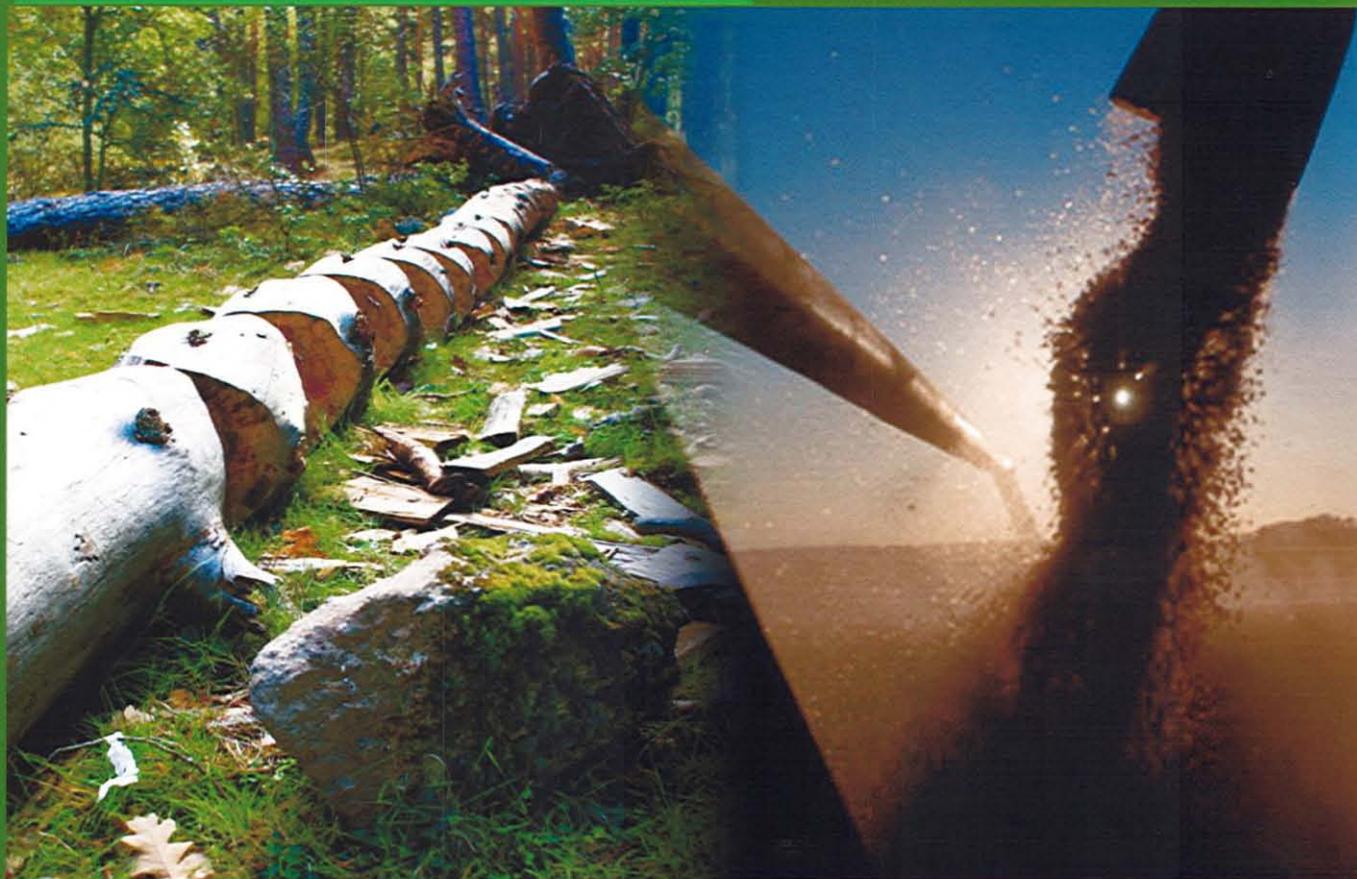
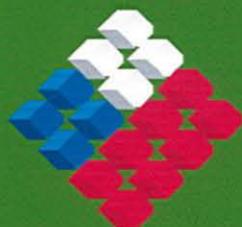


ONAF CORPORACION NACIONAL FORESTAL



**CARACTERIZACIÓN DE LOS CULTIVOS Y
RESIDUOS DE VEGETALES DERIVADOS DE LA
COSECHA DE PRODUCTOS FORESTALES Y
AGRÍCOLAS EN CHILE**

**C743c
8305
c.1**



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
CONAF**

8305
c.1

AUTORES

Jaime Araya Bravo

Claudia Duprat Sáez

Miguel Parra Olave

EQUIPO REVISOR

CONAF

Luis Correa Jiménez

Andrea Muñoz Aceituno

Mabel Ortega Arancibia

Ximena Ponce Cerda



1ª Edición: agosto de 2008, Santiago Chile.

Está autorizada la reproducción total o parcial de esta publicación para fines educativos, sin ningún tipo de permiso especial, bajo la condición de que se indique la fuente de la que proviene. CONAF agradecerá que se le remita un ejemplar de cualquier texto cuyo origen haya sido la presente publicación.

No está autorizado el empleo de esta publicación para su venta o para otros usos comerciales.

P R E S E N T A C I Ó N

Entre los ejes orientadores de la Política Agroalimentaria y Forestal del país, se pueden destacar el "consolidar a Chile como Potencia Agroalimentaria" y "promover el uso sustentable de los recursos naturales renovables y la protección de la biodiversidad" (Gobierno de Chile, 2006). Para esto, en los últimos años, el Estado ha puesto los recursos tanto económicos como humanos y, a través de sus respectivas instituciones, ha desarrollado y fomentado diversas acciones que tiendan al logro de los propósitos enunciados.

En este contexto, por un lado, se advierte la relevancia de un sector productivo como el Silvoagropecuario y cuyo desarrollo ha alcanzado una participación del 3,8% del Producto Interno Bruto (PIB nacional alrededor de 60 mil millones de pesos anuales). Particularmente, cabe resaltar que los sectores agrícola y forestal generan por concepto de exportaciones cifras que alcanzan en el último año 5.434 y 4.493 millones de dólares (FOB), respectivamente. Además, socioeconómicamente, adquieren importancia en la oferta de puestos de trabajo (directos e indirectos), siendo de alrededor de 716 mil hjen el ámbito agrícola y de 266 mil para el forestal (Barros, 2006; CORMA, 2007; ODEPA, 2007).

Por otro lado, considerando esta dinámica productiva implícita y el segundo eje orientador señalado, es reconocido que junto a los beneficios también se producen efectos adversos por el manejo y las prácticas utilizadas para el aprovechamiento de los recursos renovables involucrados en ambos sectores.

Entre las prácticas que provocan externalidades negativas se encuentra el uso del fuego, cuyo propósito principal es la eliminación de residuos (poscosecha) de manera de habilitar, a bajo costo, el terreno para un nuevo cultivo. En términos de cobertura, esta práctica involucra en promedio una superficie anual aproximada de 23.500 y 250.000 ha en los sectores forestal y agrícola, respectivamente, para el periodo 1996-2006¹.

Si bien el costo representa una importante ventaja comparativa, no es menos importante considerar efectos adversos como pérdida de fertilidad, contaminación del aire y aumento del riesgo potencial de incendios, entre otros. De manera de prevenir y mitigar estos impactos negativos se ha implementado, y utiliza actualmente, la normativa vigente de quemas controladas (Decreto Supremo N° 276 de 1980) la cual es regulada y administrada por la Corporación Nacional Forestal.

Aún cuando existe este marco legal regulador de las quemas y entendiendo la complejidad de esta práctica en términos socioeconómicos y culturales, la Corporación genera el desarrollo del Proyecto de Investigación Aplicada en la Identificación y Difusión de Alternativas de Reemplazo a las Quemadas de Residuos provenientes de las actividades de cosecha tanto forestales como agrícolas.

¹ Según registro histórico nacional de quemas (CONAF, 2008).

En tal sentido, el proyecto contempla específicamente caracterizar los cultivos y residuos (poscosecha) agroforestales entre las regiones de Atacama y Magallanes; identificar alternativas de reemplazo a las quemadas; difundir dichas alternativas a través de material de consulta, página web, capacitación y días de campo con usuarios del fuego; e identificar carencias de investigación aplicada en el tema abordado.

Por último, cabe señalar que para el logro de cada uno de los objetivos indicados y de manera de facilitar el acceso a la información, el proyecto contempla etapas claramente establecidas y cuyo inicio comprende el desarrollo del presente documento.

ÍNDICE GENERAL

1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 CONCEPTOS PREVIOS.....	2
3 METODOLOGÍA.....	4
4 CULTIVOS Y RESIDUOS FORESTALES.....	5
4.1 Plantaciones Forestales.....	5
4.1.1 Cuantificación.....	5
4.1.2 Especies Principales.....	6
4.1.2.1 Atriplex (<i>Atriplex spp</i>).....	6
4.1.2.2 Acacia azul (<i>Acacia saligna</i>).....	7
4.1.2.3 Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus ssp. Globulus</i>).....	8
4.1.2.4 Pino insigne (<i>Pinus radiata</i>).....	9
4.1.2.5 Álamo (<i>Populus spp</i>).....	9
4.1.2.6 Pino oregón (<i>Pseudotsuga mensiezii</i>).....	10
4.1.2.7 Pino ponderosa (<i>Pinus ponderosa</i> Dougl. Ex Laws.).....	11
4.2 Residuos Forestales.....	12
4.2.1 Clasificación.....	12
4.2.2 Descripción.....	14
4.2.3 Composición química.....	15
4.2.3.1 Madera.....	16
4.2.3.2 Corteza.....	18
4.2.3.3 Follaje.....	19
4.2.4 Descripción física.....	20
4.2.5 Descripción energética.....	20
4.2.6 Producción.....	21
4.2.7 Caracterización por especie.....	22
4.2.7.1 Atriplex (<i>Atriplex spp</i>).....	22
4.2.7.2 Acacia azul (<i>Acacia saligna</i>).....	23
4.2.7.3 Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>).....	23
4.2.7.4 Pino insigne (<i>Pinus radiata</i>).....	25
4.2.7.5 Álamo (<i>Populus spp</i>).....	30
4.2.7.6 Pino oregón (<i>Pseudotsuga mensiezii</i>).....	30
4.2.7.7 Pino ponderosa (<i>Pinus ponderosa</i>).....	31

5 CULTIVOS Y RESIDUOS AGRÍCOLAS	33
5.1 Cultivos Agrícolas	33
5.1.1 Cuantificación.....	33
5.1.2 Especies principales.....	36
5.1.2.1 Cereales.....	36
5.1.2.2 Maíz (<i>Zea mays</i>).....	37
5.1.2.3 Leguminosas.....	38
5.1.2.4 Papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	39
5.1.2.5 Tomate (<i>Lycopersicum sculentum</i>).....	40
5.1.2.6 Frutales.....	41
5.2 Residuos Agrícolas	45
5.2.1 Clasificación.....	45
5.2.2 Descripción	46
5.2.3 Composición química.....	47
5.2.3.1 Hojas.....	47
5.2.3.2 Frutos.....	47
5.2.3.3 Tallos.....	48
5.2.4 Descripción energética.....	48
5.2.5 Producción.....	49
5.2.6 Caracterización por especie.....	49
5.2.6.1 Cereales.....	49
5.2.6.2 Maíz (<i>Zea mays</i>).....	52
5.2.6.3 Leguminosas.....	54
5.2.6.4 Papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	58
5.2.6.5 Tomate (<i>Lycopersicum sculentum</i>).....	58
5.2.6.6 Frutales.....	60
6 CONCLUSIONES	62
7 BIBLIOGRAFÍA	63
7.1 Forestal.....	63
7.2 Agrícola.....	68
7.3 Links de Interés.....	70
ANEXOS	
1 Glosario Forestal	
2 Glosario Agrícola	
3 Superficie Principales Agrícolas por Región	
4 Superficie Principales Plantaciones Frutícolas por Región	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de plantaciones y principales especies.....	5
Cuadro 2. Residuos y sus características físicas.....	12
Cuadro 3. Origen de residuos.....	13
Cuadro 4. Contenido químico elemental de la madera.....	18
Cuadro 5. Contenido químico elemental de la corteza.....	18
Cuadro 6. Peso específico de partículas de especies de coníferas.....	20
Cuadro 7. Relación contenido de humedad y poder calorífico en la madera.....	21
Cuadro 8. Biomasa residual disponible y uso actual en Chile.....	22
Cuadro 9. Variación de la composición química en eucalipto (%).....	23
Cuadro 10. Distribución de biomasa en eucalipto.....	24
Cuadro 11. Estimación de residuos poscosecha en un rodal de eucalipto de 11 años de edad.....	24
Cuadro 12. Nitrógeno y proteínas en acículas de pino insigne de 4 y 12 años.....	25
Cuadro 13. Cantidad de elementos nutritivos en partes componentes de un individuo de pino insigne (%).....	26
Cuadro 14. Distribución de la biomasa en pino insigne de 2 a 23 años.....	26
Cuadro 15. Participación de los componentes del vuelo en la biomasa total para cuatro grupos de suelo (%).....	27
Cuadro 16. Producción de biomasa por componente para diferentes grupos de suelo.....	28
Cuadro 17. Residuos del vuelo y mantillo por alternativa de explotación en distintos grupos de suelo.....	29
Cuadro 18. Composición química de las cenizas de <i>Populus spp</i>	30
Cuadro 19. Composición física y química de la madera de pino oregón.....	31
Cuadro 20. Distribución de biomasa en pino oregón.....	31
Cuadro 21. Composición química de madera de pino ponderosa proveniente de dos rodales.....	32
Cuadro 22. Distribución de biomasa en pino ponderosa.....	32
Cuadro 23. Superficie regional por tipo de cultivo.....	33
Cuadro 24. Superficie principales cultivos del país.....	34
Cuadro 25. Superficie de las principales especies frutales del país.....	35
Cuadro 26. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de trigo (%).....	50
Cuadro 27. Composición química de las cenizas de paja de trigo.....	50
Cuadro 28. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de cebada (%).....	51
Cuadro 29. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de avena (%).....	51

Cuadro 30. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de arroz (%).....	52
Cuadro 31. Componentes de una planta de maíz.....	52
Cuadro 32. Composición química y digestibilidad de materia seca de maíz (%).....	53
Cuadro 33. Composición química y valor nutritivo del rastrojo de maíz.....	53
Cuadro 34. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de lenteja (%).....	54
Cuadro 35. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de porotos (%).....	55
Cuadro 36. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de garbanzos (%).....	55
Cuadro 37. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de chícharos (%).....	56
Cuadro 38. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de arveja (%).....	56
Cuadro 39. Valor nutritivo del residuo del cultivo de haba (%).....	57
Cuadro 40. Composición química y digestibilidad de materia seca de lupino (%).....	57
Cuadro 41. Composición química del residuo de lupino.....	57
Cuadro 42. Principales componentes químicos y físicos de la papa.....	58
Cuadro 43. Composición de residuos de dos cultivares de tomate.....	59
Cuadro 44. Valor nutritivo de las distintas estructuras componentes de residuos de cultivo de tres variedades de tomate.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes componentes de un árbol.....	15
Figura 2. Componentes químicos de la madera.....	16
Figura 3. Zonas típicas de producción de papa y objetivo productivo.....	40

1. INTRODUCCIÓN

Los cultivos forestales y agrícolas del país, respectivamente, alcanzan una superficie de 2.080.563 y 1.691.070 ha (en cultivos principales), distribuidas a lo largo y ancho del territorio nacional. Su manejo y aprovechamiento genera un volumen considerable de residuos que, habitualmente, han sido considerados desechos (sin utilidad alguna) y por lo cual eliminados con el uso del fuego.

Esta práctica, aunque cuenta con un marco legal que la regula (DS N° 276-1980) y un ente fiscalizador (CONAF) que controla su ejecución, produce efectos adversos conocidos al ambiente y potencialmente a las personas.

Además, por otra parte, se reconoce su ventaja comparativa en términos de costos para la habilitación de terrenos y establecimiento de nuevos cultivos y, si bien se aplica en forma masiva, impide el retorno de nutrientes al suelo y la temperatura provoca cambios negativos en él, junto con generar riesgo de incendios.

Por consiguiente, atendiendo la complejidad socioeconómica y cultural involucrada en la utilización de esta práctica, la Corporación plantea el desarrollo del proyecto presentado precedentemente cuyo propósito central es la identificación y difusión de alternativas al uso del fuego de manera de reducir impactos negativos a las casi 273.500 ha afectas a esta práctica en el país².

Para los efectos indicados y como primera parte, este documento tiene por objeto presentar una caracterización general de los cultivos y residuos agroforestales del país, particularmente desde Atacama hasta Magallanes, identificando las principales especies y el tipo de material residual que se genera producto de la cosecha de cada una de éstas. De esta manera y como etapa, además, contextualizar y posibilitar el desarrollo de los objetivos finales del proyecto indicado.

² Valor promedio anual, 1996 a 2006 (CONAF, 2008).

2. CONCEPTOS PREVIOS

Con el objeto de facilitar la comprensión del documento, se definen algunos conceptos básicos.

Agricultura: es el arte de cultivar la tierra; son los diferentes trabajos de tratamiento del suelo y cultivo de vegetales, normalmente con fines alimenticios.

Bosque: está constituido por agrupaciones vegetales en las cuales predominan especies leñosas (árboles y arbustos) y el conjunto de plantas que viven sobre el mismo lugar. También se puede entender un bosque como un área con una alta densidad de árboles.

Cultivo agrícola: está constituido por especies vegetales menores, cultivadas con el objeto de obtener alimento para el ser humano y sus animales (granos, verduras y forraje, entre otros). Generalmente, son cultivos anuales aunque también existen bianuales.

Desecho: material que resulta de las actividades humanas, que deja de ser útil, funcional o estético para quien lo genera, es decir, es el material indeseable que debe ser eliminado ya que no posee utilidad.

Fruticultura: es el cultivo de todas aquellas plantas que producen frutos. También se define como el arte que enseña los métodos de ese cultivo. En sentido amplio, el término incluye la preparación de los frutos y su posterior comercialización. El objeto de la fruticultura es combinar de la mejor forma los factores del medio, como son el suelo y el clima, con las técnicas empleadas, las disponibilidades económicas y los canales de comercialización.

Paja: es el tallo seco de ciertas gramíneas, especialmente los cereales llamados comúnmente de "caña" (trigo, avena y arroz, entre otros), una vez cortado y después de haber separado el grano mediante la trilla.

Plantación forestal: Corresponde a un bosque cultivado; es decir, es la formación que se ha originado a través de la plantación de árboles de una o varias especies, con el objetivo de obtener madera para distintos usos.

Quema controlada: acción de usar el fuego para eliminar vegetación en forma dirigida, circunscrita o limitada a un área previamente determinada conforme a normas técnicas preestablecidas, cuyo fin es mantener el fuego bajo control (D.S. N°276, 1980).

Rastrojo: residuo de la parte aérea (restos de tallos y hojas) que permanecen en el terreno después de la cosecha de un cultivo agrícola.

Residuos: en el contexto de la producción vegetal se aplica a la fracción o fracciones que no corresponden al producto objetivo de un cultivo forestal o agrícola, resultantes de la cosecha propiamente tal y a aquella fracción de la cosecha que no cumple con la calidad mínima para ser comercializada. Por consiguiente, considerados esencialmente reutilizables, transformables y reciclables de acuerdo a procesos biológicos, microbiológicos, físico – químicos y mecánicos, por lo tanto proporcionan una nueva utilidad (Martínez, 2002; Thompson, 1968).

Silvicultura: es la ciencia destinada a la formación y cultivo de bosques y también, por extensión, la que trata de este cultivo; es decir, de las técnicas que se aplican a las masas forestales para obtener de ellas una producción continua de bienes y servicios demandados por la sociedad. Se podría afirmar que es una ciencia hermana de la agricultura, diferenciándose de ésta en varios aspectos, uno de los cuales dice relación con el tiempo de espera para la cosecha: en tanto la agricultura obtiene sus frutos o cosechas en meses, la silvicultura las obtiene después de varios años.

3. METODOLOGÍA

La información que comprende el presente informe corresponde a una descripción y caracterización de los principales cultivos y residuos agroforestales que se generan desde la región de Atacama hasta la de Magallanes.

En tal sentido, en esta etapa se contempló un trabajo de revisión de las fuentes de información de los sectores forestal, agrícola y relacionados. Dicha prospección consideró referencias tanto técnicas como científicas, generadas por instituciones públicas y privadas; universidades y empresas, entre otras.

Los temas de contenido, producto de la mencionada revisión, corresponden a los capítulos cuatro y cinco del documento. El primero de ellos describe las principales especies usadas en plantaciones forestales y las características de sus residuos de cosecha. Del mismo modo, la información del sector agrícola se explicita en el segundo capítulo indicado.

En general, para la clasificación, ordenamiento y proceso de la información recopilada se usó como criterio, para ambos sectores, la selección de especies de acuerdo a su importancia en términos de superficie plantada y que sus respectivos residuos fueran eliminados con el uso del fuego.

Particularmente, para la descripción de los residuos forestales se consideró su potencial importancia para la transformación química y física; nutrientes de aporte al suelo; calidad energética; palatabilidad y cantidad, entre otras. En el caso agrícola, principalmente, se considera la importancia como fertilizante, degradabilidad y nutrición animal.

Por último, cabe destacar que las estimaciones en la producción de residuos que se presentan, tanto forestales como agrícolas, se obtienen sobre la base de la información prospectada y, en el caso de la superficie afecta a quemas, usando como referencia los Registros por Tipo de Quema y Clase de Quema, periodo enero a julio de 2008, del Sistema de Asistencia a Quemadas Controladas (SAQ) de la Corporación Nacional Forestal.

4. CULTIVOS Y RESIDUOS FORESTALES

Los cultivos forestales corresponden a aquellas formaciones boscosas que se han originado por la acción del ser humano, básicamente, a través de la plantación de árboles de una especie o combinación de éstas cuyo propósito fundamental ha sido cubrir diversas necesidades.

En tal sentido, en el país, se ha venido desarrollando un patrimonio e industria forestal sobre la base de cultivos o plantaciones de especies de gran potencial y que han generado una contribución importante al desarrollo económico de Chile.

4.1 Plantaciones Forestales

4.1.1 Cuantificación

Según INFOR (2006) e INE (2007), las plantaciones cubren una superficie aproximada de 2,1 millones de hectáreas, equivalentes al 13,5% de los bosques y al 2,8% del territorio nacional (cuadro 1). Aproximadamente, el 75% de ésta corresponde a *Pinus radiata*; el 18% a especies del género *Eucalyptus* y el resto a otras especies, tales como atriplex, tamarugo, pino oregón, álamo y algarrobo.

Cuadro 1. Distribución de plantaciones y principales especies.

Distribución por región	Principales especies	Total (ha)	Participación (%)
de Atacama*	<i>Eucalyptus</i> spp	48,70	83,00
	Mixtas	0,30	0,60
	Otras	9,60	16,40
	Total	58,60	100,00
de Coquimbo	<i>Atriplex</i> spp	54.272,30	82,00
	<i>Acacia saligna</i>	6.213,80	9,00
	<i>Eucalyptus</i> spp	2.736,10	4,00
	Otras	3.618,60	5,00
	Total	66.840,80	100,00
de Valparaíso	<i>Pinus radiata</i>	10.581,20	23,00
	<i>Eucalyptus</i>	36.027,00	76,00
	Otras	401,00	1,00
	Total	47.009,20	100,00
del Libertador General Bernardo O'Higgins	<i>Pinus radiata</i>	64.842,30	70,00
	<i>Eucalyptus</i>	25.603,80	28,00
	Álamo	1.535,00	1,00
	Otras	321,80	1,00
	Total	92.302,90	100,00
del Maule	<i>Pinus radiata</i>	363.409,50	91,00
	<i>Eucalyptus</i>	30.671,90	8,00
	Otras	3.629,40	1,00
	Total	397.710,80	100,00
del Bio Bio	<i>Pinus radiata</i>	608.990,40	74,10
	<i>Eucalyptus</i>	211.150,30	25,70
	Otras	2.145,40	0,20
	Total	822.286,10	100,00

Distribución por región	Principales especies	Total (ha)	Participación (%)
de La Araucanía	Pino radiata	255.295,50	63,00
	Eucalyptus	138.440,70	35,00
	Pino Oregón	6.379,00	1,00
	Otras	1.154,10	1,00
	Total	401.269,30	100,00
de Los Ríos	Pino radiata	102.153,80	61,00
	Eucalyptus	60.088,50	36,00
	Otras	5.111,00	3,00
	Total	167.353,30	100,00
de Los Lagos	Pino radiata	14.027,50	28,00
	Eucalyptus	35.014,90	70,00
	Otras	1.032,20	2,00
	Total	50.074,60	100,00
de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	Pino ponderosa	19.825,50	53,00
	Pino contorta	6.021,70	15,00
	Pino oregón	4.626,00	13,00
	Otras	7.218,00	19,00
	Total	37.691,20	100,00
de Magallanes y la Antártica Chilena*	Varias especies	0,00	0,00
	Total	0,00	100,00
Metropolitana*	Álamo	12,60	0,64
	Aromo	1,50	0,07
	Eucalyptus spp.	1.613,80	94,90
	Pino radiata	5,10	0,30
	Mixtas	178,70	1,07
	Otras	154,70	7,87
	Total	1.966,40	100,00

Fuente: INFOR (2006), *INE (2007).

