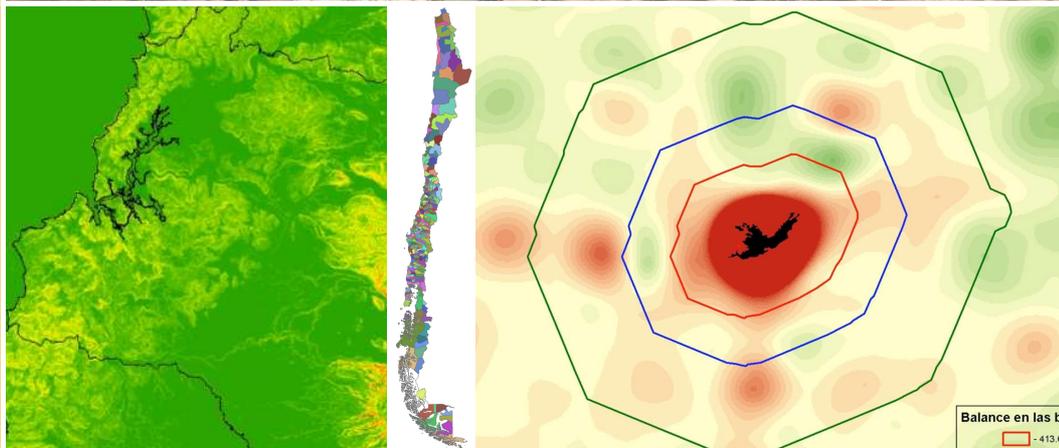


WISDOM CHILE

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE DENDROCOMBUSTIBLES USANDO LA METODOLOGÍA WISDOM

Bases para una Estrategia Dendroenergética Nacional Chile



WISDOM CHILE

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE DENDROCOMBUSTIBLES USANDO LA METODOLOGÍA WISDOM

**Bases para una Estrategia Dendroenergética Nacional
Chile**

**Santiago, Chile
Agosto de 2010**

PARA MAYOR INFORMACIÓN DIRIGIRSE A:

Yasna Rojas Ponce
Coordinadora Nacional del Proyecto
Instituto Forestal de Chile (INFOR)
Fundo Teja Norte s/n, Valdivia
Fono: + 56 - 63 - 335200
E-mail: yrojas@infor.cl

Jorge Alberto Meza Robayo
Oficial Forestal
Equipo Multidisciplinario de América del Sur
Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe
Av. Dag Hammarskjöld 3241
Vitacura, Santiago - Chile
Teléfono: + 56 - 2 -9232189
E-mail: jorge.meza@fao.org

COLABORADORES:

Daniel Barrera y Jaime Ovalle - Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)
Claudio Pérez - Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
René Villafranca y Sandra Briceño - Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA)
Carolina Hernández y Ramón Granada - Comisión Nacional de Energía (CNE)
Armando Sanhueza - Corporación Nacional Forestal (CONAF)
Juan Pablo Flores y María Iliá Cárdenas - Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN)
Oscar Peña y Carlos Bahamondez - Instituto Forestal (INFOR)

Rudi Drigo, Especialista en Análisis Espacial FAO
Miguel Trossero, Especialista en Dendroenergía FAO

CONSULTORES:

Renée Alicia Anschau, Consultora Internacional
Paola Jofré F., Consultora Nacional

EDITORES:

Jorge Meza, FAO
Santiago Barros, INFOR

PROYECTO:

PCT/CHI/3201 - Componente WISDOM Chile "Bases para una Estrategia Dendroenergética Nacional", bajo la metodología de mapeo integrado de la oferta y demanda de dendroenergía (WISDOM por sus siglas en inglés)

ISBN:

978-956-318-030-5

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 los países, territorios, ciudades o zonas, de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Contenido

Prefacio	vii
Agradecimientos	viii
Sobre WISDOM	ix
Uso de la dendroenergía en Chile	xi
I. METODOLOGÍA	1
1.1 Aspectos cartográficos y base espacial	1
1.1.1 Base cartográfica administrativa	1
1.1.2 Base cartográfica continua (análisis raster)	2
1.2 Análisis de la información	2
1.2.1 Módulo de la oferta	3
Bosque nativo	5
Plantaciones forestales	7
Biomasa procedente de los residuos producidos por las industrias forestales	9
Árboles fuera del bosque	11
Accesibilidad y oferta accesible	14
1.2.2 Módulo de la demanda	19
Consumo residencial	19
Consumo industrial	21
1.2.3 Módulo de integración (balance)	22
II. RESULTADOS	23
2.1 Análisis de las fuentes de producción de dendrocombustibles	23
2.2 Análisis del consumo actual de dendrocombustibles	25
2.3 Situación de los dendrocombustibles en Chile	26
2.4 Análisis de cuencas de aprovisionamiento de biomasa	29
III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
3.1 Consideraciones generales	31
3.2 Promoción de un sistema de nacional de información en dendroenergía	32
3.3 Acciones de seguimiento	33
Módulo de oferta	33
Modulo de demanda	34
Retroalimentación de la metodología	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS	37
Anexo 1. La metodología WISDOM	37
Anexo 2. Características principales de los sistemas de energía biomásicos	40
Anexo 3. Marco institucional para aplicación de Wisdom en Chile	42
Anexo 4. Información de las Regiones de Valparaíso, Los Ríos y BíoBío	46

Índice de Tablas

Tabla 1 -	Consumo de energía primaria (porcentual)	xi
Tabla 2 -	Criterios de selección para la oferta anual, regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos Norte (sin provincias de Chiloé y Palena)	5
Tabla 3 -	Incrementos medios anuales por especie y zona de crecimiento.	7
Tabla 4 -	Residuos de poda de plantaciones frutales	12
Tabla 5 -	Residuos de poda de vides	12
Tabla 6 -	Oferta de dendrocombustibles en Chile (t/año)	23
Tabla 7 -	Oferta de recursos biomásicos por región (Kg/año)	24
Tabla 8 -	Consumo de dendrocombustibles en Chile (t/año)	25
Tabla 9 -	Consumo de dendroenergía por región (Kg/año)	25
Tabla 10 -	Balance de dendroenergía por región (Kg/año)	27
Tabla 11 -	Potenciales variables del modulo de demanda	39
Tabla 12 -	Oferta de recursos biomásicos en la Región de Valparaíso (Kg/año)	46
Tabla 13 -	Oferta de recursos biomásicos en la Región de Los Ríos (Kg/año)	47
Tabla 14 -	Oferta de recursos biomásicos en la Región del Bío-Bío (Kg/año)	48

Índice de Figuras

Figura 1 -	División administrativa comunal y regional	1
Figura 2 -	Módulos del análisis WISDOM	2
Figura 2 -	Módulos del análisis WISDOM (cont.)	3
Figura 3 -	Diagrama de flujo de la información del módulo oferta (por comuna)	4
Figura 4 -	Oferta de biomasa productiva de bosque nativo	6
Figura 5 -	Oferta de biomasa productiva de plantaciones forestales	8
Figura 6 -	Oferta de biomasa forestal productiva	9
Figura 7 -	Oferta de biomasa de la industria forestal primaria	10
Figura 8 -	Oferta de biomasa forestal total	11
Figura 9 -	Detalle de la oferta de biomasa forestal total	11
Figura 10 -	Oferta de biomasa proveniente de plantaciones frutales	13
Figura 11 -	Oferta de biomasa total disponible	14
Figura 12 -	Mapas básicos para accesibilidad física	15
Figura 13 -	Accesibilidad física	15
Figura 14 -	Detalle de la accesibilidad física	16
Figura 15 -	Accesibilidad legal a los recursos biomásicos	17
Figura 16 -	Oferta accesible	18
Figura 17 -	Diagrama de flujo de la información del módulo demanda (por comuna)	20
Figura 18 -	Consumo residencial urbano de dendroenergía	21
Figura 19 -	Consumo residencial rural de dendroenergía	21
Figura 20 -	Consumo industrial de dendroenergía	21
Figura 21 -	Balance entre oferta accesible y demanda, para la ciudad de Temuco y su zona de influencia	22
Figura 22 -	Oferta de biomasa total disponible por comuna	24
Figura 23 -	Consumo total de dendroenergía	26
Figura 24 -	Consumo total de dendroenergía por comuna	26
Figura 25 -	Balance de dendrocombustibles en Chile	27
Figura 26 -	Balance para la ciudad de Temuco, red de comunicación (a) y su correspondiente mapa de accesibilidad (b)	28
Figura 27 -	Biocuenca para la ciudad de Temuco y su área de influencia	29
Figura 28 -	Balance para la ciudad de Ovalle, red de comunicación (a) y su correspondiente mapa de accesibilidad (b)	30
Figura 29 -	Ejemplo de bio-cuenca para la ciudad de Ovalle	30
Figura 30 -	Etapas de WISDOM	37

Siglas

GEI	Gases de Efecto Invernadero
ERNC	Energías Renovables No Convencionales
CNE	Comisión Nacional de Energía
CONAMA	Comisión Nacional de Medio Ambiente
WISDOM	Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping
INFOR	Instituto Forestal
ODEPA	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
INIA	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CIREN	Centro de Información de Recursos Naturales
SIG	Sistemas de Información Geográfica
CPR	Consumo de Energía Comercial, Público y Residencial
RAE	Residuos Aprovechables Energéticamente
SNASPE	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
RETC	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
MINSAL	Ministerio de Salud

Prefacio

El consumo final de energía en Chile está determinado por cuatro grandes sectores: transporte (35% del consumo final), industria (23%), minería (13%) y comercio-público-residencial (25%). La biomasa forma parte de las energías renovables no convencionales (ERNC) y tiene un rol significativo dentro de la matriz energética chilena (17%, predominantemente leña). En el caso del sector comercial-público-residencial la mayor fuente energética es la leña, utilizada en su gran mayoría para cocinar y para calefacción, la que corresponde a un 47% del consumo energético total. La biomasa también participa en el sector industrial, el 83% del consumo energético de ese sector se concentra en tres fuentes: derivados del petróleo (33%), electricidad (24%) y biomasa (26%).

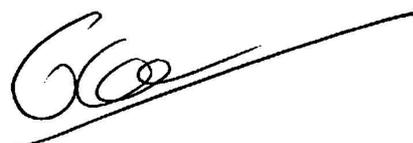
Diversos estudios muestran que Chile cuenta con un gran potencial bioenergético (agroenergía y dendroenergía) que le permitiría convertirse en un importante productor y usuario de energía derivada de biomasa (dendroenergía) en relativamente corto tiempo. En efecto, tiene diversas fuentes de biomasa apta para uso energético distribuidas a lo largo y ancho del país.

Hay un gran interés por el desarrollo de la dendroenergía, tanto el sector público como el privado están interesados en invertir en el aprovechamiento de dicho potencial para mejorar y diversificar sus fuentes de energía, reducir costos y aprovechar posibles recursos asociados a la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI), estimulando así el desarrollo nacional.

Chile cuenta con un marco legislativo para el fomento de la utilización de energías renovables no convencionales, donde se incluye la biomasa, y un marco institucional en virtud del cual, la Comisión Nacional de Energía (CNE), en colaboración con Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y otros organismos del Estado, ha iniciado un programa que incluye la implementación de instrumentos de apoyo directo a iniciativas de inversión en ERNC focalizados en la mitigación de las barreras específicas que limitan el desarrollo de cada tipo de ERNC. En estos instrumentos se incluye la promoción de la producción y la utilización de energía térmica y/o eléctrica a partir de recursos y residuos de biomasa derivados de las actividades agroforestales. Es oportuna así para el Instituto Forestal (INFOR), la profundización de conocimientos y el apoyo al establecimiento de estrategias nacionales de promoción y desarrollo de la dendroenergía.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha desarrollado la metodología "Mapeo Integrado de la Oferta y Demanda de Dendroenergía" (WISDOM por sus siglas en inglés). WISDOM permite una representación geográfica de las áreas dendroenergéticas prioritarias, a través de indicadores e información relacionada con la oferta y demanda, dando apoyo al desarrollo de políticas, la preparación de planes de desarrollo y la toma de decisiones.

El presente documento constituye el informe final de una cooperación técnica de FAO con INFOR, cuyo objetivo fue dotar al país de las capacidades nacionales necesarias y suficientes para la elaboración de un diagnóstico, que cuente con mapas, tablas e informes, que permita visualizar, cuantificar, identificar y localizar el potencial dendroenergético nacional, como contribución primordial para el desarrollo de estrategias y programas para promover sistemas dendroenergéticos sostenibles.



Hans Grosse Werner
Director Ejecutivo
Instituto Forestal de Chile - INFOR



Alejandro Flores
Representante en Chile a.i.
FAO

Agradecimientos

No cabe duda que los análisis referentes a bioenergía son de carácter multidisciplinario. Por ello, hubiera sido imposible concretar este proyecto sin el invaluable aporte y compromiso de un gran número de personas e instituciones relacionadas a la temática.

Una importante labor fue realizada por el Comité Directivo del Proyecto, compuesto por los directores de las distintas instituciones involucradas, presidido por el Subsecretario de Agricultura. A través del Comité Directivo y del apoyo institucional brindado, fue posible que los técnicos que llevaron a cabo el procesamiento y análisis de información y datos pudieran hacer su labor de manera eficiente.

Es necesario hacer un justo reconocimiento por sus valiosos aportes, al Comité Técnico del Proyecto, del Ministerio de Agricultura, Daniel Barrera y Jaime Ovalle de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Claudio Pérez del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Armando Sanhueza de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), y del Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), representado por Juan Pablo Flores y María Ilia Cárdenas..

La Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) brindó un importante aporte mediante el trabajo de René Villafranca y Sandra Briceño.

Carolina Hernández y Ramón Granada hicieron una excelente contribución en representación de la Comisión Nacional de Energía (CNE).

Fue fundamental la contribución del Instituto Forestal (INFOR), donde se localizó la sede técnica del proyecto, que brindó su colaboración a través los investigadores Oscar Peña y Carlos Bahamondez.

Si bien la lista de colaboradores ha sido extensa, es muy importante destacar el trabajo realizado por Renée Alicia Anshau, Consultora Internacional, y por Paola Jofré, Consultora Nacional del proyecto, quienes tuvieron bajo su responsabilidad gran parte de la tarea.

Por último, no puedo dejar de mencionar y agradecer a Rudi Drigo, quien ha compartido su experiencia y conocimiento técnico en el análisis espacial, a Miguel Trossero de FAO, alma mater de WISDOM, y a Jorge Meza y sus colaboradores en la Oficina Regional de FAO para América Latina y el Caribe, en Santiago de Chile, por la coordinación y gestión del proyecto.

Yasna Rojas Ponce
Coordinadora Nacional del Proyecto
PCT/CHI/3201 - Componente WISDOM
Instituto Forestal de Chile (INFOR)

Sobre WISDOM

El desarrollo de la metodología “Mapeo Integrado de la Oferta y Demanda de Dendroenergía” (WISDOM por sus siglas en inglés) 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 se pueden mencionar:

- 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.
- Los sistemas bioenergéticos presentan algunos aspectos clave, tales como:
 - Son multisectoriales, involucran al sector forestal, al de energía, al agrícola, al de desarrollo rural, y otros.
 - Son interdisciplinarios, requieren conocimientos de silvicultura y gestión forestal, agronomía, física, química, ingeniería, geografía, gestión ambiental, economía, etc.
 - Son casi siempre sitio-específicos, es decir en cada caso hay características diferentes que los hacen singulares, requiriendo soluciones especiales.
 - Existe una gran heterogeneidad de las fuentes de biomasa posibles; bosques, residuos de cosecha, residuos de industrias forestales, plantaciones de rápido crecimiento, residuos agropecuarios, residuos de fruticultura, recuperación de residuos de madera, entre otros.
- 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.
- Es necesario colaborar a evitar los ciclos de “riqueza y pobreza” en el sector rural, mediante actividades que aporten continuidad (FAO, 2009).

Como una contribución para 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, vinculando a la vez a estos sectores con los de la energía, industria y ambiente (Anexo 1).

La metodología permite visualizar espacialmente las áreas prioritarias o “puntos calientes” para los combustibles leñosos. WISDOM permite una representación geográfica de las áreas dendroenergéticas prioritarias, a través de indicadores e información relacionada con la oferta y demanda, dando apoyo al desarrollo de políticas, la preparación de planes de desarrollo y la toma de decisiones.

A nivel nacional, el enfoque WISDOM ha sido implementado en México (FAO, 2005), Eslovenia (FAO, 2006a), Senegal (FAO, 2004), Italia (Drigo *et al.* 2007), Mozambique (Drigo, 2008) y Argentina (FAO, 2009). Actualmente se está llevando a cabo la ejecución de WISDOM en Perú.

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 (FAO, 2006b), y en otros países del Sudeste Asiático (FAO, 2007).

También se aplicó la metodología en estudios subnacionales para Castilla y León, en España (FAO, 2008), y para 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 cartográfica 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 sólo 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 directa (consumo de leña y sus tendencias, productividad sostenible, etc.) o indirecta (otras variables relacionadas con 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 oferta y demanda de los combustibles leñosos, mostrando las situaciones locales o de todo un país o región. La identificación de "puntos calientes" puede ayudar a las autoridades a fijar prioridades de acción y necesidades 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; bosques de plantación, 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 promover nuevas iniciativas dendroenergéticas.
- Aporta información esencial para complementar la formulación de planes de manejo sostenible de bosques u otras tierras forestadas 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.

Sobre los sistemas de energía biomásicos, en el Anexo 2 se incorporan algunas consideraciones relevantes.

Uso de la dendroenergía en Chile

El consumo de energía en Chile está determinado por el consumo final de tres grandes sectores consumidores; transporte, industrial y minero, y comercial, público y residencial (CPR).

El sector industrial representa el 23% del consumo final, con un consumo bastante diversificado de energéticos, demanda recursos de todas las fuentes consideradas, y la biomasa ocupa un 26%. El sector CPR en tanto representa un 24% del consumo final de energía, la leña es la mayor fuente energética, su consumo corresponde a un 47% del total y es utilizada en su gran mayoría para cocina y para calefacción (CNE, 2008a).

En el país la leña cubre parte importante de los usos finales de energía en la vivienda, para calentamiento de agua, cocción de alimentos, calentamiento de agua sanitaria (aseo personal y de ropa). A diferencia de la casi totalidad de los países de América Latina, Chile se distingue por la mayor proporción que de los energéticos y la leña en particular se destina a la calefacción. Su uso masivo y extendido en el sector residencial tiene que ver con aspectos culturales y de facilidad de acceso, pero sin duda con su precio y con la relativa baja inversión que demanda la adquisición del artefacto (CNE, 2008b).

La leña es el combustible preferido para la calefacción de las viviendas en el sur del país. Muchos hogares también la utilizan para cocinar. Se estima que un hogar consume al año en promedio 18,1 m³ de leña en las zonas urbanas de Aysén (Región de Aysén); 6,4 m³ en Valdivia, Osorno, La Unión y Río Negro (Región de Los Lagos); 3,2 m³ en Temuco y Padre Las Casas (Región de La Araucanía), y algo menos en Chillán (Región del Maule) y Rancagua (Región de O'Higgins). Un metro cúbico de leña equivale aproximadamente a 700 - 900 Kg, dependiendo del tipo de leña y de su humedad (Gómez-Lobo, 2005).

El consumo de leña tiene importantes consecuencias ambientales. Su consumo residencial es la fuente principal de las emisiones que generan los problemas de contaminación atmosférica en las ciudades interiores de la zona sur del país. Una segunda preocupación ambiental es la destrucción del bosque nativo por malas prácticas de manejo forestal. Aunque existe menos evidencia al respecto, la gran cantidad de leña que se consume al año, junto con el hecho de que la gran mayoría de la leña proviene de árboles nativos, implican una presión significativa sobre los bosques. La informalidad del negocio de la leña y la venta de leña sin el debido secado contribuyen a este escenario (Gómez-Lobo, 2005). Sin embargo, el uso de la leña también le otorga un valor económico al bosque, característica esencial si se quiere promover una estrategia para su conservación, basado en la explotación sustentable de este recurso. Por lo tanto, es posible que la promoción de buenas prácticas de producción, secado, distribución y uso de leña, sea la mejor opción, tanto para proteger el bosque nativo, como para mejorar la calidad del aire en las ciudades de la zona sur de Chile.

La encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) es la única fuente de información estadística donde se consulta por la utilización de leña en el hogar, determinada en kilos de leña. Cabe señalar que esta encuesta no es aplicada a toda la población en Chile, sino especialmente a aquella en situación de pobreza y a grupos definidos como prioritarios por la política social, según aspectos demográficos, de educación, salud, vivienda, ocupación e ingresos.

La matriz de producción y consumo de dendrocombustibles forma parte de la estructura del Balance Nacional de Energía que anualmente elabora la CNE. En la Tabla 1 se observa el consumo bruto, en términos porcentuales, de energía primaria para los años 1996 y 2006. Durante el último tiempo, nuestro país ha consolidado una matriz fuertemente dependiente de los hidrocarburos y otros combustibles fósiles, mientras que la electricidad y la leña participan en menor porcentaje.

Tabla 1 - Consumo de energía primaria (porcentual)

Fuente	1996	2006
Petróleo	40%	39%
Gas Natural	8%	25%
Carbón	16%	12%
Hidroelectricidad	19%	8%
Leña y otros	17%	16%

(Fuente: Chile Ambiente, 2008)

Del cuadro, se desprende que las participaciones relativas por fuentes se han mantenido casi inalteradas, como es el caso del petróleo y la leña, y en otros casos ha variado significativamente, es el caso de la hidroelectricidad y el carbón.

La “Política de Estado para la Agricultura Chilena Período 2000-2010” confiere a los bosques un gran potencial de desarrollo lo que justifica y compromete los esfuerzos públicos y privados en la implementación de una adecuada política de Estado que aporte y sea funcional a los intereses del país (MINAGRI, 2001). Al respecto, el producto leña debe ser considerado como una alternativa de desarrollo endógeno para la zona sur del país, sobre la base del manejo sustentable del bosque, la producción limpia y su comercialización formal.

