibles.

El estudio realizado en el módulo de demanda WISDOM cubrió los sectores residencial, comercial e industrial, aunque la información de base disponible era muy escasa, no solo en el plano de los datos reales de consumo sino también a nivel de los parámetros estándar de consumo específico para la Argentina.

Los principales resultados alcanzados se resumen en la Tabla siguiente.

**Tabla 9. Consumo relevado de dendrocombustibles.**

| Sector Residencial   |           | Sector Comercial         |            | Sector Industrial |                           | Total            |
|----------------------|-----------|--------------------------|------------|-------------------|---------------------------|------------------|
| Urbano <sup>23</sup> | Rural     | Restaurantes y parrillas | Panaderías | Ladrillos         | Secado de yerba mate y té |                  |
| t                    | t         | t                        | t          | t                 | t                         | t                |
| 1.190.000            | 1.025.000 | 2.998.035                | 871.246    | 1.579.117         | 272.314                   |                  |
| <b>2.215.000</b>     |           | <b>3.869.281</b>         |            | <b>1.851.431</b>  |                           | <b>7.935.756</b> |

El grueso del consumo —cuyo total es equivalente a unas 2.380 ktep— se concentra en el sector comercial, siendo los consumos de los sectores residencial e industrial de similar significación, aproximadamente la mitad del anterior.

La provincia donde se estimó un mayor consumo fue la de Buenos Aires (2.245.566 t), seguida de Misiones (781.299 t), Santa Fe (513.090 t), Córdoba (459.219 t), Chaco (418.844 t), Corrientes (395.490 t) y Santiago del Estero (375.953 t).

Estos sectores no son habitualmente relevados por el BEN, el que se concentra en los combustibles utilizados para la autoproducción de electricidad y que representan unas 2.255 ktep. En función de ello es que se presume que el consumo total real de biomasa para energía en el país se acerca a las 5.000 ktep.

<sup>23</sup> La desagregación entre urbano y rural está hecha sobre la base de los consumos del año 2001, proyectada al 2007.

### 5.1.1. Sector Residencial.

Para el sector residencial el cálculo se realizó sobre la base del Censo del INDEC del año 2001, en el cual se informa sobre el número de hogares que utilizan leña o carbón para cocinar. La estimación del consumo para calefacción o provisión de agua caliente se infirió en base a la situación del combustible utilizado para cocinar, asumiendo que en aquellos hogares en los cuales la leña o el carbón son utilizados con este fin, también lo utilizan con fines de calefacción, ya que no contarían con servicios de gas o electricidad para hacerlo.

En función de ello, y asumiendo un consumo anual por hogar de 3 t —incluyéndose en ellas leña y el equivalente en biomasa del carbón vegetal— se estimó el consumo a nivel residencial (por hogar y por Departamento).

El consumo residencial al año 2007 fue estimado tentativamente, considerando el crecimiento poblacional y factores socio económicos relativos a indicadores de pobreza y la crisis económica de los años 2002-2004. Combinando la influencia de los factores anteriores y la ausencia de datos de referencia, el consumo de combustibles leñosos en el sector residencial al año 2007 fue estimado como 1,5 veces el consumo del 2001. Las estimaciones de consumo residencial de combustibles leñosos dieron como resultado 1.476.696 t para el año 2001 y 2.215.044 t para el año 2007.

Este consumo estimado, relativamente alto, intentó compensar al menos en parte el total de hogares que utilizan otros combustibles para cocinar y combustibles leñosos para calefacción. La estimación del consumo, a su vez, fue asociada a la base espacial de centros poblados, a fin de lograr la mayor distribución espacial posible de la demanda, y consecuentemente contabilizar y cartografiar el balance local entre oferta y demanda.

Resulta evidente que existe un gran campo para mejorar estas estimaciones, incluyendo la realización de sugerencias para la confección de los formularios de los Censos hacia el futuro.

### 5.1.2. Sector Comercial.

En el sector comercial, el consumo estimado fue el de leña y carbón para los restaurantes y parrillas, y el existente en los hornos de las panaderías. Ante la ausencia de información sobre el consumo de leña y carbón de las parrillas, los valores se estimaron sobre la base del consumo de carne y los requerimientos aproximados de combustible por kg de carne asada.

Se asumió un total de 600.000 t de carbón consumido anualmente, en tanto que el total de madera utilizada para producir el carbón necesario se estimó en 3.000.000 t, aplicando una tasa de carbonización de 5 t de madera por cada t de carbón. El consumo total estimado fue distribuido para cada Departamento en proporción al número de hogares urbanos informados en el Censo 2001.

La biomasa utilizada por las panaderías (esencialmente leña) fue estimada considerando el total de pan consumido en el país (0,2 kg/persona/día), la cantidad de madera necesaria para hornear 1 kg de pan y la red de distribución de gas, para identificar las probables panaderías consumidoras de leña.

Las estimaciones de consumo comercial de combustibles leñosos dieron como resultado 2.998.035 t para restaurantes y parrillas y 871.246 t para las panaderías, con un total general de 3.869.281 t.

También en este caso existe la necesidad de mejorar los datos básicos a aplicar y los parámetros de consumo utilizados para el cálculo.

### 5.1.3. Sector Industrial.

En el sector industrial fueron analizados los dos rubros considerados como los principales consumidores de leña: las industrias ladrilleras y los secaderos de yerba mate y té.

En la industria del ladrillo —una vez más por falta de información— el cálculo se realizó con parámetros estándar, llegando a un consumo de 1,6 millones de t de leña anuales.

El secado de la yerba mate y de las hojas de té, por su parte, se estimó que consume aproximadamente 270.000 t de leña anualmente —excluyentemente en las provincias de Misiones y Corrientes— de acuerdo a la información suministrada por el Instituto Nacional de la Yerba Mate (INYM).

Otras áreas del consumo que aparecían menos relevantes, como por ejemplo, las industrias alimentarias, madereras, metalúrgicas, o de actividades artesanales, no fueron incluidas. Esto muestra que es posible mejorar y complementar los valores estimados en este sector.

#### **5.1.4. Consumo Total.**

En resumen, el consumo actual de biomasa con fines energéticos se estimó en 7.954.325 t, de los cuales 2,1 millones de t provienen del sector residencial, 3,9 millones de t se deben al sector comercial y 1,9 millones de t se utilizan en el sector industrial.

En ausencia de información confiable proveniente de encuestas o estudios puntuales, estos datos del módulo de demanda no son todo lo consistentes que se hubiera deseado, por lo que las estimaciones producidas deben considerarse solo de manera indicativa y revisarse —cuando ello sea posible— sobre la base de información más confiable.

Sin embargo, el ejercicio reveló la magnitud del consumo de combustibles leñosos en varios sectores y la importancia del rol que juegan en el balance energético del país, como ya se ha mencionado con anterioridad.

## **5.2. Análisis de las fuentes de producción de dendrocombustibles.**

### **5.2.1. Bosques Nativos e Implantados.**

#### **Plantaciones Forestales.**

La estimación de los volúmenes de Plantaciones Forestales se basó en la información obtenida a través del Inventario de Plantaciones Forestales del año 2001. En este caso las cantidades disponibles (en las zonas de cultivo) se limitan a las ramas y despuntes y a los raleos. La estimación de los volúmenes disponibles no industriales, se basaron en la diferencia entre la biomasa dendroenergética y la biomasa del fuste. Los valores de biomasa producida a partir de raleos se estimaron de manera conservadora, tomando como base el 10% del incremento anual (mínimo, medio o máximo) por año.

#### **Bosques Nativos.**

La estimación del volumen de bosques nativos fue elaborada en base a los resultados del “Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos”, realizado durante el período 1998-2005 por la Dirección de Bosques de la SAyDS. La información sobre los volúmenes de los principales tipos de bosques fue tomada directamente de los datos publicados referidos a “tierras forestales”, mientras que para formaciones de menor densidad —consideradas en el inventario como “otras tierras forestales”— estos se infirieron sobre la base de sus correspondientes formaciones densas y los datos sobre densidad arbórea disponibles en el propio inventario. La productividad potencial de estas formaciones fue estimada como aquella alcanzable mediante técnicas y prácticas de gestión forestal sustentable. La estimación cuantitativa de dicha productividad es únicamente indicativa, ya que los valores reales del crecimiento bajo los regímenes específicos de manejo no pudieron ser identificados.

#### **Productividad potencialmente disponible y accesible,**

La productividad anual sustentable de biomasa leñosa proveniente de los bosques nativos e implantados del país, disponibles para usos energéticos y físicamente accesibles, se estimó en 143 millones de toneladas. Las provincias más dotadas de recursos son las de Santiago del Estero (17.257.800 t), Salta (16.941.600 t), Chaco (13.438.600 t), La Pampa (10.688.200 t), Formosa (9.650.900 t) y Buenos Aires (7.696.800 t).

### **5.2.2. Otras Fuentes Directas y Fuentes Indirectas.**

Las otras fuentes directas que aportan considerables cantidades de biomasa utilizable para energía son: plantaciones de olivo, caña de azúcar y arroz (para las cuales se cuenta con mapas de las áreas reales de cultivos); y viñedos, plantaciones de cítricos y otros frutales de huerto (para las cuales se cuenta con

estadísticas de la SAGPyA, pero para las que no se tienen identificadas espacialmente las áreas cultivadas).

### **Olivo y Caña de azúcar.**

Las plantaciones de olivo y caña de azúcar fueron relevadas e incluidas en el mapa de usos y cobertura del suelo, en tanto que los residuos disponibles para energía en el sitio de cultivo se estimaron en 2,5 t/ha/año para el olivo y en 3,4 t/ha/año para la caña de azúcar. Sin embargo, no se calculó el stock para ninguna de estas dos clases.

### **Residuos de poda y Subproductos de Aserraderos.**

Sí se estimaron los residuos de poda de algunos cultivos leñosos permanentes, aunque se contabilizaron conjuntamente con los subproductos de aserraderos. Los residuos producidos anualmente por los viñedos y la poda de otros árboles frutales resultaron 0,8 millones de toneladas (0,25 proveniente de viñedos, 0,2 de cítricos y 0,34 de otros árboles frutales).

El total del rubro “Subproductos de Aserraderos y Poda de cultivos leñosos permanentes” alcanzó las 2.744.500 toneladas. Las provincias con mayor cantidad de recursos fueron, en este caso, Misiones (857.800 t), Corrientes (565.300 t), Mendoza (432.300 t), Entre Ríos (254.200 t) y Río Negro (150.600 t).

### **Pajilla de arroz y Subproductos de la agroindustria.**

Los residuos de arroz —para las provincias de Entre Ríos y Corrientes, que representan 140.000 ha de un total de 170.000 ha— fueron cartografiados y representados en un mapa. De acuerdo con el ciclo del cultivo del arroz, la pajilla de arroz que queda disponible como residuo es de 2,32 t/ha/año. El rubro “Otra biomasa no leñosa potencialmente disponible”, que incluye la pajilla de arroz y algunos subproductos de la agroindustria, alcanzó un total de 2.287.800 t. Las provincias que contribuyeron con mayor volumen fueron Tucumán (881.000 t), Jujuy (303.700 t), Entre Ríos (229.000 t), Corrientes (208.500 t), Córdoba (180.300 t), Salta (137.800 t) y Mendoza (114.400 t).

### **Otras Fuentes Directas.**

Otras fuentes de biomasa consideradas potencialmente disponibles para usos energéticos, incluyeron los residuos de cosecha de algunos cultivos anuales y los reemplazos de algunas plantaciones agrícolas. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos, estos residuos no pueden aprovecharse en usos energéticos, ya que en el país se practica el sistema de siembra directa, en el cual los residuos se mantienen sobre el suelo para conservar su fertilidad y estructura.

### **Otras Fuentes Indirectas.**

Las fuentes indirectas que fueron identificadas, estimadas y cartografiadas incluyen: biomasa disponible de subproductos de aserraderos de plantaciones forestales, que totalizó aproximadamente 0,84 millones de t; biomasa leñosa de los subproductos de los aserraderos que trabajan principalmente con madera de especies provenientes de bosque nativo, estimada en 0,83 millones de t; residuos utilizables para energía de la industria algodonera, estimados en 54.000 t; subproductos utilizables energéticamente de los molinos arroceros, que alcanzarían los 128.000 t aproximadamente; subproductos derivados de la industria manicera, que ascienden a 180.000 t aproximadamente; subproductos disponibles para fines energéticos de la industria de la caña azucarera, que se aproximan a 1,37 millones de t; y subproductos del procesamiento del prensado de aceitunas, estimados en 0,23 millones de t aproximadamente (provincias de Catamarca, La Rioja, Mendoza y San Juan).

En la Tabla 10 pueden apreciarse las cantidades de residuos clasificados por actividad y para cada provincia. Todos los valores están expresados en toneladas de biomasa en base seca.

Tabla 10. Residuos por actividad y para cada provincia.

| PROVINCIA   | Residuos de poda de cítricos | Residuos de poda de vid | Residuos de poda de otros Frutales | Residuos poda de olivo | Residuos Arroz en campo | Residuos Agrícolas Cañeros (RAC) | Residuos de Bagazo no utilizados | Residuos cáscara maní | Residuos Industria Arrocería | Residuos desmote Algodón | Residuos de orujo de oliva | Residuos de aserraderos | Total              |
|---|------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------|
| Valores expresados en toneladas de biomasa en base seca por año |                              |                         |                                    |                        |                         |                                  |                                  |                       |                              |                          |                            |                         |                    |
| BUENOS AIRES  | 16.300,2                     | 78,0                    | 37.658,8                           | 0,0                    | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 0,0                        | 17.399,0                | 71.436,1           |
| CAPITAL FEDERAL   | 0,0                          | 0,0                     | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 5.378,0                      | 0,0                      | 0,0                        | 0,0                     | 5.378,0            |
| CATAMARCA   | 5.747,1                      | 9.315,3                 | 28.025,0                           | 91.741,9               | 0,0                     | 62,5                             | 32.003,0                         | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 25.448,0                   | 127,0                   | 192.469,8          |
| CHACO   | 231,9                        | 0,0                     | 403,7                              | 0,0                    | 10.765,0                | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 34.736,6                 | 0,0                        | 16.702,0                | 62.839,2           |
| CHUBUT  | 0,3                          | 23,8                    | 2.209,6                            | 0,0                    | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 0,0                        | 1.143,0                 | 3.376,7            |
| CORDOBA   | 204,0                        | 710,9                   | 6.377,8                            | 0,0                    | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 180.011,0             | 0,0                          | 319,4                    | 0,0                        | 3.810,0                 | 191.433,1          |
| CORRIENTES  | 73.706,7                     | 0,0                     | 662,8                              | 0,0                    | 173.621,0               | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 29.046,0                     | 5.856,7                  | 0,0                        | 516.984,0               | 799.877,3          |
| ENTRE RIOS  | 141.849,9                    | 41,9                    | 2.321,0                            | 0,0                    | 144.585,0               | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 84.450,0                     | 0,0                      | 0,0                        | 160.445,0               | 533.692,7          |
| FORMOSA   | 3.303,6                      | 0,0                     | 16,8                               | 0,0                    | 12.303,0                | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 2.172,0                  | 0,0                        | 12.759,0                | 30.554,5           |
| JUJUY   | 20.134,8                     | 206,6                   | 4.533,3                            | 0,0                    | 0,0                     | 161.640,6                        | 85.285,0                         | 0,0                   | 0,0                          | 159,7                    | 0,0                        | 7.527,0                 | 279.487,0          |
| LA PAMPA  | 0,0                          | 285,1                   | 2.722,5                            | 0,0                    | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 0,0                        | 1.397,0                 | 4.404,6            |
| LA RIOJA  | 554,1                        | 21.846,0                | 22.845,8                           | 98.331,2               | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 48.193,0                   | 0,0                     | 191.770,0          |
| MENDOZA   | 0,0                          | 361.502,7               | 296.597,2                          | 35.785,7               | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 114.399,0                  | 4.572,0                 | 812.856,7          |
| MISIONES  | 24.887,1                     | 0,0                     | 1.076,8                            | 0,0                    | 769,0                   | 0,0                              | 2.736,0                          | 0,0                   | 2.648,0                      | 0,0                      | 0,0                        | 840.935,0               | 873.051,9          |
| NEUQUEN   | 0,0                          | 2.130,6                 | 46.776,0                           | 0,0                    | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 0,0                        | 2.794,0                 | 51.700,5           |
| RIO NEGRO   | 0,0                          | 4.768,2                 | 221.828,8                          | 0,0                    | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 0,0                        | 3.302,0                 | 229.899,0          |
| SALTA   | 17.406,3                     | 5.093,6                 | 3.243,5                            | 0,0                    | 0,0                     | 52.609,4                         | 135.089,0                        | 0,0                   | 0,0                          | 2.737,9                  | 0,0                        | 55.021,0                | 271.200,6          |
| SAN JUAN  | 12,6                         | 113.515,8               | 26.591,8                           | 16.272,0               | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 45.490,0                   | 2.032,0                 | 203.914,2          |
| SAN LUIS  | 3,0                          | 0,0                     | 192,9                              | 0,0                    | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 6.342,7                  | 0,0                        | 762,0                   | 7.300,6            |
| SANTA CRUZ  | 0,0                          | 0,0                     | 1.100,2                            | 0,0                    | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 0,0                        | 381,0                   | 1.481,2            |
| SANTA FE  | 1.572,3                      | 0,0                     | 3.671,1                            | 0,0                    | 46.907,0                | 0,0                              | 19.847,0                         | 0,0                   | 6.111,0                      | 1.985,0                  | 0,0                        | 6.350,0                 | 86.443,3           |
| SANTIAGO DEL ESTERO   | 1.986,0                      | 49,4                    | 310,2                              | 0,0                    | 0,0                     | 4.500,0                          | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 0,0                        | 11.742,0                | 18.587,6           |
| TIERRA DEL FUEGO  | 0,0                          | 0,0                     | 0,0                                | 0,0                    | 0,0                     | 0,0                              | 0,0                              | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 0,0                        | 254,0                   | 254,0              |
| TUCUMAN   | 102.872,1                    | 123,9                   | 2.435,1                            | 0,0                    | 0,0                     | 697.359,4                        | 881.011,0                        | 0,0                   | 0,0                          | 0,0                      | 0,0                        | 10.973,0                | 1.694.774,5        |
| <b>Totales</b>  | <b>410.772,0</b>             | <b>519.691,7</b>        | <b>711.600,8</b>                   | <b>242.130,8</b>       | <b>388.950,0</b>        | <b>916.171,9</b>                 | <b>1.155.971,0</b>               | <b>180.011,0</b>      | <b>127.633,0</b>             | <b>54.310,0</b>          | <b>233.530,0</b>           | <b>1.677.411,0</b>      | <b>6.618.183,1</b> |

Estos valores indican que existen varias provincias que disponen de significativas cantidades de residuos de biomasa, lo que posibilitaría implementar, por ejemplo, plantas de generación de electricidad alimentadas con estos residuos. Esta posibilidad ya ha comenzado a analizarse —profundizando la metodología WISDOM— en las provincias de Tucumán, Mendoza, Corrientes, Entre Ríos, Catamarca y La Rioja. En el Anexo 8.7 se incluye un breve resumen del estudio llevado a cabo por el Grupo del Instituto de Ingeniería Rural y el Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar, en la Provincia de Tucumán.