4.1.2 Especies Principales

Por las diferentes condiciones geográficas presentes en el país, existen una serie de condiciones de suelo y clima claramente diferenciadas, lo que influye en las especies que se pueden utilizar para establecer plantaciones en cada área. Además, la selección de la especie depende de los fines o propósitos que se tengan, por ejemplo: producción de madera, forraje, recuperación de suelos, protección de laderas y cursos de agua, entre otros.

4.1.2.1 Atriplex (*Atriplex spp.*). *Atriplex nummularia* es un arbusto originario de la zona mediterránea árida y semiárida de Australia, donde crece naturalmente en Sud-Australia, Victoria y N.S. Wales.

Este género es el mayor y más diversificado de la familia *Chenopodiaceae*. Presenta alrededor de 200 a 400 especies, incluyendo los rangos de subespecies a nivel mundial. Éstas se distribuyen en las zonas templadas, subtropicales y mediterráneas, entre los 20 y 50° N y S con escasos representantes en las zonas polares (FAO, 1993).

Arbusto perenne, dioico, erecto, ramoso, siempreverde y de color ceniciento; puede alcanzar de uno a tres metros de altura; de aspecto columnar aunque es frecuente que algunos ejemplares presenten ramas colgantes y quebradizas. La corteza se ve partida longitudinalmente en las ramas viejas. Posee hojas de 20 a 65 mm de largo y 10 a 37 mm de ancho; son alternas, ovales deltoides o redondeadas, coriáceas, gruesas, verde glaucas, cinéreas y pecíolo de 4 a 10 mm. Está asociado a suelos salinos o alcalinos y a ambientes áridos y semiáridos.

Atriplex nummularia es una de las especies más utilizadas en forestación a gran escala en las zonas mediterráneas, con lluvias invernales y veranos largos y secos. Se encuentra ampliamente cultivada con fines forrajeros y ornamentales en España, Jordania, Egipto, Siria, Libia, Túnez, Argelia y Marruecos.

En Chile se reconocen 21 especies nativas y 8 introducidas, existiendo plantaciones con diversas especies del género y concentradas en la zona centro norte especialmente en el sector costero de la región de Coquimbo. La mayoría de éstas son monoespecíficas de *Atriplex nummularia*, cuyos fines son el uso forrajero y leña (FAO, 1993).

Para el establecimiento de estas plantaciones se requiere de una precipitación anual entre 50 y 60 mm y temperatura mínima absoluta igual o superior a 12 °C bajo cero. Tanto textura como profundidad del suelo no son factores limitantes, sin embargo, muestra su mejor desarrollo y productividad en los suelos profundos de texturas medias.

4.1.2.2 Acacia azul (*Acacia saligna*). Es una leguminosa siempre verde originaria del sudoeste de Australia. La especie presenta la apariencia de un árbol perennifolio de tres a ocho metros de altura y 30 cm de diámetro; de copa frondosa, redondeada y ramas extendidas. Su corteza es rojiza, lisa y apenas fisurada.

Sus hojas van de lineales a anchamente lanceoladas; de ocho a 25 cm de longitud; son de color verde azulado, con una vena central prominente. Las flores son de color amarillo intenso, aparecen en primavera y se disponen en glomérulos de dos a cinco unidades.

Es una especie de rápido crecimiento, considerada muy importante en el control de dunas y en la producción de materia seca en ambientes con pluviometría de alrededor de 200 mm. Además, puede cumplir fines dendroenergéticos y forrajeros (Perret *et al*, 2001).

En Chile se distribuye entre las regiones de Atacama y del Maule, concentrándose en el sector costero de las regiones de Coquimbo y Valparaíso. La especie presenta tolerancia al estrés hídrico; crece en zonas de precipitaciones irregulares y limitadas, que oscilen entre 10 y 100 a 250 mm anuales con temperatura

máxima del mes más cálido (enero) entre 19,9 y 28 °C. En el norte y centro del país se desarrolla en áreas con influencia de neblinas costeras.

Además, se desarrolla bien en lomajes suaves o en planicies costeras arenosas hasta 350 msnm. En Chile se cultiva en suelos de escaso desarrollo, con erosión superficial, bajos contenidos de N y P, abundante K, suelos muy delgados, con texturas arenosas arcillosas y en aquellos ligeramente ácidos o ligeramente alcalinos (Perret *et al*, 2001).

4.1.2.3 Eucalipto (*Eucalyptus globulus* spp. *Globulus*). El género *Eucalyptus* pertenece a la familia *Myrtaceae*. Dentro del género, *Eucalyptus globulus* ssp *globulus*, originaria de Australia, es posiblemente la especie más conocida y difundida en el mundo por su facilidad de establecimiento, rápido crecimiento y múltiples usos.

Posee un fuste recto hasta las dos terceras partes de la altura total del árbol; tiene una corteza rugosa y persistente en la parte baja; en la parte alta se desprende en largas tiras, dejando una superficie lisa de color gris azulado.

Es una especie de uso múltiple, tradicionalmente se ha empleado en la agricultura para postes de cercos y viñas; como leña, fabricación de parquets, chapas, producción de pulpa y papel. Además, esta especie tiene un alto contenido de cineol (aceite que se extrae de las hojas) y sus flores producen néctar y polen para miel de buena calidad.

La mayoría de las plantaciones de eucalipto en Chile (90%) corresponden a la especie *globulus*. Éstas se encuentran principalmente en la zona centro sur de la región del Bío Bío, donde es posible encontrar individuos de 20 años con 60 m de altura y 50 cm de diámetro. Sin embargo, se le planta también desde la ciudad de Copiapó, en el norte del país, hasta la Isla de Chiloé en el extremo sur con buenos resultados.

En el país ha sido plantada sobre un amplio rango de sustratos; no crece naturalmente en suelos fuertemente calcáreos o alcalinos y tampoco se encuentra ocupando suelos mal drenados. Su mayor desarrollo los alcanza en suelos limosos o algo pesados, moderadamente fértiles y con buen drenaje, pero con adecuado contenido de humedad.

Esta especie se recomienda para ser plantada en zonas costeras con más de 600 mm de precipitación y libres de heladas severas; no soporta temperaturas inferiores a -4 °C. Aún cuando puede sobrevivir, su tasa de crecimiento se ve fuertemente disminuida.

Cuando las plantaciones se establecen en adecuadas condiciones de suelo y clima, presentan incrementos anuales que van desde los cinco hasta más de 40 m³/ha a los 15 años de edad.

4.1.2.4 Pino insigne (*Pinus radiata*). Originario de la región occidental de los Estados Unidos. En forma natural crece en la costa de California y también se encuentra en altitudes de 600 a 1.200 m en la isla mexicana de Guadalupe, frente a la costa de Baja California. Es una especie forestal ampliamente conocida ya que, pese a tener una distribución natural muy reducida, se encuentra plantada en diversos países del mundo.

Es un árbol de fuste recto que puede alcanzar de 30 a 50 m de altura y diámetros de 1,5 m. En su lugar de origen esta especie tiene una importancia secundaria; pero, en otros países es una de las especies más importantes, constituyendo extensas plantaciones en Chile, Nueva Zelandia, Australia, Sudáfrica y España.

El clima en la zona de distribución natural se caracteriza por precipitaciones medias anuales de 424 a 761 mm, con régimen invernal y humedad relativa alta. Las temperaturas medias son de 10 °C en invierno y 14 °C en verano; las temperaturas extremas absolutas son de -6,7 y 42 °C.

Su éxito como especie forestal se debe a la rapidez de crecimiento en diferentes tipos de suelos y a la diversidad de usos de la madera. Este recurso ha dado origen a una importante industria forestal que produce pulpa, papel, madera aserrada, tableros diversos, muebles y embalajes, entre otros productos.

Debido a su gran capacidad de adaptabilidad se ha utilizado con éxito en la forestación entre las regiones de Valparaíso y de Los Lagos. El óptimo desarrollo de la especie se logra en la costa de la región del Bío Bío; también logra buenos crecimientos en los suelos volcánicos de la precordillera Andina, hasta altitudes de 800 m.

Para su desarrollo requiere una precipitación anual igual o superior a 380 mm; la temperatura mínima del mes más frío debe estar entre 1,5 y 12 °C; la máxima media del mes más cálido entre 17 y 30 °C y la media anual entre 10 y 18 °C. La humedad relativa debe ser igual o superior a 40% en enero y febrero; los suelos pueden ser de textura muy liviana a pesada y de drenaje bueno a moderado; períodos secos prolongados, suelos demasiado arcillosos y presencia de nieve limitan su distribución.

4.1.2.5 Álamo (*Populus spp*). Esta especie es originaria del hemisferio norte. Se reconocen más de treinta especies, de las cuales se ha obtenido un centenar de híbridos de alta calidad forestal. En Chile se han utilizado los híbridos I-63/51 (Rolando), I-45/5, I-214 e I-488 (CORMA, 2005).

Son árboles dioicos, de hoja caduca, copas amplias, que pueden alcanzar hasta 35 m de altura y dos metros de diámetro; el fuste es recto y cilíndrico, con corteza gruesa de color castaño. Florece en primavera y su fruto es una cápsula con numerosas semillas que pierden rápidamente su capacidad de germinación, por lo que se reproduce artificialmente por estacas. La madera es blanda, fácil de trabajar, de color claro y sin un veteado marcado, presentando una variedad de usos tales como fósforos, palitos de helados, mondadientes, placas, cajas de madera y embalaje (CORMA, 2005).

La zona apta para su cultivo en Chile se extiende entre la región de Coquimbo y la de Aysén. Es una especie que puede ser cultivada en secano donde las precipitaciones, desde septiembre a marzo, alcancen entre 400 y 600 mm anuales o en terrenos en que se asegure el abastecimiento de agua; es intolerante, soporta heladas severas y es de gran plasticidad; prefiere suelos limosos, fértiles, profundos, aireados, con menos de 20–30% de arcilla y de pH neutro (6,5 a 7).

En Chile, bajo régimen de riego y tratamientos silviculturales se logra un rendimiento de 320 a 350 m³/ha (volumen comercial), alcanzando incrementos anuales entre 30 y 40 m³/ha (CORMA, 2005).

4.1.2.6 Pino oregón (*Pseudotsuga mensiezii*). Natural de América del Norte y crece a lo largo de la costa del Pacífico, encontrándose desde el nivel del mar hasta los dos mil metros de altitud. Es un árbol de grandes dimensiones, que a los 100 años de edad alcanza hasta 70 m de altura y 70 cm de diámetro a la altura del pecho; tiene un fuste recto, de buena forma, una copa cónica y con ramas que crecen en disposición circular, ligeramente horizontal. La corteza tiene un color grisáceo; en los árboles jóvenes es delgada y suave, con bolsas de resina; en los adultos es áspera y gruesa, con un espesor que puede superar los 10 cm (http://www.la.esferaverde.cl/bo_fdei.htm).

Por su buen crecimiento y las excelentes propiedades de su madera, la especie se ha difundido por el mundo, de tal modo que hoy se encuentran plantaciones comerciales en muchos países de Europa, Nueva Zelanda y Chile, entre otros.

En el país, los mejores sitios están en zonas costeras o precordilleranas (exposición oeste) de las regiones del Bío Bío, de la Araucanía y de Aysén, en donde la mayoría de las condiciones son favorables para su desarrollo, con bastante agua y suelos propicios (Sanhueza, 1998); precipitación media anual superior a 920 mm y en el período vegetativo mayor a 300 mm; para un desarrollo adecuado la humedad relativa mensual debe superar el 50%. En cuanto a temperatura, la especie requiere una media anual no menor a 10,3 °C, con una mínima durante los primeros años de vida del período vegetativo de -4 °C y una mínima absoluta de -25 °C; exposiciones más favorables son la sur y la oeste.

Junto a lo anterior, el suelo debe tener una profundidad de arraigamiento mayor a 60 cm; una textura con arcillas arenosas y limosas, con sustrato areno-riposo. La

estructura debe ser, idealmente, granular a pequeña angular con régimen de intercambio gaseoso bueno (Sanhueza, 1998). Los mejores desarrollos se presentan en suelos bien drenados, con buena capacidad de retención de agua y con un horizonte A profundo.

4.1.2.7 Pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Dougl. Ex Laws.). Éste pertenece a la familia de las Pináceas y presenta el área de distribución más amplia del género *Pinus* en Norteamérica. Se extiende desde el sur de Canadá (51° latitud norte) hasta México (33° latitud norte), desde las mesetas de Nebraska y Oklahoma (99° longitud oeste) a la Costa del Pacífico.

Presenta corteza de color café oscuro a negra y resquebrajada en árboles jóvenes, tornándose color café acanelado a naranja amarillento en árboles más longevos; con la edad la corteza aumenta de espesor y se divide en placas anchas. Su ritmo de crecimiento depende de la altitud, el tipo de suelo, la temperatura y el nivel de precipitación anual. Esta especie alcanza grandes alturas, registrando en su hábitat natural 70 metros, con diámetros a la altura del pecho mayores a 160 cm (Quiroz y Rojas, 2003).

Se encuentra típicamente en climas cálidos y sitios secos, aún cuando también crece en áreas con alta precipitación. El clima se caracteriza por una corta estación de crecimiento y precipitaciones mínimas en verano. Aún cuando es una especie intolerante que se adapta bien a las condiciones de sequía, su establecimiento puede fracasar por la escasez de agua.

Esta especie crece en una amplia variedad de tipos de suelos: morrenas glaciales, arenas, gravillas glaciofluviales, dunas, grava basáltica, coluvios, loes profundos y cenizas volcánicas. Se desarrolla bien en suelos húmedos, profundos, gravillas arenosas y arcillas, con pH entre 6 y 7.

En Chile, las plantaciones se concentran en las regiones de Aysén (95% de la superficie plantada) y de la Araucanía (comuna de Lonquimay). Estas áreas se caracterizan por inviernos rigurosos con gran concentración de precipitación en forma de nieve. Para lograr el establecimiento con condiciones meteorológicas y de accesibilidad adecuadas, la plantación se realiza en dos períodos: antes (15 de abril – 20 de mayo) y después de invierno (15 de agosto – 15 octubre) (Quiroz y Rojas, 2003).

En Lonquimay se observan diámetros medios de 30,32 cm y altura de 13,26 m en rodales de 26 años; en Coyhaique diámetros medios de 21 cm con una altura de 9,41 m en plantaciones de 23 años y diámetros de 11,30 cm con altura de 4,20 m para rodales de 14 años.

4.2 Residuos Forestales

4.2.1 Clasificación

La cosecha de las plantaciones forestales está basada en la extracción de madera rolliza, quedando como residuos sobre el terreno corteza, ramas y hojas (aproximadamente la tercera parte de la biomasa del árbol), material todo que debiera ser retirado por representar un factor de riesgo importante para la propagación de plagas e incendios.

Los residuos forestales se originan en:

- Sitio: son los que quedan en el terreno producto de podas, raleos y cosecha final de las plantaciones;
- Aserrío: aquéllos generados por la industria primaria; y,
- Transformación secundaria: los producidos por la remanufactura.

Los residuos de plantaciones habitualmente son quemados, provocando efectos adversos en el ambiente, en la salud de las personas, en el ecosistema y aumentan el riesgo de incendios. Esto hace necesario considerar la búsqueda de alternativas de aprovechamiento o extracción (Martínez y Becerra, 2004; Afif y Oliveira, 2006; FAO, 2001 y 2005; Castillo, 2004).

Éstos se pueden clasificar de diferentes formas, siendo las más comunes las basadas en sus características físicas, tipo de residuo y en función de las técnicas culturales o actividades de manejo que los producen.

Las características físicas dependen de qué parte del árbol los origina, la tecnología usada y el tipo de producto generado. Los originados por las labores de cosecha se diferencian claramente de los otros residuos y se pueden apreciar en el cuadro 2.

Cuadro 2. Residuos y sus características físicas.

Residuos	Características físicas
Restos de plantaciones: Ramas, corteza, raíces.	Sólido, humedad > 55 %
Restos de aserrío: Corteza, aserrín, astillas.	Polvo, sólido, humedad > 50 %
Restos de mueblería: Aserrín, trozos, astillas.	Polvo sólido, humedad 30-45 %

Fuente: Carballo *et al* (2006).

Según el tipo de material que conforman los residuos, éstos se clasifican en (CONAF, 2006):

- Material pequeño: incluye follaje y acículas; la corteza desprendida y la madera de las copas y ramas de menos de 1,25 cm de diámetro.
- Material mediano: madera de las copas y ramas; diámetros entre 1,25 y 10 cm.
- Material grande: troncos desechados y otras maderas de más de 10 cm de diámetro.

Otros criterios para clasificar estos residuos, considerando las formas en cómo se originan, son: por actividades de manejo y por siniestros naturales o artificiales, ambas incluidas en el cuadro 3.

Cuadro 3. Origen de residuos.

Actividad que los produce	Tipo de bosque o plantación	Residuos que genera
Tratamientos silvícolas: <ul style="list-style-type: none"> - Raleos a desecho. - Desbroces de sotobosque. - Podas. - Cortas de sanidad. 	Estos tratamientos se realizan en bosques y plantaciones, cuyo aprovechamiento principal es la madera.	<ul style="list-style-type: none"> - Árboles de pequeñas dimensiones. $\varnothing < 7$ cm, sin interés comercial - Árboles secos y enfermos. - Ramas de poda. - Biomasa de estrato arbustivo y de especies arbóreas secundarias.
Aprovechamientos madereros: <ul style="list-style-type: none"> - Raleos comerciales. - Cosechas. 	Los raleos comerciales se realizan en los bosques y plantaciones densas. Cortas finales se realizan en todas las plantaciones en edad de cosecha.	<ul style="list-style-type: none"> - Copas (ramas y ápice), troncos delgados. - Copas (ramas y ápice), troncos secos o sin interés. - Tocones.
Incendios, temporales, nevadas y grandes plagas.	Bosques y plantaciones en zonas expuestas a alguno de los fenómenos.	- Árboles quemados, quebrados o secos sin interés comercial.
Cosecha y desbroce de matorrales: <ul style="list-style-type: none"> - Reforestación. - Praderas. 	Especies invasoras (matorrales).	- Biomasa de la parte aérea de la planta.
Otros: <ul style="list-style-type: none"> - Prevención de incendios. - Apertura de caminos, líneas eléctricas, corta fuegos, etc. 	Varios.	Varios.

Fuente: Esteban (2005).

4.2.2 Descripción

En términos de las partes componentes de los residuos generados poscosecha, se presenta la descripción para:

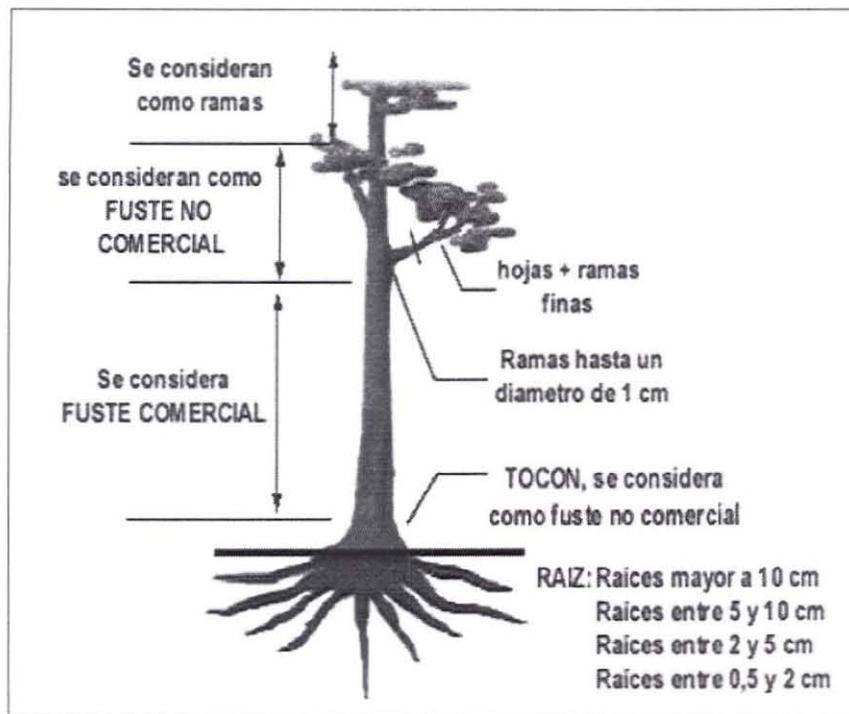
- Corteza: residuo forestal sin interés económico, en la mayoría de las ocasiones debe ser extraído y dejado o esparcido. Para el maderero y la industria forestal, la extracción de madera sin descortezar supone una merma del rendimiento del transporte, al ocupar ésta un porcentaje del volumen de la carga y por tanto aminorar los m³ de madera extraída (Esteban, 2005).
- Ramas: en la mayoría de las ocasiones se dejan *in situ* en su estado original o desintegrado, lo que aumenta el riesgo de incendios y de plagas; dificultan la regeneración y disminuye el valor paisajístico. Para el maderero y la industria forestal, la extracción de estos subproductos carece de interés, puesto que los ingresos obtenidos en su posterior venta, no compensan el incremento de costos ocasionados por extracción y transporte (Esteban, 2004).
- Hojas y acículas: es un residuo que en la actualidad presenta un escaso nivel de utilización, debido entre otras causas al alto impacto ambiental que ocasionaría su aprovechamiento (aumento de la erosión y empobrecimiento del suelo, entre otros) y a la no existencia de la tecnología adecuada para su recolección (Esteban, 2004).

Estos residuos que se acumulan en el sitio después del aprovechamiento ocasionan un importante impacto ambiental. Por un lado, los que quedan en el piso de la plantación aportan ciertos beneficios como reciclaje de nutrientes y protección del suelo contra la erosión. Por otro, su acumulación excesiva puede ocasionar problemas como el mayor riesgo de enfermedades (Vidal, 1995) y trae consigo alteraciones en los ecosistemas por la acumulación de materia orgánica, la que se descompone emitiendo gases contaminantes al medio y si se les quema, conduce a estos mismos efectos (Álvarez, 2004).

Por otro lado, las intervenciones silviculturales y cosechas aumentan la carga de combustible en el suelo y, por lo tanto, incrementan el riesgo de incendio y la intensidad del fuego (Pérez, 2006).

- Tocones: parte del fuste no comercial y que junto con las raíces, constituyen el material residual una vez realizado el volteo, sobre el cual, salvo en raras excepciones, no se realiza ningún tipo de aprovechamiento (Esteban, 2004).

En la figura 1 se presentan en detalle las partes componentes de un árbol y donde se aprecian aquellas que potencialmente pueden corresponder a residuos.



Fuente: Schlegel, Gayoso y Guerra (2000).

Figura 1. Partes componentes de un árbol.