Cifras citadas por Gómez-Lobo (2005) respaldan la importancia de este producto en la economía campesina, estimando un volumen de ventas de 5 millones de dólares en la ciudad de Temuco y de 15 millones de dólares en la Región de La Araucanía, lo que impacta fundamentalmente en los estratos socioeconómicos medios y bajos. Sin embargo, la informalidad del mercado (70%), intensifica los problemas asociados, como son la rentabilidad de las economías campesinas, la calidad y medida del producto, la transparencia del mercado en su cadena de comercialización y la menor recaudación tributaria del Estado. Finalmente, el problema se traduce en obstáculos para mejorar los niveles de calidad de vida de las familias urbanas y campesinas del sur de Chile (CONAMA, 2002).

El impacto de este producto en la matriz energética del país alcanza a un 16%, lo que refleja su importancia estratégica y la necesidad de su fortalecimiento institucional y económico. Esto último tiene como base las extensas superficies de bosques con las que cuenta el país, las que deben ser incorporadas, con técnicas silvícolas sustentables a la economía nacional, mejorando así la calidad de vida de las familias campesinas en forma permanente (CONAMA, 2002).

La leña constituye además, una fuente importante de ingresos y de trabajo, llegando a consagrarse, en ciertas regiones o ciudades del país, en una de las actividades económicas más importante, pese a su funcionamiento informal o, para ser más preciso aún, sin la regulación que poseen los mercados eléctricos o de los derivados del petróleo (CNE, 2008).

I. METODOLOGÍA

1.1 ASPECTOS CARTOGRÁFICOS Y BASE ESPACIAL

Para la realización del presente estudio, en una primera etapa, se realizó la identificación de los mapas temáticos, documentos y bases de datos existentes en las organizaciones nacionales relacionadas con el tema (Anexo 3), con el objeto de establecer una única base de datos inicial en INFOR y, posteriormente, se realizó la identificación, verificación y selección de las bases de datos cartográficas para integrar el análisis. Se decidió que toda la información geográfica sea representada en el Sistema de Referencia UTM, zona 19 Sur, con datum WGS 84.

1.1.1 Base cartográfica administrativa

La base cartográfica político-administrativa seleccionada para el análisis es la división de comunas, siendo la unidad administrativa mínima en que muchas instituciones presentan sus datos e informaciones en el país, al mismo tiempo que corresponden a la unidad donde se planifican y administran muchas de las gestiones públicas.

La cartografía utilizada para la delimitación de las unidades administrativas fue producto de un trabajo conjunto entre técnicos de ODEPA y de CNE. La CNE aportó los polígonos comunales, mientras que ODEPA aportó el límite internacional aprobado y autorizado por la Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado (DIFROL). Mediante técnicas de ingeniería vectorial se generó un archivo shapefile que unifica las dos cartografías (Figura 1).

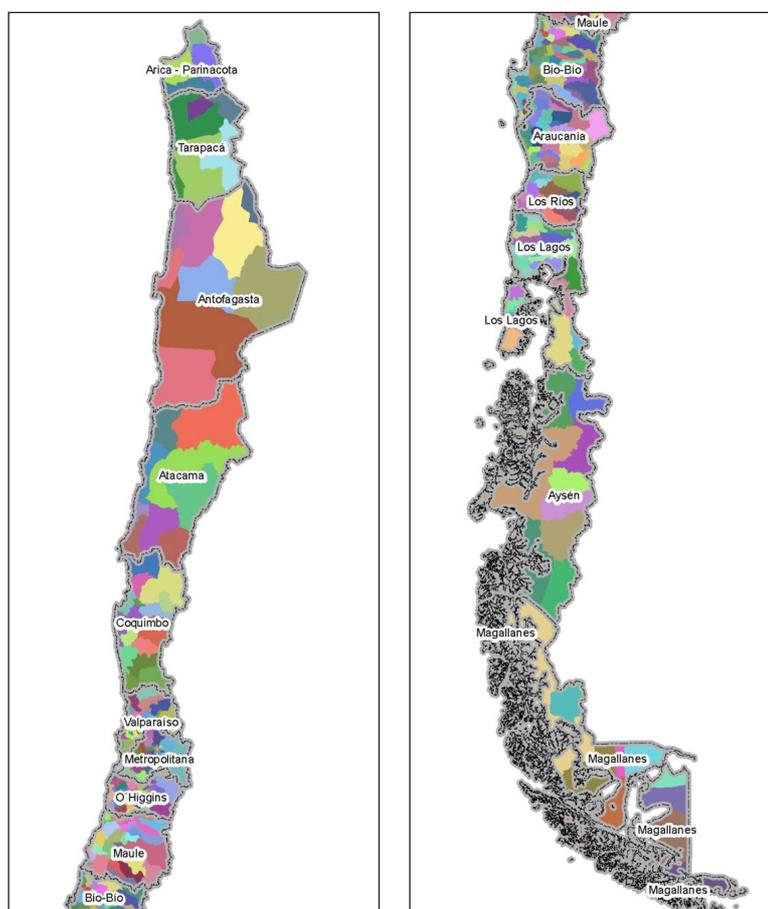


Figura 1 - División administrativa comunal y regional

1.1.2 Base cartográfica continua (análisis raster)

Además, se elaboró un archivo en formato raster, con la delimitación del territorio chileno, que ofició de máscara para que todas las informaciones aportadas por las diferentes organizaciones sean consistentes con la base cartográfica.

La resolución a la que se realizó el análisis correspondió a un tamaño de píxel de 250 metros de lado, lo que equivale a 6,25 hectáreas.

1.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Tras el análisis de las bases de datos, estadísticas y cartografía existente, se estableció el año 2010 como año de referencia para WISDOM Chile. Esta elección fue determinada por la posibilidad de contar con información actualizada para nutrir los principales módulos del proyecto, y el compromiso de todas las instituciones participantes en hacer los esfuerzos necesarios para tener esta base de datos actualizada al año en curso.

La medición de las unidades de la producción de biomasa leñosa y consumo se realizó en toneladas (o kilogramos) secas en horno. Respecto a las unidades de producción de la biomasa procedente de los residuos agrícolas, agroindustriales y de la industria forestal, se utilizó la información en toneladas secas al aire con un valor promedio de humedad del 12%.

En la Figura 2 se presenta la descripción general de los módulos y de las principales capas temáticas de WISDOM Chile. Más detalles metodológicos de WISDOM pueden ser consultados en el Anexo 1.

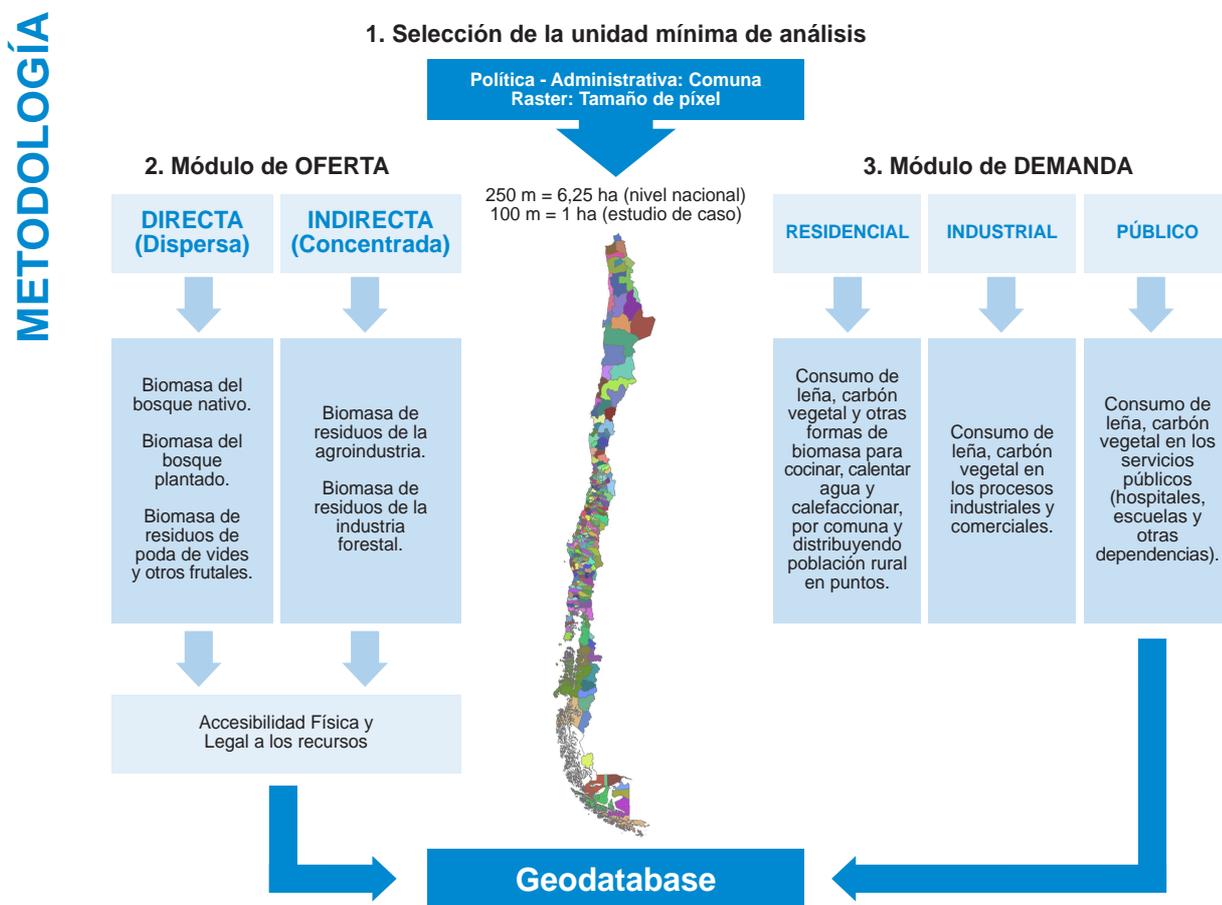


Figura 2 - Módulos del análisis WISDOM



Figura 2 - Módulos del análisis WISDOM (cont.)

Las capas y los pasos analíticos de cada módulo se describen en los siguientes capítulos.

1.2.1 Módulo de la oferta

Del análisis de los datos georreferenciados existentes se estimó la oferta potencial de biomasa al 2010 para usos energéticos, derivada de los procesos de silvicultura de bosques de plantación y nativos, además de la industria forestal primaria.

De esta forma, los siguientes datos de oferta fueron integrados en el SIG:

- Biomasa forestal productiva, proveniente del bosque nativo.
- Biomasa forestal productiva, proveniente de las plantaciones forestales.
- Biomasa residual, proveniente de las industrias forestales primarias.
- Biomasa leñosa, proveniente de la poda de las plantaciones frutales.

El diagrama presentado en Figura 3 provee una descripción simplificada de las principales capas temáticas y los pasos de procesamiento del módulo de oferta. Estos serán descritos con mayor detalle en las secciones siguientes, en las cuales también se muestran los nombres de los mapas intermedios y las funciones de análisis espacial realizadas.

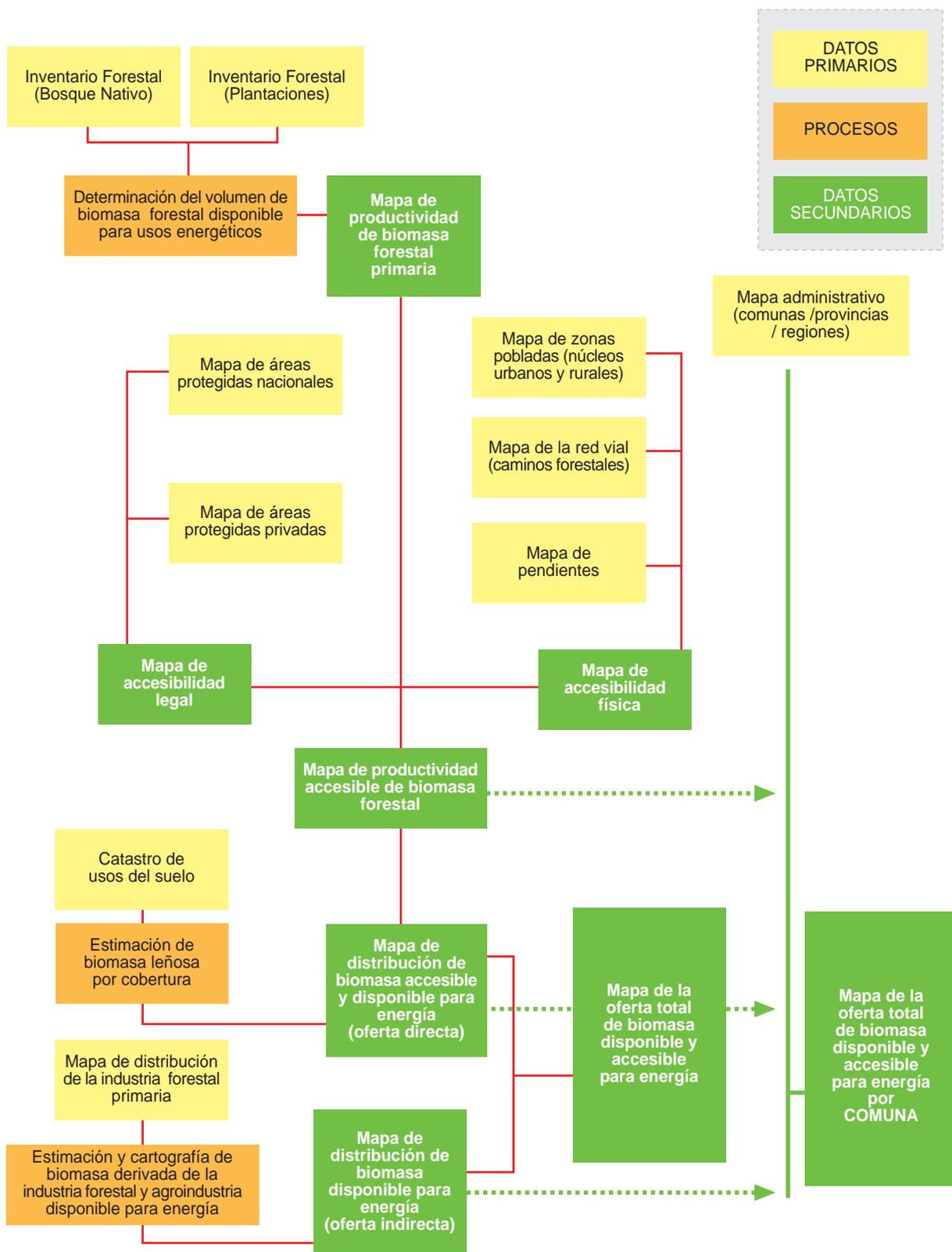


Figura 3 - Diagrama de flujo de la información del módulo oferta (por comuna)

BOSQUE NATIVO

En el caso del bosque nativo se trabajó con información de las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos (no incluye provincias de Chiloé y Palena), que corresponde al área del inventario realizado al año 2004.

Para la estimación del stock actual de biomasa en el bosque nativo se utilizó la información de la superficie potencialmente productiva de dicho bosque, quedando excluidos:

- Bosques pertenecientes a las áreas silvestres protegidas.
- Bosques con especies protegidas o en peligro.
- Bosques ubicados en terrenos con pendientes superiores al 60 %.
- Bosques situados a distancias inferiores a 25 m de los cursos de agua permanentes.
- Bosques achaparrados o de altura.

La información de biomasa se generó a partir de las existencias de volumen neto pulpable (volumen pulpable), definido como el volumen de producto sólido sin corteza con deducción de defectos por daño, enfermedades y forma, sin restricción de sanidad. Este volumen corresponde al volumen de baja calidad independiente del diámetro. El volumen que corresponde a una calidad de aserradero ha sido descontado previamente.

Para obtener la biomasa se utilizó una densidad básica promedio para el bosque nativo de 550 kg/ha.

La metodología WISDOM trabaja con la oferta anual, la cual fue determinada a partir de las existencias, seleccionando primero los tipos forestales factibles de intervención que se encuentran en las regiones del inventario antes mencionado:

- Roble-Raulí Coihue, Subtipo Roble
- Roble-Raulí-Coihue, Subtipo Roble-Raulí-Coihue
- Siempreverde, Subtipo Siempreverde
- Siempreverde, Subtipo Canelo
- Siempreverde, Subtipo Mirtáceas

Se definieron, para el efecto, como bosques susceptibles de manejar, aquellos que se encuentran en estado de desarrollo de latizal bajo y alto y que tienen una altura promedio entre 8 y 20 m, selección que se hace de acuerdo al "Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos" (CONAF-CONAMA, 1997).

Para determinar la corta anual del bosque se consideró un incremento medio anual en volumen de 5 m³/ha/año. Este valor se expandió considerando la superficie de cada uno de los subtipos escogidos y luego se llevó a biomasa (Tabla 2).

Tabla 2 - Criterios de selección para la oferta anual, regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos Norte (sin provincias de Chiloé y Palena)

Tipos forestales	Subtipo forestal	Superficie factible de intervención Altura 8-20 m (ha)	Volumen (m ³)	Biomasa (kg)
Roble-Raulí-Coihue	Roble	272.256	1.361.281	748.704.633
	Roble-Raulí-Coihue	78.732	393.664	216.514.953
Siempreverde	Canelo	70.858	354.289	194.859.143
	Siempreverde	139.604	698.024	383.913.420
	Mirtáceas	14.270	71.352	39.243.793

Los escenarios simulados de oferta anual consideran que el producto proviene de raleos y no de cosechas finales, y para la selección en el mapa se escogen aquellas celdas que presentan el mayor stock de volumen, de esta forma se simularon tres escenarios que se diferencian en el porcentaje de extracción en el raleo:

- **Escenario 1:** Lograr la extracción señalada en la Tabla 1 a través de raleos que consideran la extracción del 30 % de volumen.
- **Escenario 2:** Extracción del 20 % de volumen de los píxeles establecidos en el escenario 1.
- **Escenario 3:** Extracción del 40 % de volumen de los píxeles establecidos en el escenario 1.

A continuación se presenta el mapa que refleja los resultados del análisis de biomasa potencialmente dendroenergética proveniente del bosque nativo del escenario 1 (Figura 4).

Es conveniente aclarar que para una mejor visualización y presentación en este informe, la información original fue filtrada con un proceso de estadística focal. Este procesamiento se realizó en todos los mapas que se presentan en este apartado. También es importante destacar que los valores de las leyendas que acompañan a los mapas se refieren a valores de biomasa dendroenergética en toneladas contabilizadas en un píxel (6,25 hectáreas).

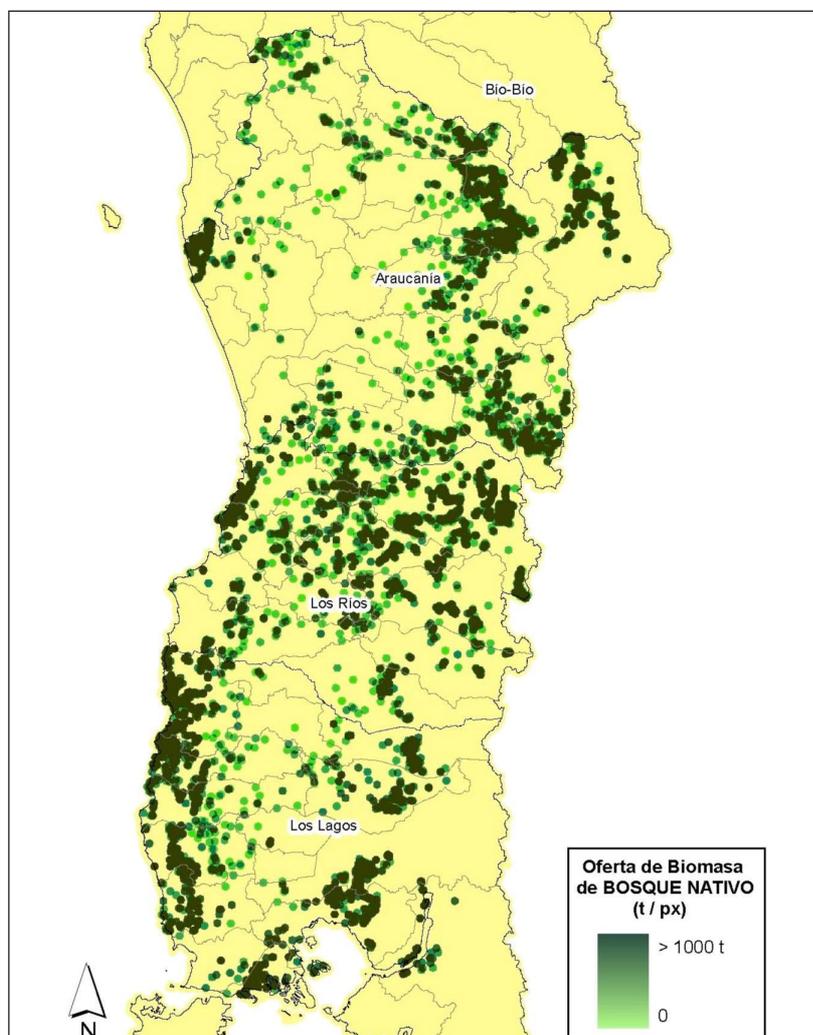


Figura 4 - Oferta de biomasa productiva de bosque nativo (t/px -6,25 ha-)

PLANTACIONES FORESTALES

En Chile las plantaciones forestales se desarrollan principalmente en el centro-sur del país, extendiéndose entre la región de Valparaíso y la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

La biomasa forestal de plantaciones se determinó partir de la información del inventario de plantaciones en pequeña y mediana propiedad que realiza periódicamente INFOR.

La información abarca desde la región de Valparaíso hasta la región de Los Lagos. Para obtener el volumen de plantaciones forestales se trabajó con la información a nivel de rodales de especie, año de plantación, superficie y zona de crecimiento.

Para completar la información de volumen y por tanto de biomasa, se utilizó como fuentes de información, las siguientes:

- Disponibilidad de madera de plantaciones de *Pinus radiata* en Chile 2003 - 2032 (INFOR, 2005).
- Disponibilidad de madera de *Eucalyptus* en Chile 2006 -2025 (INFOR, 2007).

Se consideraron los incrementos promedio por zona de crecimiento establecidos en Tabla 3.