### 5.2.3. Oferta Total.

La Biomasa Total accesible y potencialmente disponible contabilizada por el modelo ascendió a 148.360.000 toneladas, en tanto que la denominada “Biomasa Comercial”<sup>24</sup> accesible y potencialmente disponible alcanzó las 124.020.200 toneladas. Las provincias donde la “Biomasa Comercial” accesible y potencialmente disponible es más significativa incluyen: Salta (16.634.100 t), Santiago del Estero (16.392.100 t), Chaco (12.785.000 t), Formosa (9.230.000 t), La Pampa (9.185.100 t) y Río Negro (5.382.900 t).

Con las restricciones mencionadas, la productividad leñosa anual sustentable del país se estimó en 193 millones de t, de las cuales 143 millones de t son físicamente accesibles y están potencialmente disponibles para usos energéticos. Esta estimación se realizó considerando el actual uso del suelo y las prácticas industriales vigentes, excluyendo los potenciales cultivos destinados a la producción de biocombustibles u otras formas específicas de bioenergía. A estos recursos se le suman 2,7 millones de t de biomasa leñosa proveniente de los subproductos de los aserraderos y de las plantaciones frutales, y cerca de 2,3 millones de t de otros subproductos biomásicos derivados de las agroindustrias, dando un total de recursos potencialmente disponibles que asciende a 148 millones de t, de los cuales 124 millones de t proceden de fuentes potencialmente comerciales.

<sup>24</sup> Esta categoría toma en cuenta las formaciones vegetales y otras fuentes potenciales de oferta que garantizan una adecuada producción sustentable de biomasa energética, tal que se justifiquen los costos de transporte y gestión de la misma.

### 5.2.4. Análisis Espacial.

El proceso de análisis espacial se realizó sobre la base tanto de las reservas (stock) como de la productividad sustentable y potencialmente disponible para energía —mínima, media y máxima— para cada clase. El mapeo de las plantaciones forestales y los bosques nativos fue realizado mediante la aplicación de determinados factores de reducción. Posteriormente, los recursos disponibles fueron analizados en función de la accesibilidad física —facilidad de acceso a un determinado recurso biomásico— y legal —restricciones legales a las que está sujeta su explotación y su gestión comercial—, para estimar y mapear los recursos que están potencialmente disponibles y accesibles.

Las fuentes de oferta indirecta —que se refieren a la biomasa contenida en los subproductos de procesos industriales— se han localizado generalmente en las plantas industriales en las que dichos procesos tienen lugar, incluyendo tanto foresto como agro industrias.

Se realizaron mapas de productividad biomásica accesible y potencialmente disponible para usos energéticos, de productividad biomásica total, accesible y potencialmente disponible para usos energéticos y de la fracción comercial de la misma productividad, considerando aquellas áreas que garanticen como mínimo 0,48 t/ha/año (12 t /ha a lo largo de una rotación de 25 años).

## 5.3. Importación y exportación.

No se han detectado operaciones de importación o exportación de combustibles biomásicos.

## 5.4. La oferta potencial de dendrocombustibles.

Del análisis llevado a cabo se han obtenido una amplia variedad de resultados, incluyendo estimaciones de reservas (stock) y productividad, estimaciones de otras fuentes directas e indirectas de biomasa, estimaciones de consumo y balances primarios y comerciales de la oferta y demanda, tanto de forma espacial (con una resolución de 250 m/píxel) como administrativa (nivel departamental). De toda esta amplia información, se pueden resaltar los siguientes aspectos:

- En función del uso actual del suelo, la productividad leñosa anual sustentable del país se ha estimado en 193 millones de toneladas anuales en base seca (considerando la productividad media).
- De esa cantidad, 143 millones de toneladas anuales en base seca son físicamente accesibles y están potencialmente disponibles para usos energéticos.
- Adicionalmente, existen otras 2.700.000 toneladas de biomasa leñosa proveniente de subproductos de aserraderos y plantaciones frutales y cerca de 2.300.000 toneladas de otros subproductos biomásicos derivados de las agroindustrias.
- El total de recursos de biomasa leñosa potencialmente disponibles asciende a 148 millones de toneladas anuales en base seca. De estos, 124 millones de toneladas anuales proceden de fuentes potencialmente comerciales. Esto representa unas 37.200 ktep/año, equivalente a más del 50 % de la Oferta Interna de Energía Primaria del país.
- El consumo actual de biomasa con fines energéticos, por su parte, se estimó en 7.900.000 toneladas, de las cuales 2.200.000 t provienen del sector residencial, cerca de 3.900.000 t del sector comercial y casi 1.900.000 t del sector industrial.

En función de estas estimaciones, existe un enorme superávit potencial de biomasa energética a nivel nacional, para posibles utilizaciones de tipo doméstico, comercial o industrial. Sin embargo, a nivel subnacional y local, existe una significativa variabilidad e incluso algunas áreas deficitarias.

La mayor parte de las áreas deficitarias están localizadas en las provincias del noroeste, en el norte de la provincia de Buenos Aires y al sur de la provincia de Santa Fe, especialmente si se considera el balance comercial en lugar del balance primario.

## 5.5. Contribución potencial de la Dendroenergía.

El módulo de integración de la metodología WISDOM, muestra el balance entre la oferta potencial y el consumo actual estimado, tanto a nivel local —cuantificando el balance oferta/demanda en un determinado radio— como a nivel comercial, considerando solamente la oferta potencial proveniente de fuentes biomásicas susceptibles de ser aprovechadas comercialmente para la producción de energía y los niveles actuales de consumo.

El Balance oferta/demanda global —en su nivel medio— alcanza a unas 137.564.000 t en base seca anuales (aprox. 41.270 ktep/año), reduciéndose a unas 113.191.000 t en base seca anuales (33.960 ktep/año) cuando se lo considera a nivel comercial. Si se utiliza el valor de productividad mínimo, aún representa unas 56.278.000 t en base seca anuales (16.880 ktep/año)

El cálculo del balance oferta/demanda resulta muy útil para contabilizar el saldo disponible para energía, en particular cuando se representa la relación entre el consumo y la oferta potencial dentro de una superficie que se relacione con el verdadero contexto de oferta, por ejemplo un radio de 10 km alrededor de cada celda.

El balance comercial, por su parte, permite determinar una zona de oferta sustentable más realista en función de abastecer a los mercados demandantes de combustibles leñosos, ya sea en las áreas urbanas, al planificar futuras plantas de producción de energía, o para analizar posibilidades de exportación.

Sobre la base del balance comercial, también es posible delimitar áreas de oferta sustentable potencial para abastecer a las principales ciudades y sus áreas de influencia —denominadas bio-cuencas— considerando el consumo de las áreas suburbanas y las áreas rurales circundantes, así como los recursos disponibles.

Estas herramientas posibilitarán analizar y evaluar las diferentes contribuciones que pueden aportar los recursos biomásicos al desarrollo energético y del sector rural de la República Argentina.

El presente estudio confirmó una fuerte relevancia de recursos biomásicos leñosos en muchas de las provincias argentinas, algunas de las cuales son tradicionalmente mencionadas en ese sentido, como por ejemplo Salta, Santiago del Estero, Chaco y Formosa, pero también en otras que no son habitualmente consideradas como importantes productoras, como es el caso de La Pampa, Tierra del Fuego o Río Negro.

## **5.6. Promoción de un sistema de información nacional en bioenergía.**

Como ya se ha mencionado, uno de los principales resultados del proyecto fue la intensa colaboración profesional entre los sectores agropecuario, forestal, industrial y energético, no solo a nivel de entes gubernamentales sino también de los actores sociales y de desarrollo rural involucrados.

Esta circunstancia, conjuntamente con el producto substancial elaborado, es decir la base de datos georreferenciada, que fue elaborada unificando datos de diversas fuentes relacionadas con el sector bioenergético y logrando una armonización inicial de las diferentes bases de datos preexistentes, permite avizorar la posibilidad cierta de conformar un “Sistema de Información Nacional en Bioenergía”, que facilite el establecimiento de una gestión continua e integrada de los recursos bioenergéticos, posibilitando impulsar acciones concretas hacia la optimización del uso de los recursos disponibles y el consecuente desarrollo del sector de la bioenergía.

La experiencia de otros países en los que se ha logrado establecer este tipo de sistema, muestra que ello permite obtener una serie de beneficios adicionales, a través de la valorización de los datos y conocimientos existentes, la extensión de la visión sectorial hasta hacerla realmente holística, mejorando la percepción sobre esta temática de los decisores políticos y, consecuentemente, promoviendo áreas prioritarias de intervención y proyectos de aprovechamiento que contribuyan al desarrollo rural.

Se estima que este “Sistema de Información Nacional en Bioenergía” podría establecerse en el ámbito del INTA, organismo que tiene un plantel de profesionales altamente capacitados —aptos para gestionar el sistema— y una extensa red de estaciones experimentales que posibilitarían la recolección y verificación de información de campo sin necesidad de inversiones adicionales. El Grupo del Instituto de Clima y Agua, del INTA Castelar, ha manifestado su interés en establecer y gestionar este Sistema.

### **5.6.1. Escenarios Prospectivos.**

Por otra parte, y en función del proceso de planificación estratégica que se está desarrollando en la Argentina (Ver punto 2.4.2), una de las principales aplicaciones de la base de datos geo-referenciados elaborada por el equipo WISDOM Argentina, será la incorporación del consumo y oferta de recursos biomásicos a los escenarios prospectivos de planificación elaborados por el Grupo de Planeamiento Energético de la Secretaría de Energía.

A ese efecto, resulta de importancia la característica que presenta la metodología empleada por WISDOM de incluir las descripciones de los procedimientos aplicados para la obtención de cada una de las estimaciones, ya que ello permite conocer las bases de los datos provistos, cuáles son las limitaciones de los mismos y cuáles los vacíos detectados. La interacción entre el Grupo de Planeamiento Energético y el “Sistema de Información Nacional en Bioenergía” permitiría una realimentación virtuosa para el mejoramiento y extensión del conocimiento sectorial.

En ese sentido, el Grupo de Planeamiento Energético ya ha expresado su interés en dar continuidad a las tareas de construcción de la base de datos y el análisis de la misma, de manera de enriquecer la cantidad y precisión de la información disponible para la realización de los escenarios prospectivos mencionados.

## 6. CONCLUSIONES y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.

### 6.1. Principales Conclusiones.

El presente estudio confirmó que la Argentina es, sin duda, un país que cuenta con abundantes cantidades de biomasa apta y disponible para uso energético. Asimismo, se ha detectado una fuerte relevancia de recursos biomásicos leñosos en muchas de sus provincias, algunas de las cuales son generalmente conocidas por ello, tales como Salta, Santiago del Estero, Chaco y Formosa, pero también en otras que no son mencionadas habitualmente, como es el caso de La Pampa, Tierra del Fuego o Río Negro.

La utilización de dicho potencial, que como se ha visto presenta diversas barreras y limitaciones de tipo institucional, técnico, económico, ambiental y de logística, está hoy facilitada por los resultados alcanzados, aunque hay diversas tareas aún por hacer y que es necesario continuar promoviendo.

La utilización de la metodología WISDOM en la Argentina ha permitido ampliar su aplicación respecto de las anteriores, ya que en este caso se han considerado, además de los habituales recursos dendroenergéticos provenientes del sector forestal, tanto la biomasa no leñosa de origen agrícola como los residuos de poda y cosecha de frutales y los subproductos de las agroindustrias.

Se estima que los principales objetivos planteados para la realización del proyecto se han cumplido, incluyendo la continuidad en la promoción del uso energético de biomasa en la República Argentina, la cuantificación inicial de las disponibilidades de biomasa para uso energético en áreas prioritarias, como así también la institucionalización de la utilización de la metodología WISDOM como herramienta de desarrollo de sistemas bioenergéticos sostenibles en el país y la capacitación de profesionales locales para el manejo de la metodología y el mantenimiento y actualización de la base de geodatos.

A partir de ahora, los mapas y bases de datos elaborados servirán como eficaces herramientas para formular estrategias bioenergéticas a corto, mediano y largo plazo; analizar los impactos técnicos, económicos, ambientales y sociales de dichas estrategias; y contribuir al manejo sustentable de los recursos aptos para la producción de bioenergía.

Asimismo, se han sentado las bases para comenzar a caracterizar y cuantificar con mayor detalle el potencial de los diferentes residuos y subproductos originados por el sector forestal, agropecuario y agroindustrial para su aprovechamiento energético, que en esta etapa fueron estimados sobre la base de las referencias disponibles, muchas de las cuales no eran específicas para la Argentina, como así también los datos reales de consumo, cuya información de base disponible era muy escasa, fragmentaria y tal vez no adecuada a la realidad argentina.

#### 6.1.1. Logros y resultados.

Los logros del proyecto han sido muchos y muy importantes, en particular si se tienen en consideración los reducidos montos involucrados para su ejecución. Por cuestiones de espacio y tiempo, se enumerarán solo los más importantes.

Como ya se mencionó, quizás el principal logro del proyecto haya sido el haber reunido, consolidado e integrado en forma cartográfica los datos e informaciones —generalmente heterogéneos y fragmentados— provistos por las instituciones participantes, de manera de lograr una base de datos única y armonizada, que permitiera un marco analítico coherente.

En segundo lugar, se logró que todas las Instituciones participantes mostraran una aptitud colaborativa y respondieran eficazmente a los pedidos de asistencia e información. El equipo de trabajo forjado —que incluyó funcionarios del Instituto de Clima y Agua de INTA; del Consejo Asesor de Estrategia Energética de la Secretaría de Energía; de la Dirección Nacional de Producción Agropecuaria y Forestal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos; de la Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable; y del Instituto Nacional de Estadística y Censos— se puso al frente de la gestión y el procesamiento de la información, trabajando con una fuerte dedicación y una gran competencia durante todo el proyecto. Gracias a la labor de este equipo, y al esfuerzo de su coordinación por parte del Grupo de INTA, ha sido posible producir el “WISDOM Argentina”.

Las conclusiones analíticas, los mapas temáticos y las tablas aquí presentadas, contribuirán a mejorar la información existente, y deben ser considerados como un primer paso en el análisis del sector y no como una conclusión del proceso. En particular, es necesario enfatizar que aún se necesita mayor análisis y elaboración para convertir muchos de los valores que se han asumido como verosímiles en datos fiables, esperando que dicho proceso se extienda también a las provincias y los municipios.

“WISDOM Argentina” fue concebido como una herramienta de planificación estratégica de los recursos bioenergéticos, que debe ser mantenida, profundizada y, lo más importante, utilizada consuetudinariamente por los planificadores de los sectores forestal, agrícola, energético y de desarrollo rural, en los aspectos concernientes a energía.

El resultado esencial de la actividad —la base de geodatos WISDOM— es mucho más que una simple tabla y un conjunto de mapas que se han elaborado en el proceso. Es una base geo-referenciada que posibilita su actualización con nuevos parámetros y datos confiables, que de aquí en adelante se pongan a disposición del sistema.