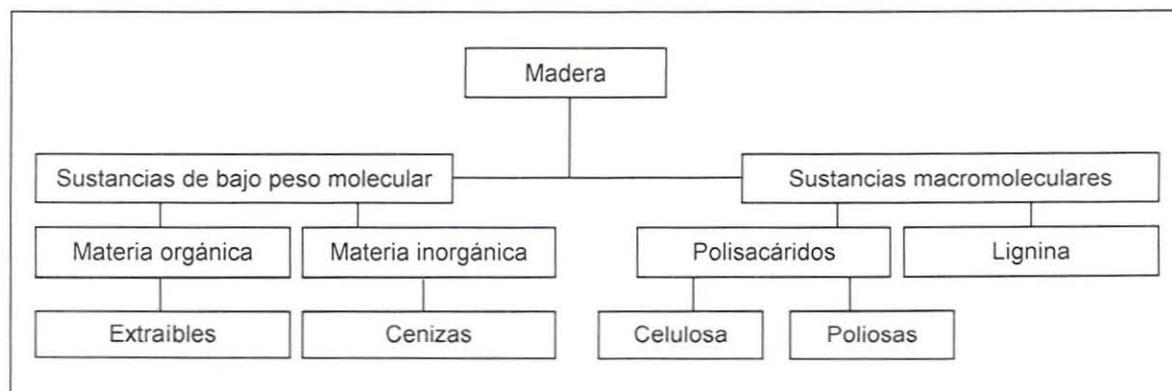
Los valores medios internacionales de la distribución porcentual de un árbol, para varias especies obtenidas por Esteban (2005) son:

- Fuste: 67%, incluye corteza (31,5% en *Pinus pinaster*, 28,6% en *Pinus pinea* y 17,3% en *Pinus sylvestris*).
- Ramas: 16%, incluye ramillas y ramas de diámetro menor a 7,5 cm (restos de tala).
- Hojas: 3%, incluye hojarasca (acumulación de acículas 2 a 4 t/ha-año).
- Tocón: 14%, incluye raíces (restos de corta).

4.2.3 Composición química

Con respecto a las propiedades químicas, éstas basan su real importancia en los contenidos de holocelulosas, lignina y extraíbles (Saavedra, 2004), ya que según las proporciones que presenten va a depender el comportamiento y la calidad de los procesos de transformación química y física del residuo.

4.2.3.1 Madera. Químicamente ésta es una sustancia compleja, la cual está formada esencialmente de celulosa, polisacáridos, lignina y agua. Una separación de los componentes químicos de la pared celular permite visualizar los principales componentes presentes, lo que se muestra en la figura 2.



Fuente: Ruiz (2004)

Figura 2. Componentes químicos de la madera.

Las sustancias de bajo peso molecular tienen una distribución y composición variable en las distintas estructuras morfológicas del árbol. No participan en las funciones mecánicas y estructurales como los compuestos antes mencionados, pero su presencia es fundamental para llevar adelante los diversos procesos metabólicos que dan vida a un árbol (Ruiz, 2004).

Dado que su naturaleza puede ser diversa, una forma simplificada para su clasificación es dividirlas en (Ruiz, 2004):

- Materia orgánica: se les conoce también como extraíbles y entre ellos se encuentran los compuestos aromáticos (fenólicos) como los taninos, flavonoides, terpenos, ácidos alifáticos y alcoholes.
- La materia inorgánica o ceniza: se compone principalmente por iones metálicos tales como potasio, calcio, hierro y magnesio, unidos al ácido silícico y fosfórico. Existen otros compuestos pertenecientes a estos dos grupos, pero por su baja concentración no se hace alusión a ellos.

Como masa alcanzan generalmente el uno por ciento del peso seco del árbol, pero en algunas especies puede ser muy superior, por ejemplo: entre 1,41 y 3,05% en tamarugo (Donoso *et al*, 1989 citado por Ruiz, 2004). Son importantes en la clasificación taxonómica de las especies y también juegan un rol importante en procesos industriales como el de la pulpa y, por lo tanto, también en la transformación química natural como en los aportes de nutrientes del residuo.

En el caso de las sustancias macromoleculares, para ser clasificadas se pueden dividir en (Ruiz, 2004):

- Polisacáridos: en este grupo se encuentra la celulosa y la hemicelulosa o poliosa.
 - Celulosa: es el principal componente de la madera, comprende entre 40–45% de la materia seca de plantas leñosas y se ubica predominantemente en la pared secundaria. Su función es ser el principal componente estructural de la pared celular y por extensión del vegetal.
 - Hemicelulosas o Poliosas: éstas pertenecen a un grupo de polisacáridos heterogéneos que se forman a través de rutas biosintéticas distintas a la de la celulosa. Al igual que la celulosa, la mayoría de ellas cumplen la función de soporte en la pared celular (Sjöström, 1993 citado por Ruiz, 2004). Además, conforman entre el 22 y el 26% del peso de la madera.
- Lignina: normalmente los contenidos de lignina varían entre 20 y 40% del peso seco en las plantas leñosas; su ubicación tampoco es uniforme en la pared celular y en las diferentes partes del árbol.

La proporción de estos componentes varía con la especie, entre árboles de la misma especie y en diferentes partes del propio árbol (Del Río, 2005). Es importante señalar que el contenido de estos componentes influye en la velocidad de degradación del residuo: la lignina dificulta el ataque por los microorganismos y con ello desacelera su degradación; la hemicelulosa obstaculiza la destrucción microbiana; y, la celulosa, está compuesta de largas cadenas de moléculas, unidas de tal modo que es difícil el ataque aún con sustancias ácidas (Mirabelli, 1994). Además, la dificultad que opone la lignina para la descomposición de la celulosa y hemicelulosa es, principalmente, de tipo físico ya que obstaculiza el acceso de las enzimas que atacan a estas últimas (Mirabelli, 1994).

Tales interacciones deben ser consideradas al momento de definir cómo usar los residuos, ya que la proporción de celulosa, hemicelulosa, lignina y taninos (entre otros) afectará la reacción a tratamientos físicos y químicos.

Marcos y Núñez (2006) presentan información respecto a la composición elemental de la madera, la que se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4. Contenido químico elemental de la madera.

Contenido de Biomasa (%)	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	Azufre	Cenizas
Coníferas	52,9	6,3	39,7	0,1	0	1,0
Latifoliadas	50,8	6,4	41,0	0,4	0	0,9

Fuente: Marcos y Núñez (2006).

4.2.3.2 Corteza. La composición química de la corteza es compleja, varía para diferentes especies y depende, además, de los elementos morfológicos. Aunque en diferente proporción, la corteza posee los mismos constituyentes que la madera (Álvarez, 2004). En el cuadro 5 se detalla el contenido químico elemental de la corteza.

Cuadro 5. Contenido químico elemental de la corteza.

Contenido de Biomasa (%)	Hidrógeno	Carbono	Nitrógeno	Oxígeno	Azufre	Cenizas
Coníferas	5,9	53,1	0,2	39,7	0	1,0
Latifoliadas	6,0	51,2	0,4	37,9	0	2,3

Fuente: Marcos y Núñez (2006).

La fracción fibrosa de la corteza es químicamente similar a las fibras de madera y consiste en polisacáridos (celulosa y hemicelulosas) y lignina (Álvarez, 2004).

- Polisacáridos: predomina la celulosa, que se encuentra en más de un 30%. Las hemicelulosas están contenidas en la corteza en menor cantidad que en la madera (4 – 15%), además de otros polisacáridos como almidón (0 – 6%) y sustancias pectínicas.
- Lignina: su contenido oscila entre 15 – 30% para corteza libre de extraíbles, en coníferas.

Otras sustancias son los extraíbles, los que se dividen en hidrofílicos y lipofílicos, aunque no existe una barrera distintiva entre ellos. El contenido de éstos es mayor que en la madera y representan entre 20 – 40% de masa seca.

La fracción lipofílica está constituida por sustancias como grasas, ceras, terpenos, terpenoides y alcoholes alifáticos superiores, los que son solubles en disolventes apolares (éter etílico y diclorometano, entre otros).

La fracción hidrofílica está constituida por sustancias extraíbles en agua o por disolventes orgánicos (acetona y alcohol etílico, entre otros) y contiene gran

cantidad de constituyentes fenólicos. Muchos de ellos, especialmente los taninos condensados, sólo pueden ser extraídos como sales con soluciones diluidas de álcalis. Los flavonoides monoméricos como quercetina e hidroquercetina también están presentes en la corteza. En menor cantidad se encuentran carbohidratos solubles, proteínas y vitaminas, entre otros (Álvarez, 2004).

Los minerales, expresados como cenizas, alcanzan hasta un 5%; en el caso de corteza de pino, este valor se encuentra entre 1,4 y 2%. Los metales se presentan como sales que incluyen oxalatos, fosfatos y silicatos, entre otros; algunos de ellos están enlazados a los grupos carboxilos de los ácidos y predominan calcio y potasio. También contiene trazas de otros elementos como boro, cobre y manganeso (Sjöstrom, 1981 citado por Álvarez, 2004).

4.2.3.3 Follaje. Grandes volúmenes del follaje son considerados residuos; contiene una gama de sustancias significativamente complejas y ricas en componentes con actividad biológica, que podrían ser utilizados en la obtención de productos para la medicina y la alimentación (Cordero y Orea, 1999).

La composición química del follaje varía en dependencia de diferentes factores como la especie, la época del año, las condiciones de crecimiento, los factores edafoclimáticos, los tratamientos silviculturales y el sitio; incluso durante las horas del día, la que está relacionada con la actividad fotosintética, máxima en momentos de mayor iluminación y respiración (Polis, 1986 citado por Cordero y Orea, 1999). Todo ello facilita los procesos de formación y degradación de las sustancias biológicamente activas en las plantas (Taiz, 1998 citado por Cordero y Orea, 1999).

Las sustancias químicas contenidas en el follaje se pueden dividir en proteínas, carbohidratos, lípidos, compuestos fenólicos, vitaminas y sustancias minerales (Cordero y Orea, 1999). En el caso de las vitaminas, es importante destacar, que éstas determinan gran parte de su actividad biológica y la de los productos que se obtienen de él, dentro de las que se encuentran las vitaminas E, K, C, B₁, B₂ y B₆, entre otras. Los contenidos de las vitaminas presentes en el follaje varían entre géneros y especies.

Las cantidades de cenizas contenidas en las hojas son mayores que en la madera. Muchos de estos minerales se encuentran combinados con compuestos orgánicos como sales de oxalatos, fosfatos y silicatos, entre otros, desempeñando un papel fisiológico en las plantas. Varían con la especie y en árboles de una misma especie, con la edad, fertilidad del suelo y la parte del árbol que se estudie. Es común encontrar diferencias en los contenidos de minerales en las coníferas y las latifoliadas (Carballo, 1990 citado por Cordero y Orea, 1999).

4.2.4 Descripción física

El peso específico, relación masa/volumen, no es siempre el mismo, dependiendo del contenido de agua de la madera. Su importancia radica en que tiene relación directa con cada una de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la madera (Díaz-Vaz, 1981 citado por Saavedra, 2004).

La densidad, por lo general, entrega una buena indicación de la resistencia, dureza y durabilidad de la madera. Por ejemplo: un aumento de un 50% en el peso específico, incrementa la resistencia en un 250%.

En una muestra de madera el peso específico estará determinado principalmente por: cantidad de madera de primavera y verano; tamaño de las fibras; grosor de la pared celular y por el contenido de extraíbles. También, en especies de un mismo género, varía por numerosos factores que se pueden clasificar en tres grupos: sitio (clima y suelo), silvicultura y genética.

El peso específico de coníferas para diferentes categorías de diámetros de residuos se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. Peso específico de partículas de especies de coníferas.

Categorías de diámetro (cm)	Peso específico (ton/m ³)
0 – 0,5	0,48
0,6 – 2,5	0,48
2,6 – 7,5	0,40
> 7,5 (sanas)	0,40
> 7,5 (podridas)	0,30

Fuente Julio (2001) citado por Pérez (2006).

Por otra parte, conviene mencionar que el contenido de humedad influye sobre las propiedades físicas y químicas de la madera, factor a considerar especialmente cuando ésta se someta a procesos de transformación; además, altera el poder calorífico en la combustión de las especies forestales (Reina, 2000).

4.2.5 Descripción energética

El contenido energético de un material o sustancia se mide en función del poder calorífico que posee, el cual corresponde al contenido calórico por unidad de masa, es decir, es el parámetro que determina la energía disponible. Este concepto es una de las variables más importantes para estudiar el

comportamiento energético de los biocombustibles sólidos de origen forestal y de cualquier combustible en general (Marcos *et al*, 2006).

En tal sentido, es relevante mencionar las principales propiedades de los residuos que condicionan su comportamiento energético: forma, tamaño, humedad, densidad, composición química y poder calorífico (Marcos *et al*, 2006).

El poder calorífico de la madera está relacionado directamente con su contenido de humedad: mayor humedad menor poder calorífico, lo que se debe a que parte del calor generado en la combustión es utilizado para evaporar el agua. El cuadro 7 muestra la influencia de la humedad sobre la temperatura de combustión y el poder calorífico de la madera.

Cuadro 7. Relación contenido de humedad y poder calorífico en la madera.

Humedad (%)	Temperatura de combustión (°C)	Consumo relativo (%)	Poder calorífico (kcal/kg)
0	1.200	0,77	4.200
10	1.150	0,87	3.800
20	1.100	1,00	3.400
30	1.040	1,32	3.100
40	960	1,67	2.800
50	870	2,20	2.600

Fuente: Reina (2000).

En esta propiedad energética, es importante considerar la composición química para determinar el comportamiento energético de los residuos, ya que influyen en el poder calorífico, en las características químicas de las cenizas y gases de la combustión (Marcos *et al*, 2006).

El poder calorífico de la madera, a igualdad del contenido de agua, aumenta con la proporción de lignina. La lignina, rica en carbono (65%), tiene un poder calorífico superior de 6.000 kcal/kg; en la celulosa, con menos proporción de carbono (44%), éste es de 4.150 kcal/kg. Así, las maderas de coníferas, muy lignificadas, tienen mayor poder calorífico que las de latifoliadas, que son pobres en lignina (Reina, 2000).

4.2.6 Producción

Con respecto a la cuantificación de la biomasa residual forestal disponible en el país, no existe información acabada, sólo algunos trabajos aislados para algunas

especies y áreas geográficas. En el cuadro 8 se indica una aproximación de la cantidad disponible de residuos forestales y uso actual en Chile.

Cuadro 8. Biomasa residual disponible y uso actual en Chile.

Tipo de Biomasa	Volumen anual (Millones de toneladas)	Uso Actual
Residuos de la industria forestal	2,5	Co-generación, Secado
Leña	8	Calefacción
Carbón	0,24	Calefacción
Residuos de cosecha forestal	No cuantificado	Sin uso (descomposición <i>in situ</i>)

Fuente: Troncoso (2005) citado por Vacarezza (2005).

Si bien no se cuenta con datos de cuantificación de residuos para la mayoría de las especies en el país, se conocen los factores que afectan la producción de las plantaciones y, por lo tanto, la cantidad de residuos generados por las cortas.

El sitio y los esquemas de manejo influyen en la cantidad de residuos: esquemas más intensivos tienden a dejar menos desechos, ya que existe aprovechamiento de una mayor proporción de biomasa. Además, la disponibilidad de material productivo en una plantación, varía en función de normas ambientales, limitaciones técnicas y económicas.

4.2.7 Caracterización por especie

4.2.7.1 Atriplex (*Atriplex spp.*). Ésta muestra un gran potencial a nivel mundial en la rehabilitación de terrenos áridos degradados, la producción de forraje y combustible, importantes recursos para las zonas áridas.

La evaluación nutritiva de especies arbustivas del género *Atriplex*, en el secano costero de clima mediterráneo árido de Chile, indica que la principal utilidad de estos arbustos consiste en su aporte proteínico en los meses en que las cabras y las ovejas más lo requieren. En relación al contenido de nutrientes, destacan *A. cinerea* y *A. nummularia* con más de 129% de proteína bruta. A medida que se acerca la primavera, esta situación se revierte y *A. repanda* junto con *A. glauca* y *A. rhagodioides* pasan a ser la más ricas en proteína (> 26%), manifestando la primera una variación anual de 78%, mientras que en *A. nummularia* este aumento es sólo 22% (Lailhacar *et al*, 1993).

Por otra parte, los niveles de cenizas son relativamente bajos para las especies *A. repanda* y *A. canescens* (< 20%); altos para *A. acanthocarpa*, *A. halimus*, *A. deserticola* y *A. cinerea* (> 25%); e intermedios para *A. nummularia* (Lailhacar *et al*, 1993).

El carbón de *Atriplex nummularia* es de muy buena calidad, presenta un rendimiento del 25%, ya que la densidad de su leña es bastante elevada. Su follaje presenta entre 52 – 67% de digestibilidad y 14% de proteína cruda (FAO, 1993).

Atriplex repanda es considerada a nivel mundial como probablemente la mejor especie del género, en términos de preferencia animal o palatabilidad y valor alimenticio, debido al hecho que presenta pocos minerales y alto porcentaje de fibra. Los valores nutritivos son elevados: el contenido es de 18 – 20% en hojas, 11 – 12% en ramas y 9% en semillas. El promedio de fibra cruda es de 23% (FAO, 1993b).

4.2.7.2 Acacia azul (*Acacia saligna*). Es una especie leguminosa que presenta un contenido de proteína cruda de 13,4%, incluyendo hojas, brotes, tallos delgados y gruesos, con una digestibilidad de 42,7%. Estos valores pueden ser considerados altos si se compara con el contenido de proteína de pradera natural, en el período de verano (Gómez, 2004).

Las hojas y brotes de acacia poseen valores de 16,8 y 19,9% de proteína cruda y una digestibilidad de 46,4 y 60,7%, respectivamente. En condiciones de pastoreo, los animales tienen la posibilidad de seleccionar las dietas, lo que permite mejorar el consumo de proteína y energía (Gómez, 2004). Así mismo, Jordán (1996) plantea que la bondad de esta leguminosa como forrajera consiste en que provee de nitrógeno a las empastadas y que sus hojas, ramas y vainas constituyen un suplemento nutritivo y alternativo durante la estación de sequía.

4.2.7.3 Eucalipto (*Eucalyptus globulus*). En general, en esta especie, la corteza destaca por su alto contenido de cenizas y extraíbles, acompañado de un reducido contenido en celulosa (Clustermadera, 2001). En el cuadro 9 se muestra la variación de composición química que se puede presentar a una edad entre 11 y 14 años.

Cuadro 9. Variación de la composición química en eucalipto (%).

Fracción química	Tronco	Corteza	Copa*	Ramas**
Celulosa	52,8 ± 2,0	53,1 ± 2,7	53,6 ± 1,5	40,1 ± 1,3
Hemicelulosas	16,0 ± 2,0	12,0 ± 4,2	17,5 ± 1,2	17,8 ± 1,9
Lignina	19,3 ± 0,7	18,8 ± 1,9	19,4 ± 0,9	21,5 ± 0,9
Extractos	4,9 ± 1,0	12,0 ± 3,5	3,7 ± 0,6	18,5 ± 2,4
Cenizas	0,54 ± 0,09	3,37 ± 0,64	1,41 ± 0,57	2,97 ± 0,40

*Copa: madera cuyo tronco no supera 6 cm de diámetro (incluida la corteza).

**Ramas: incluida la corteza.

Fuente: Clustermadera (2001).

En cuanto a las propiedades físicas, la densidad básica varía con la edad, 533 kg/m³ a los ocho años y de 561 a los 19, mejorando el poder calorífico y resistencia física (Barahona, 2005).

La distribución de las diferentes partes morfológicas que conforman a los individuos de esta especie se detalla en el cuadro 10. A medida que aumenta la edad del árbol, aumenta la proporción de fuste y disminuye la de ramas y follaje.

Cuadro 10. Distribución de biomasa en eucalipto.

Tipo de Biomasa	Biomasa (%)	Desviación Estándar
Fuste	57,6	16,91
Fuste comercial	36,97	29,06
Fuste no comercial	20,63	20,31
Ramas	14,45	7,67
Hojas	14,51	10,93
Corteza	13,44	3,29
TOTAL	100%	
Raíces	21,59% Respecto de la biomasa aérea	

Fuente: Gayoso, Guerra y Alarcón (2002); CORMA (2003).

Según los datos del cuadro 10, se deduce que el total de residuos generados de la parte aérea corresponde al total de la biomasa generada menos el fuste comercial (63% del árbol); se debe observar que el fuste no comercial incluye el tocón. En el cuadro 11, se presenta una estimación de los residuos que se pueden generar después de la cosecha de un rodal de 11 años.

Cuadro 11. Estimación de residuos poscosecha en un rodal de eucalipto de 11 años de edad.

Residuo	Porcentaje (%)	Volumen (ton/ha)
Fuste	2-5	2,9
Ramas	12-15	17,4
Corteza	11-12	15,95
Total		36,25

Fuente: Campino (2006).

En este caso, el porcentaje de residuos es significativamente menor que en el anterior, básicamente porque no considera follaje ni tocón.

Considerando el total que se indica en el cuadro 11 y una tasa de corta anual de 34.000 ha (Campino, 2006), desde una perspectiva de reutilización, habría una disponibilidad de aproximadamente 1,25 millones de ton/año de residuos de eucalipto al año. No obstante esta cifra y de acuerdo a los registros del SAQ, se han afectado 2.322 ha con residuos de este tipo, equivalente a 84.163 ton.

4.2.7.4 Pino insigne (*Pinus radiata*). Según Clustermadera (2001), la composición química de la madera de esta especie, en términos porcentuales, es: celulosa entre un 42 y 50; hemicelulosas entre 24 y 27; y lignina un 20. De igual modo, en corteza es: celulosa 26,1; hemicelulosas 20,4; lignina 32; cenizas 5,6 y extraíbles solubles 15,9 (Montes y Montes, 2002).

La corteza cruda, por análisis de cenizas, presenta una composición variable de metales: Fe 0,25%; Al 0,41%; Mn 0,03% (Montes y Montes, 2002).

El contenido de proteínas en el follaje de una especie permite determinar su potencial uso como alimento para animales. En este sentido, el cuadro 12 muestra una referencia para acículas provenientes de rodales de dos edades distintas.

Cuadro 12. Nitrógeno y Proteínas en acículas de pino insigne de 4 y 12 años.

Edad	Nitrógeno (%)	Proteína cruda (%)
4	1,20	7,48
12	1,20	7,53

Fuente: Lartiga (1984).

En análisis de las fracciones proteicas, presenta Albuminas (26,64%), Globulinas (1,20%) y Glubelinas (11,62%) (Lartiga, 1984).

En términos de elementos nutritivos, en el cuadro 13 se indican los encontrados para esta especie y su distribución a través de las partes componentes del árbol.

Cuadro 13. Cantidad de elementos nutritivos en partes componentes de un individuo de pino insigne (%).

Elemento	Madera	Corteza	Ramas	Ramillas	Acículas	Ramas Secas	Conos	Copa
Nitrógeno	29,4	9,9	2,7	9,7	41,9	2,7	3,7	60,7
Fósforo	22,4	7,9	3,3	15,6	40,0	1,7	9,1	69,7
Potasio	33,9	13,9	4,1	14,2	30,0	1,7	2,2	52,2
Calcio	39,3	16,0	3,3	14,8	17,2	9,0	0,4	44,7
Magnesio	39,5	13,4	4,3	12,3	20,8	6,0	3,7	47,1
Boro	48,2	15,2	3,0	11,1	14,6	4,7	3,2	36,6

Fuente: Rodríguez (1989).

El contenido de elementos nutritivos en el suelo está directamente relacionado con la biomasa acumulada, mientras que el efecto del material de origen es variable, dependiendo del elemento (Rodríguez, 1989). En sitios muy restrictivos el contenido de los diferentes componentes químicos en pino insigne por tipo de residuo, disminuye considerablemente. Esta tendencia es generalizada para las diferentes especies forestales, tanto coníferas como latifoliadas. En el cuadro 14 se entrega una referencia de la distribución de biomasa en individuos de 2 a 23 años.

Cuadro 14. Distribución de la biomasa en pino insigne de 2 a 23 años.

Tipo de Biomasa	Biomasa (%)	Desviación Estándar
Fuste	60,61	21,03
Fuste comercial	49,68	32,12
Fuste no comercial	10,93	13,78
Ramas	14,60	13,19
Hojas	14,13	11,37
Corteza	9,61	2,63
Conos	1,05	1,53
Raíces	25,43% Respecto de la Biomasa Aérea	

Fuente: Gayoso, Guerra y Alarcón (2002); CORMA (2003).