Tabla 3 - Incrementos medios anuales por especie y zona de crecimiento.

Zona de crecimiento	Incremento medio anual (m ³ /ha/año)		
	<i>E. globulus</i> y <i>E. spp.</i>	<i>E. nitens</i>	<i>P. radiata</i>
1	13,0	14,0	18,4
2	16,0	21,5	20,6
4	20,0	33,5	24,9
5	14,0	10,0	18,4
6	17,0	19,5	27,9
7	16,0	23,0	19,3
9	14,5	30,0	22,4

Además se consideró que, en el caso de *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus spp.* y *Eucalyptus nitens*, la opción de manejo no considera intervenciones intermedias, sólo cosecha, y el producto resultante para efectos del estudio es el volumen pulpable. La edad de cosecha para *Eucalyptus nitens* es de 12 años y para *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus sp.* es de 11 años.

En el caso de *Pinus radiata* se consideraron plantaciones sin y con manejo, de la siguiente manera:

- **Sin manejo:** No tiene ningún tipo de intervención intermedia y la edad de cosecha es de 20 años. Esta opción se da en las zonas de crecimiento 1 y 5. El producto final es el volumen pulpable.
- **Manejo Aserrable:** Tiene un raleo a los 16 años, y la edad de cosecha es a los 22 años. En este caso, el volumen de cosecha se reparte entre un producto aserrable y pulpable, quedando 40 % de producto aserrable y 60 % de producto pulpable. El raleo considera una extracción de 30 m³/ha que corresponde a volumen pulpable.

Los valores de densidad básica de la madera considerados para la obtención de biomasa son:

- *Pinus radiata* : 380 kg/m³
- *Eucalytus nitens* : 440 kg/m³
- *Eucalytus globulus* : 490 kg/m³

Una vez obtenidos los valores de volumen pulpable, se llevaron a biomasa, obteniendo el stock de biomasa, y en el caso de oferta anual se trabajó bajo el supuesto de escenarios de disponibilidad de parte de esta biomasa, ya que actualmente el volumen pulpable participa en un mercado donde los pequeños propietarios entregan su producto a las grandes empresas. No obstante, se observa una tendencia de los pequeños propietarios a destinar sus plantaciones a leña, lo que llevó a estructurar tres escenarios potenciales de oferta anual:

- **Escenario 1:** 20 % del volumen pulpable se destinaría a dendroenergía.
- **Escenario 2:** 10 % del volumen pulpable se destinaría a dendroenergía.
- **Escenario 3:** 30 % del volumen pulpable se destinaría a dendroenergía.

A continuación se presenta el mapa que refleja los resultados del análisis de biomasa potencialmente dendroenergética proveniente de las plantaciones forestales bajo el escenario 1 (Figura 5).

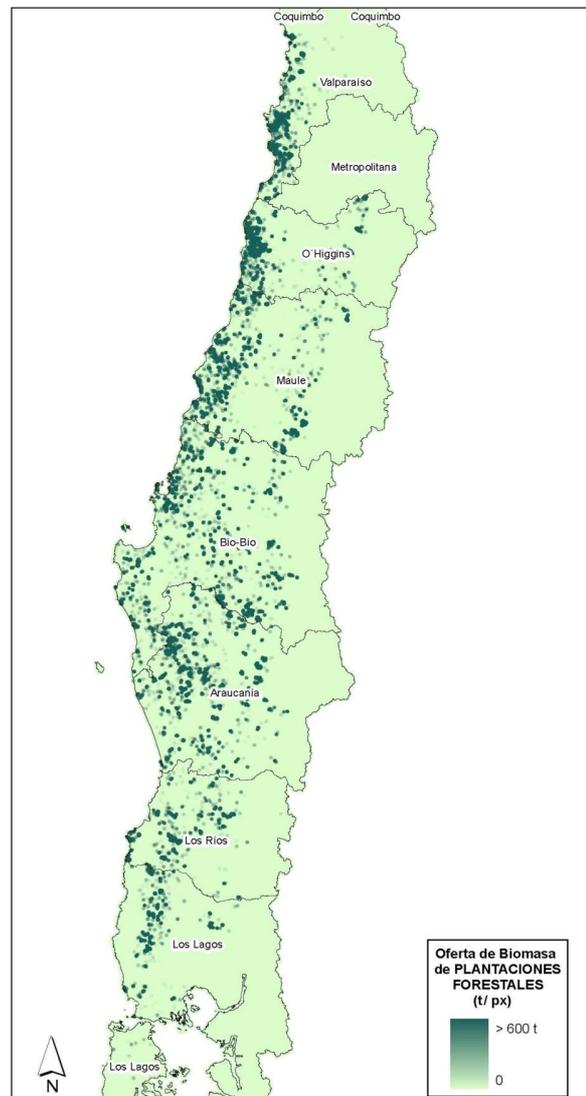


Figura 5 - Oferta de biomasa productiva de plantaciones forestales (t/px -6,25 ha-)

Con la información provista por el INFOR se ha construido el mapa de oferta forestal, que une la información de bosque nativo y plantaciones forestales (Figura 6). Es importante aquí destacar que al no contar con información que cubra la totalidad del país tanto para bosque nativo como para plantaciones forestales, los resultados de estos análisis se han visto limitados a las regiones para las cuales se ha obtenido la información.

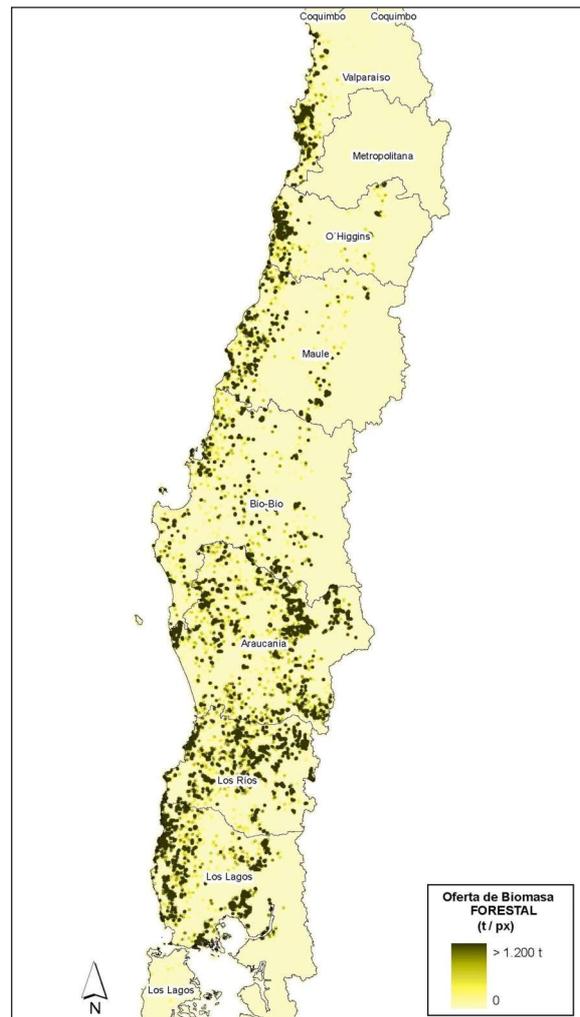


Figura 6 - Oferta de biomasa forestal productiva (t/px -6,25 ha-)

BIOMASA PROCEDENTE DE LOS RESIDUOS PRODUCIDOS POR LAS INDUSTRIAS FORESTALES

Para localizar y cuantificar la oferta de la industria forestal primaria se utilizó el estudio “Residuos de la industria primaria de la madera - disponibilidad para uso energético” (CNE, 2007). Dicho estudio tuvo por finalidad recolectar datos del proceso productivo de la industria del aserrío, cuantificar el consumo de trozas y la producción de madera aserrada, para finalmente determinar la cantidad y disponibilidad de residuos aprovechables energéticamente (RAE) que se generan en el proceso de transformación primaria de la madera. En este caso, se consideraron los aserraderos móviles y permanentes operativos actualmente, ubicados entre las regiones de Coquimbo y de Magallanes, incluida la región Metropolitana. Un aspecto importante, fue la obtención de una base nacional de información georeferenciada sobre estas industrias generadoras de residuos.

La relación entre los niveles de producción y consumo indicados en el estudio, permitió establecer un rendimiento general de producción de madera aserrada, residuos de lampazo y aserrín, además del volumen de astillas y tapas provenientes de la utilización de los lampazos. Un porcentaje del volumen

generado de madera aserrada, se reprocessa para generar madera elaborada o de remanufactura, con lo cual se genera un nuevo volumen de residuos, del tipo despunte, viruta y aserrín, lo que completa el volumen total de RAE (CNE, 2007). En la Figura 7 se presenta la cartografía obtenida a partir de este análisis.

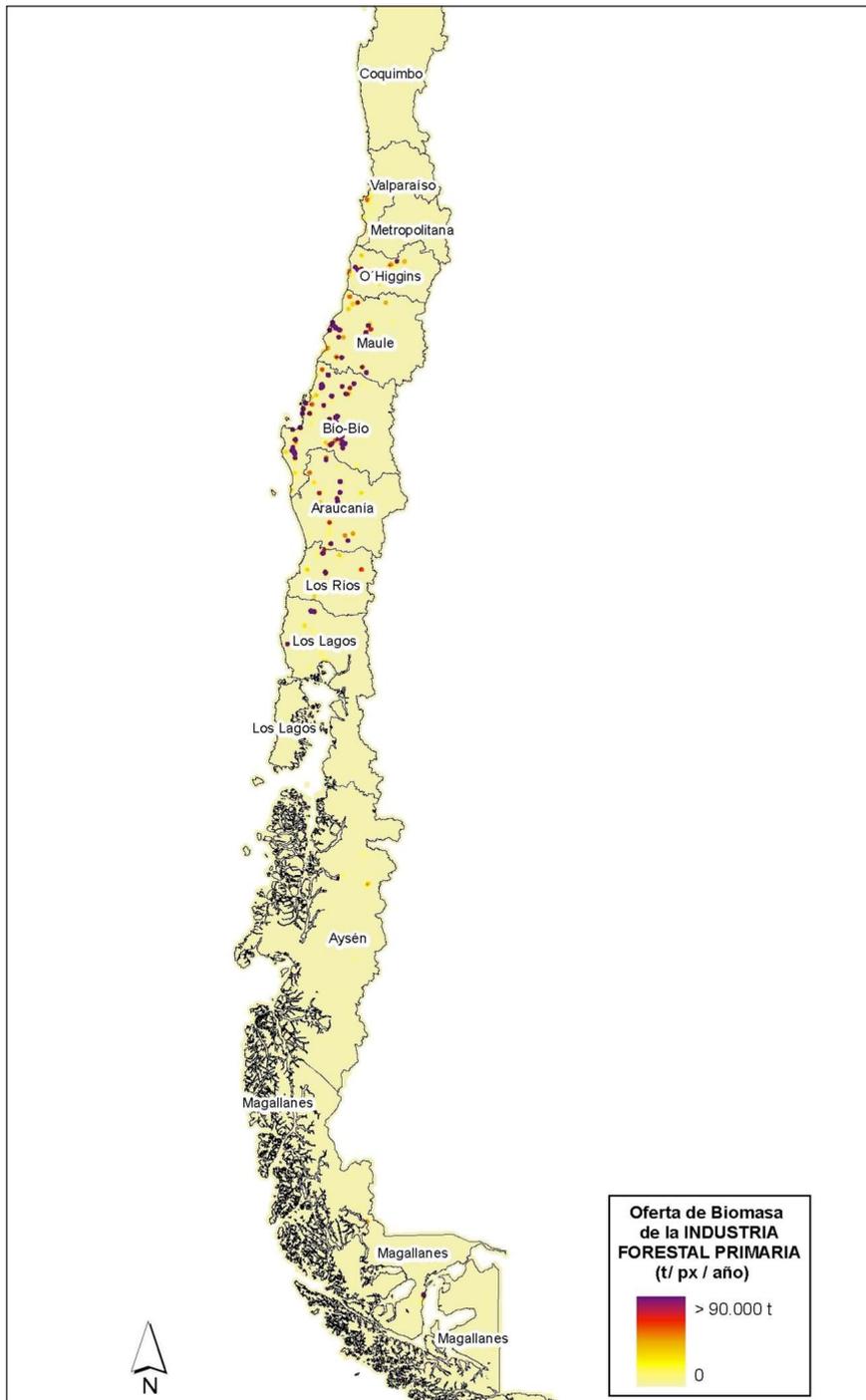


Figura 7 - Oferta de biomasa de la industria forestal primaria (t/px -6,25 ha-)

La integración de la información de la oferta forestal productiva de bosques con la información correspondiente a la biomasa de los residuos producidos por las industrias forestales primarias, permite obtener un mapa que refleja la totalidad de la biomasa forestal disponible para usos dendroenergéticos, sin considerar aún los árboles fuera del bosque (Figuras 8 y 9).

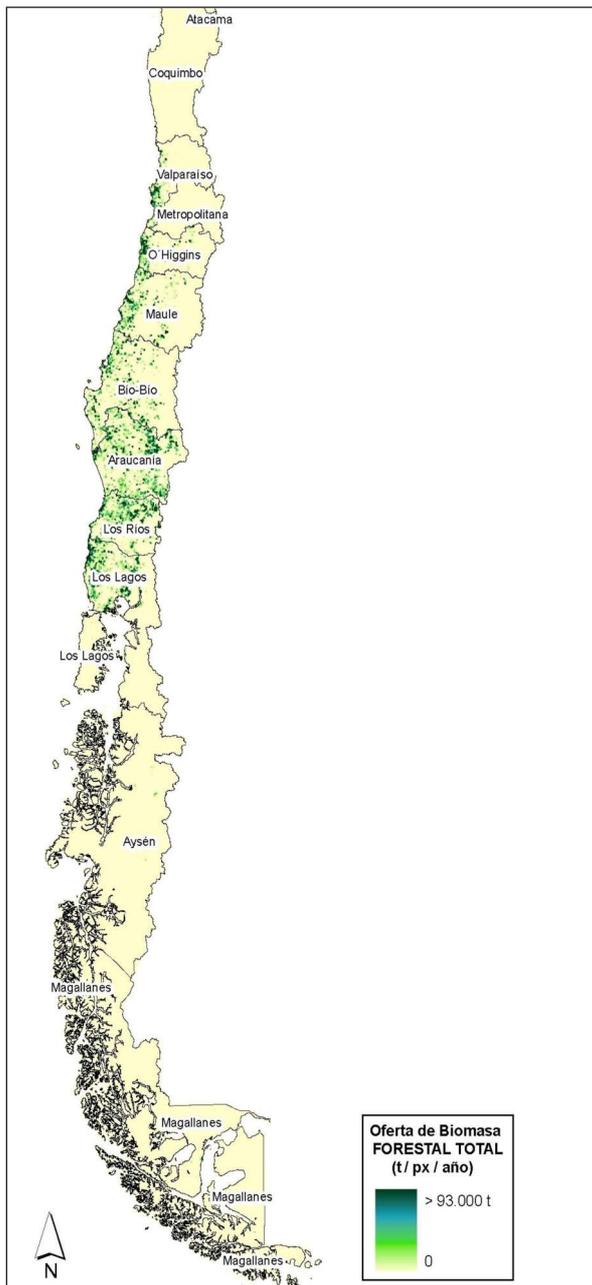


Figura 8 - Oferta de biomasa forestal total

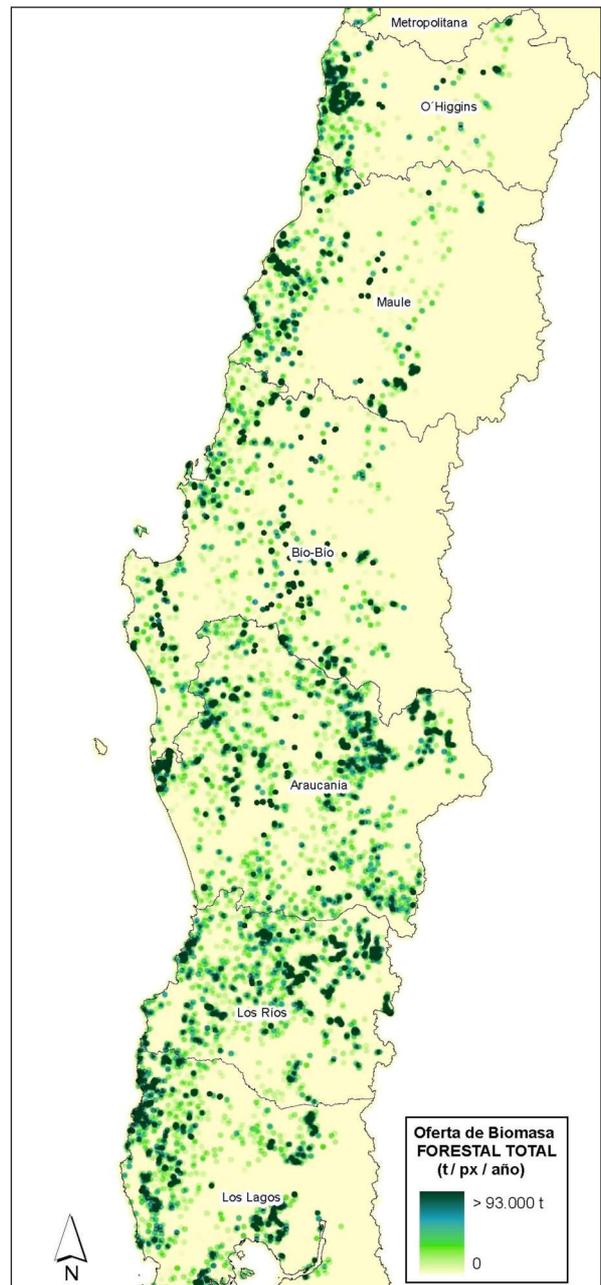


Figura 9 - Detalle de la oferta de biomasa forestal total

ÁRBOLES FUERA DEL BOSQUE

En este apartado se calcularon los residuos de cosechas leñosas perennes, conformados principalmente por la poda de árboles frutales (manzanos, duraznos y olivos), parronales y vides. Esta actividad se concentra principalmente entre las regiones de Atacama y del Maule.

INIA recopiló la información relativa a los volúmenes de poda de cada especie y CIREN generó la información de la cobertura con la ubicación de las plantaciones de las especies frutales mencionadas, a nivel de parcela, aunque en ella no se especifica la edad o el grado de desarrollo de cada una. Para esto se trabajó con la información provista por ODEPA, que presenta, por comuna, los valores totales por cultivo, detallando la cantidad de hectáreas, tanto de formación como de producción por comuna.

Estas bases de datos cartográficas fueron cargadas en el Sistema de Información Geográfica, en forma vectorial (polígono) para los derivados de las actividades de poda de los manzanos, duraznos, olivos y vides.

Se calculó los residuos por cada tipo de cultivo, en base a la siguiente fórmula:

$$BP = S_j \times \delta_j$$

Donde:

BP: Biomasa potencial obtenida en cada campo de características j (t/año).

S_j: Superficie del campo de características j (ha).

δ_j: Coeficiente de potencialidad superficial de producción de biomasa en un campo de características j (t seca/ha/año).

INIA aportó los datos necesarios para determinar los coeficientes de residuo en campo de cada cultivo:

Olivos: Normalmente el peso de poda en olivos de 0 a 3 años de edad es insignificante, por lo que los olivos en formación no se consideran para los cálculos de este trabajo. A edades mayores, la producción puede ser entre 3 y 5 toneladas cada 3 años. En plantaciones antiguas, la renovación puede significar unas 20 toneladas por hectárea, por una vez. Se consideraran como plantaciones antiguas aquellas sobre 20 años.

Duraznos: Se tomó el conjunto de duraznos de consumo fresco, duraznos conserveros y nectarines pelados. No se consideraron las hectáreas en formación para las tres especies y se asumió un promedio de poda de 2 t/ha.

Manzanos: Se tomó el conjunto de manzanas rojas y manzanas verdes. No se consideran las plantaciones en formación y se asumió que el desecho de poda en manzanos alcanza las 1,4 t/ha.

Vides: En cuanto a la producción de sarmientos, se acepta que, en términos conservadores y en promedio, las viñas de secano producen 6 t/ha, las bajo riego 12 t/ha y las viñas pisqueras 15 t/ha.

En las tablas a continuación se resumen los coeficientes de residuos de poda en campo utilizados.

Tabla 4 - Residuos de poda de plantaciones frutales

Cultivo (j)	Residuo en Campo (t/ha/año) δ		
	Formación	Producción	Antiguos
Olivos	0	1,5	1
Duraznos	0	2,0	-
Manzanos	0	1,4	-

Tabla 5 - Residuos de poda de vides

Cultivo (j)	Residuo en Campo (t/ha/año) δ	
	Secano	Riego
Vides	6	12
Vid Pisquera	-	15

La sumatoria de todas las ofertas de residuos de poda de los frutales descritos anteriormente, puede ser visualizada en la Figura 10.