Cabe señalar además, que el valioso grupo interinstitucional y multidisciplinario consolidado, deberá reforzarse y complementarse con las actividades de seguimiento y futuras iniciativas que se lleven a cabo a nivel nacional y provincial, incluyendo el mejoramiento y la extensión de los datos e informaciones, que son en muchos casos inexistentes y en otros requieren de una laboriosa tarea de verificación y consolidación.

### 6.1.2. Aplicación de la información generada en la formulación de políticas.

El presente estudio constituyó un importante punto de partida hacia una sistematización y geo-referenciación de la información disponible sobre la situación actual y potencial de la biomasa en el país. En ese sentido, permitirá establecer y/o consolidar políticas de estímulo para la generación de bioenergía, a partir de materias primas agrícolas, forestales o agroindustriales.

A partir de los mapas generados y la base de datos desarrollada, es posible avanzar sobre estrategias bioenergéticas más precisas e identificar la viabilidad de proyectos en lugares específicos sobre el territorio nacional. Desde luego, éste es solo un inicio, ya que la información puesta a disposición deberá ser complementada con otros estudios que contemplen en mayor detalle los diversos vectores energéticos que pueden derivarse de la biomasa, ya sean gaseosos, líquidos o sólidos.

Sin embargo, aunque las decisiones finales deberán estar sujetas y complementadas con otros estudios, la información suministrada ya permite imaginar políticas que den impulso a la generación de energía a partir de la biomasa.

**Tabla 11. La Biomasa en la Matriz Energética Argentina.**

| Ítem | Concepto   | tep        | %    |
|------|--|------------|------|
| 1    | Oferta Interna de Energía Primaria (BEN 2005)                    | 72.000.000 | 100% |
| 2    | Leña + Bagazo + Otros Primarios (BEN 2005, Autoproducción)       | 2.255.000  | 3,1% |
| 3    | Biomasa Comercial accesible y potencialmente disponible (WISDOM) | 37.206.000 | 52%  |
| 4    | Consumo Total 2007 Leña o leña-equivalente (WISDOM)              | 2.380.727  | 3,3% |
| 5    | Balance Comercial, Valor Medio (WISDOM)                          | 33.957.300 | 47%  |

De acuerdo a los datos del Balance Energético Nacional (BEN) para el año 2005, la contribución de la biomasa a la Oferta Interna de Energía Primaria es de algo más del 3 %, es decir 2.255 ktep de un total de 72.000 ktep anuales. Sin embargo, los datos recopilados en el Módulo Oferta de WISDOM —en su variante media— evidencian que la Biomasa Comercial Accesible y Potencialmente Disponible alcanza las 37.200 ktep, valor que representa más de la mitad de la Oferta Interna de Energía Primaria del país. Aún restando de esta oferta potencial el consumo total, que se evaluó en unas 2.400 ktep, el Balance Comercial es aún de casi 34.000 ktep. Este gran excedente muestra que existe un enorme margen para desarrollar el uso energético de biomasa en la Argentina, incorporándola significativamente a la matriz energética nacional.

Solamente debe tenerse presente que, como un principio básico para la utilización energética de la biomasa, es necesario respetar que el uso de los recursos naturales, suelo y agua para la producción de bioenergía, no debe afectar su disponibilidad, ni entrar en competencia con la producción de alimentos para el consumo interno y de exportación.

Adicionalmente y desde una perspectiva más general, el avance en el conocimiento logrado ya ha generado, o espera producir en el futuro, los siguientes beneficios:

Verificación, actualización y valorización de datos estadísticos existentes. La necesidad de alimentar los módulos de la base de datos con la mejor información disponible sobre los aspectos referidos a la oferta y la demanda de biomasa, implicó la revisión y utilización de infinidad de datos, estudios, encuestas y otras fuentes de información existente sobre la temática en el país.

Revisión de los datos sobre biomasa utilizados por el BEN. Como ya se ha mencionado, se abre la posibilidad de mejorar los conocimientos de la matriz energética nacional, en lo que se refiere a la contribución de la biomasa a nivel nacional y provincial, como así también la estimación de su posible potencial.

Política bioenergética nacional integrada y coordinada. En función de los contactos establecidos y a través de la Secretaría de Energía, el INTA, la SAGPyA y otras Instituciones, tanto a nivel nacional como provincial.

Realce de la visibilidad y reconocimiento político. La integración de varios aspectos y representaciones cartográficas de los resultados, convierten al sistema geo-referenciado en un esquema fácil de visualizar y, en muchos casos, simplificar lo complejo. Esto transforma la información en más accesible a los lectores no técnicos y simplifica la tarea de los decisores políticos, que serán menos renuentes hacia temas frecuentemente considerados intratables.

Visión Holística. Por primera vez la temática de la energía biomásica puede ser visualizada y analizada a lo largo del país y en su contexto global, manteniendo al mismo tiempo la perspectiva local.

Definición de áreas prioritarias. La perspectiva local y la consistencia nacional del análisis y sus parámetros permiten la identificación de áreas prioritarias de intervención y/o de posteriores estudios y análisis.

Definición de vacíos críticos de información. Durante la revisión de la información disponible se han detectado e identificado vacíos de información que son realmente críticos para lograr una entendimiento acabado de las temáticas y la consecuente formulación de políticas consistentes.

Optimización de los recursos disponibles. La identificación de áreas prioritarias de intervención, tanto en términos geográficos como temáticos, permite circunscribir y focalizar futuras acciones (gestión de recursos, colecta de datos puntuales, etc.) y esto conllevará a una mayor eficiencia y reducción de costo de muchas acciones.

Promoción de acciones de cooperación y sinergias. El carácter intersectorial e interdisciplinario de la metodología implica el intercambio de la información entre las distintas agencias intervinientes y favorece la discusión acerca de un sector tan multifacético como lo es el bioenergético, sobre la base común construida con el aporte de cada una de las partes. Se espera que el uso y mantenimiento de la base de geodatos fortalezca aún más las alianzas de colaboración inter-institucionales logradas hasta aquí.

## 6.2. Recomendaciones.

Se resumen aquí algunas de las recomendaciones formuladas por los diferentes actores del proyecto, aunque la principal recomendación que se busca transmitir es que cada usuario de este Informe Técnico debe extraer las propias, a partir de un exhaustivo análisis de lo actuado y de la información recopilada y expuesta.

### 6.2.1. Principales Sugerencias.

A nivel general, la principal sugerencia que surge luego de la puesta en práctica de la metodología y la obtención de los resultados preliminares de la misma, es que resulta necesario estimular a los Organismos públicos e Instituciones privadas vinculados al sector rural y a su desarrollo, para que realicen una aplicación rutinaria de las herramientas aquí desarrolladas en la formulación y perfeccionamiento de las estrategias vinculadas a la utilización energética de recursos forestales, agrícolas y agroindustriales, de manera de garantizar su sustentabilidad. Esto permitirá, por una parte, valorizar lo ya hecho al constatar su utilidad, y por otra, justificar la asignación de nuevos y mayores recursos para su mejora y la ampliación de su cobertura.

Como consecuencia de lo anterior, se recomienda vivamente continuar el desarrollo de WISDOM Argentina, consolidándolo como una herramienta compartida intersectorial e interdisciplinaria —útil para el planeamiento bioenergético— cuidando de vincular en cada etapa a todas las instituciones involucradas, es decir aquellas relacionadas con la energía, con lo agropecuario y forestal, y con la planificación y formulación de políticas de desarrollo.

Asimismo, es altamente deseable el desarrollo de proyectos que apliquen la metodología a nivel provincial, de manera de ir sumando cada día nuevos y más detallados datos e informaciones, que permitan una mayor aproximación y certeza en el planeamiento estratégico y operacional del sector bioenergético. A partir de la información desarrollada, será posible avanzar sobre estrategias más precisas, identificando la viabilidad de proyectos de utilización energética de biomasa en lugares específicos del territorio nacional.

Se resumen a continuación los pasos que se estiman necesarios para continuar avanzando en el conocimiento de la disponibilidad de recursos y residuos de biomasa y las posibilidades de su utilización energética:

- Debería convertirse al “WISDOM Argentina” en una herramienta usual de planificación estratégica, que permita una gestión integrada de los recursos bioenergéticos y posibilite impulsar acciones concretas hacia la optimización del uso de los recursos disponibles y el consecuente desarrollo del sector de la bioenergía.
- Debería establecerse un “Sistema de Información Nacional en Bioenergía”<sup>25</sup>, que dé continuidad al proyecto y facilite la actualización del sistema con nuevos parámetros y datos más confiables que se vayan obteniendo en el futuro.
- Deberían desarrollarse “WISDOM provinciales” para retroalimentar el sistema nacional, de manera de ir sumando cada día nuevos y más detallados datos, que permitan una mayor aproximación y certeza en el planeamiento estratégico y operacional del sector bioenergético.
- Debería mantenerse vigente la aptitud colaborativa del equipo de trabajo forjado, y continuar procesando y analizando la información recopilada. En particular, resulta de vital importancia verificar las conjeturas realizadas, y revisar consecuentemente las estimaciones de consumo obtenidas a partir de ellas.
- Deberían verificarse los supuestos adoptados inicialmente y mantener actualizados los datos de referencia que se han empleado para las estimaciones y proyecciones (ej. datos de consumo/actividad de los sectores económicos.)
- Deberían identificarse y comenzar a llenarse los vacíos críticos de información detectados durante la revisión de la información disponible. (V.g. otras industrias procesadoras de frutas).
- Debería avanzarse en la formulación de estrategias bioenergéticas más precisas e identificar la viabilidad de proyectos que den impulso a la generación de energía a partir de biomasa en áreas prioritarias de intervención y lugares específicos sobre el territorio nacional.

Finalmente, y dado que los recursos disponibles para la ejecución del proyecto fueron muy limitados —lo que no permitió disponer del tiempo necesario para terminar de entender, madurar y asimilar la nutrida información y los múltiples datos obtenidos— se estima que resultaría conveniente identificar recursos adicionales de cooperación para dedicarlos al mejoramiento del diagnóstico sectorial realizado y a la interpretación cabal de la información elaborada.

---

<sup>25</sup> Ver 5.6 Promoción de un sistema de información nacional en bioenergía.

## 6.2.2. Acciones de seguimiento recomendadas.

En función de las sugerencias formuladas en el punto anterior, se resumen a continuación las principales acciones de seguimiento que se recomienda implementar.

### Tendientes a la reducción de las limitaciones en la información:

La disponibilidad de datos del Censo Nacional de hogares y vivienda de INDEC sobre consumo de energía en hogares, se limita a informar cuál es el tipo de combustible utilizado (no su cantidad) y únicamente para cocinar. Para los demás consumos solo se dispuso de referencias fragmentarias, y no todas ellas correspondientes a la realidad argentina.

Dado que la mayor parte de la información incorporada sobre el consumo de combustibles biomásicos en el sector residencial, tanto en áreas urbanas como rurales, son estimaciones más que mediciones objetivas — ya que no existían datos sistemáticos sobre el consumo de leña o carbón en el país— resulta imprescindible verificar las suposiciones realizadas, y revisar consecuentemente las valoraciones de consumo obtenidas a partir de ellas.

Por su parte, la estimación de las reservas y la productividad de biomasa fueron hechas sobre la base de información suministrada por relevamientos de las Plantaciones Forestales y los Bosques Nativos relativamente recientes, y que proveen una aceptable información sobre la clasificación de las áreas forestales o boscosas.

Sin embargo, para todas las demás clases no forestales dichas estimaciones se basaron en valores indicativos, lo que significa que para estas últimas clases, las estimaciones constituyen solo buenas aproximaciones, basadas generalmente en referencias distantes o inferencias. Aunque la lógica difusa indica que la integración de gran cantidad de parámetros asegura una confiabilidad cualitativa *per se*, gracias a la concurrencia de muchos factores, y a pesar de la fragilidad de los parámetros cuantitativos considerados individualmente, resulta necesario mantener un estrecho contacto con las áreas de manejo de información de los respectivos inventarios forestales, a fin de ir incorporando todos los avances que se realicen en la mejora de la precisión y discriminación de la información relevada.

En resumen, entre los aspectos que requieren mayor y urgente atención para la reducción de las limitaciones en la información, se pueden resaltar los siguientes:

En el Módulo de Demanda:

- Profundizar el análisis del consumo de leña para calefacción en el ámbito residencial y sus tendencias futuras.
- Profundizar el análisis del consumo de leña por parte de la industria ladrillera dispersa, incluyendo su distribución geográfica.
- Profundizar el análisis del consumo de subproductos biomásicos en las industrias que los producen (aserraderos y otras foresto y agro industrias).

En el Módulo de Oferta:

- Profundizar el análisis de la información cartográfica detallada sobre bosques nativos (como ya se mencionó, solo fue accesible el primer nivel de detalle de la información existente).
- Evaluación de la estacionalidad de cada producción y disponibilidad de los residuos de biomasa en los casos en que sean relevantes.
- Avanzar en la formulación de cartografía detallada de los usos y cobertura del suelo para Argentina. El país debería contar con información consistente sobre los usos del suelo, ya que ello es básico para cualquier planificación estratégica que requiera un análisis espacial.
- Profundizar el análisis de la sustentabilidad económica de las fuentes de oferta, para establecer la real oferta potencial.

### **Tendientes a la Realimentación del Sistema.**

Durante el desarrollo del proyecto se han integrado datos derivados de diferentes Instituciones y Centros de Investigación, que abarcan una amplia gama de temas e intereses, pero que se relacionan en su quehacer con los aspectos referentes a la oferta y el consumo de dendro y agro energía.

Esta integración de competencias inter-sectoriales e inter-disciplinarias, que resultó esencial para garantizar la construcción inicial de la base de datos, también debe jugar un importante papel en el mantenimiento y futuro desarrollo del sistema.

Para ello, se recomienda distribuir los resultados obtenidos a todas las Instituciones y Centros participantes, con el objetivo de:

- Demostrar que los datos provistos por esas Instituciones y Centros han sido utilizados y que el análisis previsto ha sido adecuadamente cumplimentado;
- Enfatizar que este proceso ha sido y debe seguir siendo un proceso compartido y transparente; y
- Requerir la revisión conjunta de aquellos valores atribuidos y de las suposiciones hechas, para poder corregir o revalidar el análisis en base al mejor conocimiento disponible.

### **Tendientes a la Extensión del Sistema.**

Para optimizar y actualizar el WISDOM nacional, como así también extender la metodología utilizada a las provincias, se recomienda generar alianzas con Instituciones y Gobiernos Provinciales para la formulación y ejecución de proyectos WISDOM provinciales.

Ello permitirá desarrollar una fuerte y adecuada relación con Instituciones provinciales, como así también confrontar la base de datos nacional con la información disponible a nivel provincial, lo que posibilitará a su vez mejorar la precisión de la información de los datos de oferta y demanda nacionales, y al mismo tiempo promover el inicio del desarrollo de análisis WISDOM en el ámbito provincial.

Otro ámbito posible de extensión del sistema es promover la integración del análisis realizado con aspectos socio-económicos, de manera de ayudar a comprender algunas dinámicas de sustitución de combustibles y el desarrollo de escenarios y pronósticos futuros. Para avanzar en este sentido, se recomienda la utilización de la información de WISDOM, en particular las áreas prioritarias identificadas, para su aplicación en diferentes análisis socio-económicos de sustentabilidad, tendencias de sustitución, etc. Por ejemplo:

- El desarrollo de capas de análisis socio económico que indiquen la distribución de los diversos grupos sociales (poblaciones indígenas, indicadores de pobreza, etc.) y la descripción de las distintas modalidades de propiedad y tenencia de la tierra, incluyendo derechos de propiedad y uso por parte de las comunidades locales.

### **Futuras Acciones de Cooperación.**

Como ya se ha mencionado reiteradamente, existe la necesidad de realizar tareas adicionales para mejorar la calidad y cobertura de la base de datos elaborada y, fundamentalmente, profundizar el proceso de interpretación de las informaciones obtenidas durante el proyecto.

En función de ello, se estima que resultaría conveniente identificar recursos adicionales de cooperación para dedicarlos al mejoramiento del diagnóstico sectorial y el análisis e interpretación de la información generada.

La Dirección de Bosques de la SAyDS, en particular, sugiere algunos cursos de acción a este respecto:

- Dado que se ha evaluado un vacío de información en temas relacionados al cálculo de la biomasa, resultará de interés que, en forma conjunta los organismos nacionales con la colaboración de la Cooperación Técnica Internacional, puedan instrumentar los mecanismos necesarios para disponer de los datos faltantes, antes de realizar nuevas estimaciones o análisis de la biomasa.
- En los casos de ausencia de información detectados, podría plantearse en forma integrada por los organismos que participaron en el Estudio, la realización de ejercicios piloto, en los años venideros, a fin de tener una inferencia de los valores que en la actualidad resultan desconocidos.