Del cuadro 14, se deduce que el total de residuos generados de la parte aérea corresponde al 50,32% del árbol.

Las características particulares de los distintos tipos de suelo influyen en la participación relativa promedio de los componentes al interior de cada grupo. Rodríguez (1989) estudió la participación relativa de los componentes del vuelo en la biomasa total para cuatro grupos de suelo (cuadro 15).

Cuadro 15. Participación de los componentes del vuelo en la biomasa total para cuatro grupos de suelo (%).

Suelo	Fuste	Corteza	Ramas	Ramillas	Acículas	Ramas secas	Conos	Copa
Granito	73,4	7,0	3,0	5,7	5,1	3,6	2,2	19,6
Metamórfico	75,4	7,0	2,5	4,8	4,2	3,8	2,3	17,6
Arenas	64,2	6,3	4,8	9,0	8,0	4,8	2,9	29,5
Ceniza volcánica	77,1	7,0	2,2	4,2	3,7	3,6	2,2	15,9
General	74,0	6,9	2,8	5,4	4,8	3,8	2,3	19,1

Fuente: Rodríguez (1989).

Respecto a la participación de los diferentes componentes en que se ha segregado la biomasa, a partir del cuadro 15, se puede señalar que en promedio la madera y la corteza del fuste contribuyen con cerca del 81% del peso total, mientras que la copa lo hace con el 19% restante (Rodríguez, 1989).

En arenales la copa contribuye con el 29,5% del peso, mientras que el fuste lo hace con el 70,5%. Las ramas, ramillas y acículas prácticamente doblan la participación que estos mismos componentes tienen en los rodales que crecen en otros sustratos. Sin embargo, la participación de los conos es sólo algo superior y no supera el 3%. En general se puede señalar que con excepción de los rodales que crecen en arenales, la participación de los distintos componentes es bastante semejante en los restantes (Rodríguez, 1989).

Se deduce además, que la participación relativa de la madera del fuste aumenta con la calidad del sitio mientras que la contribución de la copa y sus componentes, disminuyen con el aumento del índice de productividad; lo que también se observa en la producción de biomasa descrita en el cuadro 16 (Rodríguez, 1989).

Cuadro 16. Producción de biomasa por componente para diferentes grupos de suelo.

Componente	Biomasa por grupo de suelo (t/ha)			
	Granítico	Metamórfico	Arenales	Cenizas volcánicas
Madera	212,2	170,4	170,0	176,1
Corteza	20,0	16,6	16,4	16,5
Ramas	3,9	6,3	9,7	6,2
Ramillas	7,5	13,2	18,5	11,8
Acículas	6,6	11,6	16,3	10,4
Ramas secas	6,4	7,3	12,7	9,0
Conos	3,8	4,4	7,7	5,5
Total vuelo	260,4	230,4	251,3	235,5
Mantillo	19,2	13,2	17,2	39,2
Total	279,6	243,6	268,5	274,7

Fuente: Rodríguez (1989).

Los distintos esquemas de manejo aplicados en plantaciones forestales implican diferente proporción de biomasa total y componentes de la biomasa extraída del bosque y, por ende, los desechos dejados por cada uno de estos esquemas será diferente. Rodríguez (1989) determinó la productividad y la cantidad de biomasa extraída para diferentes alternativas de manejo en cuatro grupos de suelos, de la diferencia entre dicha información se deducen los residuos descritos en el cuadro 17.

En último término, como referencia y de acuerdo a Campino (2006), de pino insigne se producen residuos de cosecha del orden de 27,2 ton/ha y si se considera una tasa de corta anual de 70.000 ha, es posible contar con una producción de residuos (sin considerar las hojas) de 1.904.000 ton/año.

Para esta especie el registro del SAQ, por concepto de residuos poscosecha eliminados por el fuego, muestra una superficie afecta de 14.850 ha equivalentes, según datos indicados, a 403.908 ton de material quemado.

Cuadro 17. Residuos del vuelo y mantillo por alternativa de explotación en distintos grupos de suelo.

Alternativa	Componente	Biomasa residual (t/ha)			
		Granítico	Metamórfico	Arenales	Cenizas volcánicas
Conservadora	Madera	21,2	17	17	25,6
	Corteza	2,0	1,7	1,6	2,5
	Ramas	3,9	6,3	9,7	6,2
	Ramillas	7,5	13,2	18,5	11,8
	Acículas	6,6	11,6	16,3	10,4
	Ramas secas	6,4	7,3	12,7	9,0
	Conos	3,8	4,4	7,7	5,5
	Mantillo	19,2	13,2	17,2	39,2
	Total	70,6	75,3	100,7	101,4
%	25,25	30,91	37,50	36,91	
Tradicional	Madera	10,6	8,5	8,5	8,8
	Corteza	1,0	0,8	0,8	0,8
	Ramas	0,7	0,6	1,7	1,1
	Ramillas	0,7	1,2	1,7	1,1
	Acículas	0,5	0,9	1,3	0,8
	Ramas secas	0,6	0,7	1,3	0,9
	Conos	2,3	2,6	4,6	3,3
	Mantillo	1,5	1,1	1,4	3,1
	Total	17,9	17,0	21,3	20,7
%	6,40	6,98	7,93	7,54	
Intensiva	Madera	10,6	8,5	8,5	8,8
	Corteza	1,0	0,8	0,8	0,8
	Ramas	0,4	0,1	1,0	0,6
	Ramillas	1,5	2,6	4,5	2,4
	Acículas	1,6	2,9	4,1	2,6
	Ramas secas	0,6	0,7	1,3	0,9
	Conos	1,9	2,2	3,9	2,7
	Mantillo	19,2	13,2	17,2	39,2
	Total	36,8	31,6	40,5	58,8
%	13,16	12,97	15,08	21,11	

Fuente: elaborado a partir de Rodríguez (1989).

4.2.7.5 Álamo (*Populus spp*). En Chile destacan los híbridos de *Populus x euramericana*, I-63/51 (Rolando), el I-214 y el I-488. El más importante en términos de existencias volumétricas es el *Populus x euramericana* I-214 (CORMA, 2005), cuya principal característica maderera es su fácil trabajabilidad. Como composición elemental porcentual, ésta presenta: carbono 49,2; hidrógeno 6,3; azufre 0,02; oxígeno 44,13; y, nitrógeno 0,33 (Marcos *et al*, 2006).

La composición química de las cenizas de *Populus* en términos generales, sin precisar de qué especie o de cuál clon se trata, es la que se presenta en el cuadro 18.

Cuadro 18. Composición química de las cenizas de *Populus spp*.

Compuesto	%	Compuesto	%
Óxido potásico (K ₂ O)	49,2	Óxido sódico (Na ₂ O ₃)	1,6
Óxido magnésico (MgO)	13,7	Óxido férrico (Fe ₂ O ₃)	1,1
Óxido cálcico (CaO)	23,7	Óxido de manganeso (Mn ₂ O ₃)	1,4
Óxido de fósforo (P ₂ O ₅)	4,1	Óxido sulfuroso SO ₂	2,0
Óxido sulfuroso (SO ₃)	3,1		

Fuente: Marcos *et al* (2006).

Las cenizas de *Populus* pueden ser usadas como abono debido a su contenido de K₂O, CaO y P₂O₅. Cuanto mayor sea el contenido en estos tres compuestos mejores serán las cenizas como abono (Marcos *et al*, 2006).

Datos de laboratorio han entregado para plantaciones de I-214 valores de densidad comprendidos entre 0,3533 y 0,4639 kg/dm³, con un valor medio de 0,393 (Marcos *et al*, 2006).

El poder calorífico, obtenido en ensayos en el laboratorio de combustión y combustibles de la ETSI de Montes de Madrid, varía en el rango comprendido entre 4.500 y 4.700 Kcal/kg, siendo el valor medio de 4.618. El valor esperado para I-214, teniendo en cuenta su composición química, es de 4.521 Kcal/kg (Marcos *et al*, 2006).

4.2.7.6 Pino oregón (*Pseudotsuga mensiezii*). Las características de los residuos de cosecha de esta especie, son muy similares a las de las coníferas en general; algunos valores particulares se describen en los cuadros 19 y 20.

Cuadro 19. Composición física y química de la madera de pino oregón.

Característica	Unidad	Valores
Densidad	kg/m ³	330
Longitud de la fibra	mm	1,0
Diámetro de la fibra	μ	53
Espesor de pared	μ	3,03
Lignina	% bms	27,7
Holocelulosa	% bms	84,8
Extraíbles	% bms	7,6

Fuente: Quiroz y Rojas (2003).

Cuadro 20. Distribución de biomasa en pino oregón.

Componente	Promedio (%)	Desviación estándar
Fuste	46,21	22,35
Fuste comercial	27,41	32,86
Fuste no comercial	18,79	16,65
Ramas	25,46	12,23
Hojas	19,96	11,81
Corteza	8,38	7,66

Fuente: Gayoso, Guerra y Alarcón (2002).

4.2.7.7 Pino ponderosa (*Pinus ponderosa*). Esta especie posee características similares a las coníferas precedentes y a todas en general. En el cuadro 21 se presenta la composición química que caracteriza a la especie.

Además, como todo árbol posee una distribución determinada de los elementos que conforman su morfología, la que corresponde para esta especie se presenta en el cuadro 22.

Cuadro 21. Composición química de madera de pino ponderosa proveniente de dos rodales.

Compuesto	Resultados de Jovanovski <i>et al.</i> (1998)	Resultado de Fengel y Grosser (1975)
Holocelulosa (% bmsle)	71,6	66,3 – 69,9
Lignina (% bmsle)	17,7	22,8 – 26,7
Etanol-Tolueno (% bms)	2,5	–
Soda 1% (% bms)	13,2	–
Cenizas (% bms)	0,19	0,20 – 0,46
Agua fría (% bms)	2,3	1,0 – 4,1
Agua caliente (% bms)	3,7	4,3 – 6,2
Ácidos volátiles (% bms)	0,028	–
Valor pH	4,8	–

Fuente: Quiroz y Rojas (2003).

Cuadro 22. Distribución de biomasa en pino ponderosa.

Componente	Promedio (%)	Desviación estándar
Fuste	40,27	15,41
Fuste comercial	12,88	22,03
Fuste no comercial	27,39	19,81
Ramas	24,54	9,47
Hojas	28,44	13,36
Corteza	6,69	6,15
Conos	0,06	0,19

Fuente: Gayoso, Guerra y Alarcón (2002).

5. CULTIVOS Y RESIDUOS AGRÍCOLAS

Los cultivos agrícolas están constituidos por especies vegetales establecidas por el ser humano, cuyo objeto es obtener alimento para él y sus animales (granos, verduras y forraje, entre otros). Generalmente, son cultivos anuales aunque también existen bianuales, existiendo algunos específicos con uso textil (algodón) o energético (producción de combustibles); pero los de uso alimentario son los más extensos y conocidos.

Existen diversos tipos de estos cultivos, cada uno incluye varias especies con características, usos y requerimientos particulares. Además, cumplen un importante rol en términos de una participación significativa en el desarrollo socioeconómico del país.

5.1 Cultivos Agrícolas

5.1.1 Cuantificación

Dada la variedad y cantidad de cultivos en el país, hacen prever un gran potencial en la producción de residuos de la cosecha de éstos, especialmente al considerar la utilidad que habría si se aprovechan como alimento para animales.

Los cultivos agrícolas en Chile ocupan una superficie importante. La clasificación de ellos y las superficies que ocupan se presentan en el cuadro 23.

Cuadro 23. Superficie regional por tipo de cultivo.

Región	Superficie por tipo de Cultivo (ha)								
	Cereales	Leguminosas y tubérculos	Cultivos industriales	Hortalizas	Frutales	Viñas y parronales vitivinícola	Flores	Forrajeras	Total
de Atacama	260,20	287,3	316,60	1.651,95	13.586,00	723,00	27,63	2.271,03	19.123,71
de Coquimbo	3.058,20	3.552,00	401,40	11.398,54	31.740,13	12.226,66	474,83	82.749,06	145.600,82
de Valparaíso	4.188,10	2.861,82	814,80	10.190,76	52.898,44	7.232,90	838,93	25.257,70	104.283,45
de O'Higgins	57.796,30	3.607,70	5.283,30	13.086,28	77.967,35	35.528,30	116,79	16.814,45	210.200,47
del Maule	73.718,78	10.083,94	11.531,70	11.707,76	54.749,34	45.514,26	35,78	45.629,73	252.971,29
del Bio Bio	113.028,86	13.835,28	19.773,46	9.378,25	12.773,80	15.613,47	71,09	75.054,55	259.528,76
de La Araucanía	169.606,58	15.373,50	26.852,10	4.526,23	12.373,75	30,80	85,36	89.646,34	318.494,66
de Los Ríos	21.671,80	3.995,20	2.265,20	1.727,50	5.034,30	0,00	134,38	66.030,30	100.858,68
de Los Lagos	19.606,10	11.196,30	2.331,40	2.274,01	7.474,60	8,00	193,50	67.996,68	111.080,59

Región	Superficie por tipo de Cultivo (ha)								
	Cereales	Leguminosas y tubérculos	Cultivos industriales	Hortalizas	Frutales	Viñas y parronales vitivinícola	Flores	Forrajeras	Total
de Aysén	448,85	188,48	4,60	155,44	280,23	0,00	5,20	16.526,97	17.609,77
de Magallanes y Antártica	15,00	133,02	0,00	83,97	8,84	0,00	4,70	6.503,45	6.748,98
Metropolitana	15.857,70	5.672,60	592,60	24.989,16	53.018,65	12.064,31	164,58	21.201,60	133.561,2
Total país*	480.832,73	70.909,16	70.167,41	95.194,24	324.278,96	128.992,56	2.193,19	518.502,13	1.691.070,38

* Considera todas las regiones, incluidas las tres regiones no consideradas en este estudio.

Fuente: elaborado a partir de los datos del VII Censo Agrícola y Forestal, INE (2007).

De 1.691.070,38 ha destinadas a diferentes cultivos agrícolas en el país, las regiones con mayor participación en superficie son las de La Araucanía (18,8%), del Bío Bío (15,3%), del Maule (15%) y de O'Higgins (12,4%).

Por otro lado, al analizar la participación de cada tipo de cultivo a nivel nacional, se encuentra un 30,7% de la superficie destinada a producción de forraje; si bien es la mayor, este cultivo no es descrito en este documento, ya que por el uso que posee no presenta la característica de generar residuos que se eliminen con fuego. Le siguen en importancia los cereales con un 28,4% y los frutales con un 19,2. Cabe destacar que si se suma a los frutales el 7,6% de los terrenos ocupados por viñas y parronales vitivinícolas, se podría decir que el 26,8% corresponde a frutales.

Dentro de los cultivos de cereales, el trigo y el maíz son los principales, representando entre ambos el 50% de la superficie ocupada por cereales, leguminosas y tubérculos. Así mismo, lupino es la leguminosa más sembrada y, de los tubérculos, la papa.

El cuadro 24 muestra los principales cultivos de cereales, leguminosas, tubérculos, hortalizas y cultivos industriales a nivel nacional. Dado que las especies son numerosas, la distribución regional se presenta en los anexos tres y cuatro.

Cuadro 24. Superficie principales cultivos del país.

Cultivo	Superficie	
	ha	%
Trigo blanco	219.763,1	30,6
Maíz (grano seco)	103.435,4	14,4
Avena (grano seco)	81.752,2	11,4
Papa	53.779,5	7,6
Arroz (con cáscara)	22.746,1	3,2
Triticale (grano seco)	19.924,0	2,8
Cebada cervecera	12.016,4	1,7
Trigo candeal	10.617,2	1,5

Cultivo	Superficie	
	ha	%
Choclo	10.551,2	1,5
Poroto consumo interno	9.671,6	1,3
Lupino dulce (grano seco)	7.487,6	1,0
Lupino amargo	7.448,0	1,0
Tomate industrial	7.277,8	1,0
Cebada forrajera (grano seco)	6.483,4	0,9
Tomate consumo fresco	6.352,1	0,9
Lupino australiano	5.717,4	0,8
Garbanzo	3.010,2	0,4
Poroto verde	2.951,7	0,4
Poroto granado	2.805,0	0,4
Otros cultivos	123.313,4	17,2
Total país	717.103,2	100,0

Fuente: elaborado a partir de los datos del VII Censo Agrícola y Forestal (INE, 2007).

Otro de los rubros importantes en producción agrícola nacional es el frutícola. Debido a la variedad de climas que presenta el país, se cultiva una gran variedad de especies frutales (cuadro 25). La información regional se presenta en los anexos tres y cuatro.

Dentro de los principales frutales plantados a lo largo del territorio nacional, se destacan por superficie ocupada, la uva de mesa con 62.411 ha; palto con 39.303 y manzano rojo con 28.245.

Cuadro 25. Superficie de las principales especies frutales del país.

Especie	Superficie	
	ha	%
Uva de mesa	62.410,8	19,2
Palto	39.302,6	12,1
Manzano rojo	28.245,4	8,7
Olivo	16.519,6	5,1
Huerto casero	15.832,6	4,9
Nogal	14.583,8	4,5
Cerezo	13.461,1	4,2
Ciruelo europeo	12.102,5	3,7
Arándano	10.762,7	3,3
Duraznero tipo conservero	10.277,4	3,2
Otros frutales	100.780,5	31,1
Total nacional	324.279,0	100,0

NOTA: no considera viñas y parronales vitivinícolas, su superficie se especifica en cuadro general.

Fuente: elaborado a partir de los datos del VII Censo Agrícola y Forestal (INE, 2007).

En la zona norte del país la especie más plantada entre los frutales es la uva de mesa, representando plenamente la situación nacional; le siguen palto y olivo. La

central se caracteriza por predominar la uva de mesa, palto y manzano. En el caso de la sur austral se presenta una superficie de terrenos frutícolas ocupados principalmente por huertos caseros, arándanos y manzanos.

5.1.2 Especies principales

Los principales cultivos agrícolas, cuyos residuos son eliminados a través del uso del fuego se describen a continuación, haciendo referencia a las especies principales que los constituyen.

5.1.2.2 Cereales. Entre éstos, uno de los principales es el trigo (*Triticum aestivum* L. - *Triticum turgidum* L.) por su importancia global, jerarquía que comparte con el maíz y el arroz.

El cultivo de trigo es el más abundante de todos los cereales, con una superficie de 250.000 ha y se produce en la mayor parte de Chile continental, especialmente entre las regiones de Valparaíso y de Los Lagos.

En cuanto a morfología, éste posee una raíz fasciculada, alcanzando una profundidad de hasta 25 cm; el tallo es una caña hueca poco ramificada que puede alcanzar entre 0,5 a 2 m de altura; sus hojas constan de lígula, vaina y aurículas bien definidas. La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis, sobre el cual van dispuestas 20 a 30 espiguillas, cada una con 9 flores. Los granos son cariósides, conformados por germen, endospermo, pericarpio y testa.

Con respecto a los requerimientos del cultivo, el trigo crece bajo un rango de temperaturas de tres (mínima) y 30 °C (máxima), siendo la óptima entre 10 y 25 °C. La humedad relativa que necesita para su desarrollo está entre 40 y 70%; tiene bajos requerimientos de agua, pudiendo cultivarse en zonas donde caen precipitaciones entre 25 y 2.800 mm anuales, aunque un 75% del trigo crece en un rango 370 a 800 mm. El suelo óptimo para su crecimiento debe ser profundo, suelto y libre de inundaciones.

Entre otros cereales presentes en el país, se pueden indicar: la cebada (*Hordeum vulgare* L. spp. *vulgare*), que aparece con cierta frecuencia en los secanos interiores y costeros de la precordillera (regiones de Valparaíso a La Araucanía); avena (*Avena sativa*), entre el Maule y Los Lagos; y, arroz (*Oryza sativa* L), que se cultiva en sectores de riego y en suelos arcillosos de las regiones del Maule y Bío Bío.

5.1.2.2 Maíz (*Zea mays*). Ésta constituye un alimento básico para el hombre y una importante planta forrajera para los animales. Es una especie monocotiledónea anual, perteneciente a la familia de las poáceas y es una planta monoica.

Morfológicamente consta de raíces seminales, principales y coronarias o nodales, dependiendo del estado fenológico que se encuentre (también están las raíces adventicias o de anclaje). El coleóptilo es la estructura que emerge desde la semilla, cuando éste recibe estímulos luminosos, provocando la emergencia de plántulas.

El mesocótilo es una estructura semejante al tallo, aparece inmediatamente a continuación del coleóptilo, permitiendo la elongación definitiva de éste. El tallo principal alcanza la superficie del suelo al estado de la quinta hoja, a partir de la sexta se inicia un crecimiento en altura. Al estado de ocho hojas es posible apreciar a simple vista en el extremo apical del tallo, los primeros indicios de la panoja (Faiguenbaum, 1990).

El órgano de consumo del maíz de choclo es el grano de maíz al estado inmaduro; botánicamente este grano corresponde a un fruto característico de la familia, el que presenta a la semilla fusionada con las estructuras propias del fruto que recibe el nombre de cariopsis.

Con relación a su consumo y usos, el choclo posee un bajo contenido de humedad al compararlo con el promedio de las hortalizas; esto es una característica común para las hortalizas de semilla inmadura que bordean el 70% de humedad en su óptimo de cosecha. Además, el contenido de carbohidratos es bastante elevado y está compuesto principalmente por almidón y sacarosa. El choclo se comercializa desgranado o aún adherido a la coronta (Giaconi, 1988).

El cultivo de maíz se distribuye entre las regiones de Coquimbo y la del Bío Bío, concentrándose la mayor superficie entre la Metropolitana y la del Libertador Bernardo O'Higgins con un 75% de la superficie total.

El cultivo del choclo en el ámbito nacional alcanza gran relevancia debido a su alta demanda y marcada estacionalidad en la producción. Éste es ofrecido, además de su forma fresca, congelado y enlatado. Esto último genera una gran actividad agroindustrial, sobre todo para la producción de choclo congelado que incluso satisface parte de la demanda de países vecinos.

Fue justamente el auge agroindustrial y el requerimiento de choclo temprano, lo que motivó el aumento de la superficie de maíz dulce, en perjuicio de los choclos tradicionales. Los primeros choclos aparecen en el mercado a fines de octubre provenientes de Arica y en noviembre aparecen los producidos en las regiones de Atacama y de Coquimbo; en diciembre los cultivados en las regiones de Valparaíso y Metropolitana.

La especie necesita de un clima mediterráneo caracterizado por la ausencia casi total de lluvias entre octubre y marzo; para su germinación requiere temperaturas cercanas a los 4 °C; durante la floración y fructificación son necesarias temperaturas entre 25 y 30 °C; muy sensible a heladas y requiere suelos de una consistencia media a franca, profundos y fértiles.

5.1.2.3 Leguminosas. La familia de las leguminosas comprende aproximadamente 16.400 especies. Éstas se caracterizan por ser hierbas anuales o perennes; árboles o arbustos leñosos, con nódulos bacterianos de *Rhizobium* en sus raíces. Las flores son bisexuales, de gineceo unicarpelar; el fruto se denomina legumbre (Macaya, 1999).

En Chile se cultivan comercialmente sólo 10 especies, utilizadas en alimentación humana. También se utilizan en forma hortícola o se destinan a la alimentación animal. Poseen alto contenido de proteínas (por ejemplo el lupino tiene un 30% de PB).

Entre éstas se encuentra la lenteja (*Lens culinaris*), cuya área de cultivo se distribuye entre las regiones del Libertador General Bernardo O'Higgins y La Araucanía, concentrándose principalmente en los sectores de secano interior y costero. Su cultivo requiere temperaturas que oscilan entre los seis a 28 °C; precipitaciones anuales entre 260 a 850 mm y un pH comprendido entre 5,5 a 9, adaptándose mejor a suelos arcillosos.

También, a este grupo pertenece el poroto (*Phaseolus vulgaris L.*). El área de cultivo se sitúa entre las regiones de Valparaíso y La Araucanía, desarrollándose en sectores de riego del valle central, así como también en el secano costero. Es un cultivo sensible a heladas y requiere una profundidad de suelo óptimo de 60 cm.