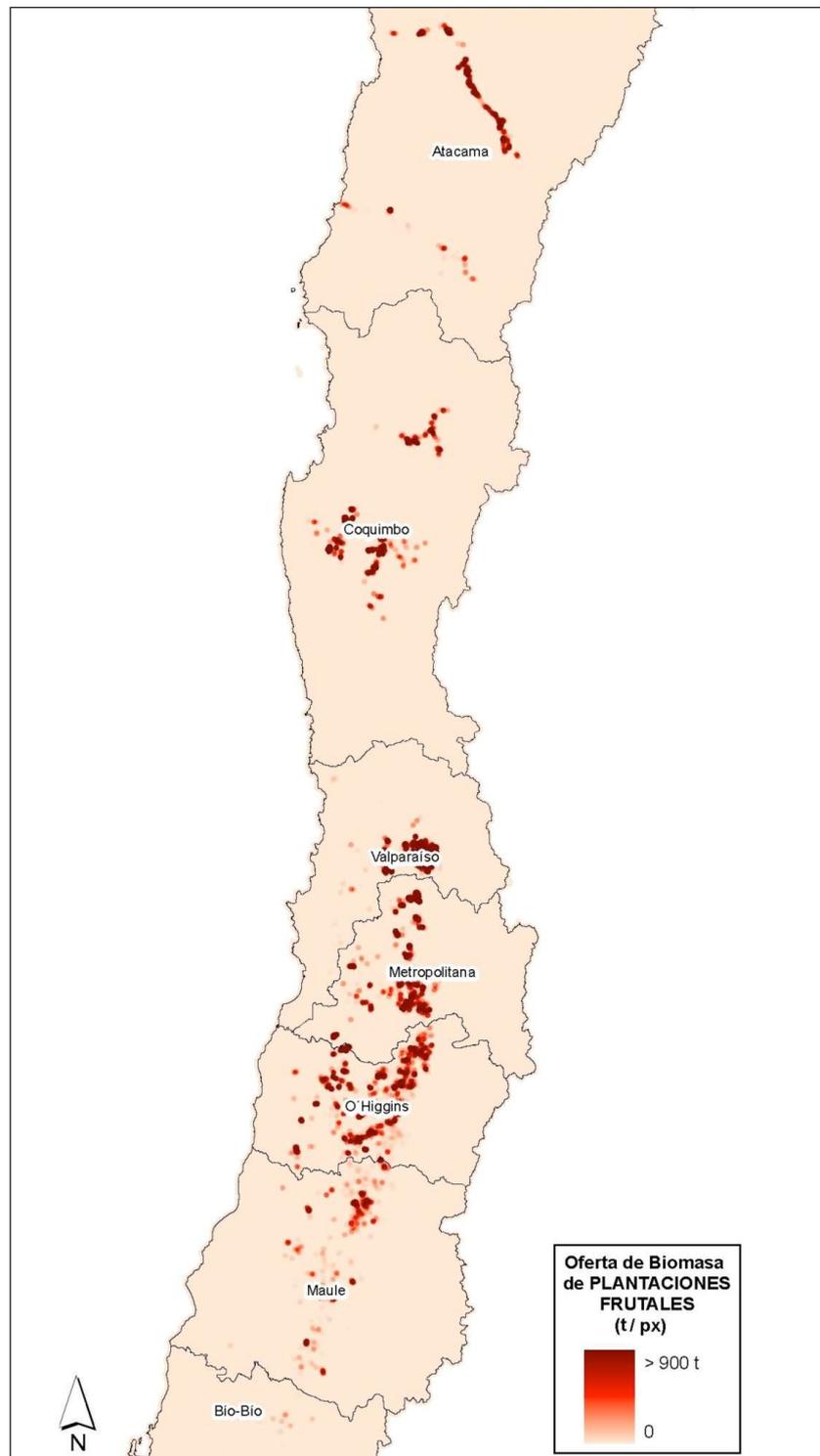


Figura 10 - Oferta de biomasa proveniente de plantaciones frutales (t/px - 6,25 ha -)

El mapa a continuación (Figura 11) permite visualizar la información correspondiente a la totalidad de la biomasa forestal disponible para usos dendroenergéticos, considerando también los árboles fuera del bosque.

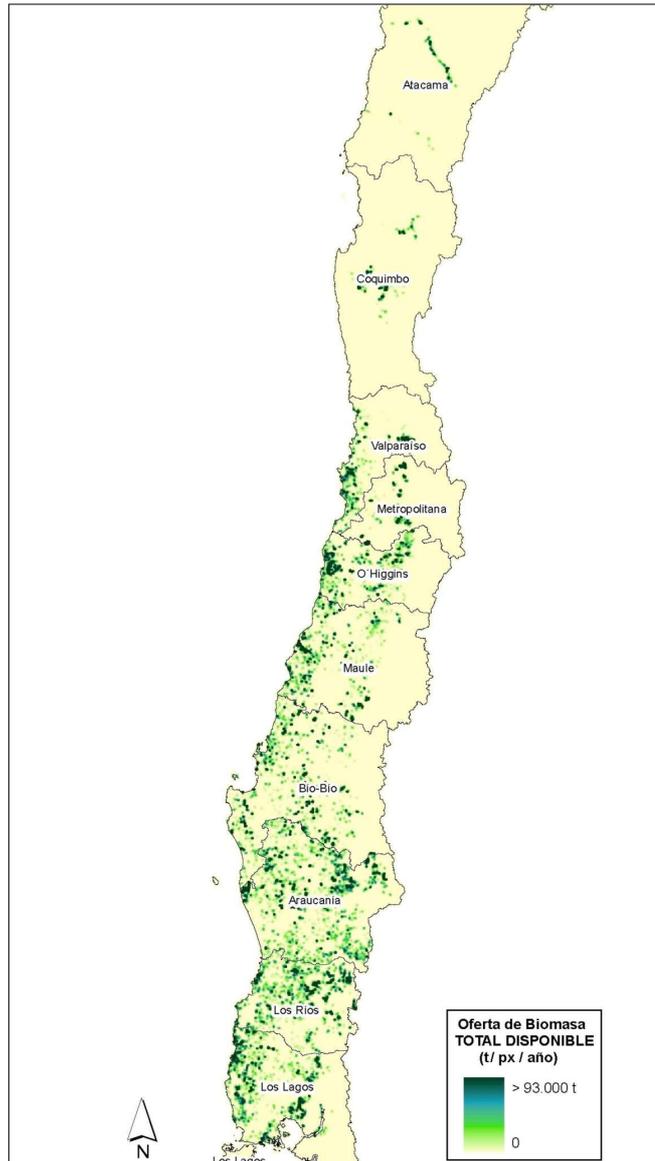


Figura 11 - Oferta de biomasa total disponible (t/px -6,25 ha-)

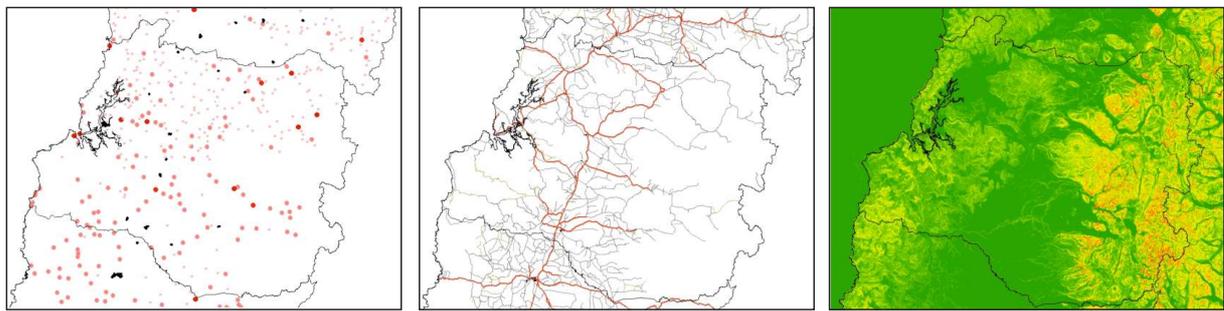
ACCESIBILIDAD Y OFERTA ACCESIBLE

El análisis de la accesibilidad física y legal a los recursos biomásicos es especialmente importante, ya que a partir del mismo se tiene una visión más ajustada de las posibilidades de acceso a las diferentes fuentes de biomasa.

Para definir la accesibilidad física se consideran dos componentes principales:

- Distancia a la red vial y a los centros poblados.
- Pendiente del terreno.

La accesibilidad física (Figura 12) se basa en un análisis (costo - distancia) que combina la pendiente con los núcleos de población (a) y el diseño de la red vial (b). El mapa de pendientes (c) fue generado a partir del modelo de elevaciones obtenido de imágenes radar SRTM de la NASA. Este modelo, que originalmente tiene una resolución de 90 metros/píxel, fue remuestreado para coincidir con la escala de análisis que se definió inicialmente (250 metros/píxel). Las pendientes se expresan en porcentaje.



a) Núcleos de población

b) Red vial

c) Mapa de pendientes

Figura 12 - Mapas básicos para accesibilidad física

El mapa obtenido fue reclasificado para obtener una cartografía que indique un incremento porcentual de la dificultad de acceso, correspondiendo el valor 100% a las zonas con completo acceso, y disminuyendo este valor a medida que la accesibilidad se ve afectada por la combinación de ambos factores “pendiente y distancia a las vías de comunicación” (Figuras 13 y 14).

Para el estudio de la accesibilidad legal se incorporó las superficies correspondientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) y las Áreas Protegidas Privadas. Estas áreas fueron consideradas como “No Accesibles”, en términos de aprovechamiento de biomasa para energía (Figura 15).

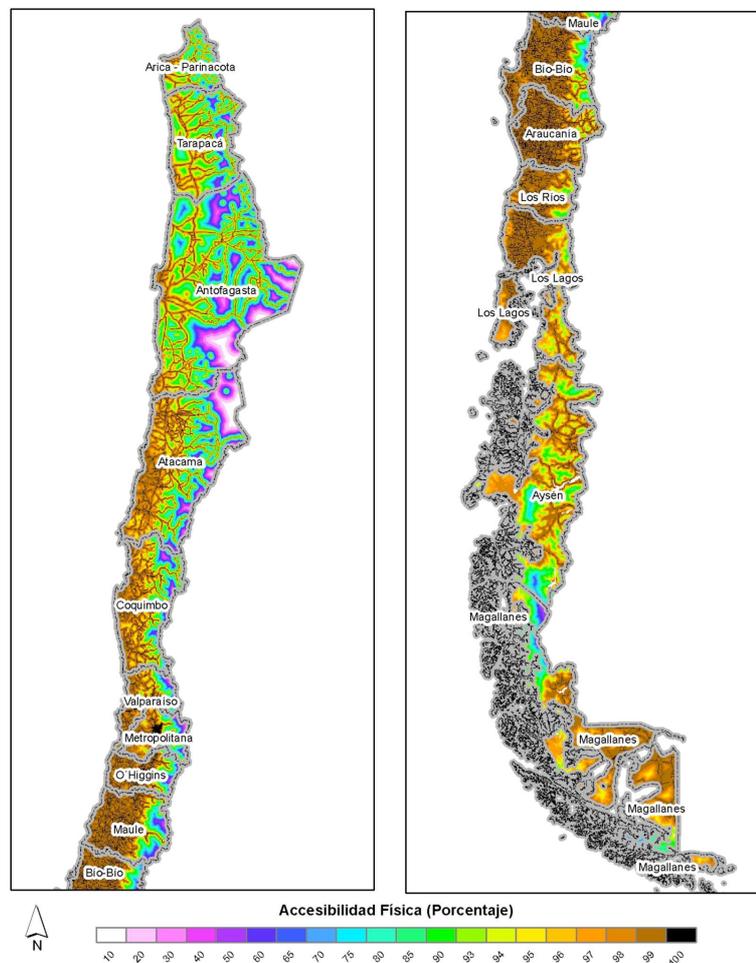


Figura 13 - Accesibilidad física

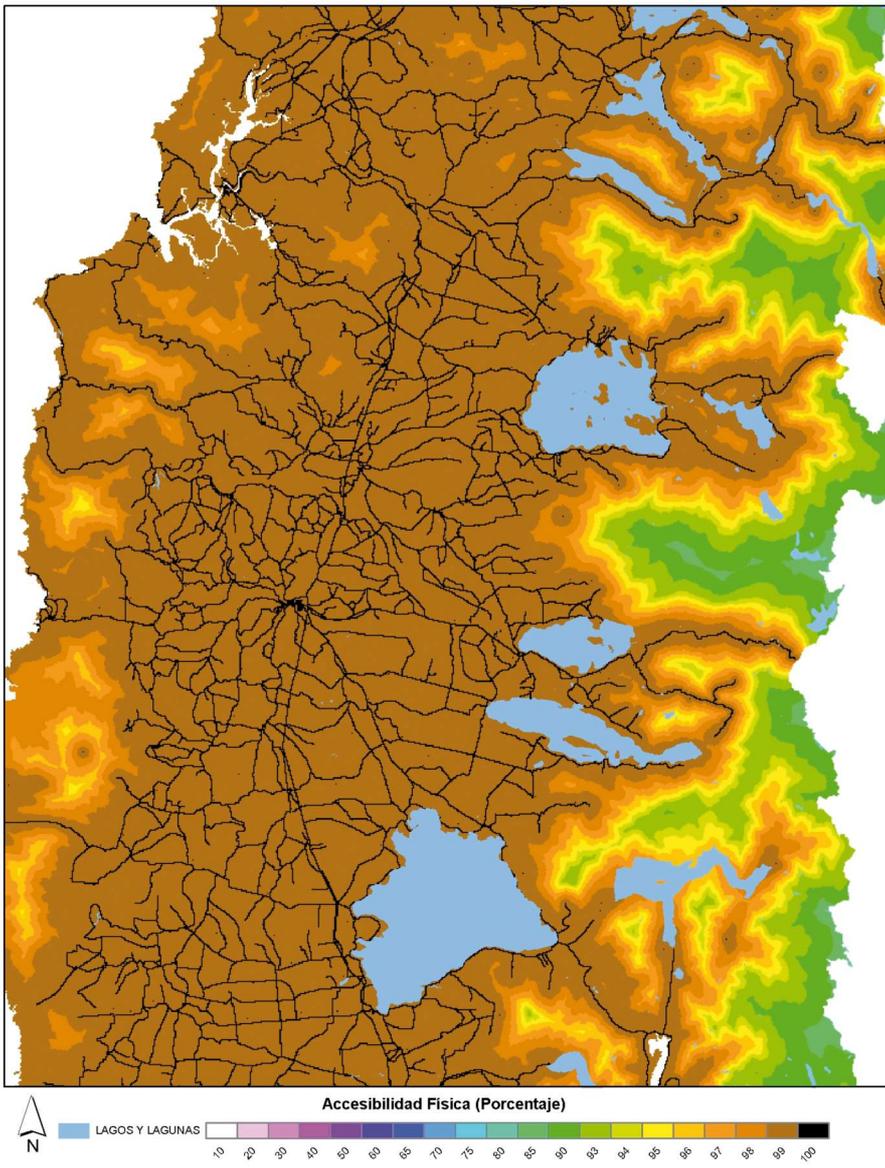
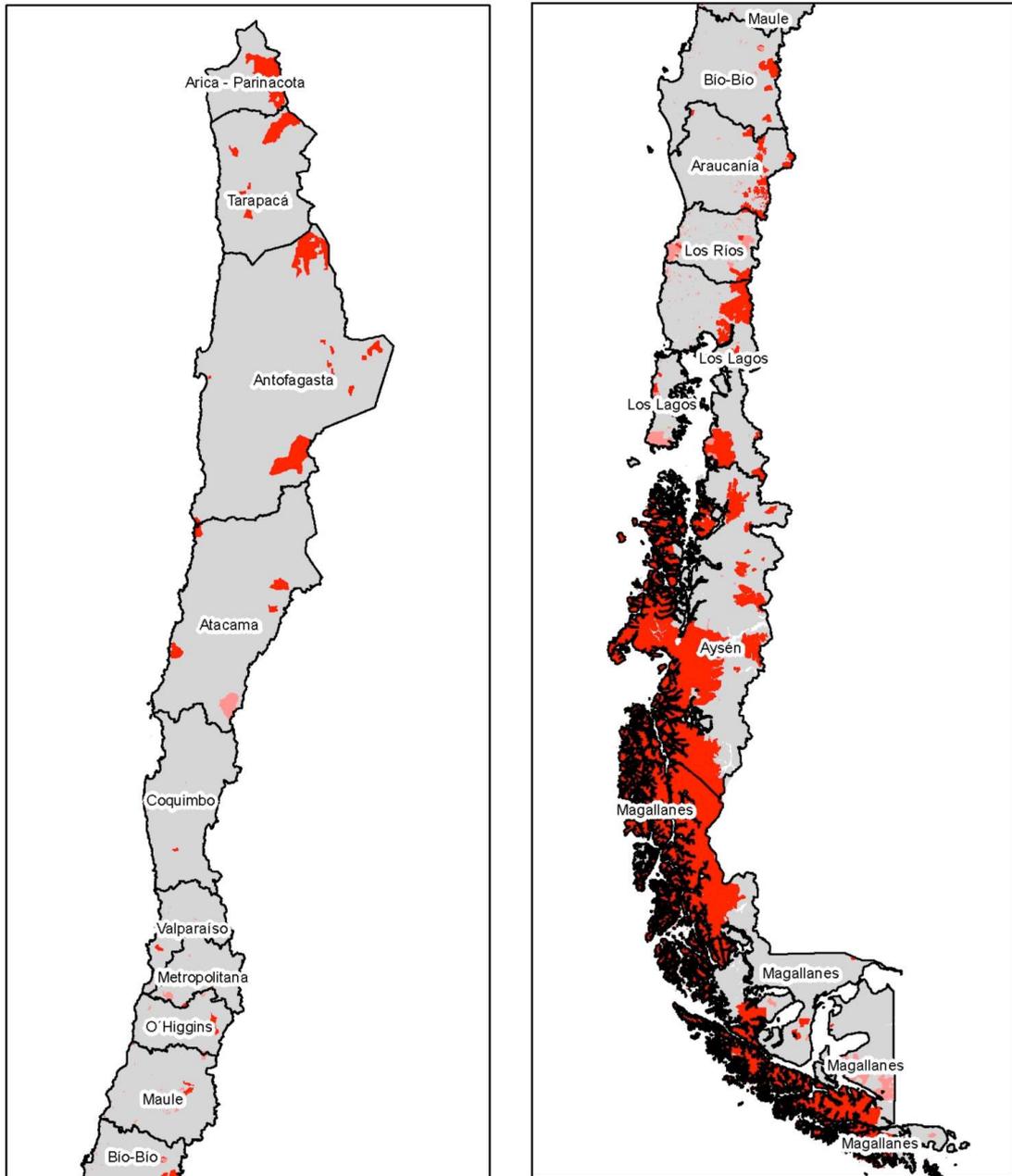


Figura 14 - Detalle de la accesibilidad física



Accesibilidad Legal

- Áreas Protegidas Privadas (0% Accesibilidad)
- Áreas Protegidas Nacionales - SNASPE (0% Accesibilidad)
- 100% Accesibilidad

Figura 15 - Accesibilidad legal a los recursos biomásicos

La oferta accesible fue establecida mediante la siguiente función:

$$OA = (OD \times AL \times AF) / 100$$

Donde:

OA: Oferta accesible
OD: Oferta disponible

AL: Accesibilidad legal
AF: Accesibilidad física

De esta manera, se vincularon los mapas de accesibilidad con los de oferta disponible para finalmente obtener la oferta accesible.

Considerando la disposición espacial de los recursos analizados (plantaciones frutales en los valles de irrigación) y que, en la metodología con que el Instituto Forestal procesó sus datos, ya están contemplados parámetros de accesibilidad, los resultados de esta etapa del análisis no han arrojado diferencias significativas entre la oferta accesible con respecto a la disponible. Esto se puede observar en los mapas a continuación (Figura 16 a, b y c).

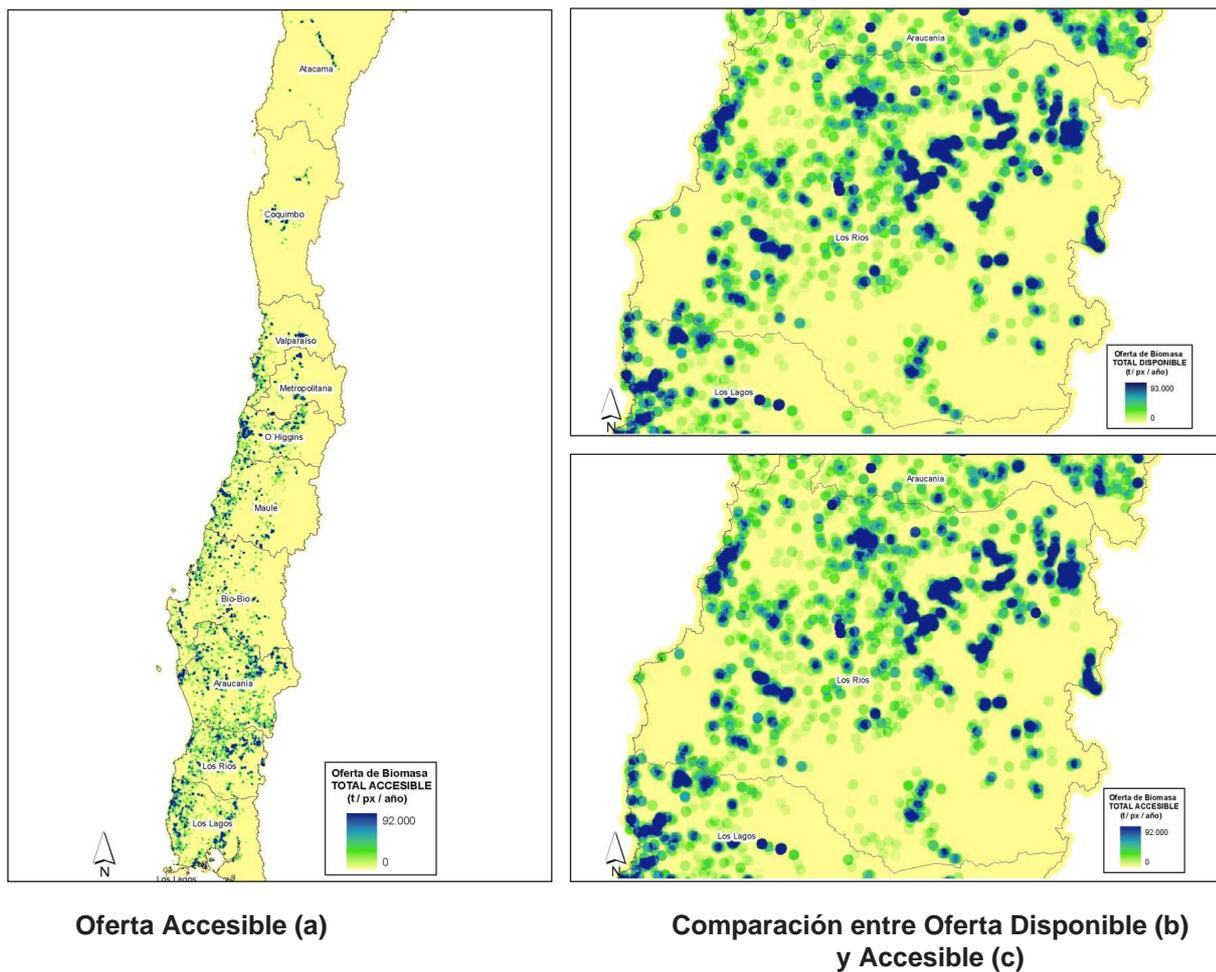


Figura 16 - Oferta accesible

En la metodología original aplicada por FAO en otros países se realizó un análisis de la oferta comercial, entendiéndola como aquella que garantiza una producción sustentable de biomasa energética tal que justifique los costos de transporte y gestión de la misma. Este paso fue necesario porque en dichos estudios se consideró la totalidad de las coberturas y usos del suelo sobre el territorio analizado, existiendo en algunos casos coberturas con muy baja productividad biomásica (pastizales, praderas, áreas con cultivos agrícolas, etc.). Una primera aproximación para definir a la productividad como comercial o no, se utilizó un umbral que garantizó como mínimo una producción de 12 t/ha con una rotación de 25 años. A partir de esto, solo las áreas que presentaban una productividad anual sustentable (disponible y accesible) superior a 0,48 t/ha (3 t/píxel) fueron consideradas como potencialmente comerciales. En el caso chileno, al haber incluido en el análisis solamente los usos del suelo forestales y frutícolas, este paso no fue necesario, ya que la cantidad de píxeles con un valor de oferta accesible menor a tres toneladas resultó despreciable.