- En referencia al uso de las Estadísticas Oficiales, en particular de leña y carbón, han existido varias propuestas tendientes a corregir la posible subestimación proveniente de las guías forestales, no pudiendo hasta la fecha ser resuelto por un solo organismo estatal.
- También con referencia al uso de las Estadísticas Oficiales por parte de Organismos del Estado Nacional, en la confección de sus matrices —como ocurre con el Balance Energético Nacional— será necesario considerar los contenidos incluidos en el cálculo, ya que se está omitiendo información sobre leña, debido a una diferencia conceptual, que se observa desde la elaboración de la matriz.
- Cuando se efectúen estimaciones propias tomando como referencia Censos Nacionales o Encuestas por Muestreo, que son realizadas por Organismos del Estado Nacional, es conveniente solicitar en forma exhaustiva a los técnicos lo que verdaderamente el consultor necesita, a fin de no realizar extrapolaciones que presuman uniformidad del comportamiento de la información, cuando puede no ser la realidad.



## 7. Referencias

APAT, 2003. Le biomasse legnose. Un'indagine delle potenzialità del settore forestale italiano nell'offerta di fonti di energia. Rapporti APAT 30/2003. 99 p. ISBN 88-448-0097-7.

Ver: [http://www.apat.gov.it/site/contentfiles/00138000/138020\\_Rapporti30\\_2003\\_biomasse\\_legnose.pdf](http://www.apat.gov.it/site/contentfiles/00138000/138020_Rapporti30_2003_biomasse_legnose.pdf)

Arnold, M., Köhlin, G., Persson, R. & Shepherd, G. 2003. Fuelwood revisited. What has changed in the last decade? Occasional Paper 39. Bogor Barat, Indonesia, Center for International Forestry Research (CIFOR).

AVEBIOM Boletín Bioenergía: Avebiom estudia la utilización de los restos de poda de viñedos para su valorización energética (<http://www.avebiom.org/>)

Brown, S. & Lugo, A.E. 1984. Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes. *Sci.*, 223: 1290–1293.

Drigo R., G. Chirici, B. Lasserre and M. Marchetti. 2007. Analisi su base geografica della domanda e dell'offerta di combustibili legnosi in Italia (Geographical analysis of demand and supply of woody fuel in Italy). *L'Italia Forestale e Montana* 2007, LXII (6/6): 303-324.

Drigo R., O.R. Masera y M.A. Trossero. 2002. WISDOM: una representación cartográfica de la oferta y la demanda de combustibles leñosos. *Unasyuva* 211, Vol. 53, FAO, 2002. Pp 36 – 40.

Ver: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4450s/y4450s06.pdf>

Drigo R..2008. WISDOM Mozambique Final Report. Technical paper of the Wood Energy Component of the Consolidation Phase of Project "Avaliação Integrada De Florestas De Moçambique". Agriconsulting.

Eva H.D., E.E. de Miranda, C.M. Di Bella, V.Gond, O.Huber, M.Sgrenzaroli, S.Jones, A.Coutinho, A.Dorado, M.Guimarães, C.Elvidge, F.Achard, A.S.Belward, E.Bartholomé, A.Baraldi, G.De Grandi, P.Vogt, S.Fritz, A.Hartley. 2003. The Land Cover Map for South America in the Year 2000. GLC2000 database, European Commission Joint Research Centre, 2003. <http://www-tem.jrc.it/regions/southamerica.htm>.

FAO. 1987. Technical and economic aspects of using wood fuels in rural industries. Training in planning national programmes for wood-based energy.

Ver: <http://www.fao.org/docrep/006/AB780E/AB780E00.HTM>

FAO. 1997a. Patrones de consumo de leña en tres micro-regiones de México. Síntesis de resultados, by O. Masera, J. Navia, T. Arias y E. Riegelhaupt. Proyecto FAO/MEX/TCP/4553(A). Pátzcuaro, Mexico. GIRA AC.

FAO. 1997b. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer, by S. Brown. A Forest Resources Assessment publication. FAO Forestry Paper 134.

FAO. 1998a. The Long-range Energy Alternatives Planning model (LEAP) and Wood Energy Planning. Overview and Exercises, by J. Siteur for the Regional Wood Energy Development Programme in Asia (RWEDP). FAO Doc. AD549/E. 28 pp.

Ver: [www.fao.org/documents/pub\\_dett.asp?lang=es&pub\\_id=154650](http://www.fao.org/documents/pub_dett.asp?lang=es&pub_id=154650)

FAO. 1998b. Woodfuel flow study of Phnom Penh, Cambodia, by the Woodfuel Flow Study Team. Field Document 54. Regional Wood Energy Development Programme in Asia (RWEDP). GCP/RAS/154/NET.

FAO. 2000. Análisis del flujo de combustibles forestales en áreas demostrativas en Cuba. Informe de Consultoría por T. Arias, Proyecto "La dendroenergía, una alternativa para el desarrollo energético sostenible en Cuba". TCP/FAO/CUB/8925(A). Havana. 25 pp.

FAO. 2001. Consumo y flujos de combustibles forestales en los sectores residencial, pequeño industrial y alimenticio estatal de la Provincia de Guantánamo, Cuba. Informe de Consultoría por Núñez et al. Proyecto "La dendroenergía, una alternativa para el desarrollo energético sostenible en Cuba". TCP/FAO/CUB/8925(A). Guantánamo. 57 pp.

FAO. 2002. A guide for woodfuel surveys. Prepared by T. A. Chalico and E. M. Riegelhaupt. EC-FAO Partnership Programme (2000-2002) Sustainable Forest Management Programme. Ver: <http://www.fao.org/docrep/005/Y3779E/Y3779E00.HTM>

FAO. 2003. Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping – WISDOM. Prepared by O.R. Masera, R. Drigo and M.A. Trossero. Ver: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4719E/Y4719E00.HTM>

FAO. 2004a. TUB – Terminología Unificada sobre la Bioenergía. Ver: <http://www.fao.org/docrep/009/j6439s/j6439s00.htm>

FAO. 2004b. WISDOM Senegal – Analysis of woodfuel production/consumption patterns in Senegal. Draft prepared by R. Drigo for the FAO Wood Energy Programme.

FAO. 2005. Fuelwood “hot spots” in Mexico: a case study using WISDOM – Woodfuel Integrated Supply-Demand Overview Mapping. Prepared by R. O. Masera, , G. Guerrero, A. Ghilardi, A. Velasquez, J. F. Mas, M. Ordonez, R. Drigo and M. Trossero. FAO Wood Energy Programme and Universidad Nacional Autónoma de Mexico (UNAM). Ver: <http://www.fao.org/docrep/008/af092e/af092e00.HTM>

FAO. 2006a. Woodfuel Integrated Supply / Demand Overview Mapping (WISDOM) - Slovenia - Spatial woodfuel production and consumption analysis. Prepared by R. Drigo and Ž. Veselič. FAO Forestry Department – Wood Energy Working Paper. Ver: <http://www.fao.org/docrep/009/j8027e/j8027e00.HTM>

FAO. 2006b. WISDOM – East Africa. Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping (WISDOM) Methodology. Spatial woodfuel production and consumption analysis of selected African countries. Prepared by R. Drigo for the FAO Forestry Department - Wood Energy. Ver: <http://www.fao.org/docrep/009/j8227e/j8227e00.HTM>

FAO. 2007. Wood-energy supply/demand scenarios in the context of poverty mapping. A WISDOM case study in Southeast Asia for the years 2000 and 2015. Prepared by Rudi Drigo for FAO Environment and Natural Resources Service (SDRN) and Forest Product Service (FOPP). Environment and Natural Resources Working Paper No. 27. FAO, Rome.

FAO. 2008. WISDOM for cities. Analysis of wood energy and urbanization aspects using WISDOM methodology. Prepared by R. Drigo and F. Salbitano. FAO Forestry Department Urban forestry – Wood energy. Ver: <http://www.fao.org/docrep/010/i0152e/i0152e00.HTM>

Fundación IDR Mendoza 1999. Caracterización de la cadena agroalimentaria de viticultura de la provincia de Mendoza.

Hansen, M.; DeFries, R.; Townshend, J.R.; Carroll, M.; Dimiceli, C.; Sohlberg, R.. 2003. 500m MODIS Vegetation Continuous Fields. College Park, Maryland: The Global Land Cover Facility.

JRC-EC. 2003. The Global Land Cover Map for the Year 2000 (GLC 2000). European Commission Joint Research Centre. Ver: <http://www.gem.jrc.it/glc2000/defaultglc2000.htm>

Masera, O.R., Ghilardi, A., Drigo, R. & Trossero, M.A. 2006. WISDOM: a GIS-based supply demand mapping tool for woodfuel management. Biomass and Bioenergy, 30: 618–637.

RENEWED Project. 2008. Work Package 2 - Identification and definition of Bio-energy Districts. Methodology developed and applied over Emilia Romagna Region, Italy, by R. Drigo. Draft Project documentation.

SEI. 2000. LEAP – Long-range Energy Alternatives Planning system. Stockholm Environment Institute/Boston and Tellus Institute. Ver: <http://www.seib.org/leap>

Wabö E. 2005. Inventario Forestal Provincia de Chaco.

Zakia, M., Verslype, C., Riegelhaupt, E., Pareyn, F., Bezerra, F. & Mallants, J. 1992. Guía para levantamento do consumo e fluxo de produtos florestais. PNUD-FAO-IBAMA. Fortaleza. 77 pp.

## **8. ANEXOS**



## 8.1. ANEXO 1: Definiciones, unidades de medida y factores de conversión

Tabla 12. Selección de los términos más relevantes de la Terminología Unificada para Bioenergía (FAO. 2004a)<sup>26</sup>

| Términos  | Definiciones   |
|---|--|
| Agrocombustibles  | Biocombustibles obtenidos como producto de cultivos energéticos o subproductos agrícolas (incluyendo los subproductos agroindustriales y los derivados de la actividad pecuaria).  |
| Biocombustible  | Combustible producido directa o indirectamente a partir de la biomasa.   |
| Biocombustible densificado                              | Biocombustible sólido generado mecánicamente mediante compresión de biomasa para aumentar su densidad y para dar al combustible un tamaño y una forma específica, por ejemplo: cubos, pellets, briquetas o trozas prensadas.   |
| Bioenergía  | Energía derivada de los biocombustibles.   |
| Biomasa   | Material de origen biológico, excluyendo los materiales extraídos de formaciones geológicas o fosilizados.   |
| Combustible   | Vector energético destinado a su conversión en energía.  |
| Cultivos energéticos, cultivos combustibles             | Cultivos herbáceos o leñosos implantados específicamente por su valor como combustible.  |
| Dendrocombustible, biocombustible derivado de la madera | Todos los tipos de biocombustibles derivados directa o indirectamente de una biomasa leñosa.   |
| Dendroenergía, energía forestal                         | Energía derivada de los dendrocombustibles, que corresponde al poder calorífico neto del combustible   |
| Energía renovable                                       | Energía producida y/o derivada de una fuente que se regenera indefinidamente (energía hidráulica, solar, eólica) o generada por combustibles renovables (biomasa producida en forma sustentable); suele expresarse en unidades de energía y, en el caso de los combustibles, se basa en el poder calorífico neto.  |
| Leña  | Dendrocombustible derivado de la madera que conserva la composición original de la madera.   |
| Licor Negro   | Licor alcalino residual que se obtiene de los digestores empleados para producir pasta de celulosa al sulfato o a la soda, durante el proceso de producción de papel, y cuyo contenido energético procede principalmente de la lignina extraída de la madera en las operaciones de elaboración de pasta.   |
| Poder calorífico bruto                                  | Valor absoluto de la energía específica de combustión, en julios, para la masa unitaria de un combustible sólido, quemado en una bomba calorimétrica con arreglo a las condiciones especificadas. Se supone que el resultado de la combustión son gases (oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y dióxido de azufre), agua líquida (en equilibrio con su vapor), saturada con dióxido de carbono en las condiciones de reacción de la bomba, y ceniza sólida, todo e en la temperatura de referencia y con un volumen constante. Se llamaba antes poder calorífico superior. NOTA Adoptado ISO 1928:1995 |
| Poder calorífico neto (Qnet)                            | Se calcula partiendo del supuesto de que toda el agua de los productos de la reacción subsiste como vapor de agua (a 0,1 MPa), estando los demás productos, como en el caso del poder calorífico bruto, a la temperatura de referencia. El poder calorífico neto puede determinarse en condiciones de presión constante o de volumen constante. Se llamaba antes calor de combustión inferior. El poder calorífico neto del material sin tratar se calcula a partir del poder calorífico neto de la materia seca y de la humedad total del material sin tratar. NOTA Adoptado ISO 1928:1995              |
| Sistemas dendroenergéticos                              | Todas las fases y operaciones que se requieren para la producción, la preparación, el transporte, la comercialización y la conversión de combustibles de madera en energía.  |

### Unidades de medida y factores de conversión.

La unidad de medida para la contabilización de biomasa es en toneladas (t) en base seca (t bs), salvo que se especifique otra medida.

Los factores de conversión y de expansión aplicados por FAO en la metodología WISDOM provienen de estudios anteriores y se presentan en la tabla siguiente. Algunos de estos fueron sustituidos por factores locales específicos, para las zonas en que estaban disponibles.

<sup>26</sup> Ver en: <http://www.fao.org/bioenergy/52184/es/>

Tabla 13. Principales factores de conversión aplicados y referencias.

| Ítem  |   | Factores                  |  | Referencias   |
|---|---|---------------------------|--|---|
| Densidad de la madera   | Secado al aire DBL sa   | 0,725                     | t/m <sup>3</sup>   | Norma FAO: Valor de densidad de la madera con un 12% de humedad   |
|   | En base seca DBL bs   | 0,593                     | t/m <sup>3</sup>   | Calculado según datos de Reyes et al (1992) a partir de la fórmula: madera en base seca = 0,0134 + 0,8 * (biomasa con un 12% de humedad)  |
| Factor de expansión de la Biomasa (FEB)   | Bosques densos de Frondosas (VFSC10>60)   | EXP(3,213-0,506*LN(BV))   | para BV<190<br>(BV = VFSC 10 *DBL sh)  | Brown S., 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. FAO Forestry Paper 134. Ecuación 3.1.4, Pág. 8   |
|   |   | 1,74                      | para BV>190  |   |
|   | Formaciones abiertas (VFSC10<60)  | 3,0                       |  | Brown, Comunicación personal con R. Drigo; Brown, S. and A. E. Lugo. 1984. Biomass of tropical forests: a new estimate based on volumes. Science 223:1290-1293.   |
|   | Bosque de coníferas   | 1,3                       |  | Brown S., 1997.   |
| Factor de expansión de volumen (FEV) de VFSC30 a VFSC10                                   |   | Exp(1,3-0,209*Ln(VFSC30)) | para VFSC30<250m <sup>3</sup> /ha<br>(VFSC30 = volumen del fuste sin corteza con DAP>30cm) | Brown S., 1997.   |
|   |   | 1,3                       | para VFSC30>250m <sup>3</sup> /ha  |   |
| Fracción leña (FFD)<br>Fracción del total de la biomasa que puede ser utilizada como leña | Incluye tallo, corteza y ramas y excluye hojas y ramas de pequeñas dimensiones. | 0,88                      | Para formaciones densas  | Brown S. 2005. Comunicación personal con R. Drigo.  |
|   |   | 0,83                      | Para formaciones abiertas  | Brown S., A. E. Lugo, 1990. Tropical secondary forests. Journal of Tropical Ecology (1990) 6: 1-32.<br>Gurumurti K., D.P. Raturi and H. C. S. Bhandari, 1984. Biomass production in energy plantations of prosopis juliflora. The Indian Forester, Vol 110, 1984.<br>Ketterings, Coe, van Noordwijk, Ambagau and Palm, 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. Forest Ecology and Management 145 (2001) 199-209.<br>Negi J.D.S., N. K. S. Bora, V. N. Tandon, and H. D. Thapliyal, 1984. Organic matter production in an age series of Eucalyptus globulus plantations in Tamil Nadu. The indian Forester 110, 1984. |

## 8.2. ANEXO 2: Clasificación de los recursos biomásicos

Con el objeto de brindar una perspectiva coherente en el complejo universo de la biomasa, la Tabla 2 ofrece una clasificación de las fuentes más comunes de biomasa potencialmente disponibles para usos energéticos (UBET, FAO 2004).

En el caso de WISDOM Argentina, las categorías que se consideraron en el análisis fueron aquellas que se consideraron más relevantes (aparecen grisadas en la tabla. Esto incluye (i) las fuentes directas, tales como los bosques nativos, las plantaciones forestales, los cultivos agrícolas y los subproductos de estas actividades, y (ii) las fuentes indirectas tales como los subproductos de las agro y forestoindustrias.

En el futuro, se recomienda explorar en la consistencia de otras fuentes e incluir la información y cartografía necesaria a la base de geodatos WISDOM.