Otra especie del mismo grupo es el garbanzo (*Cicer arietinum L.*). El área de cultivo se extiende entre las regiones de Valparaíso y del Bío Bío, concentrándose casi exclusivamente en los secanos interior y costero. Es una planta resistente a la sequía, prefiere las tierras silíceo-arcillosas y crece con humedad acumulada en el suelo.

La leguminosa chícharo (*Lathyrus sativus L.*) tiene un área de cultivo que se extiende entre las regiones del Libertador General Bernardo O'Higgins y del Bío Bío, tanto en sectores de precordillera como en secanos interior y costero.

Otra de importancia es la arveja (*Pisum sativum L.*), cuya área de cultivo está concentrada en las regiones de Valparaíso y del Libertador General Bernardo O'Higgins, por encontrarse allí las principales agroindustrias compradoras del grano.

El cultivo de haba (*Vicia faba*) se desarrolla entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía, concentrándose la mayor parte entre las de Coquimbo, Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins, con una superficie total de 2.500 hectáreas.

Por último, en este grupo se encuentra el lupino. Ésta es una planta dicotiledónea anual, perteneciente a la familia de las Fabáceas (Papilionáceas) con más de 300 especies. Sin embargo, sólo se cultivan cuatro: *Lupinus albus L.*, *Lupinus*

angustifolius L., *Lupinus luteus* L. y *Lupinus mutabilis* Sweet, siendo las tres primeras de origen mediterráneo y la última de origen sudamericano.

En el país se cultiva en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, llegando a 25.000 ha (ODEPA, 2005).

El principal uso del lupino se relaciona con la alimentación de rumiantes, ya sea como forraje verde o en grano. También se usa en alimentación humana y en menor medida como abono verde.

Las plantas de lupino cultivadas presentan una arquitectura bastante particular, mostrando distintos niveles de ramificación y floración, los cuales van determinando una jerarquía de ejes laterales. Es un cultivo sensible a heladas durante su etapa reproductiva, siendo una temperatura óptima en esta etapa de 18 a 24 °C; en cambio en la etapa de llenado de granos es de 22 a 24 °C. Requiere suelos de textura arenosa a arcillosa con rango de pH tolerable entre 4,5 y 7,5.

5.1.2.4 Papa (*Solanum tuberosum*). Planta dicotiledónea de la familia Solanácea, herbácea perenne, cultivada como anual cuyo producto comercial es el tubérculo, el cual también es utilizado para propagación (semillas). Además, se utiliza como planta forrajera e industrial; para producción de almidón y alcohol.

Requiere clima templado frío (ideal días largos y noches frescas), regularmente sensible a las heladas. Estos cultivos necesitan suelos de profundidades mayores a 60 cm, con rangos de pH que van desde 5,0 a 5,8. Cuando se cultiva con temperaturas extremas la planta sufre de estrés y no se consiguen los rendimientos máximos.

La ubicación de una fecha adecuada de plantación está íntimamente ligada a los requerimientos de clima para un desarrollo óptimo. La papa cultivada en zonas templadas se desarrolla bien con temperaturas de suelo de 10 °C al principio y durante su crecimiento 18 °C. Requiere también de una humedad adecuada y una alta intensidad lumínica.

Este cultivo se desarrolla en Chile desde la región de Coquimbo hasta la de Los Lagos y se pueden distinguir cuatro zonas típicas para su producción, las que se detallan en la figura 3.

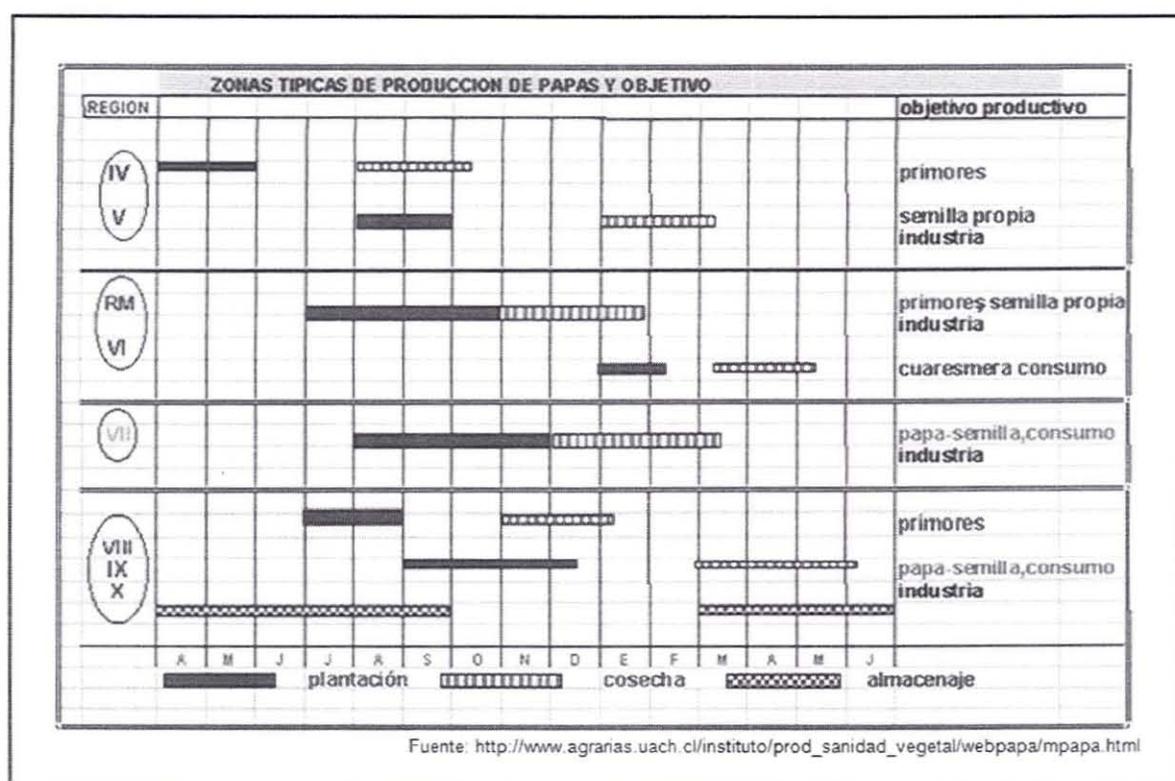


Figura 3. Zonas típicas de producción de papa y objetivo productivo.

En la región de Coquimbo, por condiciones climáticas, puede plantarse durante todo el año; sin embargo, se ha potenciado la producción de primores con plantaciones de abril y mayo para cosechas de agosto a noviembre.

En la zona central del país se planta papa temprana (en lugares de mínimo riesgo de heladas para cosechar en noviembre – diciembre) y papa cuaresmera o de verano. Estas plantaciones se realizan en enero para cosechas de abril y mayo. Sin embargo el grueso de la superficie plantada corresponde a las realizadas en julio a octubre para cosechar desde febrero a abril.

Generalmente y debido a las condiciones climáticas del sur de Chile, en especial en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, la mejor época de plantación corresponde al mes de septiembre ya que la humedad del suelo es la adecuada y la temperatura se va acercando a la óptima (10 °C).

5.1.2.5 Tomate (*Lycopersicon sculentum*). El cultivo del tomate en Chile se realiza principalmente entre las regiones de Coquimbo y del Bío Bío, con superficies que fluctúan entre las 11.000 y 13.000 ha. Las mayores superficies de cultivo se concentran en las regiones de Valparaíso, del Libertador General

Bernardo O'Higgins y la Metropolitana, encontrándose en esta última el 60% de la superficie total.

Existen diferentes tipos de cultivares, algunos destinados a concentrados o pulpas y otros a consumo fresco, los cuales pueden ser cultivados en forma tradicional o bajo invernadero, presentando cada cultivar características propias en cuanto a biomasa residual, porcentaje de los componentes y valor nutritivo.

A partir del año 1970, el cultivo de hortalizas para consumo en fresco bajo invernadero, toma gran auge, sobre todo en la región de Valparaíso, donde se cultivan cerca de 1.500 ha, destacándose Quillota, Limache y La Calera. Otras zonas importantes en este rubro son Copiapó, Vallendar, La Serena, Colina, Pirque y Peñaflor.

En la región Metropolitana el cultivo del tomate para consumo en fresco se efectúa normalmente al aire libre, concentrándose la cosecha desde el 15 de enero hasta finales de marzo, coincidiendo con la producción al aire libre de la región del Libertador General Bernardo O'Higgins. El resto del año la oferta de tomate proviene de otras regiones, desde julio a septiembre de Arica y de mayo a junio de Ovalle; de octubre a diciembre de los invernaderos de la región de Valparaíso, en donde existe la mayor concentración del país.

5.1.2.6 Frutales. Están conformados por especies leñosas denominadas árboles frutales. Un árbol frutal es cualquier árbol que de frutos. Su estructura está formada por un óvulo maduro de una flor que contiene diferentes semillas. Sin embargo, ya que todos los árboles con flores producen frutos, el término usado en horticultura designa a los árboles que proveen frutos como alimento para el ser humano. Esta designación también incluye a los árboles que producen núculas (nueces), los llamados frutos secos.

Los árboles frutales de hoja caduca responden de diversas maneras a los cambios estacionales los cuales inducen respuestas fisiológicas, permitiéndoles sobrevivir durante una estación determinada y prepararse para la siguiente.

A comienzos de otoño, los árboles caducifolios, comienzan a detener su crecimiento, botan sus hojas y se preparan para resistir el frío del invierno. Con el acortamiento de los días se producen inhibidores del crecimiento de hojas, las cuales se acumulan en las yemas antiguas y nuevas, evitándose la brotación y crecimiento de éstos. Por otro lado, los crecimientos vegetativos también ven su desarrollo afectado por las altas concentraciones de inhibidores.

Entre estos frutales se encuentra la uva (*Vitis vinifera*), siendo una de las especies más importantes de la fruticultura. Tal importancia se refleja en las 62.411 ha de las 324.279 plantadas con frutales en el país (INE, 2007).

La vid tiene varias raíces principales que nacen lateralmente sobre la porción del tallo como estaquilla (sistema de propagación). Ésta es una liana que se debe podar severamente para regular su crecimiento; el tronco se divide en brazos y ambas estructuras están constituidas por madera vieja. Los brazos son los portadores de la madera de poda; pitones o cargadores, sobre los cuales se desarrollan los brotes del año (Raynier, 1995).

Hoy existe un gran número de cultivares potencialmente atractivos para las expectativas del productor y consumidor: tienen diversos colores de piel, son apirénicos, desarrollan buenos calibres (diámetro ecuatorial mayor a 20 mm) y son productivos.

El cultivar Fire Seedlees, relativamente nuevo en Chile, reúne características de ausencia de semillas, distinta fecha de cosecha, buenas características organolépticas y de guarda de poscosecha, lo que la hace muy interesante para productores y consumidores.

Con respecto a su morfología las yemas de la vid son compuestas, raramente simples; están constituidas exteriormente por escamas protectoras de forma triangular y de color pardo; existen diferentes tipos de yemas, las cuales se pueden clasificar según el momento de brotación (pronta o anticipada), laterales, adventicias, terminales, axilares y basilares (Hidalgo, 1999; Reynier, 1995).

También de importancia entre los frutales se encuentra el palto (*Persea americana* Mill.), cuya industria en Chile es uno de los rubros frutícolas que mayor desarrollo ha presentado en la última década. La superficie plantada con esta especie es la segunda en importancia después de la vid de mesa, llegando a 39.303 ha (INE, 2007).

La producción de palto, y de la mayoría de las especies frutales, depende en gran medida del régimen de riego. En este caso, el manejo del agua no sólo se traduce en kilogramos exportables sino también en el estado sanitario de la planta y en la longevidad del huerto.

El palto se caracteriza por presentar hojas persistentes, alternas, acuminadas, pecioladas y coriáceas; el color del haz es verde oscuro y del envés es verde claro. En algunas variedades se observa una defoliación total cuando la planta inicia su floración. La yema terminal de la inflorescencia es del tipo mixta, es decir, da origen a un brote y también a flores. La flor dura muy poco y se abre dos veces: la primera lo hace normalmente en estado femenino, o sea, está el pistilo bien erguido y los estambres cerrados, luego la flor se cierra; cuando abre por segunda vez, el estigma está generalmente muerto y de color negro (ya no puede recibir el polen) y la flor sólo genera polen en sus estambres (estado masculino) (Gardiazabal, 1991).

Su fruto es una drupa de color verdoso y piel fina o gruesa, según la especie, pesa en promedio 350 g. Tiene forma piriforme, redonda y de colores diversos. La pulpa

es consistente, con un contenido variable de fibra de acuerdo con la variedad a la que pertenece. La semilla está protegida por una cubierta doble que adquiere un color marrón cuando el fruto madura.

Las tres razas o variedades botánicas en que se agrupan los paltos, según su zona de origen son: Mexicana (a la que pertenecen las llamadas "paltas chilenas"), Guatemalteca y Antillana (que podría proceder de la parte norte de Sudamérica), existiendo además híbridos entre éstas. En Chile se cultivan variedades mexicanas, guatemaltecas e híbridos de ambas (Gardiazabal, 1991). Las paltas chilenas serían, por consiguiente, ejemplares que multiplicados por semillas mostraron una mejor adaptación a las condiciones ecológicas del país y que en su mayoría tenían frutos de color negro. Los paltos chilenos por sus características pertenecen claramente a la llamada "raza mexicana" (Gardiazabal, 1991).

Como ya se indicó, el palto es un árbol de hoja perenne, nativo del área de América central, por esta razón es una especie que genéticamente está determinada para crecer continuamente, alcanzando 12 metros de altura y aproximadamente 14 metros de diámetro de copa (Lemus *et al*, 2005).

El cultivo de palto se localiza principalmente en la región de Valparaíso, seguida por la Metropolitana, las que en conjunto sobrepasan el 80% de la producción nacional. En las regiones de Coquimbo y del Libertador Bernardo O'Higgins se produce aproximadamente un 17% (Lemus *et al*, 2005).

Este frutal puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2.500 msnm; sin embargo, su cultivo se recomienda en altitudes entre 800 y 2.500 m, para evitar problemas con enfermedades, principalmente de las raíces.

El palto es muy sensible a las bajas temperaturas, en especial el cultivar Hass, que sufre daño con temperaturas menores a -1 °C. También es importante que al momento de la floración las temperaturas sean óptimas, aunque en Chile existen pocos lugares con esta condición. Se ha visto que con temperaturas de 20 a 25 °C durante el día y 10 °C en la noche, se presenta una exitosa fecundación y calidad de frutos (Lemus *et al*, 2005).

La lluvia que ocurre durante el período de floración afecta la sanidad, favoreciendo el desarrollo de hongos, disminuye la actividad de las abejas y causa daño mecánico. Si las lluvias de invierno son abundantes y producen anegamiento, se puede producir la asfixia radical. Sin embargo, los requerimientos hídricos de la especie en plena producción fluctúan entre 8.000 a 10.000 m³ por hectárea en la temporada (Lemus *et al*, 2005).

El suelo donde se establece un huerto de paltos debe tener a lo menos un metro de profundidad cuando la topografía es plana; 70 cm para el desarrollo del sistema radical y al menos 30 cm para drenaje, ya que el sistema radical es superficial (80% de las raíces se encuentran en los primeros 30 cm de suelo) (Lemus *et al*,

2005). La principal limitante del suelo es la presencia de textura arcillosa y mal drenaje, debido a la gran sensibilidad de esta especie a la asfixia radicular. El mejor suelo para este cultivo es aquel de textura liviana, suelto y se ha observado que el desarrollo de las raíces, así como una adecuada condición de drenaje se tiene en suelos que presentan una gran cantidad de piedras (Lemus *et al*, 2005).

Por otro lado, el viento afecta el crecimiento de los paltos principalmente en sus primeros años al producir doblamiento, problemas en la conducción, deformación estructural, sombreamiento y muerte de yemas. También genera daños mecánicos en la planta, en los frutos, caída de yemas, flores y frutos. Además, el viento produce un aumento en la demanda hídrica de las plantas y dificulta el vuelo de las abejas afectando la polinización.

En Chile las plantaciones de palto están ubicadas principalmente en suelos de textura fina, alfisoles, con densidades aparentes entre 1,3 a 1,5 g/cm³ y con macroporosidad baja (15%). En resumen, los suelos con alta macroporosidad y el pH ácido presentan condiciones ambientales favorables para el desarrollo de este cultivo.

La variedad más plantada de paltos a nivel nacional es Hass, con una superficie de aproximadamente 20.000 ha y un potencial productivo de 25 ton/ha. No obstante, el país presenta niveles de rendimiento promedio mucho más bajos, 9 ton/ha. Esto se debe, principalmente, a que la mayoría de los paltos (70%) están establecidos en suelos de texturas finas, de baja macroporosidad, que junto a un mal manejo de riego generan problemas de asfixia radicular, situación responsable en gran medida de los bajos niveles de producción (Lemus *et al*, 2005).

La expansión de la superficie plantada de paltos en Chile se ha realizado principalmente en laderas de cerros, donde generalmente se presentan condiciones heterogéneas de textura y profundidad efectiva (30 cm a 1,5 m); además, con pendientes que varían desde 15 a más de 100% (Ferreya *et al*, 2001).

En último término, el manzano rojo (*Malus domestica*) es un árbol de climas templados, donde las características de días largos, intensidad de luz alta, humedad relativa baja, días moderadamente cálidos y noches frescas son ideales para su desarrollo. Éste requiere de una estación invernal relativamente fría y prolongada, que le proporcione al menos 900 a 1.100 horas de frío (temperaturas inferiores a 7 °C) para brotar y florecer normalmente.

La manzana, al ser un producto perecedero, precisa de una tecnología lo más adecuada posible para su conservación en el tiempo para mantener sus características organolépticas, así como su apariencia en términos de frescura, color y tersura.

Al cultivar variedades de bajo requerimiento de frío en zonas de bajas temperaturas invernales, se corre el riesgo de una brotación anticipada que puede ser dañada por heladas. Así mismo, inviernos fríos con temperaturas bajas hasta su término, seguidos de una primavera cálida con temperaturas entre 15 y 18 °C, pueden adelantar hasta en 15 días la brotación de una variedad.

En relación con el color en las variedades rojas, éste se desarrolla mejor en climas frescos durante el último período de crecimiento. También se ve favorecido por noches frías, cuando las temperaturas diurnas son altas. La temperatura afecta, entre otros procesos, a la enzima que regula la formación del pigmento rojo, la cual es inhibida con temperaturas superiores a 25 °C.

La luminosidad y pureza del aire son otros requisitos para una mejor expresión del color. Además, la calidad de la mayoría de las variedades tiende a ser mejor en la medida que aumenta la latitud y altitud; precipitaciones que varían entre 250 y 800 mm por año de norte a sur (Cruz, 2000).

5.2 Residuos Agrícolas

Los residuos de cosecha constituyen, generalmente, un inconveniente para el establecimiento del cultivo siguiente en una rotación, por lo que su destino más frecuente es la quema, tanto los de origen orgánico como sintético. Esta práctica, si bien presenta la ventaja de la remoción rápida del residuo, posee el inconveniente de incrementar contaminación por partículas en suspensión (quemadas), erosión eólica e hídrica al dejar el suelo descubierto, lo que a su vez reduce la infiltración, el almacenamiento de agua y provoca el encostramiento superficial (Mills y Fey, 2003 citado por Redel *et al*, 2006).

5.2.1 Clasificación

Los residuos agrícolas comprenden todas las partes de los cultivos alimentarios o industriales que no son consumibles o comercializables. Constituyen una serie muy heterogénea de productos, con el denominador común de una gran dificultad de eliminación por tener, en muchos casos, un elevado potencial contaminante (Romero, 2005).

Los residuos agrícolas pueden clasificarse en tres tipos (Romero, 2005):

- Raíces, hojas o frutos no aprovechables: Estos residuos se incorporan al suelo y contribuyen a mejorar considerablemente las propiedades físicas y biológicas del suelo y, en menor grado, a aumentar el contenido en nutrientes de éste.
- Tallos o, en general, la parte aérea de la planta que es preciso separar para facilitar la recolección o las labores agrícolas: Una parte considerable de estos

residuos herbáceos son consumidos por el sector ganadero, como es el caso de las pajas de leguminosas y algunas de cereal o residuos verdes de cultivos, como remolacha azucarera o ciertos residuos de huerta.

- Residuos con potencial interés energético: Generalmente, se trata de aquellos lignocelulósicos que se suelen quemar en el mismo lugar donde han sido producidos. A esta categoría corresponden las pajas de los cereales, las cañas de maíz y la poda anual de frutales y viñedos, los cuales en otras épocas eran utilizados como combustible doméstico pero que hoy constituyen un problema de eliminación. Los sarmientos, por ejemplo, se pueden utilizar como combustible en calderas y hornos. Sin embargo, no se deben despreciar como fuentes de obtención de celulosa con todo lo que esto involucra: obtención de papel, bioalcohol o biogás.

Los residuos de poda apenas tienen una utilidad local, por lo que su recolección podría constituir una considerable aportación energética. Poseen un elevado poder calorífico y su extracción del terreno, después de las labores de poda, puede mecanizarse con facilidad.

5.2.2 Descripción

En general, los residuos agrícolas son producidos antes, durante y después de la cosecha, debido a que existen actividades que arrojan elementos orgánicos y sintéticos hacia los plantales de producción. Entre éstos se tienen (Cordero y Orea, 1999):

- Rastrojos orgánicos de precosecha: provienen de raleos (flores y frutos) y podas menores (despunte). En este caso se producen restos vegetales con poco contenido de lignina, es decir, más del tipo herbáceo, el cual posee la característica de descomponerse mucho más rápido que aquellos restos provenientes de órganos más lignificados.

Además, está la ruptura y caída de órganos secundarios (ramas, hojas y frutos) del cultivo que quedan al momento de realizar las operaciones de la preparación de la cosecha.

- Rastrojos orgánicos de cosecha: estos son producidos, ya sea por manipulación al extraer el órgano con interés comercial del cultivo, quedando los restos en el plantel de producción o por la manipulación del órgano cosechado. Además está la ruptura y caída de órganos secundarios del cultivo que quedan al momento de cosechar.
- Rastrojos orgánicos de poscosecha: son los restos de frutales mayores y menores. Debido a las podas las cantidades de lignina son mucho más

evidentes, dando como resultado una biodegradación natural mucho menor, aumentando la probabilidad de incendios dentro del plantel productivo.

5.2.3 Composición química

Los vegetales se componen entre un 94 y 99,5% sólo de tres elementos: carbono, oxígeno e hidrógeno, obteniéndose los dos primeros directamente del aire; mientras el hidrógeno directa o indirectamente del agua (Navarro y Navarro, 2003).

5.2.3.1 Hojas. La composición química del follaje varía dependiendo de la especie, la época del año, las condiciones de crecimiento, los factores edafoclimáticos, los tratamientos culturales y el sitio, e incluso la hora del día (Polis, 1986 citado por Cordero y Orea, 1999), lo cual está relacionado con la actividad fotosintética, máxima en momentos de mayor iluminación y respiración.

Las sustancias químicas contenidas en el follaje se dividen en diferentes grupos: proteínas, carbohidratos, lípidos, compuestos fenólicos, vitaminas, ácidos orgánicos y sustancias minerales (Polis, 1986; Yagodin, 1981 citados por Cordero y Orea, 1999).

Los contenidos de proteínas varían en el follaje para diferentes especies, por ejemplo, muy alto en el caso de las leguminosas y bajo como en los cereales.

El grupo de vitaminas en el follaje verde determina gran parte de su actividad biológica y la de los productos que se obtienen de él, dentro de las que se encuentran las vitaminas E, K, C, B₁, B₂ y B₆, entre otras. (Repiax y Levin, 1988 citado por Cordero y Orea, 1999).

En las hojas de las plantas es donde se realiza la fotosíntesis, debido a la captación de energía luminosa con intervención de la clorofila *a*, junto con una cantidad menor de clorofila *b*. Todas las formas de clorofila tienen la misma estructura de porfirina con los anillos pirrólicos unidos por sus átomos de nitrógeno a un átomo de magnesio que ocupa la posición central de la molécula, un quinto anillo, constituido únicamente por átomos de carbono (Yagodin, 1981 citado por Cordero y Orea, 1999).