Otros aspectos que tienen fundamental importancia para la definición de la viabilidad económica de la producción de estos biocombustibles, tales como la distancia hasta los sitios de consumo, requieren ser considerados en base al análisis de sitio para el estudio de la factibilidad de proyectos específicos.

1.2.2 Módulo de la demanda

En la Figura 17 se detallan las capas de información utilizadas y los procesamientos que se han realizado para obtener la información de la demanda en el módulo correspondiente.

CONSUMO RESIDENCIAL¹

El cálculo del consumo residencial fue desarrollado por la Comisión Nacional de Energía en base a datos del 2003, que corresponden a la última encuesta nacional realizada con metodología conocida. La encuesta entregó información sobre el consumo regional, urbano y rural (m³). No existe una encuesta actual apropiada para caracterizar el consumo anual de leña.

Se definió la población urbana y rural de Chile al año 2003, en base a proyecciones del censo del año 2002 (INE, 2002). Con estos datos se calculó el consumo de leña por persona, diferenciando el consumo per cápita urbano y rural.

Se proyectaron los datos de la población del censo del 2002 al 2010 en los mapas georeferenciados (Rural: Entidades; Urbano: Cascos urbanos) y se estimó el consumo total de leña, a través del dato de consumo per cápita, asumiendo que la demanda es inelástica (CONAMA, 2007)

Para estimar el consumo en kilogramos la Comisión Nacional de Energía (CNE) aplicó factores de transformación predefinidos.

A partir de estos datos, se construyeron mapas que grafican los niveles de demanda dendroenergética a nivel residencial, en los ámbitos urbano y rural (Figuras 18 y 19).

¹ La descripción del procedimiento para obtener la demanda residencial se presenta muy sintetizada, sin embargo, hasta la conclusión de este informe no ha sido posible obtener el detalle metodológico empleado por CNE.

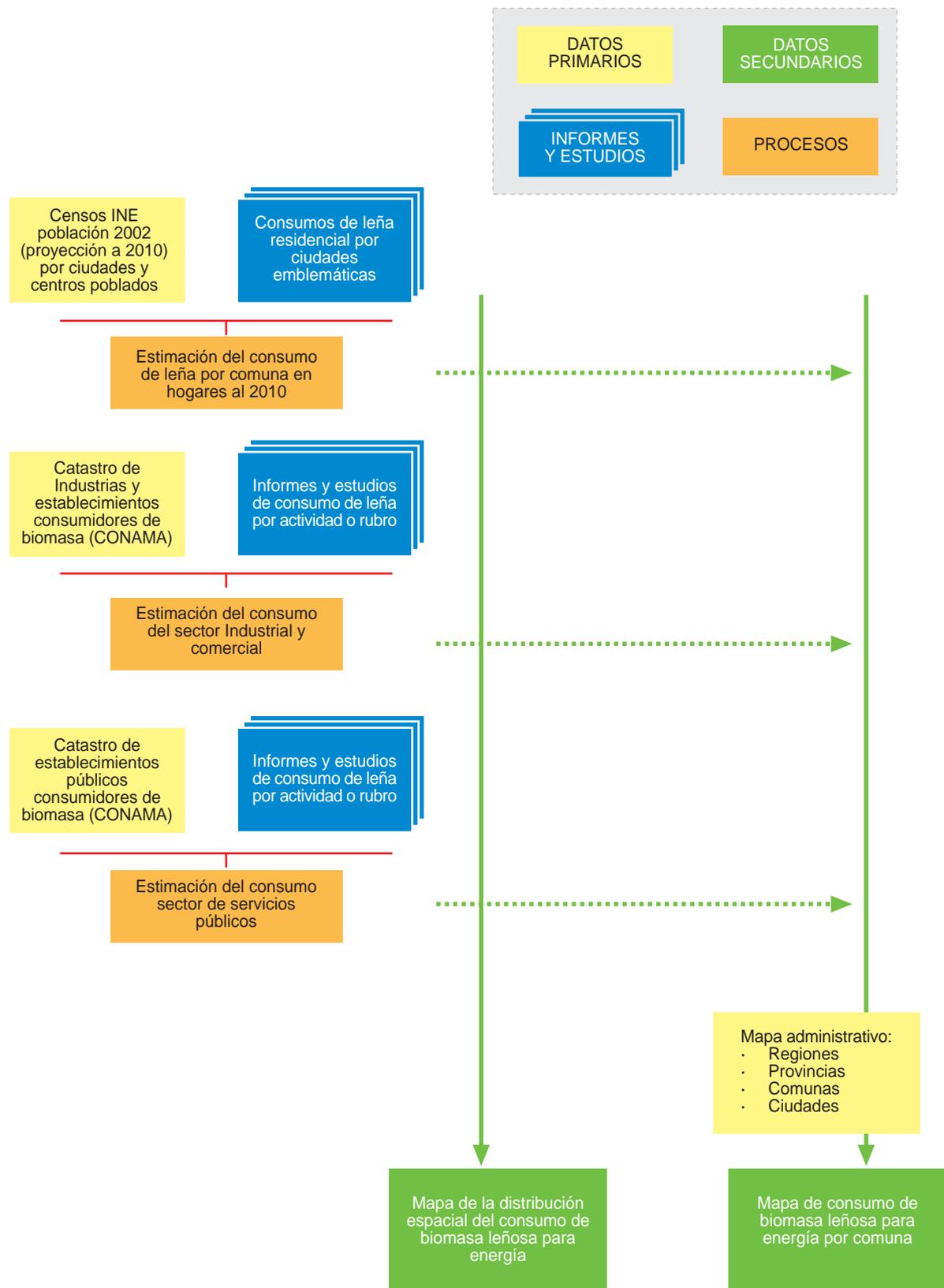


Figura 17 - Diagrama de flujo de la información del módulo demanda (por comuna)

CONSUMO INDUSTRIAL

El consumo industrial de biomasa dendroenergética (Figura 20) fue calculado a partir de datos proporcionados por CONAMA. Dentro del Departamento de Prevención y Control de la Contaminación de CONAMA, Dirección Ejecutiva, existe el Área de Gestión de Información, que se encarga de sistematizar información relacionada con emisiones, y que registra los puntos o establecimientos industriales que consumen biomasa y/o leña, la cantidad utilizada y su localización geográfica.

Los datos aportados por CONAMA se obtuvieron principalmente de la información disponible en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), en el Área de Contaminación Atmosférica, e información proveniente del Ministerio de Salud (MINSAL).

Esta información se obtuvo a partir de una base de datos ya validada, que corresponde a la declaración de emisiones establecida en el Decreto Supremo 138 del MINSAL, del cual se extrajo la cantidad de establecimientos que usan como combustible la leña y su ubicación geográfica. Dicha información fue cruzada con el RETC, validando la consistencia de los datos, es decir, los datos obtenidos deben estar presentes y en la misma cantidad de las emisiones registradas en el RETC.

Con esos datos, se procedió a ordenar la información por región, verificando que las coordenadas geográficas de ubicación de los establecimientos sean correctas y correspondan a la ubicación física indicada en la declaración (dirección postal).

Luego de la validación de la información en cuanto a su ubicación geográfica, se procedió a la revisión de los datos asociados, es decir, los datos del total del consumo. Se eliminó aquellos registros que resultaron inconsistentes, es decir, o no tenían coordenadas o bien no tenían valores de consumo para determinar la demanda industrial, obteniéndose finalmente el mapa de puntos con las ubicaciones georeferenciadas de los establecimientos y el consumo en toneladas de leña anual para cada uno de ellos.

Se trata en este caso de consumos muy localizados y concentrados, que superan en algunos casos las 200.000 toneladas anuales de leña.



Figura 18 - Consumo residencial urbano de dendroenergía

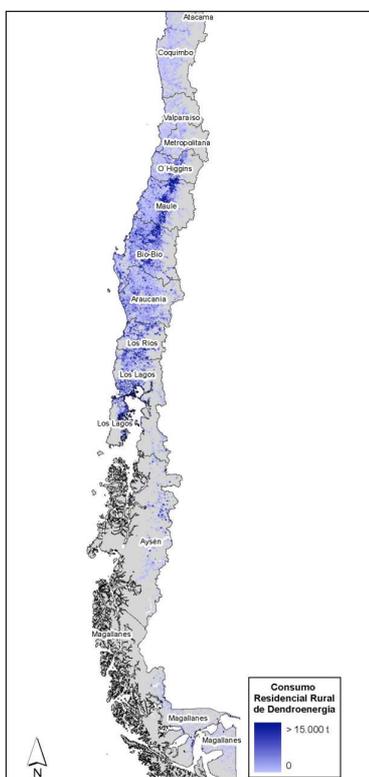


Figura 19 - Consumo residencial rural de dendroenergía

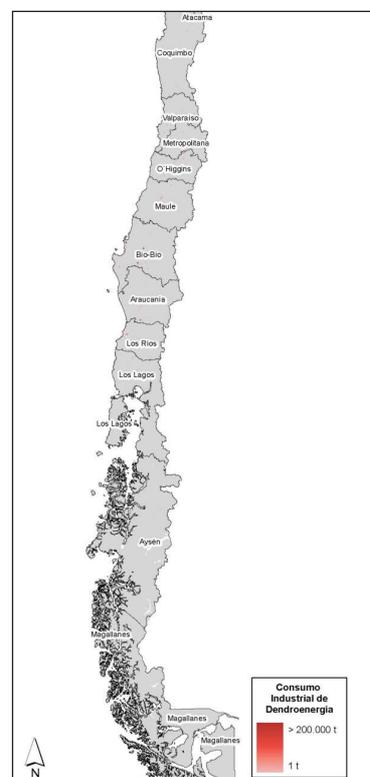


Figura 20 - Consumo industrial de dendroenergía

1.2.3 Módulo de integración (balance)

El principal y más importante resultado del modulo de integración es el balance entre la oferta potencial y el consumo actual.

Esta fase del análisis es la que permite detectar aquellas áreas que ofrecen un excedente de biomasa y resaltar aquellas en donde el saldo entre oferta y demanda es negativo.

Es importante visualizar el balance a nivel local para cuantificar el balance oferta/demanda para cada píxel o en un determinado radio.

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, entre otros, es factible de hacer y altamente recomendable. La combinación, a nivel geográfico, de dendroenergía 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. Es un trabajo importante que deberá ser realizado a futuro.

El balance entre oferta y demanda se establece a nivel de píxel y en un contexto local. La primera se calcula mediante la biomasa accesible y potencialmente disponible para energía y la consecuente deducción del consumo.

El cálculo de balance oferta/demanda por píxel tiene una función muy útil, al permitir contabilizar el saldo disponible para energía, pero representa un balance virtual, ya que las celdas individuales son en realidad tanto sitios de producción como de consumo. Por este motivo, es más significativa la representación de 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 recorrer para conseguir el combustible leñoso. Para poder visualizar este factor, mediante la función de estadística focal (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 21 se muestran ejemplos de balances a nivel píxel y en el contexto local para la ciudad de Temuco.

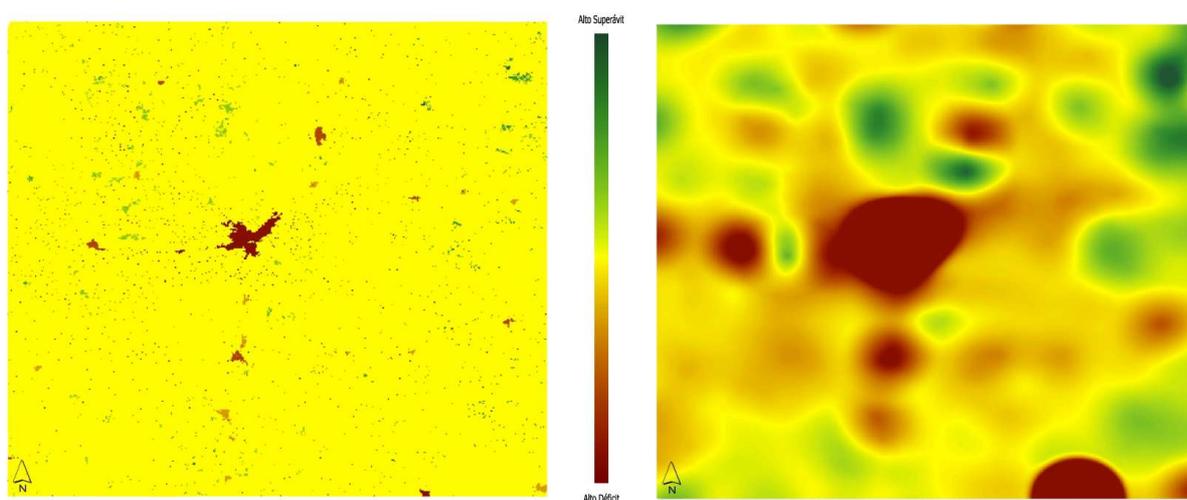


Figura 21 - Balance entre oferta accesible y demanda, para la ciudad de Temuco y su zona de influencia

II. RESULTADOS

2.1 Análisis de las fuentes de producción de dendrocombustibles

Como se ha mencionado en la metodología, se incluyó algunas formaciones boscosas nativas como fuente de biomasa dendroenergética bajo la premisa de alcanzar un aprovechamiento sostenible. En este sentido es importante destacar que solamente se consideró la biomasa proveniente de raleos de bosques nativos potencialmente productivos que se encuentran en estado de desarrollo de latizal bajo y alto y que tienen una altura promedio entre 8 y 20 m. El análisis para estos bosques arrojó un total de 1,7 millones de toneladas anuales de biomasa, de las cuales un 35% (420.000 t) se encuentran en la región de Los Ríos, siendo las comunas de Panguipulli (205.000 t) y Los Lagos (92.000 t) las que más podrían aportar (Tabla 6). Esta oferta es mayor al considerar los raleos que se realizan en renovales de mayor altura y las cosechas que se realizan en bosques adulto-renoval y bosques adultos.

Tabla 6 - Oferta de dendrocombustibles en Chile (t/año)

Oferta de Bosque Nativo	Oferta de Plantaciones Forestales	Oferta de Plantaciones Frutales	Oferta de Industrias Forestales	Oferta Total
1.731.743	1.935.823	1.331.911	1.531.710	6.531.187
26,51 %	29,64 %	20,39 %	23,45 %	100,00 %

Respecto de las plantaciones forestales, el análisis realizado arrojó un total aproximado de 2 millones de toneladas anuales de biomasa potencialmente disponible para usos energéticos. De ellas, un 25% (470.000 t) se encuentran en la región del Bio Bio.

La oferta proveniente de la poda de plantaciones frutales, asciende a aproximadamente 1,3 millones de toneladas anuales, que se distribuyen entre las regiones de Atacama y del Maule, estando muy concentrada en las áreas de riego del Valle Central. La región de Valparaíso aporta más de 420.000 t anuales de biomasa proveniente de la poda de sus frutales, destacándose las comunas de San Felipe (100.000 t), Santa María (77.000 t) y Calle Larga (53.000 t).

Las industrias analizadas fueron aquellas vinculadas a la transformación primaria de los recursos forestales. Totalizan 1,5 millones de toneladas anuales de residuos aprovechables energéticamente, donde la región del Bio Bio representa más del 50%, contabilizando 829.000 t anuales, seguida por la región del Maule con 305.000 t anuales.

Con los datos disponibles, se puede indicar que la oferta total de biomasa para Chile asciende a 6,5 millones de toneladas anuales y proviene en proporción semejante de las cuatro fuentes analizadas.

De manera preliminar, se puede constatar que la distribución de la oferta total de biomasa muestra una asimetría importante entre las regiones. La región de Bio Bio se presenta como la región con mayor oferta, alcanzando alrededor de 1,3 millones de toneladas por año, lo que corresponde a 19,95% de la oferta de todo el país. Esta apreciación podrá cambiar, una vez se disponga de la información de las existencias forestales de todas las regiones (inventarios forestales).

En la Tabla 7 se presenta la información correspondiente a la oferta de biomasa por regiones del país.

Tabla 7 - Oferta de recursos biomásicos por región (kg/año)

REGION	Oferta de Bosque Nativo Forestales	Oferta de Plantaciones Forestales	Oferta de Plantaciones Frutales	Oferta de Industrias	Oferta Total
Arica - Parinacota					
Tarapacá					
Antofagasta					
Atacama			89.123.377		89.123.377
Coquimbo			199.418.094	37.350	199.455.444
Valparaíso		199.962.775	423.851.751	13.109.850	636.924.376
Metropolitana		379.224	303.225.328	138.150	303.742.702
O'Higgins		243.487.162	253.539.855	70.839.500	567.866.517
Maule		374.264.797	55.797.196	305.028.400	735.090.393
Bío Bío	533.984	471.450.392	2.346.329	829.226.650	1.303.557.355
La Araucanía	603.078.746	388.383.319	4.295.929	178.654.600	1.174.412.594
Los Ríos	620.558.780	138.479.550	276.847	64.708.650	824.023.827
Los Lagos	507.571.990	119.416.142	35.900	46.697.900	673.721.932
Aysén				6.615.900	6.615.900
Magallanes				16.653.200	16.653.200
Total general	1.731.743.500	1.935.823.361	1.331.910.606	1.531.710.150	6.531.187.617

Los valores de biomasa disponible se han obtenido en todos los casos a nivel comunal (Figura 22). A manera de ejemplo sobre la información generada a nivel de comunas, se presentan tablas con resultados de las regiones de Valparaíso, Los Ríos y Bio Bio, en el Anexo 4.

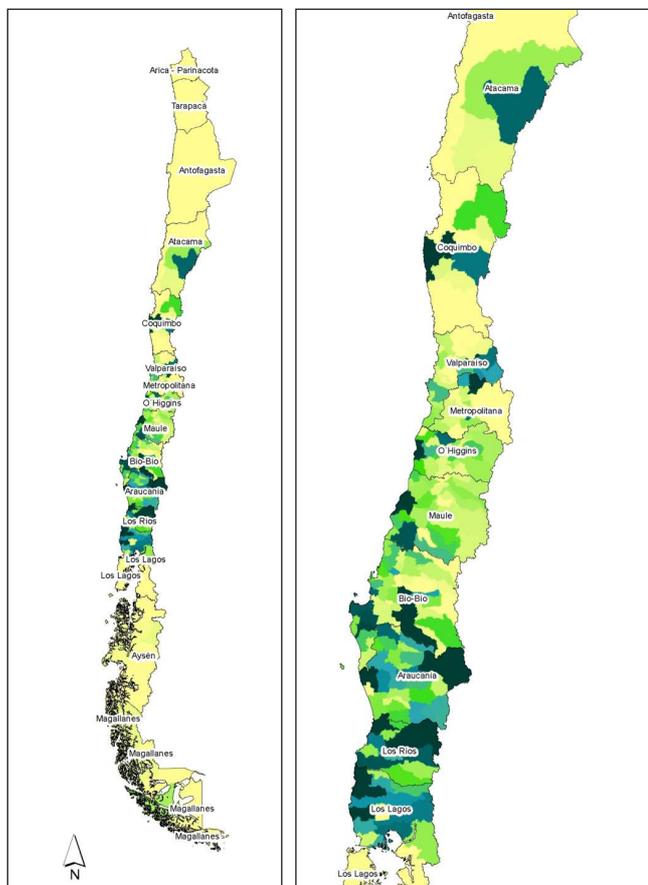


Figura 22 - Oferta de biomasa total disponible por comuna

2.2 Análisis del consumo actual de dendrocombustibles

El estudio realizado en el módulo de demanda WISDOM cubrió los sectores residencial (urbano y rural) e industrial. La mayor parte del consumo, cuyo total es equivalente a casi 11 millones de toneladas de biomasa anuales, se concentra en el sector residencial, donde los hogares rurales son responsables por alrededor del 52% del consumo total, y las urbes prácticamente por el 39%. El restante 9% es consumido en las industrias (Tabla 8).

Tabla 8 - Consumo de dendrocombustibles en Chile (t/año)

Consumo Residencial Urbano	Consumo Residencial Rural	Consumo Industrial	Consumo Total
4.158.040	5.553.126	952.681	10.663.847
38,99 %	52,07 %	8,93 %	100,00 %

Es importante destacar, que el estudio inicialmente pretendía contabilizar también el consumo del sector público (hospitales, escuelas, municipalidades, etc.), que se conoce como un gran demandante de leña en Chile. Esto no se pudo concretar por falta de información.

La región donde se estimaron los mayores consumos fue la del Bio Bio, con casi 3 millones de toneladas, siendo en esta región particularmente alto el consumo de la comuna de Concepción, con casi 400.000 t anuales. Otro caso emblemático es la comuna de Temuco, en la región de la Araucanía, con más de 460.000 t anuales.

En la Tabla 9 se puede apreciar el consumo residencial (urbano y rural) e industrial agrupado por región.