**Tabla 14: Clasificación de las fuentes de biocombustibles por sus características (adaptado de TUB, FAO 2004a)**

|   |                        | Biomasa Leñosa  | Biomasa Herbácea   | Biomasa de Frutas y Semillas               | Otras (incluidas las mezclas)  |
|---|------------------------|---|--|--|--|
|   |                        | <b>DENDROCOMBUSTIBLES</b>   | <b>AGROCOMBUSTIBLES</b>  |  |  |
| <b>Cultivos energéticos</b>               |                        | - árboles de bosques energéticos<br>- árboles de plantaciones energéticas | - pasturas energéticas<br>- cultivos energéticos de cereales enteros | - cereales energéticos                     |  |
| <b>Subproductos*</b>                      | <b>directa</b>         | - subproductos de raleos<br>- subproductos de la extracción.              | - subproductos agrícolas:<br><br>- pajilla                           | - huesos, cáscaras, vainas                 | - subproductos animales<br>- subproductos hortícolas<br>- subproductos paisajísticos |
|   | <b>indirecta</b>       | - subproductos de la industria de la madera<br>- licor negro              | - subproductos de la elaboración de fibras                           | - subproductos de la industria alimentaria | - biolodos<br>- subproductos del matadero  |
| <b>Materiales derivados de otros usos</b> | <b>de recuperación</b> | - madera usada  | - productos de fibra usados  | - productos de frutas y semillas usadas    | <b>SUBPRODUCTOS DE ORIGEN MUNICIPAL</b>  |
|   |                        |   |  |  | - desperdicios de cocina<br>- fangos de aguas residuales                             |

\* El término "subproductos" engloba los impropriadamente llamados residuos y desechos sólidos, líquidos y gaseosos, derivados de las actividades de elaboración de biomasa.



### 8.3. ANEXO 3: Nombres y descripción de los mapas principales.

Los mapas ráster tienen una resolución de 250 m/px, salvo aclaración contraria.

**Tabla 15. Principales Mapas Elaborados.**

| Modulo / Archivo   | Tipo      | Descripción  |
|--|-----------|--|
| Base Cartográfica  |           |  |
| Dtos_indec_utm20n_sinmal.shp   | Vectorial | Mapa de departamentos (sin Malvinas)   |
| Pcias_indec_utm20n_sinmal.shp  | Vectorial | Mapa de provincias   |
| dtos_sm3   | Ráster    | Mapa Ráster de Departamentos   |
| pcias  | Ráster    | Mapa Ráster de Provincias  |
| m250_sm  | Ráster    | Máscara del territorio argentino   |
| urbanos.shp  | Vectorial | Mapa vectorial de las áreas urbanas (interpretación y digitalización sobre imágenes satelitales)   |
| urban  | Ráster    | Mapa raster de las áreas urbanas   |
| parajes.shp  | Vectorial | Mapa vectorial (puntos) de los sitios poblados   |
| paraje   | Ráster    | Mapa ráster de los sitios poblados   |
| paraje_no_urb  | Ráster    | Mapa ráster con los pixeles de Paraje.grd no cubiertos por la capa urban.grd   |
| red_vial_utm.shp   | Vectorial | Red Vial (rutas nacionales, provinciales, caminos y sendas)  |
| ferroc_utm20.shp   | Vectorial | Red Ferroviaria  |
| fer_ru.shp   | Ráster    | Red de comunicaciones (vial + ferroviaria –limitada a líneas activas)  |
| dtos_03.mdb  | mdb       | Geodatabase que reporta los resultados de los módulos oferta, demanda y balance, agrupados por Departamento  |
| <b>Mapas de Accesibilidad</b>  |           |  |
| accesib  | Ráster    | Mapa ráster de red de comunicaciones y sitios poblados (urbanos y parajes)   |
| slope250   | Ráster    | Mapa de pendientes, en porcentaje (basado en SRTM – Nasa)  |
| cd_fl_pc_1   | Ráster    | Mapa de Costo distancia (basado en las dos capas anteriores)   |
| cd_20  | Ráster    | Mapa de Costo distancia (representado en 20 clases, mediante cuantiles)  |
| acc_pc_02  | Ráster    | Mapa de accesibilidad física (valores %) basado en la capa cd_20 map   |
| a_prot.shp   | Vectorial | Mapa vectorial de áreas protegidas   |
| ar_prot_uicn   | Ráster    | Mapa raster de áreas protegidas  |
| leg_acc_pc   | Ráster    | Mapa de accesibilidad legal (valores %)  |
| <b>Módulo Oferta</b>   |           |  |
| tc2k   | Ráster    | Mapa de cobertura arbórea - MODIS Tree Cover Percent data (2000) (Hansen et al. 2003) remuestreados de 500m a 250m/px.   |
| mul_stkmin.txt   | txt       | Archivo de reclasificación de Lc_250_4 para crear el mapa de coeficientes de stock (min)   |
| mul_stkmed.txt   | txt       | Archivo de reclasificación de Lc_250_4 para crear el mapa de coeficientes de stock (med)   |
| mul_stkmax.txt   | txt       | Archivo de reclasificación de Lc_250_4 para crear el mapa de coeficientes de stock (max)   |
| mul_maimin.txt   | txt       | Archivo de reclasificación de Lc_250_4 para crear el mapa de coeficientes de Incremento Anual -IMA- (min)  |
| mul_maimed.txt   | txt       | Archivo de reclasificación de Lc_250_4 para crear el mapa de coeficientes de Incremento Anual -IMA- (med)  |
| mul_maimax.txt   | txt       | Archivo de reclasificación de Lc_250_4 para crear el mapa de coeficientes de Incremento Anual -IMA- (max)  |
| m_stkkgmed   | Ráster    | Mapa de coeficientes del mapa de cobertura arbórea para stock – valores medios   |
| m_stkkgmin   | Ráster    | Mapa de coeficientes del mapa de cobertura arbórea para stock – valores mínimos  |
| m_stkkgmax   | Ráster    | Mapa de coeficientes del mapa de cobertura arbórea para stock – valores máximos  |
| m_maikgmed   | Ráster    | Mapa de coeficientes del mapa de cobertura arbórea para IMA – valores medios   |
| m_maikgmin   | Ráster    | Mapa de coeficientes del mapa de cobertura arbórea para IMA – valores mínimos  |
| m_maikgmax   | Ráster    | Mapa de coeficientes del mapa de cobertura arbórea para IMA – valores máximos  |
| Los mapas de coeficientes fueron multiplicados por el mapa tc2k para obtener los valores por hectárea, y luego por 6.25 para obtener los valores por píxel |           |  |
| stkgg_med  | Ráster    | Stock de biomasa leñosa (kg sh / píxel) – valores medios   |
| stkgg_min  | Ráster    | Stock de biomasa leñosa (kg sh / píxel) – valores mínimos  |
| stkgg_max  | Ráster    | Stock de biomasa leñosa (kg sh / píxel) – valores máximos  |
| maikg_med  | Ráster    | Incremento anual de biomasa leñosa (kg sh / píxel) – valores medios  |
| maikg_min  | Ráster    | Incremento anual de biomasa leñosa (kg sh / píxel) – valores mínimos   |
| maikg_max  | Ráster    | Incremento anual de biomasa leñosa (kg sh / píxel) – valores máximos   |
| Recl_lc_pc_avail_plant_mai.txt   | txt       | Archivo de reclasificación del mapa Lc_250_4 para generar los mapas anteriores   |
| av_plmai_pc  | Ráster    | Mapa mostrando el porcentaje de IMA disponible para las clases de plantaciones (valor=100 para todas las clases). Para multiplicar los mapas de IMA anteriores y obtener los siguientes: |
| maikgav1_med   | Ráster    | Mapa IMA de la biomasa disponible de plantaciones (kg sh / píxel) –valores medios  |

| Modulo / Archivo   | Tipo   | Descripción  |
|--|--------|--|
| Base Cartográfica  |        |  |
| <b>Módulo Oferta (continuación)</b>  |        |  |
| maikgav1_min   | Ráster | Mapa IMA de la biomasa disponible de plantaciones (kg sh / pixel) –valores mínimos   |
| maikgav1_max   | Ráster | Mapa IMA de la biomasa disponible de plantaciones (kg sh / pixel) –valores máximos   |
| Recl_dtos_bn_pc_avail.txt  | txt    | Archivo de reclasificación de dtos_sm3 para obtener los siguientes mapas:  |
| av_pc_bn   | Ráster | Mapa mostrando el porcentaje de IMA disponible para las clases de bosques nativos en cada departamento, dependiendo de los datos de extracción (valor=100 para todas las clases). Para multiplicar los mapas anteriores (maikgav1_) para obtener los siguientes mapas de biomasa disponible: |
| maikgav_md   | Ráster | IMA disponible (kg sh / pixel) – valores medios  |
| maikgav_mn   | Ráster | IMA disponible (kg sh / pixel) – valores mínimos   |
| maikgav_mx   | Ráster | IMA disponible (kg sh / pixel) – valores máximos   |
| Los mapas anteriores, multiplicados por el mapa acc_pc02 (/100) y luego por leg_acc_pc (/100) generan los siguientes mapas:  |        |  |
| acmaikg_md   | Ráster | IMA accesible y disponible (kg sh / pixel) – valores medios  |
| acmaikg_mn   | Ráster | IMA accesible y disponible (kg sh / pixel) – valores mínimos   |
| acmaikg_mx   | Ráster | IMA accesible y disponible (kg sh / pixel) – valores máximos   |
| depfru_dry.grd   |        | Mapa de departamentos con los valores de poda de viñedos y frutales  |
| Lc_agricc2.grd   |        | Clases agrícolas (1050 a 1065) en las cuales pueden existir cultivos   |
| frudryres_kg   | Ráster | Aproximación al mapa de biomasa de viñedos y de poda de frutales (kg sh / pixel)   |
| r_asr_pl_kg  | Ráster | Subproductos de aserraderos de plantaciones forestales (kg sh / pixel)   |
| r_asr_mn_kg  | Ráster | Subproductos de aserraderos de bosques nativos (kg sh / pixel)   |
| r_asr_kg   | Ráster | Subproductos de aserraderos -total- (kg sh / pixel)  |
| Los mapas acmaikg_ + fruidryres_kg + r_asr_kg generan los siguientes mapas de BIOMASA LEÑOSA:  |        |  |
| acwbkg_md  | Ráster | Biomasa leñosa disponible y accesible (kg sh / pixel) – valores medios   |
| acwbkg_mn  | Ráster | Biomasa leñosa disponible y accesible (kg sh / pixel) – valores mínimos  |
| acwbkg_mx  | Ráster | Biomasa leñosa disponible y accesible (kg sh / pixel) – valores máximos  |
| arroz_resdry (arroz_rskg0)   | Ráster | Residuos de pajilla de arroz en el sitio de cultivo, en kg   |
| ricemil_reskg (ricemil_rskg0)  | Ráster | Residuos en los molinos arroceros, en kg   |
| cott_res_kg (cott_rs_kg0)  | Ráster | Residuos en las plantas de desmote de algodón, en kg   |
| mani_res_kg (mani_rs_kg0)  | Ráster | Residuos en las industrias procesadoras de maní, en kg   |
| oliv_res_kg (oliv_rs_kg0)  | Ráster | Residuos en las industrias procesadoras de olivo, en kg  |
| sug_res_kg (sug_rs_kg0)  | Ráster | Residuos en las industrias procesadoras de caña de azúcar, en kg   |
| Los mapas acwbkg_ + los 6 mapas de residuos anteriores, generan los siguientes mapas de biomasa:   |        |  |
| ac_bkg_md  | Ráster | Biomasa accesible y disponible (kg sh / pixel) – valores medios  |
| ac_bkg_mn  | Ráster | Biomasa accesible y disponible (kg sh / pixel) – valores mínimos   |
| ac_bkg_mx  | Ráster | Biomasa accesible y disponible (kg sh / pixel) – valores máximos   |
| A los mapas anteriores se les aplicó un filtro para definir las fuentes de interés "comercial".<br>Como umbral se aplicó un valor $\geq 3000$ kg sh/pixel/año, correspondiente a 480 kg/ha/año |        |  |
| ac_bkgmd_c   | Ráster | Mapa de biomasa disponible y accesible comercial (kg sh / pixel) – med $\geq 3000$   |
| <b>Módulo Demanda</b>  |        |  |
| dt_rur_kgpx  | Ráster | Mapa de departamentos, mostrando el consumo de leña de los hogares no urbanos (parajes)  |
| dt_urb_kgpx  | Ráster | Mapa de departamentos, mostrando el consumo de leña de los hogares urbanos   |
| paraj_kg   | Ráster | Consumo de leña de los hogares no urbanos, por pixel   |
| urb_k  | Ráster | Consumo de leña de los hogares urbanos, por pixel  |
| cons01_kg  | Ráster | Mapa de consumo doméstico (2001)   |
| Conh_kg01_07   | Ráster | Mapa de consumo doméstico (proyectado al 2007)   |
| asad_kg  | Ráster | Consumo en restaurantes, parrillas y asados domésticos   |
| pan_kg   | Ráster | Consumo en panaderías  |
| c_lena_yb  | Ráster | Consumo en secaderos de yerba mate y té  |
| ladril_kg_med  | Ráster | Consumo en fábricas de ladrillos (FAO 1987 ref. de necesidades de leña)  |
| ladril_kg_maxd   | Ráster | Consumo en fábricas de ladrillos (anónimo ref. de necesidades de leña) NO UTILIZADO  |
| totcons_kg   | Ráster | Mapa de consumo total (tomando el consumo doméstico 2001) kg sh  |
| totcons_kg_07  | Ráster | Mapa de consumo total (tomando el consumo doméstico 2007) kg sh  |
| <b>Módulo Integración</b>  |        |  |
| bal_1_mn   | Ráster | Balance local a nivel pixel entre ac_bkg_mn y consumo total (2001)   |
| bal_1_md   | Ráster | Balance local a nivel pixel entre ac_bkg_md y consumo total (2001)   |
| bal_1_mx   | Ráster | Balance local a nivel pixel entre ac_bkg_mx y consumo total (2001)   |
| Bal_f5   | Ráster | Balance en un contexto de 5 km, entre ac_bkg_md y consumo total (2001)   |
| Bal_f5_5   | Ráster | Balance en un contexto de 10 km, entre ac_bkg_md y consumo total (2001)  |
| Bal_com_th3t   | Ráster | Balance local a nivel pixel entre ac_bkg_md y consumo total (2001) con un umbral comercial de 3 t/pixel  |
| bal_2007_mn  | Ráster | Balance local a nivel pixel entre ac_bkg_mn y consumo total (2007)   |
| bal_2007_md  | Ráster | Balance local a nivel pixel entre ac_bkg_md y consumo total (2007)   |

| Modulo / Archivo                         | Tipo   | Descripción   |
|--|--------|---|
| Base Cartográfica                        |        |   |
| <b>Módulo Integración (continuación)</b> |        |   |
| bal_2007_mx                              | Ráster | Balance local a nivel pixel entre ac_bkg_mx y consumo total (2007)  |
| bal_com07_mn                             | Ráster | Balance local a nivel pixel entre ac_bkg_mn y consumo total (2007) con umbral comercial de 3 t/pixel                              |
| bal_com07_md                             | Ráster | Balance local a nivel pixel entre ac_bkg_md y consumo total (2007) con umbral comercial de 3 t/pixel                              |
| bal_com07_mx                             | Ráster | Balance local a nivel pixel entre ac_bkg_mx y consumo total (2007) con umbral comercial de 3 t/pixel                              |
| <b>Cuenca de Abastecimiento</b>          |        |   |
|  | Ráster | Mapa de accesibilidad de la ciudad de Córdoba, basado en COSTDISTANCE (centro en Córdoba center; cd20)                            |
| Cord_234                                 | Ráster | Anillos de accesibilidad alrededor de la ciudad de Córdoba, basados en el mapa anterior, con los datos distribuidos en 234 clases |



## 8.4. ANEXO 4: Coberturas del suelo, estimación primaria de Densidad e Incremento Medio Anual.

Tabla 16. Coberturas del suelo, estimación primaria de Densidad e Incremento Medio Anual.