5.2.3.2 Frutos. La composición química de éstos depende sobre todo del tipo de fruta y de su grado de maduración. Están compuestas por (Agusti, 2004):

- Agua: más del 80 y hasta el 90% de la composición de la fruta es agua. Debido a este alto porcentaje y a sus aromas es muy refrescante.

- Glúcidos: entre el 5 y el 18% de la fruta está formada por carbohidratos. El contenido puede variar desde un 20% en el plátano hasta un 5 en el melón, sandía y fresas. Las demás frutas tienen un valor medio de un 10%.
- Fibra: aproximadamente, el 2% de la fruta es fibra dietética. Los componentes de la fibra vegetal que contienen las frutas son principalmente pectinas y hemicelulosa. La fibra soluble o gelificante como las pectinas forman con el agua mezclas viscosas. El grado de viscosidad depende de la fruta de la que proceda y del grado de maduración. Las pectinas, por lo tanto, desempeñan un papel muy importante en la consistencia de la fruta.

5.2.3.3 Tallos. En general, los residuos vegetales con elevado contenido de lignina y otros polifenoles son más resistentes a la descomposición que los materiales pobres en estos compuestos.

Las ligninas no son compuestos con estructuras bien definidas, poseen una construcción compleja y diversa. Sin embargo, es de excepcional importancia el hecho que los productos primarios de descomposición de ésta pueden reaccionar con otros compuestos y, en particular, con los productos del metabolismo de los microorganismos, dado que esto facilita el lento pero continuo proceso de degradación de la parte más resistente de la materia orgánica.

Los constituyentes minerales, generalmente determinados por el análisis de las cenizas, varían de 1 al 13% del total en el tejido vegetal (Alexander, 1996, citado por Agustí, 2004).

Conforme la planta envejece, el contenido de constituyentes solubles en agua, proteínas y minerales, desciende y el porcentaje de la abundancia de la celulosa, hemicelulosa y lignina se eleva (Alexander, 1996, citado por Agustí, 2004).

5.2.4 Descripción energética

Los recursos naturales utilizados para la producción de materia prima, anteriormente se consideraban inagotables, debido a esta creencia, los sistemas productivos deben ser mucho más eficientes y sustentables tanto económica, como ecológicamente para que así las producciones se puedan perpetuar el mayor tiempo posible, manteniendo la calidad sanitaria y volúmenes que se necesitan para satisfacer la creciente demanda de ellos.

Los residuos agrícolas de interés energético son del tipo: leñosos, celulósicos, amiláceos, fermentables, oleaginosos y de origen animal (Seoáñez *et al*, 2000). Entre los que pueden tener un potencial energético, se pueden mencionar: cereales, leguminosas, tubérculos, cultivos industriales, forrajeros y frutales (Seoáñez *et al*, 2000).

Las cantidades de energía que se pierden por concepto de malos manejos, ya sea por quemas o por un uso indiscriminado de los recursos naturales son muy difíciles de calcular, debido a que en la producción agropecuaria intervienen una cantidad casi ilimitada de factores que pueden variarla, alterando el balance energético total desde una temporada a otra.

5.2.5 Producción

En relación a la cuantificación de los residuos dejados por los manejos utilizados en la agricultura son muy variables, desde un sistema intensivo con aplicaciones periódicas de productos químicos hasta un sistema intensivo orgánico, es decir, sin aplicación de productos.

Lo anterior es sólo uno de los casi infinitos factores que pueden variar las cantidades de residuos que deja un sistema productivo tanto orgánico como tradicional. Es preciso indicar que cultivos más intensivos dejan una mayor cantidad de residuos que aquéllos más tradicionales.

5.2.6 Caracterización por especie

5.2.6.1 Cereales. Todos los cultivos generan en mayor o menor grado una cantidad importante de masa residual y la paja es el principal residuo que deja el de cereal. Las cantidades que se generan varían según la especie, variedad, tipo de cultivo (riego o seco), nivel de fertilización y otros factores, pero existe cierta relación entre cantidad de grano cosechado y paja producida (Kossila, 1984 citado por Manterola *et al*, 1999) lo que permite estimar fácilmente la cantidad total de paja en una superficie determinada.

Las pajas de cultivos, especialmente de cereales, se caracterizan por un bajo valor nutritivo, lo que se debe al escaso contenido de proteína y al alto contenido de fibra o pared celular, generalmente muy lignificada. Su composición química y valor nutritivo varía en función de la especie y variedad cultivada, así como también de las condiciones climáticas y de los métodos de cultivo. El porcentaje de proteína bruta tiende a ser relativamente semejante dentro de un mismo tipo de paja.

El tipo de clima es otro factor que afecta a la calidad de las pajas, presentándose pajas de mejor calidad cuando son templadas y de menor calidad aquellas provenientes de ambientes tropicales. Esto se debe a una menor proporción de pared celular y lignina en los cultivos desarrollados en zonas templadas.

Las pajas provenientes de trigos (*Triticum aestivum*) de invierno son más altas, con cañas más duras, más lignificadas y de menor valor nutritivo que las variedades de primavera. En el cuadro 26 se muestran características de éstas

desde el punto de vista de la composición química y la digestibilidad; en el cuadro 27 se agrega un detalle de las cenizas.

Cuadro 26. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de trigo (%).

Paja de Trigo	MS*	PB	EE	FC	FDN	Ceniza	DMS	Lignina
Valor máximo	94,00	4,50	0,9	44,6	84,40	8,0	52,70	11,7
Valor mínimo	85,00	3,20	0,5	37,0	44,10	6,8	38,58	8,5

Fuente: Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo;

FC: fibra cruda; FDN: fibra detergente neutra; DMS: digestibilidad materia seca.

Cuadro 27. Composición química de las cenizas de paja de trigo.

Elemento	Trigo
Carbono (%)	42
Nitrógeno (%)	0,94
Relación C/N	44
Fósforo ($\mu\text{g g}^{-1}$)	1.527
Zinc ($\mu\text{g g}^{-1}$)	138,3
Manganeso ($\mu\text{g g}^{-1}$)	31,5
Cobre ($\mu\text{g g}^{-1}$)	16,2
Aluminio ($\mu\text{g g}^{-1}$)	235,3
Calcio ($\mu\text{g g}^{-1}$)	1.108
Magnesio ($\mu\text{g g}^{-1}$)	972
Potasio ($\mu\text{g g}^{-1}$)	5.880

Fuente: Redel *et al* (2006).

Según antecedentes del VII Censo Agrícola y Forestal, la temporada 2006 – 2007 el trigo tuvo un rendimiento promedio de 4,79 ton/ha. Según Kossila (1984, citado por Manterola *et al*, 1999), el cociente entre la producción del residuo dejado tras la cosecha del trigo y la producción de producto útil, es de 1; por lo tanto, la cantidad de residuo producido sería la misma indicada.

En términos de la superficie tratada con el fuego para eliminar los residuos de este cereal (rastros de trigo), según registros SAQ, se tienen 131.450 ha cuya equivalencia es de alrededor de 629.644 ton, de acuerdo a los datos ya mencionados.

En el caso de la paja de cebada (*Hordeum vulgare L. spp. vulgare*), se presenta un mejor valor nutritivo y una textura menos tosca que en la del trigo; su contenido de proteína puede variar entre cuatro y seis por ciento en cultivares con alto nivel de fertilización nitrogenada (cuadro 28).

Cuadro 28. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de cebada (%).

Paja de Cebada	MS*	PB	EE	FC	FDN	Ceniza	DMS	Lignina
Valor máximo	90,0	4,4	-	45,2	-	8,5	50,0	-
Valor mínimo	85.0	4.0	-	40.2	-	4.4	45.4	-

Fuente: Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo;

FC: fibra cruda; FDN: fibra detergente neutra; DMS: digestibilidad materia seca.

La temporada 2006-2007 esta especie tuvo un rendimiento de 4,79 ton/ha (INE, 2007). Según Kossila (1984, citado por Manterola *et al*, 1999), el cociente entre la producción del residuo de cosecha de la cebada y la producción de producto útil, es de 1,2; por lo tanto, la cantidad de residuo producido sería de 5,70 ton/ha.

En este caso, el SAQ registra una superficie afecta de 1.903 ha que equivalen, aproximadamente, a 10.845 ton de material eliminado con el fuego.

La paja de avena (*Avena sativa*) es la mejor de las pajas de cereales por su estructura más suave, la ausencia de barbas en las envolturas del grano es otro factor que contribuye a su mejor valor nutritivo (cuadro 29).

Cuadro 29. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de avena (%).

Paja de Cebada	MS*	PB	EE	FC	FDN	Ceniza	DMS	Lignina
Valor máximo	90,0	4,9	-	41,4	46,9	6,0	49,0	-
Valor mínimo	85.0	3.7	-	37.1	-	5.8	-	-

Fuente: Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo;

FC: fibra cruda; FDN: fibra detergente neutra; DMS: digestibilidad materia seca.

Kossila (1984, citado por Manterola *et al*, 1999) encontró que el factor de conversión que permite calcular la cantidad de residuo producido por avena, en base al producto útil, es de 1,3. Por lo cual, asumiendo un rendimiento promedio de esta especie de 4,18 ton/ha para la temporada 2006-2007 (INE, 2007), entonces la producción de residuos es de 5,43 ton/ha.

Para el arroz (*Oryza sativa* L), la paja se diferencia de la de trigo, avena y cebada en que presenta menor contenido de lignina (6 a 7%), pero un alto contenido de sílice que puede llegar a 16% de la materia seca, lo cual hace que su estructura sea muy dura (cuadro 30). Además, el alto contenido de lignina que posee diluye el contenido de materia orgánica; el contenido de proteína es más alto que el de otras pajas llegando hasta un 11% (Ferreira *et al*, 1990).

Cuadro 30. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de arroz (%).

Paja de Cebada	MS*	PB	EE	FC	FDN	Ceniza	DMS	Lignina
Valor máximo	-	11,01	-	-	76,68	-	44,33	9,2
Valor mínimo	-	3,00	-	-	72,98	-	34,50	4,3

Fuente: Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo;

FC: fibra cruda; FDN: fibra detergente neutra; DMS: digestibilidad materia seca.

5.2.6.2 Maíz (*Zea mays*). Este cultivo genera una gran cantidad de biomasa aérea, de la cual se cosecha el 50% en forma de grano; el resto corresponde a diversas estructuras de la planta tales como caña, hojas, limbos, coronta y otras.

La producción de biomasa residual que genera el maíz de grano (cañas, hojas, chalas y corontas) fluctúa entre 20 y 25 ton/ha; en el maíz de choclo (cañas y hojas) varía entre 16 y 25 ton/ha. La proporción entre los componentes del residuo depende de la variedad, nivel de fertilización, tipo de cultivar y otros factores, pero en promedio se ajusta a los porcentajes presentados en el cuadro 31.

De este potencial productivo y de acuerdo a los registros del SAQ, se eliminan con el fuego alrededor de 70.288 ton de material provenientes de 2.812 ha.

Cuadro 31. Componentes de una planta de maíz.

Estructuras de la planta	Peso Seco del maíz (%)
Limbo o panoja	12,0
Tallos	17,6
Pedúnculos y espigas (chapas)	8,9
<i>Total caña</i>	38,5
Coronta	11,8
Grano	49,7
<i>Total espiga</i>	61,5

Fuente: Alibes (1978) citado por Manterola *et al* (1999).

Cada una de estas estructuras posee características físico-químicas propias, dependiendo de si el residuo corresponde a maíz de grano o maíz para consumo fresco (cuadro 32).

Los tallos presentan las estructuras más lignificadas y de menor contenido de PB con 3,1% y las hojas entre cuatro y siete por ciento (cuadro 33) (Alibes y Tisserand, 1981; Manterola *et al*, 1993, citados por Manterola *et al*, 1999).

Cuadro 32. Composición química y digestibilidad de materia seca de maíz (%).

Maíz choclo	MS *	PB	EE	FC	FDN	Ceniza	DMS	Lignina
Hojas	94,8	4,5	-	28,0	80,4	8,7	55,6	4,0
Tallos	96,6	3,1	-	35,0	70,0	0,7	59,7	6,1
Chalas	94,1	4,7	-	33,0	79,3	0,8	66,1	3,9
Corontas	94,7	4,7	-	34,0	82,4	2,1	58,1	4,7
Maíz grano								
Hojas	94,6	4,8	-	-	72,1	11,9	54,8	5,7
Tallos	95,2	2,8	-	-	78,9	0,2	43,0	9,8
Chalas	93,9	3,1	-	-	84,4	2,6	57,7	3,6
Panoja	95,4	6,5	-	-	66,3	8,7	55,2	6,6

Fuente: Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FC: fibra cruda; FDN: fibra detergente neutra; DMS: digestibilidad materia seca.

Cuadro 33. Composición química y valor nutritivo del rastrojo de maíz.

Estructura	MO*	PB	FDN	FDA	Celul.	Hemicel.	Lignina	DMS	ED	EM
	(%)								(Mcal/kg)	
Hojas	85,4	4,5	80,4	46,8	34,1	33,6	4,0	55,6	2,01	1,69
Tallos	90,6	3,1	70,0	39,7	32,8	30,2	6,1	59,7	2,60	2,10
Chalas	94,9	4,7	79,3	36,5	31,8	42,8	3,9	69,1	2,40	2,00
Corontas	95,3	4,7	82,4	37,9	31,0	44,5	4,7	58,0	2,60	2,10
Cañas+hojas ¹	90,1	4,2	81,7	48,9	-	-	7,9	55,8	2,27	1,36

Fuente:¹ Andrieu *et al* (1976); Manterola *et al* (1993) citados por Manterola *et al* (1999). * MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida; DMS: digestibilidad materia seca; ED: energía digestible; EM: energía metabolizable.

La composición química indica que el rastrojo de maíz es bajo en materias nitrogenadas (4,5% de PB promedio) y la pared celular presenta un mayor porcentaje de hemicelulosa que de celulosa. Este residuo presenta un valor energético superior al de las pajas de cereales, fluctuando entre 1,69 y 2,1 Mcal/kg de MS.

Aún cuando la biomasa producida en este cultivo es alta, en el caso de cosecha mecanizada, un porcentaje importante de los componentes no se puede colectar, ya que quedan muy trozados.

5.2.6.3 Leguminosas. Los cultivos de leguminosas de grano (como garbanzos, porotos o lentejas) generan menos cantidad de residuos que los cereales; sin embargo la calidad de éstos, especialmente de las pajas, es muy superior tanto en contenido proteico como en energía digestible. Permiten abastecer los requerimientos de mantención de la ganadería mayor y menor, e incluso sustenta ciertos niveles de producción (Manterola *et al*, 1999).

El cultivo de lentejas (*Lens culinaris*), si se cosecha cuando la planta está recién iniciando la senescencia, presenta una paja de mayor concentración de nutrientes que el de otras legumbres. El valor nutritivo es alto y se caracteriza por presentar contenidos de proteína entre ocho y 17% (cuadro 34). Además, posee una estructura suave y tallos relativamente delgados, se utiliza combinada con pajas de cereales en alimentación animal durante el periodo invernal, lo que tiene como ventaja aumentar el consumo y utilización de las pajas de cereales (Manterola *et al*, 1993; Cerda *et al*, 1987).

Cuadro 34. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de lenteja (%).

Paja de Lenteja	MS	PC	EE	FC	FDN	Ceniza	DMS	Lignina
Valor máximo	95,5	16,6	2,1	40,6	68,00	8,2	59,0	11,0
Valor mínimo	85,5	8,06	-	31,0	51,65	5,0	50,0	10,0

Fuente: Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo;

FC: fibra cruda; FDN: fibra detergente neutra; DMS: digestibilidad materia seca.

Según antecedentes del VII Censo Agrícola y Forestal, la temporada 2006-2007 la lenteja tuvo un rendimiento de 0,86 ton/ha. Según Kossila (1984, citado por Manterola *et al*, 1999), el cuociente entre la producción del residuo dejado tras la cosecha y la producción de producto útil, es de 4; por lo tanto, la cantidad de residuo producido para esta especie es de 3,42 ton/ha.

El residuo de poroto (*Phaseolus vulgaris L.*) se caracteriza por valores de proteína entre el siete y 14% y por contenidos de lignina de siete a nueve por ciento (cuadro 35). Comparada con la paja de lenteja, su estructura es más dura, con tallos principales gruesos y vainas con alto contenido de sílice. Al igual que la paja de lentejas, mejora el consumo por animales cuando se mezcla con la de cereales.

Cuadro 35. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de porotos (%).

Paja de Porotos	MS	PC	EE	FC	FDN	Ceniza	DMS	Lignina
Valor máximo	94,5	14,0	1,4	44,4	63,0	12,2	70,2	9,0
Valor mínimo	86,3	6,8	-	29,0	42,9	5,0	61,0	7,8

Fuente: Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo;

FC: fibra cruda; FDN: fibra detergente neutra; DMS: digestibilidad materia seca.

La temporada 2006-2007 esta especie tuvo un rendimiento de 1,76 ton/ha (INE, 2007). Según Kossila (1984, citado por Manterola *et al*, 1999), el cuociente entre la producción de residuo y la de producto útil es de 4; por lo tanto, la cantidad de residuo producido sería de 7,04 ton/ha.

En el caso del garbanzo (*Cicer arietinum L.*), la estructura está compuesta por tallos principales gruesos y duros; tallos secundarios delgados y suaves con pocas hojas y parte de la raíz, ya que se cosecha a mano. Su valor nutritivo es inferior al de poroto, pues presenta un valor de proteína de siete a ocho por ciento (cuadro 36) (Faiguenbaum, 1988; Manterola *et al*, 1993).

Cuadro 36. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de garbanzos (%).

Paja de Garbanzo	MS	PC	EE	FC	FDN	Ceniza	DMS	Lignina
Valor (%)	92,4	7,4	-	23,2	65,0	-	60,0	-

Fuente: Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo;

FC: fibra cruda; FDN: fibra detergente neutra; DMS: digestibilidad materia seca.

Kossila (1984, citado por Manterola *et al*, 1999) encontró que el factor de conversión, que permite calcular la cantidad de residuo producido por garbanzo en base al producto útil, es de 4. Por lo cual, asumiendo un rendimiento promedio de esta especie de 1,02 ton/ha para la temporada 2006-2007 (INE, 2007), entonces la producción de residuos es de 4,09 ton/ha.

La paja de chícharo (*Lathyrus sativus L.*) es superior en valor nutritivo a la de garbanzos y de porotos, muy similar a la paja de lenteja. Posee estructuras en tallos principales y secundarios suaves y relativamente delgadas, además las hojas no se desprenden como en el caso del garbanzo (cuadro 37).

Cuadro 37. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de chícharos (%)

Paja de Chícharo	MS	PC	EE	FC	FDN	Ceniza	DMS	Lignina
Valor (%)	88,6	18,9	-	23,2	-	3,4	-	-

Fuente: Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo;

FC: fibra cruda; FDN: fibra detergente neutra; DMS: digestibilidad materia seca.

Según Kossila (1984, citado por Manterola *et al*, 1999) el factor que permite calcular la cantidad de residuo producido por chícharo en base al producto útil, es de 4. Por lo cual, asumiendo un rendimiento promedio de esta especie de 0,83 ton/ha para la temporada 2006-2007 (INE, 2007), entonces la producción de residuos es de 3,31 ton/ha.

Las arvejas (*Pisum sativum L.*) presentan una paja con un valor nutritivo y contenido proteico similar a la del poroto (cuadro 38).

Cuadro 38. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de arveja (%).

Paja de Arveja	MS	PC	EE	FC	FDN	Ceniza	DMS	Lignina
Valor máximo	88,6	11,4	1,7	42,5	-	6,5	57,8	-
Valor mínimo	65,2	7,6	-	35,2	-	4,1	51,0	-

Fuente: Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo;

FC: fibra cruda; FDN: fibra detergente neutra; DMS: digestibilidad materia seca.

La temporada 2006-2007 esta especie tuvo un rendimiento de 1,72 ton/ha (INE, 2007). Según Kossila (1984, citado por Manterola *et al*, 1999), el cuociente entre la producción del residuo de arveja y la de producto útil es de 4; por lo tanto, la cantidad de residuo producido sería de 6,87 ton/ha de MS.

La biomasa residual que queda en el cultivo de habas (*Vicia faba*) fluctúa entre 52 y 53 ton/ha de MV, lo que expresado en materia seca significa 11 a 12 ton/ha. Las variedades de invierno producen mayor cantidad de residuos que las de primavera, ya que alcanzan más altura. Este residuo se compone de hojas, tallos y vainas no cosechadas que contiene frutos en distintas etapas de desarrollo. El valor nutritivo se caracteriza por un alto contenido de proteína bruta, una alta digestibilidad y un nivel de fibra intermedio (cuadro 39).

Cuadro 39. Valor nutritivo del residuo del cultivo de haba.

Componente	Planta completa	Granos
Materia Seca (%)	22,3	25,5
Materia Orgánica (%)	89,7	94,5
Cenizas (%)	10,3	5,5
Proteína bruta (%)	18,8	44,7
Fibra Det. Neutra (%)	39,1	-
Digestibilidad MS (%)	67,8	-

Fuente: Manterola y Cerda (1990).

El lupino (*Lupinus albus*) produce paja en cantidades considerables en la región de La Araucanía y va en franco crecimiento, debido a su uso en fertilización de suelos y alimentación tanto animal como humana. Las características de esta paja se detallan en los cuadros 40 y 41.

Cuadro 40. Composición química y digestibilidad de materia seca de paja de lupino (%).

Lupino	MS	PC	EE	FC	FDN	Ceniza	DMS	Lignina
Valor máximo	91,0	13,8	1,4	43,2	-	10,2	70,2	-
Valor mínimo	81,5	6,6	0,9	31,8	-	7,0	34,0	-

Fuente: Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo;

FC: fibra cruda; FDN: fibra detergente neutra; DMS: digestibilidad materia seca.

Cuadro 41 Composición química del residuo de lupino.

Elemento	Lupino ¹
Carbono (%)	41
Nitrógeno (%)	1,72
Relación C/N	24
Fósforo ($\mu\text{g g}^{-1}$)	594
Zinc ($\mu\text{g g}^{-1}$)	144,3
Manganeso ($\mu\text{g g}^{-1}$)	3.423
Cobre ($\mu\text{g g}^{-1}$)	20,6
Aluminio ($\mu\text{g g}^{-1}$)	565,0
Calcio ($\mu\text{g g}^{-1}$)	6.588
Magnesio ($\mu\text{g g}^{-1}$)	2.012
Potasio ($\mu\text{g g}^{-1}$)	5.860

¹hojas; Fuente: Redel *et al* (2006).

5.2.6.4 Papa (*Solanum tuberosum*). Los residuos de este cultivo corresponden a la parte aérea y a tubérculos de tamaño no comercial y dañados. Según ODEPA (2006), el producto útil cosechado la temporada 2005 fue de 106.540 toneladas, lo que equivale a 21,5 ton/ha; el forraje cosechable de dicha producción fue de 12.784,8 toneladas, lo que corresponde a 2,6 ton/ha. Características específicas se presentan en el cuadro 42.

Cuadro 42. Principales componentes químicos y físicos de la papa.

Componentes	Rango (%)	Media (%)
Agua	63,2 – 86,9	75,05
Sólidos totales	13,1 – 36,8	23,7
Proteína(N total + 6.25)	0,7 – 4,6	2
Glicoalcaloides (Solanina)	0,2 – 41,0	3 – 10 (mg/100gr)
Grasa	0,02 – 0,20	0,12
Azúcares reductores	0,0 – 5,0	0,3
Total Carbohidratos	13,3 – 30,5	21,9
Fibra Cruda	0,17 – 3,48	0,71
Ácidos Orgánicos	0,4 – 1,0	0,6
Ceniza	0,44 – 1,9	1,1
Vitamina C	1 – 54 (mg/100gr)	10 – 25 (mg/100gr)

Fuente: http://www.agrarias.uach.cl/instituto/prod_sanidad_vegetal/web_papa/mpapa.html

5.2.6.5 Tomate (*Lycopersicon sculentum*). Existen diferentes tipos de cultivares, algunos destinados a concentrados o pulpas y otros a consumo, los cuales pueden ser cultivados en forma tradicional o bajo invernadero, presentando cada cultivar características propias en cuanto a biomasa residual, porcentaje de los componentes y valor nutritivo.