Tabla 9 - Consumo de dendroenergía por región (kg/año)

Región	Consumo Residencial Urbano	Consumo Residencial Rural	Consumo Industrial Total	Consumo Total
Coquimbo	76.995.700	97.879.100	9.636.010	184.510.810
Valparaíso	34.811.100	43.155.600	6.889.900	84.856.600
Metropolitana	5.875.410	54.742.000	4.669.080	65.286.490
O'Higgins	223.311.000	262.292.000	41.084.500	526.687.500
Maule	793.893.000	1.064.890.000	117.114.000	1.975.897.000
Bío Bío	862.382.000	1.347.900.000	535.772.000	2.746.054.000
La Araucanía	899.234.000	717.233.000	158.810.000	1.775.277.000
Los Ríos	386.500.000	533.617.000	54.183.000	974.300.000
Los Lagos	798.906.000	1.036.420.000	20.077.000	1.855.403.000
Aysén	62.533.600	265.431.000	4.445.430	332.410.030
Magallanes	13.598.300	129.566.000	-	143.164.300
Total general	4.158.040.110	5.553.125.700	952.680.920	10.663.846.730

A partir de estos datos, se construyó la demanda total de dendroenergía y se aplicaron herramientas de estadística zonal que permitieron visualizar los datos a nivel de comuna y de región (Figura 23 y 24).

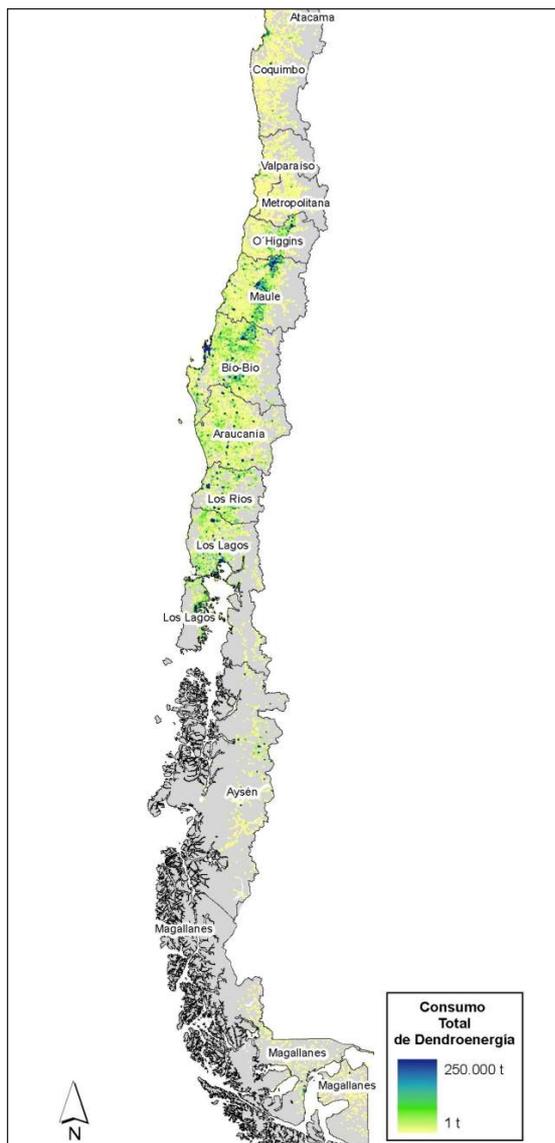


Figura 23 - Consumo total de dendroenergía

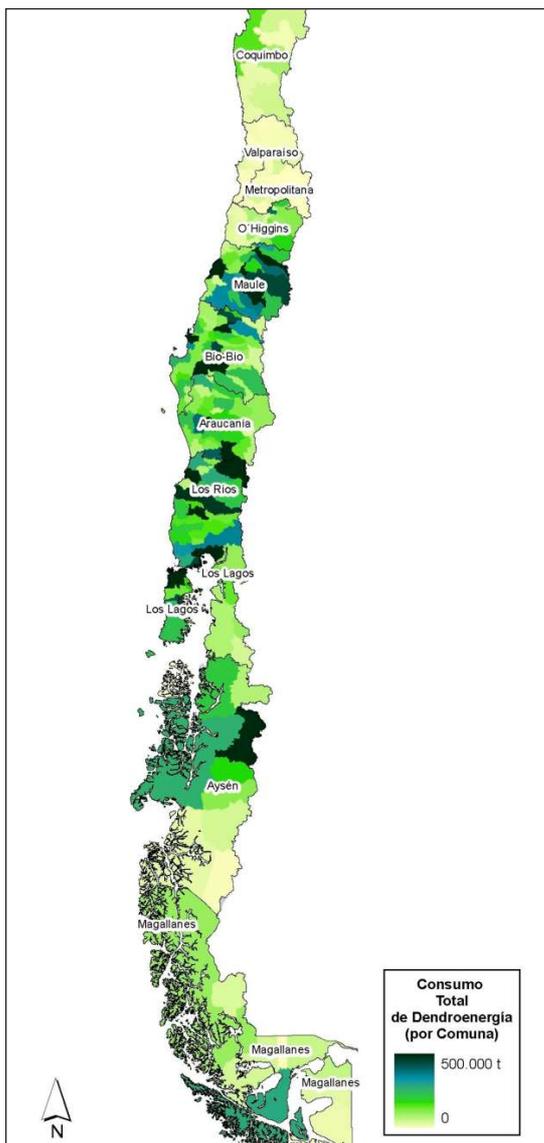


Figura 24 - Consumo total de dendroenergía por comuna

2.3 Situación de los dendrocombustibles en Chile

Para las once regiones que disponen de datos de oferta y consumo, se realizó el balance correspondiente, verificando que existe un déficit de 4 millones de toneladas de biomasa. Los déficits más severos se aprecian en las regiones de Maule, Bío Bío y Los Lagos, donde el valor deficitario supera el millón de toneladas.

Cuatro regiones presentan superávit, en dos de las cuales (O'Higgins y Coquimbo) se observa prácticamente un equilibrio entre la oferta y la demanda y en las otras dos (Valparaíso y Metropolitana) el superávit es más de 3 veces el consumo anual (Tabla 10).

Tabla 10 - Balance de dendroenergía por región (kg/año)

Región (*)	Oferta Total Disponible	Consumo Total	Balance
Coquimbo	199.455.444	184.510.810	14.944.634
Valparaíso	636.924.376	84.856.600	552.067.776
Metropolitana	303.742.702	65.286.490	238.456.212
O'Higgins	567.866.517	526.687.500	41.179.017
Maule	735.090.393	1.975.897.000	- 1.240.806.607
Bío-Bío	1.303.557.355	2.746.054.000	- 1.442.496.645
Araucanía	1.174.412.594	1.775.277.000	- 600.864.406
Los Ríos	824.023.827	974.300.000	- 150.276.173
Los Lagos	673.721.932	1.855.403.700	- 1.181.681.068
Aysén	6.615.900	332.410.030	- 325.794.130
Magallanes	16.653.200	143.164.300	- 126.511.100
Total general	6.442.064.240	10.663.846.730	- 4.221.782.490

*Las regiones con información completa de la oferta dendroenergética fueron, La Araucanía, Los Ríos, y Los Lagos (parte norte). El resto de las regiones presentan información parcial.

El balance arroja un consumo de 10.663 millones t/año y una oferta de 6.442 millones t/año, en consecuencia un déficit de 4.221 millones t/año. El consumo es una estimación del total en tanto que la oferta, dada la información existente, es una estimación parcial.

Se ha comentado cuáles son las fuentes de biomasa que dan como resultado la oferta total indicada, sin embargo, es preciso tener presente que por falta de información consistente, no ha sido posible incluir en el estudio diversas fuentes de biomasa presentes del sector forestal que, en conjunto, pueden representar muy importantes volúmenes adicionales a los determinados en el estudio. Entre éstas, se cuentan por ejemplo, los residuos de la silvicultura en plantaciones y bosque nativo, los residuos de la industria secundaria de la madera, sin contar además, con que la información proveniente del inventario de bosque nativo corresponde hasta ahora sólo a tres regiones del país.

La Figura 25 provee una síntesis nacional del balance oferta/demanda en un contexto local de 10 km de radio de abastecimiento.

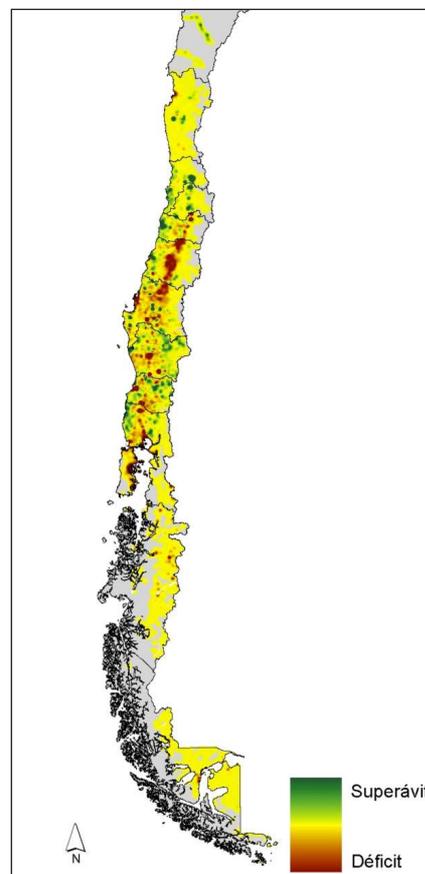


Figura 25 - Balance de dendrocombustibles en Chile

2.4 Análisis de cuencas de aprovisionamiento de biomasa

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, las áreas rurales circundantes y la industria.

En estudios previos, estas zonas han sido denominadas con el término de dendro-cuencas, o dendro-cuencas urbanas, cuando se refieren específicamente a los sitios de consumo urbano, en analogía a otro concepto geográfico más conocido, el de cuenca hidrográfica (FAO, 2008). En el análisis WISDOM Argentina (FAO, 2009), este término se ha rebautizado bajo la denominación de biocuencas, ya que en esa ocasión no se consideró únicamente la biomasa proveniente del sector forestal, sino que en el módulo oferta se ha ampliado el alcance a otras fuentes de biomasa. El mismo caso se repitió en el estudio de Chile, ya que se contabilizaron los recursos biomásicos provenientes de la fruticultura.

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

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

El procedimiento de estimación para determinar la biocuenca de una ciudad 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 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 biocuencas, la Figura 26 muestra la ciudad de Temuco y su área de influencia, con su balance comercial y su red de comunicaciones (a) y las isolíneas de accesibilidad (b).

Para ejecutar el análisis deben ponerse en marcha funciones de estadística zonal (zonal stats) y definir el 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.

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, esto último ocurrirá en el caso que el consumo de la ciudad y su área de influencia no sea mayor a la biomasa ofertada.

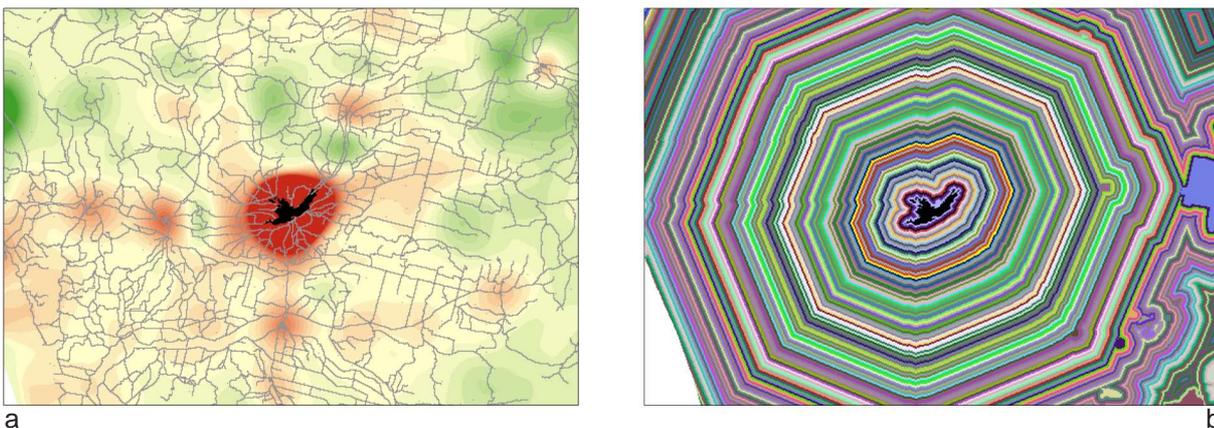


Figura 26 - Balance para la ciudad de Temuco, red de comunicación (a) y su correspondiente mapa de accesibilidad (b)

Para el caso de la ciudad de Temuco, esta situación de equilibrio no ha sido hallada, aún extendiendo las isólinas de accesibilidad a más de 100 km de distancia con respecto a la misma, ya que al hacer los cálculos en los distintos anillos que conforman estas isólinas, no se ha encontrado un saldo favorable entre oferta y demanda. Se debe tener en cuenta que al aumentar la distancia de la ciudad analizada, se van incorporando tanto áreas de oferta (superávit) como de demanda (déficit). Esto puede ser visualizado en la Figura 27, en la que se grafican tres anillos de igual accesibilidad, cada uno de ellos representa el valor obtenido en el balance entre oferta y demanda de biomasa. El primero, ubicado a aproximadamente 10 kilómetros de la ciudad de Temuco (anillo rojo), presenta un valor de -413.621 t (déficit). En el anillo azul, que se encuentra a unos 20 kilómetros de la ciudad, el valor obtenido se aproxima al anterior (-414.923 t), ya que incorpora tanto áreas de oferta como nuevas áreas de consumo. Ya en el tercer anillo (verde), a 35 kilómetros de distancia, el déficit supera el medio millón de toneladas.

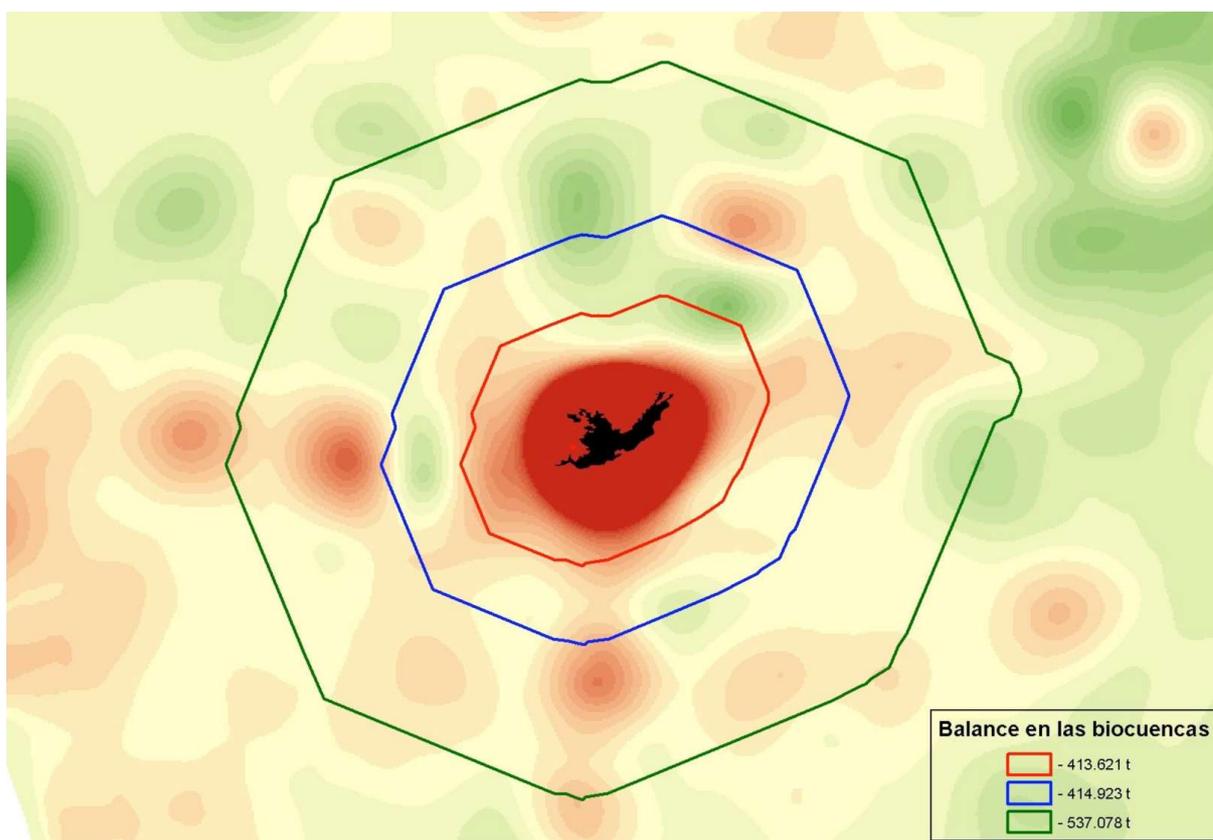


Figura 27 - Biocuenas para la ciudad de Temuco y su área de influencia

Este resultado es un llamado de atención, ya que indica que los recursos considerados como oferta, participan tan solo en una fracción de la real demanda de dendrocombustibles en esta zona. Se hace evidente que estas poblaciones tienen acceso a otras fuentes de leña que no han sido consideradas en este análisis, que esto podría ser en detrimento de un uso sustentable del recurso y que se estaría extrayendo de lugares mucho más alejados del núcleo poblacional.

Para graficar la utilidad de esta herramienta a la hora de determinar cuál sería la cuenca de abastecimiento de un área urbana en función de su consumo y de la oferta de biomasa que la circunda, se efectuó el mismo análisis para la ciudad de Ovalle, situada en la región de Coquimbo. En la Figura 28 se presentan el balance entre oferta y demanda (a), y su correspondiente mapa de accesibilidad (b).

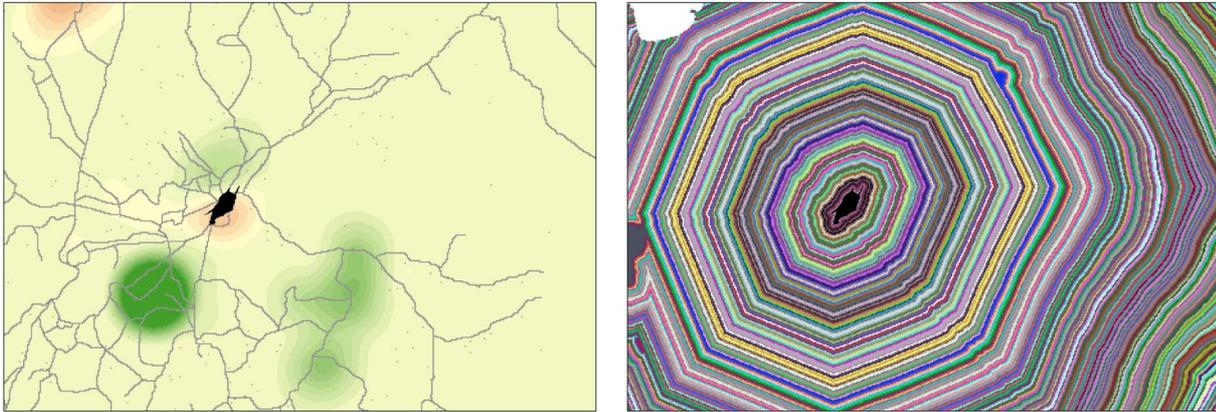


Figura 28 - Balance para la ciudad de Ovalle, red de comunicación (a) y su correspondiente mapa de accesibilidad (b)

La Figura 29 muestra tres zonas de abastecimiento de biomasa correspondientes al balance entre oferta y demanda. En ella pueden visualizarse tres anillos. La zona interior (anillo rojo) representa la biocuenca en la que se satisfacen las necesidades actuales de leña de la Ciudad de Ovalle y sus núcleos poblados cercanos, alcanzando un radio de 10 km. El segundo anillo (azul) muestra cuál sería la biocuenca si se plantea un consumo adicional de 45.000 t anuales de leña (22 km de radio) y, finalmente, el tercer anillo (verde) indica un excedente de 100.000 t anuales (35 km de radio).

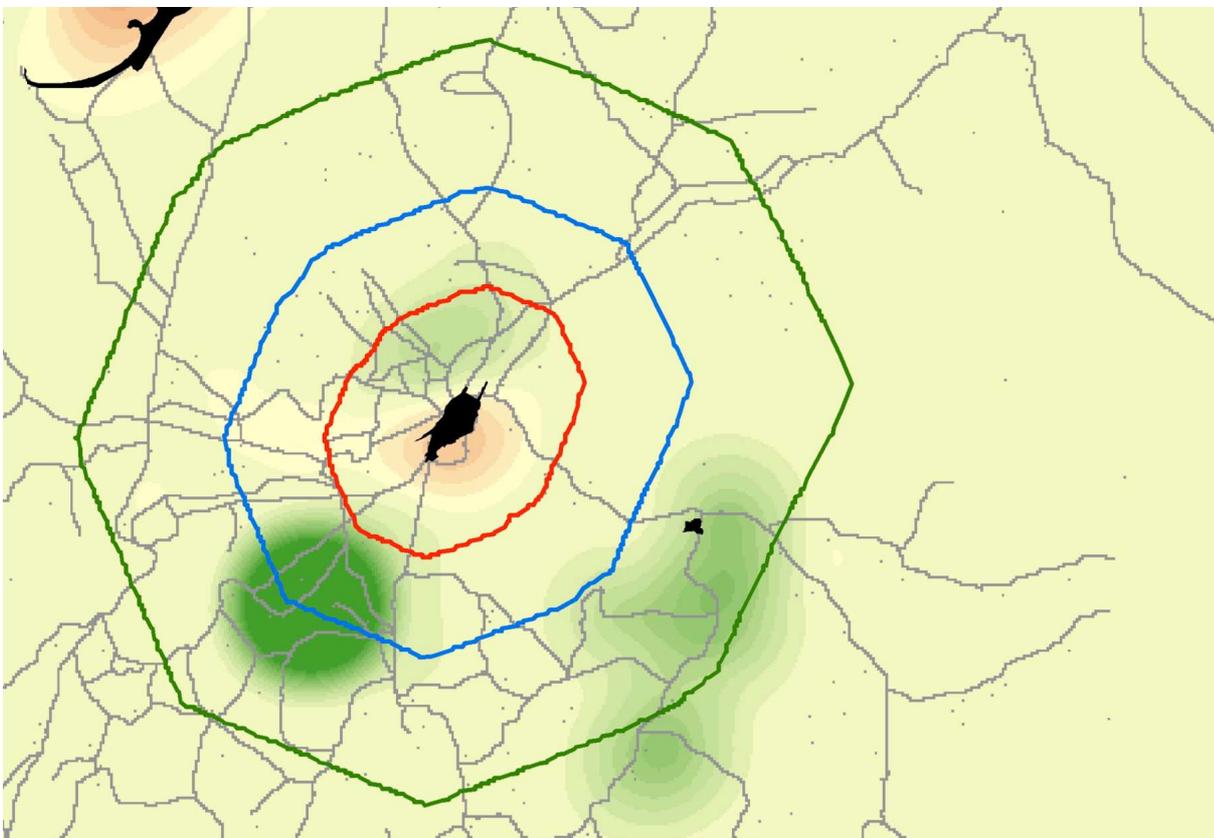


Figura 29 - Ejemplo de bio-cuenca para la ciudad de Ovalle

El ejemplo de análisis aquí presentado asume que la totalidad del excedente es gestionada sustentablemente para producir la cantidad requerida de combustible. Esto es obviamente una situación teórica. Es aconsejable 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 biocuenca incrementará su superficie hasta que la condición de balance sea nuevamente alcanzada.