| LC250_code | geo_zone     | LC250_class  | Plantación vol. a finales de rotación y existencias de bosques naturales Tallo vol. Sobre corteza DAP > 10 | Dendroenergía de la biomasa (biomasa aérea total sin tocón, hojas y ramitas). Para las plantaciones, en ausencia de clases de edad, se estima en el 50% de la rotación de la biomasa final |        |             | Stock t/ha   |       |        | IMA t/ha/año               |       |        | Comentarios  |
|------------|--------------|--------------|--|--|--------|-------------|--|-------|--------|----------------------------|-------|--------|--|
|            |              |              |  | CUM/ha   | t / ha | Comentarios | Rango de valores de plantaciones, + - 20% de la vegetación natural |       |        | IMA en t de biomasa leñosa |       |        |  |
|            |              |              |  |  |        |             | Mínimo   | Medio | Máximo | Mínimo                     | Medio | Máximo |  |
| (a)        | (b)          | (c)          | (d)  | (e)  | (f)    | (g)         | (h)  | (i)   | (j)    | (k)                        | (l)   | (m)    | (n)  |
| 11         | Plantaciones | Misiones     | Araucaria  | 250  | 85     |             | 33,9   | 84,9  | 135,8  | 3,4                        | 8,5   | 13,6   | % de stock para formaciones densas de bosque nativo. |
| 21         | Plantaciones | Misiones     | Otras coníferas  | 350  | 119    |             | 67,9   | 118,8 | 169,7  | 6,8                        | 11,9  | 17,0   |  |
| 22         | Plantaciones | Corrientes   | Otras coníferas  | 400  | 136    |             | 54,3   | 135,8 | 217,2  | 5,4                        | 13,6  | 21,7   |  |
| 23         | Plantaciones | Entre Ríos   | Otras coníferas  | 300  | 102    |             | 67,9   | 101,8 | 135,8  | 6,8                        | 10,2  | 13,6   |  |
| 24         | Plantaciones | Buenos Aires | Otras coníferas  | 240  | 81     |             | 27,2   | 81,5  | 135,8  | 2,7                        | 8,1   | 13,6   |  |
| 25         | Plantaciones | Patagonia    | Otras coníferas  | 225  | 76     |             | 30,5   | 76,4  | 122,2  | 2,0                        | 5,1   | 8,1    |  |
| 26         | Plantaciones | NOA          | Otras coníferas  | 270  | 92     |             | 33,9   | 91,6  | 149,3  | 3,4                        | 9,2   | 14,9   |  |
| 27         | Plantaciones | Centro       | Otras coníferas  | 276  | 94     |             | 31,2   | 93,7  | 156,1  | 2,7                        | 8,1   | 13,6   |  |
| 35         | Plantaciones | Patagonia    | Pseudotsuga menziesii  | 225  | 76     |             | 30,5   | 76,4  | 122,2  | 2,0                        | 5,1   | 8,1    |  |
| 41         | Plantaciones | Misiones     | Eucaliptos   | 374  | 170    |             | 99,9   | 169,9 | 239,9  | 18,2                       | 30,9  | 43,6   |  |
| 42         | Plantaciones | Corrientes   | Eucaliptos   | 275  | 125    |             | 50,0   | 124,9 | 199,9  | 9,1                        | 22,7  | 36,3   |  |
| 43         | Plantaciones | Entre Ríos   | Eucaliptos   | 276  | 125    |             | 43,6   | 125,4 | 207,2  | 7,3                        | 20,9  | 34,5   |  |
| 44         | Plantaciones | Buenos Aires | Eucaliptos   | 240  | 109    |             | 54,5   | 109,0 | 163,6  | 9,1                        | 18,2  | 27,3   |  |
| 46         | Plantaciones | NOA??        | Eucaliptos   | 243  | 110    |             | 36,8   | 110,4 | 184,0  | 5,5                        | 16,4  | 27,3   |  |
| 47         | Plantaciones | Centro       | Eucaliptos   | 210  | 95     |             | 54,5   | 95,4  | 136,3  | 9,1                        | 15,9  | 22,7   |  |
| 53         | Plantaciones | Entre Ríos   | Populus spp. y Salix spp. no diferenciables  | 150  | 77     |             | 41,1   | 77,1  | 113,1  | 8,2                        | 15,4  | 22,6   |  |
| 54         | Plantaciones | Buenos Aires | Populus spp. y Salix spp. no diferenciables  | 145  | 76     |             | 20,9   | 75,8  | 130,8  | 4,2                        | 15,2  | 26,2   |  |
| 55         | Plantaciones | Patagonia    | Populus spp. y Salix spp. no diferenciables  | 135  | 73     |             | 65,1   | 73,2  | 81,3   | 13,0                       | 14,6  | 16,3   |  |
| 57         | Plantaciones | Centro       | Populus spp. y Salix spp. no diferenciables  | 150  | 77     |             | 41,1   | 77,1  | 113,1  | 8,2                        | 15,4  | 22,6   |  |

| (a) | (b)          | (c)                      | (d)  | (e)     | (f) | (g)       | (h)   | (i)   | (j)   | (k)  | (l)  | (m)  | (n) |
|-----|--------------|--------------------------|--|---------|-----|-----------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|
| 61  | Plantaciones | Misiones                 | Otras latifoliadas                               | 225     | 102 |           | 90,9  | 102,2 | 113,6 | 18,2 | 20,4 | 22,7 |     |
| 62  | Plantaciones | Corrientes               | Otras latifoliadas                               | 150     | 77  |           | 41,1  | 77,1  | 113,1 | 8,2  | 15,4 | 22,6 |     |
| 64  | Plantaciones | Buenos Aires             | Otras latifoliadas                               | 150     | 77  |           | 41,1  | 77,1  | 113,1 | 8,2  | 15,4 | 22,6 |     |
| 65  | Plantaciones | Patagonia                | Otras latifoliadas                               | 135     | 73  |           | 65,1  | 73,2  | 81,3  | 13,0 | 14,6 | 16,3 |     |
| 66  | Plantaciones | NOA                      | Otras latifoliadas                               | 150     | 77  |           | 41,1  | 77,1  | 113,1 | 8,2  | 15,4 | 22,6 |     |
| 75  | Plantaciones | Patagonia                | Pinus ponderosa y jeffreyi                       | 180     | 61  |           | 20,4  | 61,1  | 101,8 | 1,4  | 4,1  | 6,8  |     |
| 81  | Plantaciones | Misiones                 | Pinus taeda, elliotii y caribea                  | 350     | 119 |           | 67,9  | 118,8 | 169,7 | 6,8  | 11,9 | 17,0 |     |
| 82  | Plantaciones | Corrientes               | Pinus taeda, elliotii y caribea                  | 400     | 136 |           | 54,3  | 135,8 | 217,2 | 5,4  | 13,6 | 21,7 |     |
| 83  | Plantaciones | Entre Ríos               | Pinus taeda, elliotii y caribea                  | 300     | 102 |           | 67,9  | 101,8 | 135,8 | 6,8  | 10,2 | 13,6 |     |
| 86  | Plantaciones | NOA                      | Pinus taeda, elliotii y caribea                  | 270     | 92  |           | 33,9  | 91,6  | 149,3 | 3,4  | 9,2  | 14,9 |     |
| 87  | Plantaciones | Centro                   | Pinus taeda, elliotii y caribea                  | 276     | 94  |           | 31,2  | 93,7  | 156,1 | 2,7  | 8,1  | 13,6 |     |
| 91  | Plantaciones | Misiones                 | Bosque nativo, capuera, pajonal, pastizal u otro | 169,68  | 164 |           | 131,1 | 163,9 | 196,7 | 3,3  | 4,9  | 6,6  |     |
| 92  | Plantaciones | Corrientes               | Bosque nativo, capuera, pajonal, pastizal u otro | 101,167 | 127 |           | 101,6 | 127,0 | 152,4 | 2,5  | 3,8  | 5,1  |     |
| 93  | Plantaciones | Entre Ríos               | Bosque nativo, capuera, pajonal, pastizal u otro | 101,167 | 127 |           | 101,6 | 127,0 | 152,4 | 2,5  | 3,8  | 5,1  |     |
| 94  | Plantaciones | Buenos Aires             | Bosque nativo, capuera, pajonal, pastizal u otro | 101,167 | 127 |           | 101,6 | 127,0 | 152,4 | 2,5  | 3,8  | 5,1  |     |
| 95  | Plantaciones | Patagonia                | Bosque nativo, capuera, pajonal, pastizal u otro | 479,49  | 326 |           | 260,4 | 325,5 | 390,6 | 6,5  | 9,8  | 13,0 |     |
| 96  | Plantaciones | NOA                      | Bosque nativo, capuera, pajonal, pastizal u otro | 33,12   | 69  |           | 55,2  | 69,0  | 82,8  | 2,1  | 3,4  | 4,8  |     |
| 97  | Plantaciones | Centro                   | Bosque nativo, capuera, pajonal, pastizal u otro | 101,167 | 127 |           | 101,6 | 127,0 | 152,4 | 2,5  | 3,8  | 5,1  |     |
| 111 | Bque. Nativo | Tierras Forestales       | Bosque Andino Patagónico                         | 479,49  | 326 |           | 260,4 | 325,5 | 390,6 | 6,5  | 9,8  | 13,0 |     |
| 112 | Bque. Nativo | Tierras Forestales       | Espinal (recl ot f)                              | 26,95   | 40  |           | 31,9  | 39,8  | 47,8  | 1,2  | 2,0  | 2,8  |     |
| 114 | Bque. Nativo | Tierras Forestales       | Parque Chaqueño                                  | 33,12   | 49  |           | 39,2  | 48,9  | 58,7  | 1,5  | 2,4  | 3,4  |     |
| 115 | Bque. Nativo | Tierras Forestales       | Selva Misionera                                  | 169,68  | 164 |           | 131,1 | 163,9 | 196,7 | 3,3  | 4,9  | 6,6  |     |
| 116 | Bque. Nativo | Tierras Forestales       | Selva Tucumano Boliviana                         | 100,69  | 127 |           | 101,3 | 126,7 | 152,0 | 2,5  | 3,8  | 5,1  |     |
| 121 | Bque. Nativo | Otras Tierras Forestales | Bosque Andino Patagónico                         | 74,92   | 51  |           | 40,7  | 50,9  | 61,0  | 1,5  | 2,5  | 3,6  |     |
| 122 | Bque. Nativo | Otras Tierras Forestales | Espinal  | 6,73    | 10  |           | 8,0   | 10,0  | 11,9  | 0,3  | 0,5  | 0,7  |     |
| 123 | Bque. Nativo | Otras Tierras Forestales | Monte  |         | 10  | tentativo | 8,0   | 10,0  | 12,0  | 0,3  | 0,5  | 0,7  |     |
| 124 | Bque. Nativo | Otras Tierras Forestales | Parque Chaqueño                                  | 8,28    | 12  |           | 9,8   | 12,2  | 14,7  | 0,4  | 0,6  | 0,9  |     |

| (a)  | (b)          | (c)                      | (d)  | (e)   | (f) | (g)                   | (h)  | (i)  | (j)  | (k) | (l) | (m) | (n)  |
|------|--------------|--------------------------|--|-------|-----|-----------------------|------|------|------|-----|-----|-----|--|
| 125  | Bque. Nativo | Otras Tierras Forestales | Selva Misionera                                | 26,51 | 26  |                       | 20,5 | 25,6 | 30,7 | 0,8 | 1,3 | 1,8 |  |
| 126  | Bque. Nativo | Otras Tierras Forestales | Selva Tucumano Boliviana                       | 15,73 | 20  |                       | 15,8 | 19,8 | 23,8 | 0,6 | 1,0 | 1,4 |  |
| 200  | INTA data    |                          | Desmorte 2002-2007                             |       | 2   |                       | 1,6  | 2,0  | 2,4  | 0,1 | 0,1 | 0,1 |  |
| 500  | INTA data    |                          | Olivares                                       |       |     | No se estimó el stock | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,7 | 3,4 | 4,1 | La productividad basada en el flujograma (total 1.039.180 toneladas de residuos; área de 306.630 ha)   |
| 501  | INTA data    |                          | Caña de Azúcar                                 |       |     | No se estimó el stock | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,0 | 2,5 | 3,0 | Productividad anual basada sobre datos de referencia de 2.5t /ha/año   |
| 900  | INTA data    |                          | INTA_ Zonas urbanas (poligonos) 2007           |       | 4   |                       | 3,2  | 4,0  | 4,8  | 0,1 | 0,2 | 0,3 |  |
| 1010 | GLC2K        |                          | Bosques cerrados tropicales de hoja perenne    |       | 10  | tentativo             | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | Clase mixta zona húmeda  |
| 1011 | GLC2K        |                          | Bosques abiertos tropicales de hoja perenne    |       | 20  | tentativo             | 16,0 | 20,0 | 24,0 | 0,6 | 1,0 | 1,4 | En NEA: Clase mixta principalmente compuesto por agri/ monte nativo/ fragm forestal; en el centro de Bs Ar estaba clasificado erróneamente los pastos como zonas húmedas |
| 1013 | GLC2K        |                          | Bosque húmedo semi -cerrado                    |       | 10  | tentativo             | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | Clase mixta la mayoría de las zonas húmedas  |
| 1020 | GLC2K        |                          | Bosque cerrado caducifolio                     |       | 10  | tentativo             | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | Clase mixta la mayoría de las zonas húmedas  |
| 1022 | GLC2K        |                          | Bosque semi-cerrado caducifolio                |       | 10  | tentativo             | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |  |
| 1024 | GLC2K        |                          | Bosque de transición caducifolio.              |       | 10  | tentativo             | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | Clase mixta la mayoría de las zonas húmedas  |
| 1030 | GLC2K        |                          | Manglares                                      |       | 10  | tentativo             | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | Clase mixta la mayoría vegetación de delta   |
| 1040 | GLC2K        |                          | Bosque templado cerrado latifoliado            |       | 20  | tentativo             | 16,0 | 20,0 | 24,0 | 0,6 | 1,0 | 1,4 | Clase mixta la mayoría fragm. bosque andino patagónico   |
| 1042 | GLC2K        |                          | Bosque templado mixto latifoliado siempreverde |       | 20  | tentativo             | 16,0 | 20,0 | 24,0 | 0,6 | 1,0 | 1,4 | Clase mixta la mayoría fragm. bosque andino patagónico   |
| 1043 | GLC2K        |                          | Bosque templado cerrado deciduo latifoliado    |       | 20  | tentativo             | 16,0 | 20,0 | 24,0 | 0,6 | 1,0 | 1,4 | Clase mixta la mayoría fragm. bosque andino patagónico   |
| 1044 | GLC2K        |                          | Bosque templado abierto deciduo latifoliado    |       | 20  | tentativo             | 16,0 | 20,0 | 24,0 | 0,6 | 1,0 | 1,4 | Clase mixta la mayoría fragm. bosque andino patagónico   |
| 1050 | GLC2K        |                          | Agricultura Intensiva                          |       | 5   | tentativo             | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 0,2 | 0,3 | 0,4 |  |
| 1051 | GLC2K        |                          | Mosaico de agricultura y vegetación degradada. |       | 5   | tentativo             | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 0,2 | 0,3 | 0,4 | Clase mixta la mayoría agrícola-ganadero   |
| 1052 | GLC2K        |                          | Mosaico de agricultura y bosques degradados.   |       | 5   | tentativo             | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 0,2 | 0,3 | 0,4 | Clase mixta la mayoría agrícola-ganadero   |
| 1060 | GLC2K        |                          | Sabana herbácea.                               |       | 5   | tentativo             | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 0,2 | 0,3 | 0,4 |  |
| 1061 | GLC2K        |                          | Sabana arbustiva                               |       | 10  | tentativo             | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |  |
| 1063 | GLC2K        |                          | Sabana periódicamente inundada                 |       | 2   | tentativo             | 1,6  | 2,0  | 2,4  | 0,1 | 0,1 | 0,1 |  |

| (a)  | (b)   | (c) | (d)   | (e) | (f) | (g)       | (h)  | (i)  | (j)  | (k) | (l) | (m) | (n)  |
|------|-------|-----|---|-----|-----|-----------|------|------|------|-----|-----|-----|--|
| 1064 | GLC2K |     | Arbustales cerrados   |     | 8   | tentativo | 6,4  | 8,0  | 9,6  | 0,2 | 0,4 | 0,6 | La mayoría arbustos en formaciones abiertas                          |
| 1065 | GLC2K |     | Arbustales abiertos   |     | 6   | tentativo | 4,8  | 6,0  | 7,2  | 0,2 | 0,3 | 0,4 | La mayoría baja  |
| 1067 | GLC2K |     | Páramos   |     | 4   | tentativo | 3,2  | 4,0  | 4,8  | 0,1 | 0,2 | 0,3 |  |
| 1068 | GLC2K |     | Pastizales cerrados de montaña                              |     | 4   | tentativo | 3,2  | 4,0  | 4,8  | 0,1 | 0,2 | 0,3 |  |
| 1069 | GLC2K |     | Pastizales abiertos de montaña                              |     | 2   | tentativo | 1,6  | 2,0  | 2,4  | 0,1 | 0,1 | 0,1 |  |
| 1070 | GLC2K |     | Pastizales cerrados de estepa                               |     | 3   | tentativo | 2,4  | 3,0  | 3,6  | 0,1 | 0,2 | 0,2 |  |
| 1071 | GLC2K |     | Pastizales abiertos de estepa                               |     | 2   | tentativo | 1,6  | 2,0  | 2,4  | 0,1 | 0,1 | 0,1 |  |
| 1075 | GLC2K |     | Estepa con arbustos y pastizales                            |     | 3   | tentativo | 2,4  | 3,0  | 3,6  | 0,1 | 0,2 | 0,2 |  |
| 1080 | GLC2K |     | Suelo desnudo   |     | 0   | tentativo | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 | 0,0 | 0,0 |  |
| 1081 | GLC2K |     | Desierto  |     | 0   | tentativo | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 | 0,0 | 0,0 |  |
| 1083 | GLC2K |     | Cuerpos de Agua   |     | 0   | tentativo | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 | 0,0 | 0,0 |  |
| 1084 | GLC2K |     | Hielos permanentes  |     | 0   | tentativo | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 | 0,0 | 0,0 |  |
| 1090 | GLC2K |     | Zona Urbana   |     | 4   | tentativo | 3,2  | 4,0  | 4,8  | 0,1 | 0,2 | 0,3 |  |
| 1110 | GLC2K |     | Bosques montanos 500-1000 - denso siempreverde              |     | 15  | tentativo | 12,0 | 15,0 | 18,0 | 0,5 | 0,8 | 1,1 | Clase mixta mayoría fragm. veg. / forestal                           |
| 1111 | GLC2K |     | Bosques montanos 500-1000 - abiertos siempreverde           |     | 20  | tentativo | 16,0 | 20,0 | 24,0 | 0,6 | 1,0 | 1,4 | Clase mixta mayoría fragm. veg. / forestal Misiones                  |
| 1120 | GLC2K |     | Bosques montanos 500-1000 - cerrado siempreverde            |     | 10  | tentativo | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | Clase mixta mayoría fragm. veg. / forestal en el Parque Chaqueño     |
| 1122 | GLC2K |     | Bosques montanos 500-1000m - cerrado semi-deciduo           |     | 10  | tentativo | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |  |
| 1124 | GLC2K |     | Bosques montanos 500-1000m - abierto semi-deciduo           |     | 10  | tentativo | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |  |
| 1130 | GLC2K |     | Bosques montanos 500-1000m - bosque inundado                |     | 10  | tentativo | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |  |
| 1140 | GLC2K |     | Bosques montanos 500-1000- templado cerrado                 |     | 10  | tentativo | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |  |
| 1142 | GLC2K |     | Bosques montanos 500-1000m - templados mixtos               |     | 10  | tentativo | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |  |
| 1143 | GLC2K |     | Bosques montanos 500-1000m - cerrado templados caducifolios |     | 10  | tentativo | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |  |
| 1144 | GLC2K |     | Bosques montanos 500-1000m - abierto templados caducifolios |     | 10  | tentativo | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |  |
| 1160 | GLC2K |     | Bosques montanos > 1000m - denso siempreverde               |     | 10  | tentativo | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |  |
| 1161 | GLC2K |     | Bosques montanos > 1000m - abierto siempreverde             |     | 10  | tentativo | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | Clase mixta la mayoría franm veg/ improductivo.                      |
| 1170 | GLC2K |     | Bosques montanos >1000m - cerrado deciduo                   |     | 15  | tentativo | 12,0 | 15,0 | 18,0 | 0,5 | 0,8 | 1,1 | Clase mixta mayoría fragm veg/ forestal en Selva Tuc. Bol.           |
| 1172 | GLC2K |     | Bosques montanos >1000m - cerrado semi deciduo              |     | 15  | tentativo | 12,0 | 15,0 | 18,0 | 0,5 | 0,8 | 1,1 | Clase mixta mayoría fragm veg / forestal en Selva Tucumano boliviana |