En las variedades destinadas a pulpa, la biomasa total medida en diferentes cultivares puede fluctuar entre 50 y 52 ton/ha de materia verde, equivalentes a 2,5-2,6 ton/ha de materia seca. De este residuo, el 57% corresponde a follaje (hojas y tallos) y el 43 a frutos de desecho.

Para consumo en fresco y cultivo tradicional (aire libre), la biomasa residual puede fluctuar entre 3,6 y 4,3 ton/ha de materia seca, de las cuales el 20% corresponde a tallos, el 45 a hojas y el 35 a frutos de desecho o no cosechados. En el caso de variedades de invernadero, puede variar entre 11 a 15 ton/ha, de las cuales entre 35 y 37% corresponde a hojas, 25 a tallos y 38 a frutos de desecho o no cosechados (cuadro 43).

Cuadro 43. Composición de residuos de dos cultivares de tomate.

Tipo cultivar	Componente	MV* (ton/ha)	% de MS	MS (ton/ha)
Aire libre	Hojas	4,9	33,2	1,6
	Tallos	3,7	19,1	0,7
	Frutos	23,3	3,7	1,2
	Total	31,0	-	3,5
Invernadero	Hojas	23,9	17,5	4,2
	Tallos	19,8	14,5	2,9
	Frutos	119,8	3,7	4,4
	Total	163,5	-	11,5

Fuente: Manterola *et al* (1999). *MV: materia verde; MS: materia seca.

Las variedades cultivadas bajo condiciones de invernadero producen tres veces más residuo que la de los cultivos tradicionales, lo cual se debe a la gran biomasa que se desarrolla dentro del invernadero inducida por el ambiente y el tipo de poda. Los frutos son los que aportan el mayor porcentaje de residuos (38%), seguidos por las hojas (37%) y los tallos (25%) (Manterola *et al*, 1993).

En las variedades al aire libre el mayor porcentaje de residuos lo aportan las hojas (46%), seguidas por los frutos (35%) y los tallos (20%). En el caso de los tallos existen marcadas diferencias en la estructura, ya que los de variedades de invernadero, por el tipo de poda, son más gruesos, más lignificados y de menor valor nutritivo, por lo que son menos consumidos por el ganado.

El residuo de las variedades de cultivos tradicionales presenta mejor valor nutritivo que el de aquéllas de invernadero, ya que estas últimas, por el mayor desarrollo del follaje, son más lignificadas, tienen menores contenidos de proteínas y menor digestibilidad (Maroto y Escaff, 1998).

Los frutos de desecho tienen menor contenido de proteína y digestibilidad. El valor nutritivo de cada componente estructural de cada residuo es diferente y estas diferencias están presentes entre variedades para un mismo componente (Escandón, 1983, citado por Manterola *et al*, 1999). La proteína bruta, en las variedades para pulpa y consumo (cultivo a la aire libre), se presenta en mayor concentración en los frutos que en el follaje. Sin embargo, en las variedades de invernadero las hojas presentan mayor concentración de este nutriente. Los promedios de aporte proteico, ponderado por el porcentaje de incidencia de cada componente, son similares para las distintas variedades (cuadro 44).

Cuadro 44. Valor nutritivo de las distintas estructuras componentes de residuos de cultivo de tres variedades de tomate.

Características	Variedad para pulpa		Variedad Consumo tradicional			Variedad Consumo invernadero		
	Follaje	Fruto	Hojas	Tallos	Frutos	Hojas	Tallos	Frutos
MS * (%)	14,9	5,4	33,2	19,1	5,3	17,5	14,5	3,7
MO (%)	70,7	86,1	70,8	83,9	87,9	80,4	87,1	89,3
PB (%)	10,9	15,9	10,9	9,8	21,2	17,0	8,5	13,0
FDN (%)	34,0	48,6	32,5	52,1	45,9	43,4	59,5	66,2
FDA (%)	-	-	28,7	40,8	45,4	34,3	50,0	47,5
DMS (%)	77,9	53,4	79,9	68,6	58,4	74,0	64,8	50,7
DMO (%)	77,0	54,7	79,5	69,4	43,3	74,0	65,8	53,7
Celulosa (%)	-	-	16,6	29,5	24,5	23,5	36,4	37,7
Hemicel. (%)	-	-	3,8	11,3	0,5	9,1	9,6	18,6
Lignina (%)	-	-	8,9	10,9	8,9	9,5	13,3	9,5
Cenizas (%)	-	-	3,2	0,5	2,0	1,3	0,2	0,4
ED (Mcal/kg)	-	-	2,3	2,4	2,6	2,8	1,7	2,4
EM (Mcal/kg)	-	-	1,9	1,9	2,1	2,3	1,4	1,9

Fuente: Manterola y Cerda (1990); Cerda *et al* (1995) citados por Manterola *et al* (1999). * MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida; DMS: digestibilidad materia seca; DMO: digestibilidad materia orgánica; ED: energía digestible; EM: energía metabolizable.

5.2.6.6 Frutales. Los residuos corresponden a frutos con problemas sanitarios, de menor tamaño y calidad. En este caso no se aplica fuego para su eliminación, ni representa riesgo de incendio su acumulación. Los frutos residuales son aprovechados en alimentación animal, por lo que tampoco desde el punto de vista de la contaminación ambiental representan un problema.

Principalmente, corresponden a los generados por las podas de viñas y frutales, las que son aplicadas para corregir forma y rejuvenecimiento. Por consiguiente, el material generado corresponde a tallos, ramas, corteza y follaje. Estos se producen en menor cantidad que en las intervenciones de plantaciones forestales, pero las características de cada tipo de residuo son similares.

La poda es la operación a través de la cual se elimina parte de la copa del árbol con al menos tres objetivos (Lemus *et al*, 2005): dar una forma y estructura adecuadas para que el árbol produzca fruta de calidad; promover la renovación anual de madera que permita mantener la producción durante el mayor tiempo posible; y mantener la iluminación en el interior del follaje de manera que la fruta se produzca en la zona baja de la planta, facilitando las operaciones de manejo, en especial la cosecha.

La fruticultura moderna promueve una formación de los árboles desde el establecimiento de los huertos. En algunas especies (durazno, ciruelo, cerezo, nogal y manzano, entre otros), para lograr plantaciones en alta densidad, se han desarrollado diferentes sistemas de conducción que significan importantes modificaciones estructurales de las plantas, donde los árboles se guían en uno o más ejes, empleando podas invernales y primavera–estivales complementarias.

Entre los sistemas de conducción, que actualmente se emplean en estas especies, se destacan principalmente: eje central, vaso o copa e Ypsilon. Existen muchos otros tipos pero básicamente son adaptaciones de los señalados (Lemus *et al*, 2005).

Debido a los problemas de excesivo follaje y sombreado de los huertos, se comenzó a introducir la técnica de poda en palto, comenzando con la poda de rebaje para rejuvenecer huertos adultos de gran altura; o bien para reinjertación de variedades comerciales más interesantes como Hass.

También se introdujo la poda de tercios de la altura de la planta, para iluminación de huertos emboscados, situación menos radical que la anterior, pero dentro del mismo estilo de manejo de huertos (Lemus *et al*, 2005). Además, se incorporó el concepto de poda de producción en palto, con el fin de mantener forma, iluminación y renovación o multiplicación de madera productiva.

La mayor parte de los residuos generados se queman en la propia explotación tras ser retirados del campo y en mucha menor proporción se utilizan como combustible (troncos o ramas más gruesas) (Manterola *et al*, 1991).

Los sarmientos y la madera proveniente de la poda de la vid y de los árboles frutales presentan un contenido medio–bajo de humedad y alto contenido de celulosa y lignina. La relación C/N de estos materiales es muy elevada, entre 150 y 250. Se utilizan los residuos de las hojas verdes (o en estado de senescencia), tallos de dos años y de la temporada.

Una mayor concentración de nutrientes se sitúa en las hojas. Desde el punto de vista de la nutrición animal, se asemejan a la paja de cereal y poseen un porcentaje de digestibilidad de 42,7%, por lo que sólo sirven para cubrir los requerimientos de mantención. Se recomienda ensilarlos sin aditivos.

6. CONCLUSIONES

De la prospección realizada, se desprende e identifican claramente los principales cultivos y especies productivas del país. En el sector forestal aparecen las plantaciones, cuya especie más relevante en términos de cobertura es pino insigne, siguiéndole en importancia eucalipto. Para el caso agrícola, de manera decreciente, se pueden mencionar los forrajeros, cereales, frutales, viñas, leguminosas e industriales, entre otros.

Por consiguiente, ambos sectores constituyen una fuente de generación de residuos, principalmente, por concepto de manejo y cosecha de sus respectivos cultivos. Una buena parte de éstos están siendo eliminados con el uso del fuego, registrándose aproximadamente 23.500 y 250.000 ha anuales en sector forestal y agrícola, respectivamente.

Considerando las cifras indicadas y la base de clasificación del Sistema de Asistencia a Quemadas Controladas, CONAF, se detecta que los residuos de explotación de pino insigne y rastrojos de trigo son los más relevantes en cobertura con 14.850 y 131.450 ha, respectivamente.

Es importante enfatizar que las cifras indicadas, tanto generales como particulares, son sólo una buena referencia y no determinantes, ya que es reconocido que no todas las quemadas son declaradas. Además, por un lado, el potencial productivo en residuos de las especies, aquí identificadas como principales, podrían aumentar la superficie involucrada. Y, por otro, la importancia relativa de un cultivo o especie podría cambiar si los registros se desagregan de una manera más específica.

De acuerdo a esto último, se recomienda evitar tipificaciones genéricas. Por ejemplo: "clase quema de residuos de podas", donde no es posible identificar cultivo ni especie.

Respecto de la existencia y disponibilidad de información, especialmente sobre cuantificación de residuos forestales y de poda de frutales, se advierte una carencia en función de los objetivos del presente trabajo. Por consiguiente, es recomendable propiciar proyectos de investigación en tal sentido y que se orienten hacia aquellos cultivos y especies más deficientes.

Por último, cabe agregar, la existencia de información facilitará la identificación de alternativas al uso del fuego y, mejor aun, éstas a su vez permitirán aprovechar el enorme potencial que tienen los residuos, tanto forestales como agrícolas, como materia prima para diferentes usos y beneficios.

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1 Forestal

Afif, E. y Oliveira, J. 2006. Efectos del Fuego Prescrito sobre Matorral en las Propiedades del Suelo. *Invest Agrar: Sist Recur For* (2006) 15(3), 262-270.

Álvarez, E. 2004. Aprovechamiento de la Corteza del Árbol. [En línea]. Universidad del Pinar del Río. Facultad de Agronomía y Forestal. Departamento de Química. P. Cuba. 11. Disponible en: < http://www.monografias_com.htm>. Fecha de consulta: [28 de octubre de 2007].

Barahona, G. 2005. Variación de la Composición Química en Albura, Duramen y Altura de Madera Pulpable de *Eucalyptus globulus* Proveniente de Monte Alto y Monte Bajo. [En línea]. Tesis. Universidad de Chile. Facultad de ciencias forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Departamento de Ingeniería de la Madera. Santiago. 87 p. Disponible en: <http://captura.uchile.cl/dspace/handle/2250/1014?mode=full&submit_simple=Mostrar+registro+completo>. Fecha de consulta: [26 de noviembre de 2007].

Barros, C. 2006. Panorama de la agricultura. [En línea]. Disponible en: <http://www.sofofa.cl/BIBLIOTECA_Archivos/Documentos/2006/11/09_cbarros.pdf>. Fecha de consulta: [10 de marzo de 2008].

Campino, J. 2006. Disponibilidad de Biomasa en Chile. [En línea]. En: Seminario Generación de Energía con Biomasa en Chile. Junio. Concepción. Disponible en: <www.lignum.cl/doc/SeminarioBiomasaFINPRO_LIGNUM.pdf>. Fecha de consulta: [26 de octubre de 2007].

Carballo, L. et al. 2006. Biomasa: Alternativa Sustentable para la Producción de Biogás. [En línea]. Universidad del Pinar del Río. Facultad de Forestal y Agronomía. Departamento de Química. Cuba. 16 p. Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos48/biomasa/biomasa2.shtm>>. Fecha de consulta: [21 de enero de 2008].

Castillo, M. 2004. Incendios Forestales y Medio Ambiente: una síntesis global. Laboratorio de Incendios Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago. 9 p.

CONAF. 2006. Silvicultura Preventiva. Silvicultura para la Prevención de Incendios Forestales en Plantaciones Forestales. Documento de Trabajo 452. 2 ed. Septiembre. Disponible en: <<http://www.conaf.cl/modules/contents/files/unit4/file/ae46e19e7a8c8e458956064396e4ccd8.pdf>>. Fecha de consulta: [10 de marzo de 2008].

Cordero, E. y Orea, U. 1999. La Composición Química del Follaje. [En línea]. Universidad del Pinar del Río. Facultad de Forestal y Agronomía. Departamento de Química. Cuba. Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos15/composicion-follaje/composicion-follaje.shtml>>. Fecha de consulta: [21 de noviembre de 2007].

CORMA. 2003. Actividad Forestal. Mitigación de Efecto Invernadero. [En línea]. Disponible en: <http://www.cormabiobio.cl/6accionar/departamentos/gaef/docgaef/anexos/Carbono%20GAEF_3.ppt>. Fecha de consulta: [28 de octubre de 2007].

CORMA. 2005. Temas de Interés. Patrimonio Forestal. [En línea]. Enero. Disponible en: <http://www.corma.cl/portal/menu/temas_de_interes/patrimonio_forestal/nuevas_posibilidades_alamo>. Fecha de consulta: [02 de enero de 2008].

CORMA. 2007. El Sector Forestal Chileno. [En línea]. Agosto. 16 p. Disponible en: <http://www.www.sofofa.cl/BIBLIOTECA_Archivos/Eventos/2007/08/29_corma.pdf>. Fecha de consulta: [10 de marzo de 2008].

Clustermadera. 2001. Propiedades de la Madera. [En línea]. pp 21-30. Disponible en: <http://www.clustermadera.com/files/4_propiedades_madera.pdf>. Fecha de consulta: [31 de diciembre de 2007].

Del Río, J. 2005. Valorización de Productos Agroforestales para la Fabricación de Pasta de Papel: Caracterización química y modificación estructural de sus constituyentes en los procesos de cocción y blanqueo. Proyecto AGL2005-01748. IRNAS-CSIC, Sevilla. España. [En línea]: Disponible en <www.irnase.csic.es/users/delrio/web-Proy-AGL2005-01748/Proyecto.htm>. Fecha de consulta: [20 de diciembre de 2007].

Esteban, L. 2004. La Cuantificación de los Recursos y su Coste: Dos Aspectos Relevantes para la Viabilidad de la Utilización Energética de la Biomasa Forestal. CEDER-CIEMAT. En: Seminario Planta de Biomasa Forestal en las Navas del Marqués: Viabilidad, Condicionantes y Futuro. 20, 21 y 22 de octubre. España.

Esteban, L. 2005. Metodología de la Evaluación de la Biomasa Forestal. CEDER-CIEMAT. 19 de Mayo. Pamplona, España. 42 p.

FAO. 1993. *Atriplex nummularia*. [En línea]. Disponible en: <<http://www.fao.org/Regional/Lamerica/redes/sisag/arboles/Chi-at-n.htm>>. Fecha de consulta: [02 de Enero de 2008].

FAO. 1993b. *Atriplex repanda*. [En línea]. Disponible en: <<http://www.fao.org/Regional/Lamerica/redes/sisag/arboles/Chi-at-r.htm>>. Fecha de consulta: [02 de Enero de 2008].

FAO. 2001. Global Forest Fire Assessment. Forest Resources Assessment Programme, Working Paper 55. Forestry Department. Rome, Italy. 2001. 494 p. [En línea]: Disponible en <<http://www.fao.org/DOCREP/006/AD653E/AD653E00.HTM>>. Fecha de consulta: [01 de julio de 2008].

FAO. 2005. Necesidades y Oportunidades de Cooperación Internacional para Afrontar los Incendios Forestales. Comité de Montes 17º periodo de sesiones. Roma, Italia. [En línea]: Disponible en <<http://www.fao.org/docrep/meeting/009/J3938s.htm>>. Fecha de consulta: [01 de julio de 2008].

Gayoso, J.; Guerra, J. y Alarcón, D. 2002. Contenido de Carbono y Funciones de Biomasa en Especies Nativas y Exóticas. Proyecto Fondef D9811076. Medición de la Capacidad de Captura de Carbono en Bosques de Chile y Promoción en el Mercado Mundial. [En línea]. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 157 p. Disponible en: <[http://www.uach.cl/procarbono/Documentos/Informe %20Tecnico % 20 Biomasa.pdf](http://www.uach.cl/procarbono/Documentos/Informe%20Tecnico%20Biomasa.pdf)>. Fecha de consulta: [04 de Noviembre de 2007].

Gobierno de Chile. 2006. Lineamientos Programáticos de la Política Agroalimentaria y Forestal Chilena. Ministerio de Agricultura. Santiago. 26 p.

Gómez, C. 2004. Propuesta para el Uso de *Acacia saligna* en Sistemas de Producción de Pequeños Propietarios de la Provincia de Elqui, IV región. Tesis. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Santiago. 103 p.

INE. 2007. VII Censo Agropecuario y Forestal. [En línea]. Disponible en: <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07.php>. Fecha de consulta: [10 de marzo de 2008].

INFOR. 2006. Superficie de Plantaciones Forestales Actualizadas a Diciembre de 2005. [En línea]. Disponible en: <http://www.infor.cl/estadisticas_mercado/super_plantaciones_forest.htm>. Fecha de consulta: [10 de marzo de 2008].

Jordán, M. 1996. Métodos de Propagación biotecnológicos y convencionales de leguminosas de usos múltiples para zonas áridas. En: Técnicas Convencionales y Biotecnológicas para la Propagación de Plantas de Zonas Áridas. Programa conjunto FAO-PNUMA-UNAM de Control de la desertificación en América latina y el Caribe. pp. 111-144.

Lailhacar, S. et al. 1993. Evaluación Nutritiva de Especies Arbustivas del Género *Atriplex* en el Secano Costero de Clima Mediterráneo Árido de Chile. I. Germoplasma probado hasta 1985. [En línea]. Disponible en: <<http://agronomia.uchile.cl/centros/ceza/webblascadas/Atriplex/atridet32.htm>>. Fecha de consulta: [02 de Enero de 2008].

Lartiga, I. 1984. Contenido Proteico y Factibilidad de un Concentrado Proteico de Acículas de Pino Insigne (*Pinus radiata* D. Don). Tesis. Pontificia Universidad Católica de Chile. Sede del Maule. Escuela de Tecnología Forestal. Talca. 74 p.

Marcos, F. et al. 2006. Caracterización Energética de la Biomasa de Chopo (*Populus x euroamericana* L – 214) en Turnos muy Cortos. Junio. Departamento de Ingeniería Forestal. ETSI de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. 40 p. [En línea]. Disponible en: <http://www.energetica21.com/articulos/bm/2006/bm_jun06_7.pdf>. Fecha de consulta: [18 de noviembre de 2007].

Marcos, F. y Núñez, M. 2006. Biomasa forestal: Fuente Energética. Biomasa. Marzo. ETSI de Montes [En línea]. Disponible en: <http://www.energetica21.com/articulos/bm/2006/bm_mar06_2.pdf>. Fecha de consulta: [13 de diciembre de 2007].

Martínez, E. y Becerra, M. 2004. Usos y Efectos del Fuego. [En línea]: Disponible en <http://www.sap.uchile.cl/descargas/suelos/036Uso_y_efecto_del_Fuego.pdf>. Fecha de consulta: [01 de julio de 2008].

Mirabelli, E. 1994. Biodegradabilidad de los Elementos Vegetales de Sostén. Lombricultura. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Montes, S. y Montes, G. 2002. Aspectos Termodinámicos y Cinéticos de la Interacción Cobre (II) – Corteza de *Pinus radiata* D. Don. en Medio Acuoso. [En línea]. Disponible en: <<http://cabierta.uchile.cl/index.html>>. Fecha de consulta: [18 de noviembre de 2007].

ODEPA. 2007. Producto Interno Bruto. [En línea]. Disponible en: <<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=9C37B89BAFAE8FA5C7C9DDFCFB6179DD?idcla=12&idn=1633>>. Fecha de consulta: [15 mayo de 2008].

Pérez, P. 2006. Caracterización de Biocombustibles en Plantaciones de *Pinus radiata* Sometidas a Diferentes Esquemas de Manejo. Estudio de caso: Empresa Forestal Monteaguila S.A. Tesis. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. 68 p.

Perret et al. 2001. Acacia saligna. Monografía. Diversificación de alternativas de producción forestal y agroforestal para pequeños propietarios del secano. Instituto Forestal. Santiago. 120 p.

Quiroz, I. y Rojas, Y. 2003. Pino ponderosa y Pino oregón. Coníferas para el Sur de Chile. Instituto Forestal, Sede Los Lagos. Valdivia. 316 p. [en línea]. Disponible en: <www.ctpf.cl/documentos/pino_ponderosa.pdf>. Fecha de consulta: [09 de enero de 2008].

Reina, J. 2000. Aprovechamiento Energético de Maderas Residuales. Caracterización de la madera y procesos de conversión termoquímicos. Energy & Waste Tehcnologies. [En línea]. Disponible en <<http://www.ewtech-ing.com/pdf/Valorizacion%20de%20la%20madera%201.pdf>>. Fecha de consulta: [20 de noviembre de 2008].

Rodríguez, C. 1989. Producción Potencial en Sitios Característicos para *Pinus radiata*. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias, Mención Silvicultura. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Graduados. Valdivia. 160 p.

Ruiz, J. 2004. Determinación de Factores Ambientales para el Crecimiento de dos Hongos (*Lentinula edodes* y *Stereum hirsutum*) y su Acción Biodegradante sobre la Madera de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. [En línea]. Tesis. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Ingeniería de la Madera. 100 pág. Santiago. [En línea]. Disponible en: <http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2004/ruiz_j/sources/ruiz_j.pdf>. Fecha de consulta: [20 de noviembre de 2007].

Saavedra, C. 2004. Determinación del Peso Específico y de Algunas Otras Propiedades Biométricas en *Eucalyptus globulus* (Labill) como Materia Prima Pulpable. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero de la Madera. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Santiago. 85 pág. [En línea]. Disponible en: <http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2004/saavedra_c/sources/Saavedra_c.pdf>. Fecha de consulta: [20 de noviembre de 2007].

Sanhueza, A. 1998. Cultivo de Pino Oregón. Corporación Nacional Forestal. Programa de Diversificación Forestal. 106 p.

Schlegel, B.; Gayoso, J. y Guerra, J. 2000. Manual de Procedimientos. Muestreos de Biomasa Forestal. Proyecto Fondef D98I1076. Medición de la Capacidad de Captura de Carbono en Bosques de Chile y Promoción en el Mercado Mundial. [En línea]. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 24 p. Disponible en: <<http://www. www.uach.cl/proforma/carbono/manmuesbio.PDF>>. Fecha de consulta: [04 de noviembre de 2007].

Thompson. 1968. El Suelo y su Fertilidad. Editorial Reverté. Barcelona. España. 409 p.

Vacarezza, F. 2005. Recursos Forestales. ¿Alternativa Energética para el País?. [En línea]. Informe Área de Recursos Naturales. N°4. Diciembre. Universidad Santo Tomás. pp 4-8 Disponible en: <www.ust.cl/medios/Biblioteca2/Publicaciones/Informes/informernaturales4.pdf>. Fecha de consulta: [29 de octubre de 2007].

Vidal, A. 1995. Estudio de las Posibilidades de Aprovechamiento de la Biomasa de Copa de Coníferas en la Provincia Pinar del Río. Tesis doctoral, Universidad de Pinar del Río, Cuba.

7.2 Agrícola

Agusti, M. 2004. Fruticultura. Mundi Prensa. Madrid. 423 p.

Cerda, D, Manterola, H., Sirhan, L. e Illanes, R. 1987. Validación y Estudios Comparativos de Métodos Estimadores de la Digestibilidad Aparente de Alimentos para Rumiantes. IV. Av. Prod. Anim. 12 (1-2):87-97.

Cordero, E. y Orea, U. 1999. La Composición Química del Follaje. [En línea]. Universidad del Pinar del Río. Facultad de Forestal y Agronomía. Departamento de Química. Cuba. Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos15/composicion-follaje/composicion-follaje.shtml>>. Fecha de consulta: [21 de noviembre de 2007].