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Consideraciones generales

El principal aporte de este documento, en miras al establecimiento de una estrategia dendroenergética nacional, es poder dimensionar, cuantificando y localizando las zonas donde existe mayor presión por el recurso dendroenergético. Las instituciones que han participado del proyecto cuentan ahora con profesionales capacitados para interactuar con la base de datos generada, debiendo entonces considerar la necesidad de plantear estrategias metodológicas sistemáticas para mantener y actualizar la base de geodatos.

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 agropecuario y agroindustrial para su aprovechamiento energético, que en esta etapa fueron incluidos parcialmente, ya que la información de base disponible era muy escasa y fragmentada.

Las conclusiones analíticas, los mapas temáticos y las tablas aquí presentadas contribuyen 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.

A nivel general, las principales sugerencias que surgen, luego de la puesta en práctica de la metodología y la obtención de los resultados preliminares de la misma, son mejorar el levantamiento de información georeferenciada, tanto a nivel de demanda como de oferta y también mantener mecanismos de actualización de la información que se incorpore a la geodatabase dendroenergética. Además, es importante estimular a las instituciones públicas y privadas vinculadas 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 orientadas a la utilización energética de recursos forestales, agrícolas e industriales, de manera de garantizar su sustentabilidad. Esto permitirá, valorizar lo ya hecho, al constatar su utilidad, y justificar la asignación de nuevos y mayores recursos para su mejor implementación a mayor escala.

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

Asimismo, es altamente deseable el desarrollo de proyectos que apliquen la metodología en los ámbitos regionales, de manera de ir sumando cada día nuevos y más detallados datos e informaciones, que permitan una mayor aproximación y certeza en la planificación estratégica y operacional del sector bioenergético. A partir de la información generada será posible avanzar sobre estrategias más precisas, identificando tanto las áreas de conflicto como las de viabilidad de proyectos de utilización energética de biomasa en lugares específicos del territorio nacional.

Finalmente, 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 son:

- Convertir la metodología “WISDOM Chile” 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.
- Establecer un “Sistema de Información Nacional en Bioenergía” 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.
- Desarrollar “WISDOM Regionales” 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 la planificación estratégica y operacional del sector bioenergético.
- Mantener vigente la colaboración del equipo de trabajo y continuar procesando y analizando la información recopilada.
- Identificar y llenar los vacíos críticos de información detectados durante la revisión de la información disponible, entre ellos las localizaciones de las industrias procesadoras de fruta, los establecimientos públicos consumidores de biomasa, así como otras fuentes de dendroenergía (industria forestal secundaria, desechos de plantación, entre otros).
- Avanzar 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.

3.2 Promoción de un sistema de nacional de información en dendroenergía

Uno de los principales resultados de la implementación de WISDOM Chile fue la positiva colaboración entre los sectores forestal, agrícola, ambiental y energético.

La base de datos georeferenciada que se presenta en este informe, constituye un gran esfuerzo en sistematización de la información proveniente de distintas fuentes.

Estos dos puntos pueden considerarse como un primer paso para conformar un “Sistema Nacional de Información en Bioenergía” que tenga por objetivo facilitar el establecimiento de una gestión continua e integrada de los recursos bioenergéticos, posibilitando acciones concretas hacia la optimización del uso sustentable de los recursos disponibles.

Se estima que este “Sistema Nacional de Información en Bioenergía” podría establecerse en el ámbito de INFOR, organismo que tiene un plantel de profesionales altamente capacitados y aptos para gestionar el sistema, una extensa experiencia en la evaluación de biomasa leñosa y representación a lo largo del país, a través de sus oficinas y sedes en regiones. De todos modos, sigue siendo importante la constitución de un ámbito interinstitucional que oficie de nexo entre los responsables de las distintas carteras involucradas.

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 oferta y demanda de biomasa, implicó la revisión y utilización de gran cantidad 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 Balance Energético Nacional. Se abre la posibilidad de mejorar los conocimientos de la matriz energética nacional, referida a la contribución de la biomasa a nivel nacional y regional, 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 las instituciones contribuyentes de WISDOM Chile.
- Realce de la visibilidad y reconocimiento político. La integración de varios aspectos y representaciones cartográficas de los resultados, convierten al sistema georeferenciado en un esquema fácil de visualizar y, en muchos casos, de simplificar lo complejo. Esto hace la información más accesible a los lectores no técnicos y simplifica la tarea de los decisores políticos, que serán menos renuentes hacia temas frecuentemente considerados de difícil tratamiento.
- 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.
- Identificación de vacíos críticos de información. Durante la revisión de la información disponible se detectó e identificó vacíos de información que son realmente críticos para lograr un 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.), permitiendo 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 participantes 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 interinstitucionales logradas hasta aquí.

3.3 Acciones de seguimiento

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

MÓDULO DE OFERTA

Este modulo deberá incorporar en estudios futuros la totalidad de las coberturas de uso de suelo existentes en el país. Incorporando, además, información georreferenciada de residuos o subproductos provenientes de las agroindustrias, que pudieran ser aprovechados con fines energéticos.

En necesario entonces:

- Una mejor evaluación de la estacionalidad de cada producción y de la disponibilidad de residuos de biomasa en los casos en que sean relevantes.
- Incorporar a la metodología, cartografía detallada de los usos y cobertura del suelo para Chile.
- Profundizar el análisis de la sustentabilidad de las fuentes de oferta, incorporando nuevas fuentes de oferta, para establecer la real oferta potencial.

MÓDULO DE DEMANDA

Este módulo requiere de información lo suficientemente completa de la demanda poblacional e industrial.

En necesario entonces:

- 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 del sector público, incluyendo su distribución geográfica.
- Profundizar el análisis del consumo de subproductos biomásicos en las industrias que los producen (aserraderos y otras industrias forestales y agrícolas).

RETROALIMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En relación a la retroalimentación de WISDOM Chile, hay que considerar que durante su implementación, como ya se ha mencionado, se han integrado datos derivados de diferentes instituciones y centros de investigación. Esta integración de competencias intersectoriales e interdisciplinarias, que resultó esencial para garantizar la construcción inicial de la base de datos, también debe jugar un importante papel en el mantenimiento y desarrollo futuro del sistema.

Para optimizar y actualizar el WISDOM nacional, como así también extender la metodología utilizada a las regiones, se recomienda generar alianzas con instituciones y gobiernos regionales para la formulación y ejecución de proyectos WISDOM locales. Esto permitirá desarrollar una fuerte y adecuada relación con instituciones regionales, como también confrontar la base de datos nacional con la información disponible a nivel local, mejorando 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 regional y local.

Finalmente, es de interés fundamental promover la integración del análisis realizado con aspectos socio económicos, que permitan comprender la dinámica de sustitución de combustibles y el desarrollo de escenarios y pronósticos futuros. Por ejemplo, sería interesante 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.

REFERENCIAS

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).

Chile Ambiente Corporación. 2008. Estudio de "Análisis del Potencial Estratégico de la Leña en la Matriz Energética Chilena". Elaborado para CNE. Informe Final. 238 p.

CNE, 2007. Residuos de la Industria Primaria de la madera. Disponibilidad para Uso Energético. Comisión Nacional de Energía (CNE), Instituto Forestal (INFOR) y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. 122p.

CNE, 2008a. Política Energética: Nuevas herramientas. Transformando la crisis energética en una oportunidad. Comisión Nacional de Energía. Gobierno de Chile, Santiago, Chile. 177 p.

CNE, 2008b. Estudio de "Análisis del Potencial Estratégico de la Leña en la Matriz Energética Chilena". Informe Final. 290 p.

CONAF-CONAMA, 1997. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. PROYECTO CONAF-CONAMA-BIRF. Santiago, Chile. 89 p.

CONAMA, 2002. "Priorización de Medidas de Reducción de Emisiones por Uso Residencial de Leña para la Gestión de la Calidad del Aire en Temuco y Padre Las Casas". Contrato N° 14 - 22 - 008/01. Informe Final. 65 p.

CONAMA, 2007. Análisis técnico-económico de la aplicación de una norma de emisión para artefactos de uso residencial que combustionan con leña y otros combustibles de biomasa. Ambiente consultores. Informe Final. 98 p.

Drigo R., O. R. Masera y M.A. Trossero., 2002. WISDOM: Una Representación Cartográfica de la Oferta y la Demanda de Combustibles Leñosos. Unasylva 211, Vol. 53, FAO, 2002. Pp 36 - 40. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4450s/y4450s06.pdf>

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., 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.

FAO, 1997. 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, México. GIRA AC.

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. Disponible en: 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). La Habana. 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. En: <http://www.fao.org/docrep/005/Y3779E/Y3779E00.HTM>

FAO, 2004. 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. Maser, , 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 México (UNAM). Disponible en: <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 _ . Veseli_. FAO Forestry Department - Wood Energy Working Paper. Disponible en: <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 Aanalysis of Selected African Countries. Prepared by R. Drigo for the FAO Forestry Department - Wood Energy. Disponible en: <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 Castilla y León. Evaluación de Recursos Leñosos para Usos Energéticos. Informe Final. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/012/i1320s/i1320s01.pdf>

FAO, 2009. Análisis del Balance de Energía Derivada de Biomasa en Argentina - WISDOM ARGENTINA - Análisis Espacial de la Producción y Consumo de Biocombustibles Aaplicando la Metodología de "Mapeo de Oferta y Demanda Integrada de Dendrocombustibles". Informe Final. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/011/i0900s/i0900s00.htm>

Gómez-Lobo, A., 2005. El Consumo de Leña en el Sur de Chile: ¿Por qué nos debe preocupar y qué se puede hacer?. Revista Ambiente y Desarrollo 21(3): 43-47.

INE, 2002. XVII Censo de Población y vivienda. Instituto Nacional de Estadísticas. Chile. Base de datos.

INFOR, 2005. Disponibilidad de la Madera de Plantaciones de *Pinus radiata* en Chile 2002-2032. Informe Técnico No. 170. Santiago, Chile.

INFOR, 2007. Disponibilidad de la Madera de *Eucaliptus* en Chile 2006-2025 Informe Técnico No. 173. Santiago, Chile.

MINAGRI, 2001. Política de Estado para la Agricultura Chilena Período 2000-2010.

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. Disponible en: <http://www.seib.org/leap>

ANEXOS

Anexo 1. La metodología WISDOM

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 e 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 el establecimiento de 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 planificación estratégica para identificar sitios que requieren una acción prioritaria.

Estructura Sistema WISDOM

Tal como lo plantean Drigo et al. (2002), la utilización de esta herramienta, pasa por cinco etapas, (Figura 31): determinación de una base espacial, creación de un módulo de demanda, un módulo de oferta, un módulo de integración y finalmente la determinación de áreas prioritarias.

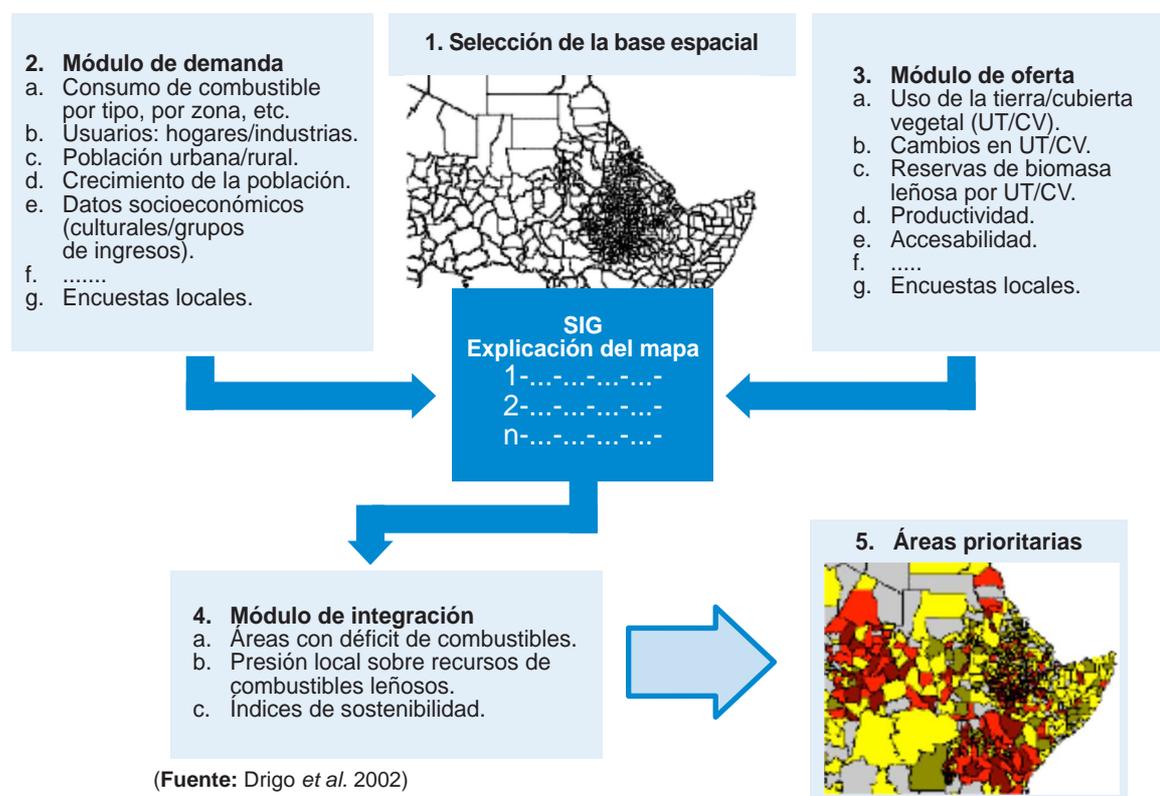


Figura 30 - Etapas de WISDOM

Selección de la base espacial

Como ya se ha mencionado, esta herramienta es flexible y se puede utilizar en estudios nacionales, regionales o subregionales.

Drigo et al. (2002) sugieren que para estudios nacionales que contribuyen en la formulación de una política, es más adecuado trabajar con un análisis a un nivel administrativo lo más bajo posible, con información demográfica, social y económica en lo posible a nivel de comunas (o la mínima unidad administrativa del país).

Los datos espaciales y estadísticos se relacionan a través de un “cuadro de atribución cartográfica”, que presenta una estructura de base de datos y contiene atributos e identificadores geográficos básicos de todos los elementos individuales del manejo digital. Esta metodología permite una expansión progresiva de este cuadro, lo que permite incluir toda la información disponible, directa o indirecta relacionada con la oferta y demanda

Módulo de oferta

Este módulo entrega una representación espacial de todas las fuentes de combustibles leñosos, su capacidad de almacenamiento, las alteraciones en el tiempo y su productividad. Lo mismo que plantean Drigo et al. (2002), muchas veces la única y principal fuente de información para armar este módulo son los inventarios forestales nacionales que pueden existir, además de estudios locales y opiniones de expertos.

Es aconsejable utilizar valores estadísticos disgregados en unidades pequeñas, más que en promedios generales. Se puede suponer entonces, que la oferta de combustible está en función de factores tales como uso de la tierra, cobertura vegetal, reservas de biomasa, productividad y accesibilidad.

Pese a todo el trabajo que involucra cuantificar o determinar la oferta, resulta difícil de establecer con precisión, ya que a la falta de información se agrega que a la capacidad del sistema para producir combustibles leñosos dependerá también del nivel de demanda y de la accesibilidad a fuentes alternativas.

Tal como lo señalan Drigo et al. (2002), el propósito de WISDOM no es la planificación operacional, sino que busca identificar áreas prioritarias en que la relación entre demanda y oferta muestre un posible déficit, el módulo de oferta puede concentrarse principalmente en el uso de la tierra y sus cambios, y puede recurrir a índices de productividad de biomasa basados en características ecológicas.

Módulo Demanda

Este módulo recoge la distribución espacial del consumo de combustible, dividido en lo posible por tipo (leña, carbón vegetal, entre otros), por sector de usuario (hogares, industria) y por zona (rural, urbana). Permite también identificar aquellas zonas que presentan una dinámica propia de consumo (Drigo et al. 2002).

La principal fuente de alimentación para este módulo, es aquella información proveniente de estadísticas demográficas, además de otros parámetros socio-económicos recogidos y analizados por el servicio nacional de estadísticas, o bien de estudios o informes que entreguen datos sobre el consumo por usuario. Una dificultad importante que surge en este módulo es encontrar variables directas o indirectas disponibles en las unidades menores de administración, que sirvan para calcular los niveles de consumo y distribución espacial.

Tal como lo señalan Drigo et al. (2002), siempre que sea posible, es importante evaluar la demanda por tipo de combustible leñoso, ya que en cada caso los efectos son diferentes sobre las fuentes y la sostenibilidad de la oferta, lo que origina distintos focos de análisis. Existen variables potenciales que pueden utilizarse para el análisis según los diferentes criterios (Tabla 11).

Tabla 11 - Potenciales variables del modulo de demanda

Variable	Escala aplicada
Consumo de combustible leñoso en hogares Uso de combustible per cápita Número de usuarios en el tiempo t	Tipo de combustible Población urbana/rural Combinación combustibles Unidad administrativa mínima de análisis
Consumo de combustible leñoso por usuarios industriales Uso de combustible por unidad de producto Número de usuarios en tiempo t	Tipo y tamaño de las industrias Unidad administrativa mínima de análisis
Densidad de usuarios Porcentaje de usuarios Usuarios por Km ²	Urbanos/rurales Domésticos/industriales Sólo combustibles leñosos/múltiples combustibles
Tasa media anual de crecimiento de consumo/usuarios	Urbano/rurales Domésticos/industriales Sólo combustibles leñosos/múltiples combustibles
Arraigo del consumo En grupos culturales Según nivel de ingresos	Grupos étnicos Grupos de ingresos por población urbana/rural

(Fuente: Drigo et al. 2002)

Módulo de integración

Una vez que los módulos de oferta y demanda han sido elaborados, es posible formular variables que integren la información recogida en la etapa anterior.

Dentro de este esquema, se combinan las variables relativas a consumo y oferta de combustibles leñosos que han sido sistematizadas para cada unidad administrativa mínima de análisis. Se pueden designar diversos indicadores o variables para analizar los efectos combinados de oferta y demanda. La selección de indicadores se decide caso a caso, según la disponibilidad y la exactitud de los datos.

Los posibles indicadores son:

- Déficit de combustibles leñosos = [oferta - demanda] < 0.
- Presión potencial sobre fuentes de combustibles leñosos = [demanda ÷ total de fuentes accesibles].

Se podrá definir como áreas deficitarias en combustibles, aquellas que presenten diferentes umbrales con valores cercanos a cero. Mientras que la presión potencial sobre las fuentes de combustibles leñosos (naturales y plantaciones) dada en toneladas (o metros cúbicos) por hectárea y año, lo que da idea del promedio de producción local de leña necesario para atender a la demanda. Si la demanda es superior a la producción normal de leña en la zona, puede presuponerse una gran presión sobre las fuentes de productos leñosos.

Identificación de áreas prioritarias

Constituye la etapa final. Aquí se identifican aquellas áreas en las que es preciso actuar con urgencia sobre demanda, oferta o ambas.

Anexo 2. Características principales de los sistemas de energía biomásicos

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 dentro 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, al momento, no disponen de una estructura institucional bien definida que sea responsable de su planificación 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 cartera 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 dentro 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 más familiares a los sectores forestal y agropecuario. De todos modos, estos últimos sectores están más orientados a los productos primarios o “nobles”, prestando muy poca atención a la biomasa utilizada para energía (un alto porcentaje de informalidad) y a sus subproductos, tales como residuos de cultivos y procesos de industrias forestales y agrícolas.

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 bosque, pero no en la producción de combustibles leñosos, a pesar de la enorme importancia de la dentroenergía 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 boscosas, ya sea bosque nativo o plantaciones forestales (por ej.: áreas de desmonte para cambio de uso del suelo, áreas agroforestales, tierras de labranza, etc.), o se nutre de residuos industriales agrícolas y forestales.

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 (FAO, 1997; 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, planificación agrícola y energética o inventarios de gases con efecto invernadero.

Algunos estudios locales y nacionales confirmaron la heterogeneidad de las situaciones dentro 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 (FAO, 2009):

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 se puede consolidar 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 conclusiones engañosas, a planificaciones 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 formaciones arbustivas, tierras de labranza, huertas y plantaciones agrícolas, esquemas de agrosilvicultura, arbolado urbano, cortinas forestales, entre otros, pueden contribuir también en términos de biomasa leñosa, ya sea por su utilización o que estén potencialmente disponibles 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 existentes, son muy inciertas y deben ser verificadas (Arnold *et al.*, 2003).