| (a)  | (b)   | (c) | (d)   | (e) | (f) | (g)       | (h) | (i)  | (j)  | (k) | (l) | (m) | (n) |
|------|-------|-----|---|-----|-----|-----------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1174 | GLC2K |     | Bosques montanos > 1000 - bosques de transición           |     | 10  | tentativo | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |
| 1180 | GLC2K |     | Bosques montanos > 1000m bosque inundado                  |     | 10  | tentativo | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 0.3 | 0.5 | 0.7 |     |
| 1190 | GLC2K |     | Bosques montanos > 1000-templado cerrado                  |     | 10  | tentativo | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |
| 1192 | GLC2K |     | Bosques montanos > 1000m - templados mixtos               |     | 10  | tentativo | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |
| 1193 | GLC2K |     | Bosques montanos > 1000m - cerrado templados caducifolios |     | 10  | tentativo | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |
| 1194 | GLC2K |     | Bosques montanos > 1000m - abierto templados caducifolios |     | 10  | tentativo | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |
| 2063 | INTA  |     | Sabanas inundadas   |     | 2   | tentativo | 1,6 | 2,0  | 2,4  | 0,1 | 0,1 | 0,1 |     |



## 8.5. ANEXO 5: Clases de Cobertura del Suelo y estimación de la Productividad Anual Sustentable disponible para uso energético.

Tabla 17. Clases de Cobertura del Suelo y estimación de la Productividad Anual Sustentable disponible para uso energético.

| LC250_code | LC250_class    | Incremento anual sustentable en todas las clases de cobertura del suelo<br>IMA de biomasa leñosa |             |             | Biomasa de plantaciones disponible al fin de la rotación:<br>(biomasa leñosa) - (biomasa tronco>10) | Biomasa de plantaciones disponible anualmente<br>(biomasa disponible / rotación) | Biomasa de plantaciones disponible en la tala final como fracción del IMA de biomasa leñosa | Biomasa leñosa de plantaciones disponible luego de los otros usos industriales |             |             | Biomasa adicional disponible de operaciones de raleo y poda. Asumiendo la masa de raleo y poda como el 10% del IMA |             |             | Biomasa Total Disponible Tentativa |             |             |
|------------|----------------|--|-------------|-------------|---|--|---|--|-------------|-------------|--|-------------|-------------|------------------------------------|-------------|-------------|
|            |                | Mínimo   | Medio       | Máximo      | (variante media)  | (variante media)   | (variante media)  | Mínimo   | Medio       | Máximo      | Mínimo   | Medio       | Máximo      | Mínimo                             | Medio       | Máximo      |
|            |                | t bs/ha/año  | t bs/ha/año | t bs/ha/año | t bs/ha/año   | t bs/ha/año  |   | t bs/ha/año  | t bs/ha/año | t bs/ha/año | t bs/ha/año  | t bs/ha/año | t bs/ha/año | t bs/ha/año                        | t bs/ha/año | t bs/ha/año |
| (a)        | (b)            | (c)  | (d)         | (e)         | (f)   | (g)  | (h)   | (i)  | (j)         | (k)         | (l)  | (m)         | (n)         | (o)                                | (p)         | (q)         |
| 11         | PI_Arau_Mis    | 3,4  | 8,5         | 13,6        | 21,36   | 1,07   | 0,13  | 0,43   | 1,07        | 1,71        | 0,34   | 0,85        | 1,36        | 0,77                               | 1,92        | 3,07        |
| 21         | PI_Ot_Con_Mis  | 6,8  | 11,9        | 17,0        | 29,91   | 1,50   | 0,13  | 0,85   | 1,50        | 2,14        | 0,68   | 1,19        | 1,70        | 1,53                               | 2,68        | 3,83        |
| 22         | PI_Ot_Con_Corr | 5,4  | 13,6        | 21,7        | 34,18   | 1,71   | 0,13  | 0,68   | 1,71        | 2,73        | 0,54   | 1,36        | 2,17        | 1,23                               | 3,07        | 4,91        |
| 23         | PI_Ot_Con_ER   | 6,8  | 10,2        | 13,6        | 25,63   | 1,28   | 0,13  | 0,85   | 1,28        | 1,71        | 0,68   | 1,02        | 1,36        | 1,53                               | 2,30        | 3,07        |
| 24         | PI_Ot_Con_BA   | 2,7  | 8,1         | 13,6        | 20,51   | 1,03   | 0,13  | 0,34   | 1,03        | 1,71        | 0,27   | 0,81        | 1,36        | 0,61                               | 1,84        | 3,07        |
| 25         | PI_Ot_Con_Pat  | 2,0  | 5,1         | 8,1         | 19,23   | 0,64   | 0,13  | 0,26   | 0,64        | 1,03        | 0,20   | 0,51        | 0,81        | 0,46                               | 1,15        | 1,84        |
| 26         | PI_Ot_Con_NOA  | 3,4  | 9,2         | 14,9        | 23,07   | 1,15   | 0,13  | 0,43   | 1,15        | 1,88        | 0,34   | 0,92        | 1,49        | 0,77                               | 2,07        | 3,37        |
| 27         | PI_Ot_Con_Cen  | 2,7  | 8,1         | 13,6        | 23,58   | 1,03   | 0,13  | 0,34   | 1,03        | 1,71        | 0,27   | 0,81        | 1,36        | 0,61                               | 1,84        | 3,07        |
| 35         | PI_Pseud_Pat   | 2,0  | 5,1         | 8,1         | 19,23   | 0,64   | 0,13  | 0,26   | 0,64        | 1,03        | 0,20   | 0,51        | 0,81        | 0,46                               | 1,15        | 1,84        |
| 41         | PI_Eu_Mis      | 18,2   | 30,9        | 43,6        | 117,89  | 10,72  | 0,35  | 6,30   | 10,72       | 15,13       | 1,82   | 3,09        | 4,36        | 8,12                               | 13,81       | 19,49       |
| 42         | PI_Eu_Corr     | 9,1  | 22,7        | 36,3        | 86,68   | 7,88   | 0,35  | 3,15   | 7,88        | 12,61       | 0,91   | 2,27        | 3,63        | 4,06                               | 10,15       | 16,24       |
| 43         | PI_Eu_ER       | 7,3  | 20,9        | 34,5        | 87,00   | 7,25   | 0,35  | 2,52   | 7,25        | 11,98       | 0,73   | 2,09        | 3,45        | 3,25                               | 9,34        | 15,43       |
| 44         | PI_Eu_BA       | 9,1  | 18,2        | 27,3        | 75,65   | 6,30   | 0,35  | 3,15   | 6,30        | 9,46        | 0,91   | 1,82        | 2,73        | 4,06                               | 8,12        | 12,18       |
| 46         | PI_Eu_NOA      | 5,5  | 16,4        | 27,3        | 76,60   | 5,67   | 0,35  | 1,89   | 5,67        | 9,46        | 0,55   | 1,64        | 2,73        | 2,44                               | 7,31        | 12,18       |
| 47         | PI_Eu_Cen      | 9,1  | 15,9        | 22,7        | 66,19   | 5,52   | 0,35  | 3,15   | 5,52        | 7,88        | 0,91   | 1,59        | 2,27        | 4,06                               | 7,11        | 10,15       |
| 53         | PI_Pop&Sal_ER  | 8,2  | 15,4        | 22,6        | 65,23   | 6,52   | 0,42  | 3,48   | 6,52        | 9,57        | 0,82   | 1,54        | 2,26        | 4,30                               | 8,07        | 11,83       |
| 54         | PI_Pop&Sal_BA  | 4,2  | 15,2        | 26,2        | 65,64   | 6,56   | 0,43  | 1,81   | 6,56        | 11,32       | 0,42   | 1,52        | 2,62        | 2,23                               | 8,08        | 13,93       |
| 55         | PI_Pop&Sal_Pat | 13,0   | 14,6        | 16,3        | 66,31   | 6,63   | 0,45  | 5,89   | 6,63        | 7,37        | 1,30   | 1,46        | 1,63        | 7,20                               | 8,10        | 8,99        |
| 57         | PI_Pop&Sal_Cen | 8,2  | 15,4        | 22,6        | 65,23   | 6,52   | 0,42  | 3,48   | 6,52        | 9,57        | 0,82   | 1,54        | 2,26        | 4,30                               | 8,07        | 11,83       |
| 61         | PI_Ot_Lat_Mis  | 18,2   | 20,4        | 22,7        | 70,92   | 7,09   | 0,35  | 6,30   | 7,09        | 7,88        | 1,82   | 2,04        | 2,27        | 8,12                               | 9,14        | 10,15       |
| 62         | PI_Ot_Lat_Corr | 8,2  | 15,4        | 22,6        | 65,23   | 6,52   | 0,42  | 3,48   | 6,52        | 9,57        | 0,82   | 1,54        | 2,26        | 4,30                               | 8,07        | 11,83       |

| (a) | (b)                                   | (c)  | (d)  | (e)  | (f)   | (g)  | (h)  | (i)                       | (j)  | (k)  | (l)  | (m)  | (n)  | (o)                       | (p)  | (q)   |
|-----|---------------------------------------|------|------|------|-------|------|------|---------------------------|------|------|------|------|------|---------------------------|------|-------|
| 64  | PI_Ot_Lat_BA                          | 8,2  | 15,4 | 22,6 | 65,23 | 6,52 | 0,42 | 3,48                      | 6,52 | 9,57 | 0,82 | 1,54 | 2,26 | 4,30                      | 8,07 | 11,83 |
| 65  | PI_Ot_Lat_Pat                         | 13,0 | 14,6 | 16,3 | 66,31 | 6,63 | 0,45 | 5,89                      | 6,63 | 7,37 | 1,30 | 1,46 | 1,63 | 7,20                      | 8,10 | 8,99  |
| 66  | PI_Ot_Lat_NOA                         | 8,2  | 15,4 | 22,6 | 65,23 | 6,52 | 0,42 | 3,48                      | 6,52 | 9,57 | 0,82 | 1,54 | 2,26 | 4,30                      | 8,07 | 11,83 |
| 75  | PI_P_Pon_Pat                          | 1,4  | 4,1  | 6,8  | 15,38 | 0,51 | 0,13 | 0,17                      | 0,51 | 0,85 | 0,14 | 0,41 | 0,68 | 0,31                      | 0,92 | 1,53  |
| 81  | PI_P_Tae&al_Mis                       | 6,8  | 11,9 | 17,0 | 29,91 | 1,50 | 0,13 | 0,85                      | 1,50 | 2,14 | 0,68 | 1,19 | 1,70 | 1,53                      | 2,68 | 3,83  |
| 82  | PI_P_Tae&al_Corr                      | 5,4  | 13,6 | 21,7 | 34,18 | 1,71 | 0,13 | 0,68                      | 1,71 | 2,73 | 0,54 | 1,36 | 2,17 | 1,23                      | 3,07 | 4,91  |
| 83  | PI_P_Tae&al_ER                        | 6,8  | 10,2 | 13,6 | 25,63 | 1,28 | 0,13 | 0,85                      | 1,28 | 1,71 | 0,68 | 1,02 | 1,36 | 1,53                      | 2,30 | 3,07  |
| 86  | PI_P_Tae&al_NOA                       | 3,4  | 9,2  | 14,9 | 23,07 | 1,15 | 0,13 | 0,43                      | 1,15 | 1,88 | 0,34 | 0,92 | 1,49 | 0,77                      | 2,07 | 3,37  |
| 87  | PI_P_Tae&al_Cen                       | 2,7  | 8,1  | 13,6 | 23,58 | 1,03 | 0,13 | 0,34                      | 1,03 | 1,71 | 0,27 | 0,81 | 1,36 | 0,61                      | 1,84 | 3,07  |
| 91  | Nat_in PI_Mis                         | 3,3  | 4,9  | 6,6  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 92  | Nat_in PI_Corr                        | 2,5  | 3,8  | 5,1  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 93  | Nat_in PI_ER                          | 2,5  | 3,8  | 5,1  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 94  | Nat_in PI_BA                          | 2,5  | 3,8  | 5,1  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 95  | Nat_in PI_Pat                         | 6,5  | 9,8  | 13,0 |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 96  | Nat_in PI_NOA                         | 2,1  | 3,4  | 4,8  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 97  | Nat_in PI_Cen                         | 2,5  | 3,8  | 5,1  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 111 | n_tf_BAP                              | 6,5  | 9,8  | 13,0 |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 112 | n_tf_Esp                              | 1,2  | 2,0  | 2,8  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 114 | n_tf_PCh                              | 1,5  | 2,4  | 3,4  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 115 | n_tf_SM                               | 3,3  | 4,9  | 6,6  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 116 | n_tf_STB                              | 2,5  | 3,8  | 5,1  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 121 | n_otf_BAP                             | 1,5  | 2,5  | 3,6  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 122 | n_otf_Esp                             | 0,3  | 0,5  | 0,7  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 123 | n_otf_Mon                             | 0,3  | 0,5  | 0,7  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 124 | n_otf_PCh                             | 0,4  | 0,6  | 0,9  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 125 | n_otf_SM                              | 0,8  | 1,3  | 1,8  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 126 | n_otf_STB                             | 0,6  | 1,0  | 1,4  |       |      |      | Estimado por Departamento |      |      |      |      |      | Estimado por Departamento |      |       |
| 200 | Bosques Nativos desmontados 2002-2007 | 0,1  | 0,1  | 0,1  |       |      |      |                           |      |      |      |      |      | 0,1                       | 0,1  | 0,1   |
| 500 | Olivares                              | 2,7  | 3,4  | 4,1  |       |      |      |                           |      |      |      |      |      | 2,7                       | 3,4  | 4,1   |
| 501 | Caña de Azúcar                        | 2,0  | 2,5  | 3,0  |       |      |      |                           |      |      |      |      |      | 2,0                       | 2,5  | 3,0   |
| 900 | INTA_Zonas Urbanas (polígonos) 2007   | 0,1  | 0,2  | 0,3  |       |      |      |                           |      |      |      |      |      | 0,1                       | 0,2  | 0,3   |