Anexo 3. Marco institucional para aplicación de Wisdom en Chile

Al iniciarse el Proyecto Bases para una estrategia dendroenergética nacional de Chile, y a fin de desarrollar las acciones para la obtención de la información necesaria para llevar a cabo la metodología WISDOM, se consolidó un grupo de trabajo integrado por diversas instituciones gubernamentales que de una u otra manera contribuirán al desarrollo de acciones para mejorar la información disponible sobre la oferta y el consumo actual de biocombustibles y su evaluación potencial para un uso sostenible con fines energéticos.

Los directores de las distintas instituciones involucradas, constituyen el Comité de Dirección, presidido por el Subsecretario de Agricultura. El objetivo de este comité es conocer y evaluar los resultados para determinar recomendaciones estratégicas que ayuden a mejorar el balance energético nacional, contribuyendo así a la preparación de una Estrategia Nacional de Dendroenergía. A partir de este Comité, también se conformó el Comité Técnico del proyecto formado por representantes de las instituciones integrantes. El objetivo del grupo técnico es aportar la información necesaria para crear el sistema de información en Dendroenergía.

Las instituciones participantes de esta iniciativa son:

Instituto Forestal (INFOR): Organismo Coordinador General del proyecto. Es un instituto tecnológico del Estado de Chile, adscrito al Ministerio de Agricultura cuya misión es "Crear y transferir conocimientos científicos y tecnológicos de excelencia para el uso sostenible de los recursos y ecosistemas forestales, el desarrollo de productos y los servicios derivados; así como, generar información relevante para el sector forestal, en los ámbitos económico, social y ambiental", dirigido por el señor Hans Grosse.

Desde su creación el Instituto Forestal, ha estado fuertemente ligado al desarrollo forestal del país, a través de aportes sustantivos en materias relacionadas con el cultivo, cosecha y utilización de los recursos forestales. Además, la información generada permanentemente sobre los recursos, la producción y el comercio, ha sido un elemento clave para el desarrollo del sector forestal. Ha contribuido a la materialización de importantes inversiones industriales, por ejemplo con el Ministerio de Obras Públicas en la planificación y materialización de nuevas carreteras del Ministerio de la Vivienda y con la Empresa Portuaria de Chile. En el campo de la cooperación internacional, se han desarrollado estudios para la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para el Banco Mundial (WB), para la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), entre otras, y mantiene estrechos vínculos con la International Union of Forest Research Organizations (IUFRO). También, INFOR ha realizado aportes en la visión de largo plazo del desarrollo forestal, mediante investigaciones en áreas de innovación tecnológica, proyecciones del recurso forestal y estudios de mercado, entre otros, los que han contribuido a la formulación de políticas y al desarrollo de inversiones.

La Sede Valdivia del INFOR ha oficiado de base física para el desarrollo del proyecto, ya que la investigadora Yasna Rojas fue la Coordinadora Nacional del mismo. La consultora nacional de FAO, Ing. Paola Jofré, se ha establecido en la sede Valdivia para llevar a cabo su labor. También han colaborado con el proyecto los investigadores INFOR Oscar Peña y Carlos Bahamondez. La directora del INFOR al momento de la ejecución del proyecto fue la Sra. Marta Ábalos.

Corporación Nacional Forestal (CONAF): Se trata de una entidad de derecho privado dependiente del Ministerio de Agricultura, cuya principal tarea es administrar la política forestal de Chile y fomentar el desarrollo del sector. Actualmente, CONAF está dirigida por Don Eduardo Vial Ruiz- Tagle (Director Ejecutivo), y tiene la misión de "Contribuir al desarrollo del país a través de la conservación del patrimonio silvestre y el uso sostenible de los ecosistemas forestales, para el servicio integral de la ciudadanía", mediante el fortalecimiento integral del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, el incentivo a la creación y el manejo del recurso forestal mediante la administración de la legislación forestal, la protección de los ecosistemas forestales de los agentes y procesos dañinos, y el fortalecimiento de la participación ciudadana y de los actores locales asociados a las áreas silvestres protegidas y a los ecosistemas forestales.

La asesoría técnica de la Corporación fue realizada por el Ing. Armando Sanhueza, contribuyendo con el Catastro Nacional de Bosque Nativo.

Oficina de Estudios y Política Agraria (ODEPA): La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), es un servicio público centralizado, dependiente del Presidente de la República a través del Ministerio de Agricultura. El Director Nacional de ODEPA, es el señor Gustavo Rojas Le-Bert. Esta oficina, tal como lo señala su sitio oficial, tiene por objeto proporcionar información regional, nacional e internacional para que los distintos agentes involucrados en la actividad silvoagropecuaria adopten sus decisiones. Asumiendo además como misión institucional "fortalecer la gestión del Ministerio de Agricultura y de los agentes públicos y privados involucrados en el ámbito silvoagropecuario, a través de la prestación de servicios especializados de asesoría e información".

Esta oficina debe apoyar la gestión del Ministerio de Agricultura a través de:

- Colaborar en la elaboración de la política sectorial y en la coordinación de programas de asistencia técnica y cooperación financiera internacional.
- Participar en la definición de criterios para sustentar las negociaciones del país en materia de comercio exterior.
- Evaluar los proyectos de presupuesto de los servicios del sector y efectuar seguimiento de su gestión programática y presupuestaria.
- Realizar estudios de la realidad silvoagropecuaria y colaborar en la armonización de propuestas, regionales y de los servicios del agro, con la política sectorial.
- Asesorar al Ministro y al Subsecretario en las materias que le sean requeridas.
- Prestar servicios gratuitos de interés general para la actividad agropecuaria, a través de publicaciones e informes.

ODEPA estuvo representada a nivel de Comité Técnico por Daniel Barrera y Jaime Ovalle, quienes han realizado una inestimable contribución mediante el aporte de información sobre plantaciones frutales a nivel comunal.

Comisión Nacional de Energía (CNE): La Comisión Nacional de Energía (CNE), hoy Ministerio de Energía, es un organismo público y descentralizado, con patrimonio propio y plena capacidad para adquirir y ejercer derechos y obligaciones. Se relaciona directamente con el Presidente de la República. Sin perjuicio de la relación señalada, todos aquellos actos jurídicos administrativos de la Comisión Nacional de Energía se realizan a través del Ministerio de Minería.

La Función principal de esta Comisión, dice relación con elaborar y coordinar los planes, políticas y normas necesarias para el buen funcionamiento y desarrollo del sector energético del país, además de velar por el cumplimiento de todas las materias relacionadas con la energía, tanto en su producción y uso como en la promoción del uso eficiente de ésta.

La Dirección Superior de la Comisión Nacional de Energía está a cargo de un Consejo Directivo integrado por los Ministros de Minería, Economía, Hacienda, Defensa Nacional, Secretario General de la Presidencia y de Planificación y Cooperación. Juan Manuel Contreras es el Secretario Ejecutivo de la Comisión Nacional. Los representantes técnicos de la CNE en WISDOM Chile han sido Ramón Granada y Carolina Hernández.

Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA): La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) es un servicio público, funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios. Actualmente, CONAMA es dirigido por la señora María Ignacia Benítez, y tiene como funciones más relevantes proponer políticas ambientales al Presidente de la República; informar sobre el cumplimiento y aplicación de la normativa ambiental; administrar el sistema de evaluación de impacto ambiental, así como el proceso de elaboración de normas de calidad ambiental y de emisión; y actuar como un órgano de consulta, análisis, comunicación y coordinación en materias ambientales.

Sus funciones en detalle son las siguientes:

- Proponer al Presidente de la República las políticas ambientales del Gobierno.
- Informar periódicamente al Presidente de la República sobre el cumplimiento y aplicación de la legislación vigente en materia ambiental.
- Actuar como órgano de consulta, análisis, comunicación y coordinación en materias relacionadas con el medio ambiente.
- Mantener un sistema nacional de información ambiental, desglosada regionalmente, de carácter público.
- Administrar el sistema de evaluación de impacto ambiental a nivel nacional, coordinar el proceso de generación de las normas de calidad ambiental y determinar los programas para su cumplimiento.
- Colaborar con las autoridades competentes en la preparación, aprobación y desarrollo de programas de educación y difusión ambiental, orientados a la creación de una conciencia nacional sobre la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, y a promover la participación ciudadana en estas materias.
- Coordinar a los organismos competentes en materias vinculadas con el apoyo internacional a proyectos ambientales, y ser, junto con la Agencia de Cooperación Internacional del Ministerio de Planificación y Cooperación, contraparte nacional en proyectos ambientales con financiamiento internacional.
- Financiar proyectos y actividades orientados a la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental.

La CONAMA ha estado representada técnicamente por Sandra Briceño y René Villafranca, quienes aportaron valiosa información sobre la ubicación de Áreas Protegidas Privadas y Establecimientos Industriales y Públicos consumidores de leña.

Instituto de investigaciones agropecuarias (INIA): El Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, es la principal institución de investigación agropecuaria de Chile, dependiente del Ministerio de Agricultura. Es dirigido por un Consejo Directivo Nacional presidido por el Ministro de Agricultura, delegando la Dirección Ejecutiva de la Institución en su Director Nacional, señor Leopoldo Sánchez. En las diversas zonas agroecológicas, cuenta con Consejos Directivos de los CRI integrados por representantes del sector público y privado correspondientes a la esfera de acción respectiva, lo que permite adaptar la investigación a las necesidades productivas locales.

La misión del INIA, que se enmarca en la Política de Estado para la Agricultura, es generar, adaptar y transferir tecnologías para lograr que el sector agropecuario contribuya a la seguridad y calidad alimentaria de Chile, y responda competitiva y sustentablemente a los grandes desafíos de desarrollo del país. Dispone de una cobertura geográfica nacional entre las Regiones de Coquimbo y Magallanes, a través de 10 Centros Regionales de Investigación (CRI), Departamentos, Laboratorios, Bibliotecas, y un personal integrado por profesionales altamente calificados, lo que le permite realizar una adecuada labor como centro de investigación al servicio del sector silvoagropecuario y prestar servicios en forma directa. Como complemento de esa labor centrada en el nivel regional, existen los Grupos de Especialidad que coordinan el trabajo de los investigadores en torno a ciertos problemas que exigen un tratamiento con perspectiva nacional.

El INIA, a través de Claudio Pérez, como su representante en el Comité Técnico, suministró información relativa a las plantaciones frutales y a los residuos de poda que se generan en los cultivos analizados.

Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN): El Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), es una institución que proporciona información de recursos naturales renovables y ha logrado reunir la mayor base de datos georeferenciada de suelos, recursos hídricos, clima, información frutícola y forestal que existe en Chile, además del catastro de la propiedad rural. En la actualidad, el Director ejecutivo de este Centro es el señor Eugenio González Aguiló.

El CIREN ha sido aporte en la resolución de problemas como sequías, inundaciones, conservación de los suelos, y para los diagnósticos de reconstrucción en zonas afectadas por desastres naturales. En la actualidad este centro lidera las acciones para enfrentar nuevos desafíos, asumiendo el de articulador del convenio de cooperación entre el Ministerio de Agricultura y la Agencia Chilena del Espacio, realizando

una importante labor como la contraparte civil, para acceder y administrar los datos espaciales del satélite SSOT en la codificación, el procesamiento de información satelital, y la interpretación de imágenes y datos referentes a la agricultura y recursos naturales. CIREN fue representado por Juan Pablo Flores en el Comité Técnico.

A parte de los organismos constituyentes del Comité Técnico, se realizaron consultas a otras instituciones, cuya base de datos contribuyeron en alguna medida en la implementación de los módulos oferta y demanda de la metodología WISDOM.

Sistema Nacional de Certificación de Leña (SNCL): El Sistema Nacional de Certificación de Leña (SNCL) es una iniciativa público privada de carácter voluntario, que ha fijado estándares de calidad y origen para la comercialización de la leña en Chile, con el objeto de disminuir el deterioro de los bosques y la contaminación atmosférica. El Secretario Nacional de esta entidad es el señor Andrés Venegas.

A través de la certificación se crea un mercado formal, diferenciado, que agrega valor al producto y mejora la rentabilidad del manejo forestal.

El sistema es administrado por un Consejo Nacional de Certificación de Leña y representado a nivel local y provincial por Consejos. Su objeto de certificación es el comerciante final de leña; aquel que llega con su producto al consumidor.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE): El Instituto Nacional de Estadísticas es uno de los organismos públicos con mayor trayectoria en el país. Desde 1843 se cuenta en su quehacer numerosos censos, encuestas y estudios de la realidad nacional. El Instituto, está dirigido por la señora Mariana Schkolnik Chamudes (Directora Nacional Instituto Nacional de Estadísticas).

Actualmente, el INE ha ampliado las áreas de trabajo, entregando al país más de 70 indicadores de calidad, en una diversidad temática; empleo, precios, población, cultura, seguridad ciudadana, economía y muchos otros. El INE es el organismo técnico e independiente que produce, analiza y difunde las estadísticas oficiales y públicas de Chile. Proporciona información económica, social, demográfica, medioambiental y censal de manera transparente y accesible, con la finalidad que los agentes públicos, privados, investigadores y ciudadanos tomen decisiones informadas y así fortalecer una sociedad abierta y democrática.

Ministerio de Obras Públicas (MOP): La misión del Ministerio de Obras Públicas es proveer al país de servicios de infraestructura para la conectividad, la protección del territorio y las personas, la edificación pública y el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos, asegurando el cumplimiento de los estándares de servicio y la calidad de las obras, la provisión de agua, el cuidado de los recursos hídricos y del medio ambiente, para contribuir al desarrollo sustentable y competitividad del país, promoviendo la equidad, calidad de vida e igualdad de oportunidades de las personas. El Ministro de Obras Públicas es el señor Hernán de Solminihac Tampier.

Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI): Su misión institucional es promover, coordinar y ejecutar la acción del Estado en favor del desarrollo integral de las personas y comunidades indígenas, especialmente en lo económico, social y cultural y de impulsar su participación en la vida nacional, a través de la coordinación intersectorial, el financiamiento de iniciativas de inversión y la prestación de servicios a usuarios. El Director Nacional es Álvaro Marifil Hernández.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG): Es el organismo oficial del Estado de Chile, encargado de apoyar el desarrollo de la agricultura, los bosques y la ganadería, a través de la protección y mejoramiento de la salud de los animales y vegetales. Su Director Nacional es el señor Víctor Venegas.

Para evitar la introducción desde el extranjero de enfermedades o plagas que puedan afectar a los animales o vegetales y dañar gravemente a la agricultura, se han establecido los Controles Fronterizos fito y zoo sanitarios. El SAG también realiza acciones para conservar y mejorar los recursos naturales renovables, que afectan la producción agrícola, ganadera y forestal, preocupándose de controlar la contaminación de las aguas de riego, conservar la flora y fauna silvestre y mejorar el recurso suelo, con el fin de prevenir la erosión y mantener su productividad.

Anexo 4. Información de las regiones de Valparaíso, Los Ríos y Bío-Bío

En la Región de Valparaíso hay un significativo aporte de biomasa proveniente de la poda de los árboles frutales, donde se destacan las comunas de San Felipe, Santa María y Calle Larga (Tabla 12). Se hace necesario profundizar en este caso el análisis en las cadenas productivas regionales para identificar posibles usos actuales de esta biomasa, si los hubiera, que la hicieran no disponible para usos dendroenergéticos.

Por otra parte, la Región de Los Ríos aporta un importante volumen de biomasa proveniente de bosque nativo, tal como se puede apreciar en la Tabla 13 que presenta los datos a nivel comunal.

Del mismo modo, al analizar los valores obtenidos para la Región del Bío-Bío (Tabla 14), se identifican importantes aportes en materia de biomasa proveniente de plantaciones forestales e industria forestal primaria.

Tabla 12 - Oferta de recursos biomásicos en la Región de Valparaíso (kg/año)

Comuna	Oferta de Bosque Nativo Forestales	Oferta de Plantaciones Forestales	Oferta de Plantaciones Frutales	Oferta de Industrias	Oferta Total
Algarrobo		9.906.050			9.906.050
Cabildo		231.043	25.076		256.119
Calle Larga			52.770.200		52.770.200
Cartagena		10.199.400	28.592		10.227.992
Casablanca		37.377.700	179.654	751.050	38.308.404
Catemu		284.990	9.374.430		9.659.420
El Quisco		8.961.200		1.402.650	10.363.850
El Tabo		8.882.420		38.700	8.921.120
Hijuelas		658.890	68.376		727.266
La Calera					
La Cruz					
La Ligua		8.748.560	170.111		8.918.671
Limache		2.820.330	591.000	141.300	3.552.630
Llay-Llay		56.556	38.123.200		38.179.756
Los Andes			46.223.400		46.223.400
Nogales			277.212		277.212
Olmué		208.455	3.265		211.720
Panquhue		216.864	4.069.690		4.286.554
Papudo		3.143.680	51		3.143.731
Petorca			2.656		2.656
Puchuncaví		15.071.400	8		15.071.408
Putendo			1.938.110		1.938.110
Quillota		705.331	3.259		708.590

Quilpué		6.583.110	85.300		6.668.410
Quintero		3.491.140		1.787.850	5.278.990
Rinconada			31.490.800		31.490.800
San Antonio		13.347.800		1.054.800	14.402.600
San Esteban			60.722.300		60.722.300
San Felipe			100.693.000		100.693.000
Santa María			76.935.500		76.935.500
Santo Domingo		14.491.900		2.067.750	16.559.650
Valparaíso		35.818.700		4.552.200	40.370.900
Villa Alemana		638.396	76.000		714.396
Viña del Mar		4.396.860		1.313.550	5.710.410
Zapallar		13.722.000	561		13.722.561
Total Regional		199.962.775	423.851.751	13.109.850	636.924.376

Tabla 13 - Oferta de recursos biomásicos en la Región de Los Ríos (kg/año)

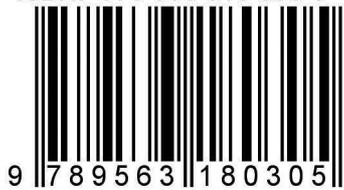
Comuna	Oferta de Bosque Nativo Forestales	Oferta de Plantaciones Forestales	Oferta de Plantaciones Frutales	Oferta de Industrias	Oferta Total
Corral	7.986.080	7.462.310			15.448.390
Futroneo	64.616.300	838.769		501.300	65.956.369
La Unión	74.487.400	35.893.200		1.954.800	112.335.400
Lago Ranco	13.953.100	147.461			14.100.561
Lanco	18.906.700	4.157.410	304	3.910.050	26.974.464
Los Lagos	92.410.500	37.099.900		18.014.400	147.524.800
Mafil	15.461.000	1.129.080	2.472	104.400	16.696.952
Mariquina	52.465.900	4.857.650	271.858	31.319.100	88.914.508
Paillaco	13.639.500	27.612.000		777.150	42.028.650
Panguipulli	204.944.000	1.825.930	664	6.041.250	212.811.844
Río Bueno	19.674.300	3.305.740		52.200	23.032.240
Valdivia	42.014.000	14.150.100	1.549	2.034.000	58.199.649
Total Regional	620.558.780	138.479.550	276.847	64.708.650	824.023.827

Tabla 14 - Oferta de recursos biomásicos en la Región del Bío-Bío (kg/año)

Comuna	Oferta de Bosque Nativo Forestales	Oferta de Plantaciones Forestales	Oferta de Plantaciones Frutales	Oferta de Industrias	Oferta Total
Antuco		592.846			592.846
Arauco		11.194.200		55.668.200	66.862.400
Bulnes		3.377.850	10.816		3.388.666
Cabrero		13.544.700		211.740.000	225.284.700
Canete		25.354.900		7.224.300	32.579.200
Chillan		2.224.890	150.287	9.931.500	12.306.677
Cobquecura		11.370.500		4.905.900	16.276.400
Coelemu		2.651.890		26.675.100	29.326.990
Coihueco		8.603.520	424.909	24.300	9.052.729
Concepcion		18.588.300		19.512.000	38.100.300
Contulmo	208.220	7.344.550		725.400	8.278.170
Coronel		2.492.180		60.546.200	63.038.380
Curanilahue		18.522.100		50.673.200	69.195.300
El Carmen		718.624			718.624
Florida		8.634.450		4.959.450	13.593.900
Hualqui		7.769.920		6.676.650	14.446.570
Laja		6.567.690		1.356.300	7.923.990
Lebu		15.706.500		1.660.500	17.367.000
Los Álamos		5.630.950		66.173.400	71.804.350
Los Ángeles		37.742.500	854.585	104.504.000	143.101.085
Lota		115.444			115.444
Mulchen		70.176.000	221.418	6.841.350	77.238.768
Nacimiento		4.175.760		2.159.100	6.334.860
Negrete		199.342		1.723.500	1.922.842
Ninhue		5.264.850	179		5.265.029
Niquen		953.598	25.600	155.700	1.134.898
Pemuco		734.764			734.764
Penco		6.819.260		275.400	7.094.660
Pinto		2.581.890	10.761		2.592.651
Portezuelo		7.098.220	17.788		7.116.008
Quilaco		3.073.610	27.993		3.101.603
Quilleco		5.526.180		474.300	6.000.480
Quillon		252.994	136	768.150	1.021.280
Quirihue		22.472.600		12.823.700	35.296.300

Ranquil		3.618.460	13.411	44.717.400	48.349.271
San Carlos		27.398.500	462.661	8.803.800	36.664.961
San Fabián		1.215.870			1.215.870
San Ignacio		1.024.390			1.024.390
San Nicolás		2.366.810	31.850	9.695.700	12.094.360
San Rosendo					
Santa Bárbara		26.384.700	93.128		26.477.828
Santa Juana		4.002.060	360	834.300	4.836.720
Talcahuano		7.370.730		14.551.700	21.922.430
Tirua	325.764	4.578.120		2.544.750	7.448.634
Tome		18.845.900		4.264.200	23.110.100
Trehuaco		11.959.400		24.522.300	36.481.700
Tucapel		11.422.400		7.219.800	18.642.200
Yumbel		11.985.600	447	5.498.100	17.484.147
Yungay		1.199.880		48.397.000	49.596.880
Total Regional	533.984	471.450.392	2.346.329	829.226.650	1.303.557.355

ISBN: 978-956-318-030-5



9 789563 180305