| (a)  | (b)   | (c) | (d) | (e) | (f) | (g) | (h) | (i) | (j) | (k) | (l) | (m) | (n) | (o) | (p) | (q) |
|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1010 | GLC_Selva tropical<br>cerrada de hoja<br>perenne            | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1011 | GLC_Selva tropical<br>abierta de h/perenne                  | 0,6 | 1,0 | 1,4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,6 | 1,0 | 1,4 |
| 1013 | GLC_Bosque húmedo<br>semi cerrado                           | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1020 | GLC_Bosque cerrado<br>caducifolio                           | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1022 | GLC_Bosque semi<br>cerrado caducifolio                      | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1024 | GLC_Bosque de<br>transición caducifolio                     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1030 | GLC_Manglares   | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1040 | GLC_Bosque<br>Templado cerrado<br>latifoliado               | 0,6 | 1,0 | 1,4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,6 | 1,0 | 1,4 |
| 1042 | GLC_Bosque<br>Templado mixto<br>latifoliado de h/perenne    | 0,6 | 1,0 | 1,4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,6 | 1,0 | 1,4 |
| 1043 | GLC_Bosque<br>Templado cerrado<br>caducifolio y latifoliado | 0,6 | 1,0 | 1,4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,6 | 1,0 | 1,4 |
| 1044 | GLC_Bosque<br>Templado abierto<br>caducifolio y latifoliado | 0,6 | 1,0 | 1,4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,6 | 1,0 | 1,4 |
| 1050 | GLC_Agricultura -<br>intensiva                              | 0,2 | 0,3 | 0,4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 1051 | GLC_Mosaico<br>agricultura / vegetación<br>degradada        | 0,2 | 0,3 | 0,4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 1052 | GLC_Mosaico<br>agricultura / bosque<br>degradado            | 0,2 | 0,3 | 0,4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 1060 | GLC_Sabana herbácea   | 0,2 | 0,3 | 0,4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,2 | 0,3 | 0,4 |

| (a)  | (b)   | (c) | (d) | (e) | (f) | (g) | (h) | (i) | (j) | (k) | (l) | (m) | (n) | (o) | (p) | (q) |
|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1061 | GLC_ Sabana arbustiva                                     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1063 | GLC_ Sabana periódicamente inundable                      | 0,1 | 0,1 | 0,1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1064 | GLC_ Arbustales cerrados                                  | 0,2 | 0,4 | 0,6 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,2 | 0,4 | 0,6 |
| 1065 | GLC_ Arbustales abiertos                                  | 0,2 | 0,3 | 0,4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 1067 | GLC_ Páramos / Brezales                                   | 0,1 | 0,2 | 0,3 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| 1068 | GLC_ Pastizales cerrados de montaña                       | 0,1 | 0,2 | 0,3 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| 1069 | GLC_ Pastizales abiertos de montaña                       | 0,1 | 0,1 | 0,1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1070 | GLC_ Pastizales cerrados de estepa                        | 0,1 | 0,2 | 0,2 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| 1071 | GLC_ Pastizales abiertos de estepa                        | 0,1 | 0,1 | 0,1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| 1075 | GLC_ Estepa desértica con Pastizales /Arbustales ralos    | 0,1 | 0,2 | 0,2 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| 1080 | GLC_ Suelos estériles/desnudos                            | 0,0 | 0,0 | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1081 | GLC_ Desierto   | 0,0 | 0,0 | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1083 | GLC_ Cuerpos de agua                                      | 0,0 | 0,0 | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1084 | GLC_ Hielos /Nieves eternos                               | 0,0 | 0,0 | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1090 | GLC_ Zonas Urbanas  | 0,1 | 0,2 | 0,3 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| 1110 | GLC_ Bosques de montaña 500-1000m - densos de h/perenne   | 0,5 | 0,8 | 1,1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,5 | 0,8 | 1,1 |
| 1111 | GLC_ Bosques de montaña 500-1000m - abiertos de h/perenne | 0,6 | 1,0 | 1,4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,6 | 1,0 | 1,4 |

| (a)  | (b)   | (c) | (d) | (e) | (f) | (g) | (h) | (i) | (j) | (k) | (l) | (m) | (n) | (o) | (p) | (q) |
|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1120 | GLC_ Bosques de montaña 500-1000m – cerrados de hoja caduca           | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1122 | GLC_ Bosques de montaña 500-1000m – cerrados de hoja semicaduca       | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1124 | GLC_ Bosques de montaña 500-1000m – abiertos de hoja semicaduca       | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1130 | GLC_ Bosques de montaña 500-1000m – inundables                        | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1140 | GLC_ Bosques de montaña 500-1000m – templados cerrados latifoliados   | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1142 | GLC_ Bosques de montaña 500-1000m – templados mixtos                  | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1143 | GLC_ Bosques de montaña 500-1000m – templados cerrados de hoja caduca | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1144 | GLC_ Bosques de montaña 500-1000m – templados abiertos de hoja caduca | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1160 | GLC_ Bosques de montaña >1000m - densos de h/perenne                  | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1161 | GLC_ Bosques de montaña >1000m - abiertos de h/perenne                | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |

| (a)  | (b)  | (c) | (d) | (e) | (f) | (g) | (h) | (i) | (j) | (k) | (l) | (m) | (n) | (o) | (p) | (q) |
|------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1170 | GLC_ Bosques de montaña >1000m - cerrados de hoja caduca           | 0,5 | 0,8 | 1,1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,5 | 0,8 | 1,1 |
| 1172 | GLC_ Bosques de montaña >1000m - cerrados de hoja semicaduca       | 0,5 | 0,8 | 1,1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,5 | 0,8 | 1,1 |
| 1174 | GLC_ Bosques de montaña >1000m - bosques de transición             | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1180 | GLC_ Bosques de montaña >1000m - bosques inundados                 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1190 | GLC_ Bosques de montaña >1000m - templados cerrados latifoliados   | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1192 | GLC_ Bosques de montaña >1000m - templados mixtos                  | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1193 | GLC_ Bosques de montaña >1000m - templados cerrados latifoliados   | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 1194 | GLC_ Bosques de montaña >1000m - templados abiertos de hoja caduca | 0,3 | 0,5 | 0,7 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,3 | 0,5 | 0,7 |
| 2063 | INTA_Sabana inundada   | 0,1 | 0,1 | 0,1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

## 8.6. ANEXO 6. Marco regulatorio argentino respecto al aprovechamiento de recursos bioenergéticos.

A nivel nacional, las principales regulaciones tendientes al fomento y desarrollo de la bioenergía son las siguientes:

- Ley N° 26.190/06. Fomento para el uso de las fuentes renovables de energía destinadas a la producción de energía eléctrica. La Ley propende a la diversificación de la matriz energética Nacional favoreciendo el uso de energías renovables y contribuyendo a la mitigación del cambio climático. Declara de interés Nacional la generación de energía eléctrica en base a fuentes renovables con destino a la prestación del servicio público y establece una meta a alcanzar del OCHO POR CIENTO (8%) en la participación de las energías renovables en el consumo eléctrico Nacional en un plazo de DIEZ (10) años. Para ello, se establecen un conjunto de beneficios impositivos aplicables a las nuevas inversiones en emprendimientos de producción de energía eléctrica, así como la remuneración a pagar por cada kilovatio hora efectivamente generado por las diferentes fuentes ofertadas que vuelque su energía en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y/o estén destinadas a la prestación de servicio público.

La ley 26.190 impulsa la realización de inversiones en emprendimientos de producción de energía eléctrica, a partir del uso de fuentes renovables de energía (energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás), en todo el territorio nacional, incluyendo la construcción de obras civiles, electromecánicas y de montaje, la fabricación y/o importación de componentes para su integración a equipos fabricados localmente, y la explotación comercial.

- Ley 26.093. Biocombustibles. Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles, estableciendo un régimen especial para incentivar su producción y uso en el país (tendrá obligatoriedad a partir del 1° de enero de 2010). Para eso se instituye una serie de beneficios promocionales como deducciones y tratamientos impositivos y tributaciones especiales en relación a las vigentes. Se promocionan por la norma el biodiesel, el bioetanol y el biogás. Se define la obligatoriedad de la participación del biodiesel y el bioetanol en los combustibles diesel y naftas comercializadas en un porcentaje del 5 % a partir de 2010. El 20 de diciembre fue reglamentado bajo decreto 109/2007.
- Ley 26.334. Régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol. Se aprueba dicho régimen con el objeto de satisfacer las necesidades de abastecimiento del país y generar excedentes de exportación, impulsando la conformación de cadenas de valor mediante la integración de productores de caña de azúcar e ingenios azucareros en la fabricación de bioetanol.

Adicionalmente, los avances en el marco regulatorio pueden presentarse bajo el siguiente esquema:

### 8.6.1. Secretaría de Energía y Minería.

El 26/7/2001 se creó el marco regulatorio mediante Resolución 129/2001, que determina los requisitos de calidad que debe poseer el biodiesel puro (B100). El 4/11/2001, mediante Decreto 1396/2001, se establece el plan de competitividad para el combustible biodiesel. Este decreto exime al biodiesel del Impuesto a la Transferencia de Combustibles (por diez años) a nivel nacional, y de los impuestos a los Sellos, Ingresos Brutos e Inmobiliario, a nivel provincial.

### 8.6.2. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

El 8/8/2001, mediante Resolución 1076/2001, se crea el Programa Nacional de Biocombustibles, relacionado con la problemática del cambio climático.

### 8.6.3. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.

El 10/11/2004 se creó mediante Resolución 1156/2004 el Programa Nacional de Biocombustibles.

### 8.6.4. Nivel Provincial.

De la legislación vigente a nivel nacional han surgido diversas iniciativas por parte de las provincias, sumando a los instrumentos legislativos mencionados otras acciones de los poderes ejecutivos provinciales, que son heterogéneas de acuerdo a la provincia involucrada. Los criterios de promoción en estos casos, también apuntan a diferentes objetivos.



## 8.7. ANEXO 7. Uso de Biomasa para la Generación de Energía Eléctrica en la Provincia de Tucumán.

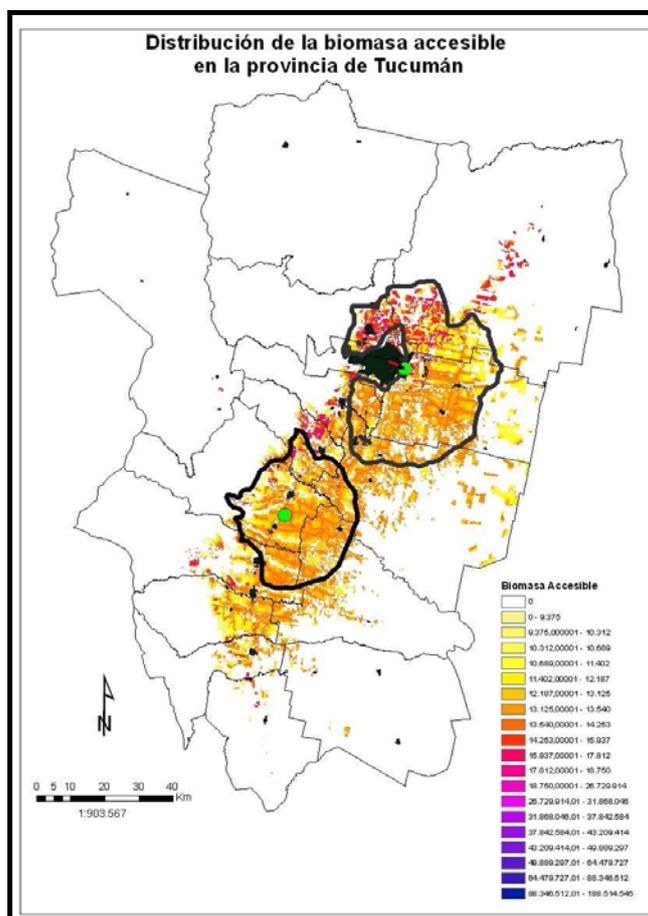
(Extractado del Documento: "Uso de Biomasa para la Generación de Energía Eléctrica en la Provincia de Tucumán". Flores Marco, Noelia; Anschau Alicia; Carballo, Stella, Instituto de Ingeniería Rural - Instituto de Clima y Agua, INTA – Castelar.)

La Provincia de Tucumán cuenta con abundantes recursos biomásicos derivados de la agroindustria azucarera y de la poda de frutales, a la vez que está sujeta a restricciones de suministro de energía eléctrica. El aprovechamiento de los recursos biomásicos procedentes de la economía regional, se muestran entonces como una oportunidad para la cogeneración de energía eléctrica.

La biomasa aprovechable desde el punto de vista energético de la caña de azúcar es el bagazo y los residuos agrícolas cañeros (RAC). El bagazo representa el 30% de los tallos verdes de caña molidos, es el residuo fibroso de este proceso y se obtiene con un 50% de humedad, lo que equivale a 12 t de bagazo anual por hectárea cosechada. Respecto al uso de RAC como combustible, el RAC recolectable considerando las necesidades agronómicas del suelo y la eficiencia de la maquinaria recolectora/densificadora utilizada en Argentina, se ha establecido en 3,9 t de RAC por hectárea de caña cosechada (Ver flujograma de la caña de azúcar en la Figura 9.). Para determinar la biomasa potencial generada a partir la poda de los frutales (cítricos), se consultó bibliografía internacional. Los valores aplicados fueron de 3 t de biomasa seca por hectárea y año.

Una vez contabilizada y espacializada la biomasa potencial disponible a partir de los mencionados residuos, se calculó la oferta disponible accesible, teniendo en cuenta la accesibilidad física y legal al recurso. Los departamentos con potencial biomásico para la generación de bioenergía a partir de la poda de frutales cítricos, bagazo y RAC en la provincia de Tucumán son: Tafí del Valle, Yerba Buena, La Cocha, Capital, Graneros, Tafí Viejo, Lules, Juan B. Alberdi, Famaillá Burreyacú, Río Chico, Simoca, Chicligasta, Leales, Monteros y Cruz Alta. La Biomasa total accesible asciende a 2.178.500 t. El 95% del potencial biomásico deriva de la caña de azúcar.

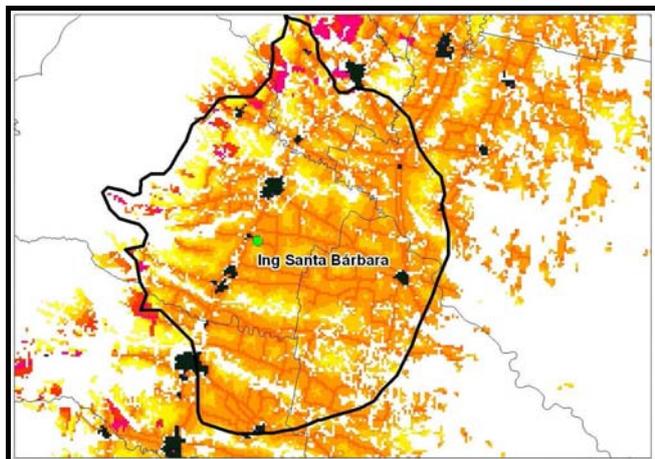
Figura 26. Distribución de la Biomasa Accesible en la Provincia de Tucumán.



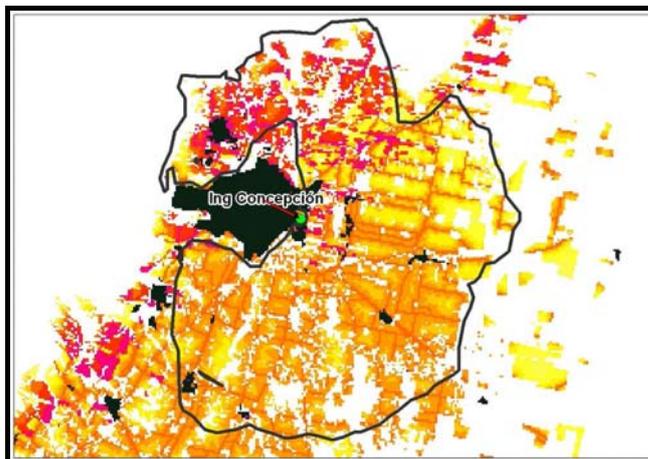
Una vez contabilizada la biomasa disponible se procedió a analizar la posible localización de plantas de generación de energía eléctrica a partir de biomasa, en función de la cercanía a los ingenios, y se definió la cuenca de aprovisionamiento con el menor costo posible. A modo de ejemplo, en la Figura 27 se muestra la cuenca de aprovisionamiento si se decidiera instalar una central de cogeneración de energía eléctrica a partir de biomasa de una potencia de 30 MW, en el ingenio Santa Bárbara (A), y en el ingenio Concepción (B), para lo cual es necesario el aprovisionamiento de 443.000 t de biomasa. En el caso de la cuenca A, con una distancia al recurso máxima de 20 km, se contaría con 499.000 t de biomasa y en la cuenca B, con una distancia al recurso máxima de 30 km 456.400 t.

**Figura 27. Posibles cuencas de aprovisionamiento para una central de cogeneración.**

**Cuenca A**



**Cuenca B**



**Conclusiones:**

La biomasa derivada del cultivo e industrialización de la caña de azúcar, constituye el mayor potencial biomásico para la generación de energía eléctrica en la provincia de Tucumán. Su aprovechamiento, con fines energéticos puede contribuir al crecimiento de la economía regional, además de producir un impacto positivo sobre el medio ambiente, al prescindir de energía fósil.

Para poder implementar la generación de energía eléctrica a partir de estos residuos deberán acometerse cambios tecnológicos en los ingenios y de infraestructura para el almacenamiento de RAC y el funcionamiento de la central en períodos de no zafra. Esta metodología permite la contabilización de biomasa para la generación de energía eléctrica, dimensionar las centrales, ubicar la cuenca de aprovisionamiento de la misma sin que exista competencia por el recurso.