Cruz, M. 2000. El Clima y su Efecto sobre la Productividad y Calidad del Manzano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Publicaciones INIA-Quilamapu. Informativo Agropecuario Bioleche-INIA Quilamapu. Boletín N° 35. [En línea]. Disponible en: <<http://www.inia.cl/quilamapu/pubbycom/bioleche/boletin2000/BOLETIN35.html>>. Fecha de consulta: [14 de mayo de 2008].

Faiguenbaum, H. 1988. Producción de cultivos en Chile. Cereales, leguminosas e industriales. Publicitaria Torrelodones ed., Santiago, Chile. 332 p.

Faiguenbaum, H. 1990. Crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz. *In* H. Faiguenbaum y M. Kogan (eds.). Técnicas de producción de maíz. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Departamento de Ciencias Vegetales, Santiago, Chile. pp. 51-75.

Ferreira, J.; García, R.; Queiros, A.; Silva, D. y Reis, R. 1990. Rev. Soc. Bras. Zoot., 19(1): 39-43.

Ferreira, R., Selles, G., Gil, P., Maldonado, P., Cabezas, G., Rodriguez, V. 2001. Diagnóstico de la Situación de las Plantaciones Frutales en Cerro. 30 p. Documento Interno, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Publicado en informe de actividades N° 3, año 2001).

Gardiazabal, F. 1991. El Cultivo del Palto. Chile. 2002 p. [En línea]: Disponible en <www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/G-H-I/GardiazabalFrancisco1991.pdf>. Fecha consulta: [01 de julio de 2008].

Giaconi, V. 1988. Cultivo de Hortalizas. 6ª edición actualizada. Editorial Universitaria, Santiago, Chile, 308 p.

Hidalgo, L. 1999. España, el Mayor Viñedo del Mundo. En: viticultura, enología profesional. N° 60. pp 5 – 16.

INE. 2007. VII Censo Agropecuario y Forestal. [En línea]. Disponible en: <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07.php>. Fecha de consulta: [10 de marzo de 2008].

Lemus, G. et al. 2005. El Cultivo del Palto. Segunda edición. Ministerio de Agricultura. INIA. Boletín INIA N° 129. La Cruz, Chile. 78 p.

Macaya, J. 1999. Leguminosas Arbóreas y Arbustivas Cultivadas en Chile. *Chloris chilensis*. Año 2, N°1.

Maroto, V. y Escaff, M. 1998. Cultivos de Hortalizas. 13ª ed. Santiago. Editorial Universitaria, 337 p.

Manterola, H. y Cerda, D. 1990. Proyecto Valoración Nutritiva, Conservación y Aprovechamiento de Residuos Derivados de la Producción e Industria Hortícola en alimentación Animal. Informe N°1 presentado a FIA. 29 p.

Manterola, H.; Mira, J. y Cerda, D. 1991. Los Residuos Agrícolas y uso en la Alimentación de Rumiantes. Fundación para la innovación Agraria del Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 222 p.

Manterola, H.; Cerda, D.; Porte, E.; Sirhan, L. y Mira, J. 1993. Proyecto Valoración nutritiva, conservación y aprovechamiento de la producción e industria hortícola en alimentación animal. (Informe Final presentado a FIA). 159 p.

Manterola, H.; Mira, J. y Cerda, D. 1999. Los Residuos Agrícolas y uso en la Alimentación de Rumiantes. Fundación para la innovación Agraria del Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 222 p.

Martínez, F. 2002. Gestión y Tratamiento de Residuos Agrícolas. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. Universidad Técnica de Cataluña. España. 13 p.

Navarro, S. y Navarro, G. 2003. Química agrícola. Mundi-Prensa. Madrid. 487 p.

ODEPA. 2005. Boletín Estadístico de Cultivos Anuales Esenciales (superficie, producción y rendimientos, según región, año agrícola 2004/2005). Santiago, Chile.

ODEPA. 2006. Mercado Nacional- Maíz. Distribución Regional y Superficie sembrada.

Redel, Y. et al. 2006. Efecto de la Adición de Residuos de Cosecha y de un Hongo Micorrizógeno sobre el Crecimiento de Trigo y Parámetros Químicos y Biológicos de un Andisol. Agricultura técnica (abril-junio 2006). Chile. 66(2):174-184.

Raynier. 1995. Manual de Viticultura. 5ª ed. Mundiprensa. Madrid. 407 p.

Romero, J. 2005. Central Térmica de Biomasa de 5 Mw de Potencia. Anexo N° 8, Tipos de Biomasa. Memoria. Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola. Ciudad Real. España. [En línea]. Disponible en: <http://www.uclm.es/area/ing_rural/Proyectos/JavierRomero/Anexo8.pdf>. Fecha de consulta: [11 de enero de 2008].

Seoáñez et al. 2000. Tratado de Reciclado y Recuperación de Productos de los Residuos. Mundi Prensa. 605 p.

Thompson. 1968. El Suelo y su Fertilidad. Editorial Reverté. Barcelona. España. 409 p.

7.3 Links de Interés

www.la.esferaverde.cl/bo_fdei.htm

www.agrarias.uach.cl/instituto/prod_sanidad_vegetal/webpapa/mpapa.html

www.conquismania.cl/especial/hechas/gramineas.htm

www.wikipedia.org

www.conquismania.cl/especial/hechas/gramineas.htm

www.terra.org/articulos/art01335.htm

www.ars.usda.gov/.../photos/aug06/d571-1i.jpg

www.apan.blogia.com/upload/cebada.JPG

www.sia.huaral.org/.../rast3

www.aimcra.es/Imagenes/CampoRemolacha.jpg

www.monografias.com

www.puc.cl/sw/educ/cultivos/introleg.htm

www.Infoagro.com/hortalizas/residuos-agricolas.htm

www.inia.cl

www.ecoplant.cl

A N E X O S

ANEXO 1

Glosario Forestal

Biomasa: suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema, en un momento determinado. Se expresa en términos de peso seco, masa o volumen.

Desrame y Trozado: es la acción de eliminar las ramas del tronco (fuste) y posterior trozado de acuerdo al producto final a comercializar (largo, diámetro, rectitud, conicidad, etc.). Se debe tener especial cuidado durante el desrame, ya que muchos de los accidentes forestales ocurren durante esta operación. Por otra parte, al trozar se debe tener en cuenta obtener el máximo aprovechamiento comercial del fuste, tomando en cuenta los defectos de este y los requerimientos del mercado.

Digestibilidad de un alimento: fracción del alimento que no aparece en las fecas y puede ser absorbido. Se expresa como porcentaje de la materia seca (MS) o de la materia orgánica (MO).

Extracto etéreo: fracción de un alimento que se obtiene por la extracción simple con éter y representa los componentes lipídicos del alimento. Incluye, además de las grasas, sustancias como pigmentos, clorofila y ceras.

Energía digestible: se expresa en Kcal/k o Mcal/k. Energía del alimento que es absorbida por el animal para el uso metabólico y que no es excretada en las fecas. Se calcula por diferencia entre la energía bruta y la energía que aparece en las fecas.

Energía metabolizable: energía absorbida que no es eliminada en las fecas y orina, por lo que representa la energía del alimento disponible para los procesos metabólicos.

Ensilado: proceso de almacenamiento en condiciones anaeróbicas y producción de ácido láctico que baja el pH e impide otras fermentaciones no deseadas.

ETSI: Escuela Técnica Superior de Ingenieros.

Fracción de carbono: proporción de carbono orgánico en la biomasa del árbol. En este caso determinado por método colorimétrico

Fibra cruda o Fibra bruta: representa la fracción del alimento indigestible por los monogástricos. Incluye la celulosa, hemicelulosa y cantidades variables de la lignina.

Fibra detergente ácido: incluye la celulosa y la lignina, pero no a la hemicelulosa, cuyo contenido se calcula por diferencia entre FDN-FDA.

Fibra detergente neutro: representa el contenido de pared celular de un alimento, incluye la celulosa, la hemicelulosa y la lignina.

Madereo y Acopio: el madereo consiste en la extracción y transporte de madera desde el bosque a su lugar de carguío y/o almacenamiento (cancha de acopio). Para esto se utilizan maquinarias o fuerza animal, dependiendo de las características del terreno (topografía, tipo de suelo, entre otras), el tipo de producto a extraer (troza y/o árbol completo) y las características del productor.

Manejo de Desechos Vegetales: el manejo de desechos provenientes de faenas forestales (roce, poda, raleo y cosecha, entre otras), debe considerar la protección del recurso suelo y facilitar la ejecución de otras faenas, de igual modo, con esta labor se disminuye el riesgo de la ocurrencia de incendios forestales.

Materia orgánica: comprende todos los nutrientes, excepto la fracción mineral. Se obtiene al restar la materia seca y las cenizas.

Materia seca: lo que queda del alimento al ser secado a 105°C, hasta peso constante.

Poda: consiste en la eliminación de ramas del árbol mediante un corte recto y limpio. El objetivo principal de las podas es mejorar la calidad de la madera. No obstante también es útil para facilitar el desplazamiento de los trabajadores, animales de trabajo, maquinarias y disminuir el peligro de incendios. La oportunidad de la poda dependerá del objetivo de la producción y del esquema de manejo a aplicar, recomendándose realizar esta faena en el período de latencia vegetativa.

Porcentaje de cenizas: representa el peso de material sólido no combustible por kilo de biomasa. Este dato es importante para el diseño de los dispositivos de eliminación de cenizas y para el seguimiento del rendimiento de la combustión. El contenido de cenizas rara vez excede el 5% para maderas.

Poder calorífico: el contenido calórico por unidad de masa es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa. En términos generales puede asignarse a la biomasa un poder calorífico de 3.500 kcal/kg. Si se considera que el diesel posee un poder calorífico del orden de las 10.000 kcal/kg, se necesitan tres kilos de madera para reemplazar un kilo de diesel.

El poder calorífico de la madera está relacionado directamente con su contenido de humedad. En la medida que la humedad sea mayor, el poder calorífico será menor; esto se debe a que parte del calor generado en la combustión es utilizado para evaporar el agua.

Poder calorífico superior (PCS): representa la cantidad de calor durante la combustión a presión atmosférica cuando los productos de la misma son enfriados a 25°C.

Poder calorífico inferior (PCI): representa la cantidad de calor liberada cuando el agua generada por la oxidación del hidrogeno presente en el combustible se encuentra bajo la forma de vapor al final del proceso.

Proteína bruta o Proteína cruda: representa la concentración de materias nitrogenadas de un alimento. Se obtiene multiplicando el porcentaje de N por un factor de 6,25.

Raleo: consiste en la corta de una proporción de árboles de un rodal. Su objetivo principal es concentrar (aumentar) el crecimiento o producción de madera en los árboles seleccionados o remanentes. Se recomienda que esta faena sea programada considerando la actividad de poda. El raleo puede ser a desecho o comercial, permitiendo en ambos casos utilizar el producto extraído ya sea para uso domestico como para su venta. No obstante se debe considerar que en ciertas circunstancias se debe realizar el raleo con fines fitosanitarios.

Valor nutritivo de un alimento: capacidad del alimento para aportar los nutrientes necesarios para sustentar los requerimientos de mantención y producción.

Volteo: es la faena con que se da inicio a la cosecha forestal, por tanto, un volteo técnicamente correcto facilita las faenas posteriores (madereo, carguío y transporte). Las operaciones de volteo deben considerar tres aspectos: proteger las zonas de conservación y protección, reducir los daños a los árboles y minimizar los riesgos de accidentes.

ANEXO 2

Glosario Agrícola

Cariósipide: fruto seco indehisciente con el pericarpio adherido a su única semilla, como el grano de trigo.

Coleóptilo: el coleoptilo es la estructura que emerge inicialmente desde la semilla hacia arriba. Se aproxima a la superficie del suelo a través de la elongación del mesocotilo.

CE (Celulosa): carbohidrato soluble, componente de la pared celular de las células vegetales.

Endospermo: Es un depósito de alimentos para el embrión, que representa el 82% del peso del grano.

ED (Energía digestible): Energía del alimento que es absorbida por el animal para el uso metabólico y que no es excretada. Se calcula por diferencia entre la energía bruta y la energía que aparece en las fecas.

Forraje: alimentos constituidos por la parte aérea de las plantas forrajeras, ya sea en verde o conservadas.

Gineceo: es el conjunto de órganos femeninos de la flor que se ubican en el centro de la misma y que estará constituido por 1 ó más hojas modificadas.

Gramíneas: nombre común de una extensa familia de plantas con flor, la más importante del mundo desde el punto de vista económico y ecológico. A esta familia también se le conoce con el nombre de *poáceas*.

Hemicelulosa: carbohidrato de baja solubilidad, comúnmente asociado con la lignina en la pared celular de las células vegetales.

Lignina: compuesto formado por moléculas de polifenoles, constituyentes de la pared celular de los vegetales e importante para dar resistencia a la estructura vegetal.

Mesocotilo: es una estructura tubular perteneciente al maíz de color blanco y semejante a un tallo. Aparece inmediatamente a continuación del coleoptilo, una vez que éste rompe la cubierta seminal.

Monocotiledóneas: clase de angiospermas caracterizadas por el embrión con un sólo cotiledón, por sus raíces secundarias y adventicias, que no poseen crecimiento secundario en grosor y por sus hojas casi siempre sésiles y de nerviación paralela.

Monoica: vegetal que presenta estructuras de ambos sexos sobre el mismo talo. Planta en la cual se producen flores femeninas y masculinas.

Panoja: es el fruto de la planta del maíz.

Perenne: las plantas perennes, contrario a las anuales, florecen año tras año (la palabra "perenne" es el término en latín para "perpetuo"). La mayoría de perennes mueren durante el invierno y vuelven a crecer en la primavera (aunque algunas perennes permanecen verdes e incluso florecen durante los meses de invierno).

Planta anual: son aquellas plantas en las que el ciclo vegetativo dura un año. Después se secan. Así lo hacen las que conocemos como "hierbas".

Planta bianual: planta que cumple su periodo vegetativo en el curso de dos años. (Nace, se desarrolla, florece, semilla y muere). Se destaca por sus altas y majestuosas espigas con flores colgantes tubulares.

Poácea: las poáceas (*Poaceae*), también conocidas como gramíneas, son una familia de plantas herbáceas o muy raramente leñosas del orden Poales.

Raíz fasciculada: es aquella que posee numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad.

Raquis: tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas 20 a 30 espiguillas en forma alterna.

Residuo Agrícola: producto generado en un proceso agrícola o agroindustrial, sin valor agregado y sin un uso productivo.

Sarmientos: tallo joven de la vid.

Subproducto: producto secundario obtenido de un proceso agrícola o agroindustrial, que ya posee un valor agregado por tener un uso posterior.

Unicarpelar: ovario de la flor que posee un sólo carpelo.

ANEXO 3

Superficie Principales Cultivos Agrícolas por Región

Cuadro 1. Principales cultivos zona norte.

Región	Cultivo	Superficie	
		ha	%
de Atacama	Papa	263,1	10,5
	Tomate consumo fresco	223,1	8,9
	Maíz (grano seco)	189,3	7,5
	Poroto verde	151,7	6,0
	Choclo	45,1	1,8
	Trigo candeal	23,5	0,9
	Trigo blanco	21,0	0,8
	Avena (grano seco)	19,5	0,8
	Poroto granado	16,5	0,7
	Poroto consumo interno	14,7	0,6
	Otros cultivos	1.548,5	61,5
Total región	2.516,1	100,0	
de Coquimbo	Papa	3.236,8	17,7
	Trigo blanco	1.149,4	6,2
	Poroto verde	822,6	4,5
	Maíz (grano seco)	662,1	3,6
	Trigo candeal	609,3	3,3
	Choclo	609,3	3,3
	Cebada forrajera (grano seco)	509,1	2,8
	Tomate consumo fresco	358,5	1,9
	Poroto consumo interno	282,0	1,5
	Poroto granado	202,8	1,1
	Otros cultivos	9.968,3	54,1
Total región	18.410,2	100,0	

Fuente: elaborado a partir de los datos del VII Censo Agrícola y Forestal, INE (2007).

Cuadro 2. Principales cultivos zona centro.

Región	Cultivo	Superficie	
		ha	%
de Valparaíso	Papa	2.186,3	12,1
	Trigo blanco	2.030,3	11,2
	Tomate consumo fresco	1.185,3	6,6
	Maiz (grano seco)	1.132,7	6,3
	Choclo	971,4	5,4
	Poroto granado	714,4	4,0
	Avena (grano seco)	483,5	2,7
	Trigo candeal	328,8	1,8
	Garbanzo	299,5	1,7
	Poroto consumo interno	256,4	1,4
	Cebada forrajera (grano seco)	189,5	1,0
	Poroto verde	188,0	1,0
	Tomate industrial	100,0	0,6
	Otros cultivos	7.989,4	44,2
Total región	18.055,5	100,0	
Metropolitana	Maiz (grano seco)	11.917,6	25,3
	Papa	5.189,0	11,0
	Choclo	3.307,8	7,0
	Trigo candeal	2.184,9	4,6
	Trigo blanco	1.320,4	2,8
	Tomate consumo fresco	1.083,4	2,3
	Poroto granado	932,8	2,0
	Poroto verde	857,8	1,8
	Tomate industrial	272,0	0,6
	Otros cultivos	20.046,4	42,6
	Total región	47.112,1	100,0
de O'Higgins	Maiz (grano seco)	47.244,8	59,2
	Trigo blanco	5.219,7	6,5
	Tomate industrial	2.630,4	3,3
	Trigo candeal	2.248,9	2,9
	Papa	1.689,1	2,1
	Choclo	1.588,6	2,0
	Arroz (con cáscara)	1.262,5	1,6
	Tomate consumo fresco	1.065,5	1,3
	Avena (grano seco)	897,1	1,1
	Garbanzo	871,3	1,1
	Poroto consumo interno	704,6	0,9
	Otros cultivos	14.351,1	18,0
	Total región	79.773,6	100,0
del Maule	Maiz (grano seco)	29.406,8	27,5
	Trigo blanco	22.780,7	21,3
	Arroz (con cáscara)	17.336,3	16,2
	Poroto consumo interno	4.717,2	4,4
	Tomate industrial	4.049,5	3,8
	Papa	3.341,7	3,1
	Choclo	1.787,6	1,7
	Trigo candeal	1.320,1	1,2
	Avena (grano seco)	1.289,8	1,2
	Tomate consumo fresco	942,7	0,9
	Garbanzo	898,5	0,8
	Cebada cervecera	732,2	0,7
	Otros cultivos	18.439,1	17,2
	Total región	107.042,2	100,0

Fuente: elaborado a partir de los datos del VII Censo Agrícola y Forestal, INE (2007).

Cuadro 3. Principales cultivos zona sur.

Región	Cultivo	Superficie	
		ha	%
del Bío-Bío	Trigo blanco	67.742,6	43,4
	Avena (grano seco)	20.037,1	12,8
	Maíz (grano seco)	12.030,4	7,7
	Papa	8.292,9	5,3
	Arroz (con cáscara)	4.147,3	2,7
	Trigo candeal	2.805,8	1,8
	Poroto consumo interno	2.802,3	1,8
	Triticale (grano seco)	2.777,9	1,8
	Cebada cervecera	1.533,1	1,0
	Cebada forrajera (grano seco)	1.516,2	1,0
	Garbanzo	930,3	0,6
	Lupino dulce (grano seco)	840,2	0,5
	Choclo	781,1	0,5
	Otros cultivos	29.778,7	19,1
	Total región	156.015,8	100,0
de La Araucanía	Trigo blanco	93.652,4	43,3
	Avena (grano seco)	48.290,0	22,3
	Triticale (grano seco)	16.082,8	7,4
	Papa	14.029,0	6,5
	Cebada cervecera	7.615,2	3,5
	Lupino amargo	7.366,0	3,4
	Lupino dulce (grano seco)	6.493,9	3,0
	Lupino australiano	4.747,1	2,2
	Cebada forrajera (grano seco)	1.711,0	0,8
	Trigo candeal	1.090,4	0,6
	Maíz (grano seco)	691,4	0,3
	Otros cultivos	14.589,0	6,7
	Total región	216.358,2	100,0
de Los Ríos	Trigo blanco	14.417,5	48,6
	Papa	3.957,1	13,3
	Avena (grano seco)	3.956,4	13,3
	Cebada cervecera	1.547,1	5,2
	Cebada forrajera (grano seco)	1.100,1	3,7
	Triticale (grano seco)	363,5	1,2
	Lupino dulce (grano seco)	76,5	0,4
	Otros cultivos	4.241,4	14,3
	Total región	29.659,6	100,0

Fuente: elaborado a partir de los datos del VII Censo Agrícola y Forestal, INE (2007).

Cuadro 4. Principales cultivos zona austral.

Región	Cultivo	Superficie	
		ha	%
de Los Lagos	Trigo blanco	11.388,5	32,2
	Papa	11.154,3	31,5
	Avena (grano seco)	6.272,5	17,7
	Cebada forrajera (grano seco)	792,3	2,2
	Lupino australiano	576,0	1,7
	Cebada cervecera	482,3	1,4
	Triticale (grano seco)	405,3	1,1
	Otros cultivos	4.336,5	12,2
	Total región	35.407,7	100,0
de Aisén	Avena (grano seco)	335,5	42,1
	Papa	185,2	23,2
	Cebada forrajera (grano seco)	90,9	11,4
	Trigo blanco	21,6	2,7
	Otros cultivos	164,3	20,6
	Total región	797,4	100,0
de Magallanes y Antártica	Papa	133,0	57,3
	Cebada forrajera (grano seco)	15,0	6,5
	Tomate consumo fresco	1,0	0,4
	Otros cultivos	83,0	35,8
	Total región	232,0	100,0

Fuente: elaborado a partir de los datos del VII Censo Agrícola y Forestal, INE (2007).

ANEXO 4

Superficie Principales Plantaciones Frutícolas por Región.

Cuadro 1. Principales especies frutales zona norte.

Región	Especie	Superficie	
		ha	%
de Atacama	Uva de mesa	8.773,6	64,6
	Olivo	3.325,8	24,5
	Palto	458,8	3,4
	Otros frutales	1.027,9	7,5
	Total región	13.586,0	100,0
de Coquimbo	Uva de mesa	10.888,5	34,3
	Palto	6.848,4	21,6
	Clementina	2.055,0	6,5
	Olivo	2.005,3	6,3
	Nogal	1.619,5	5,1
	Otros frutales	8.323,6	26,2
	Total región	31.740,1	100,0

Fuente: elaborado a partir de los datos del VII Censo Agrícola y Forestal, INE (2007).

NOTA: No considera viñas y parronales vitivinícolas, su superficie se especifica en cuadro general.

Cuadro 2. Principales especies frutales zona centro.

Región	Especie	Superficie	
		ha	%
de Valparaíso	Palto	22.022,5	41,6
	Uva de mesa	13.012,0	24,6
	Duraznero tipo conservero	3.455,5	6,5
	Nogal	2.937,4	5,6
	Otros frutales	11.471,1	21,7
	Total región	52.898,4	100,0
Metropolitana	Uva de mesa	12.451,0	23,5
	Palto	6.895,0	13,1
	Nogal	6.092,9	11,5
	Ciruelo europeo	3.684,6	6,9
	Almendro	3.291,1	6,2
	Limonero	2.996,9	5,7
	Ciruelo japonés	2.354,0	4,4
	Naranja	2.353,9	4,4
	Otros frutales	12.899,3	24,3
	Total región	53.018,7	100,0
de O'Higgins	Uva de mesa	16.923,0	21,7
	Ciruelo europeo	7.309,9	9,4
	Manzano rojo	6.840,0	8,8
	Duraznero tipo conservero	4.913,8	6,3
	Cerezo	4.184,1	5,4
	Manzano verde	3.707,0	4,8
	Palto	2.908,2	3,7
	Otros frutales	31.181,4	39,9
	Total región	77.967,4	100,0
del Maule	Manzano rojo	16.480,5	30,1
	Cerezo	5.866,0	10,7
	Kiwi	5.040,1	9,2
	Frambuesa	4.539,3	8,3
	Avellano europeo	3.724,5	6,8
	Olivo	3.495,9	6,4
	Manzano verde	3.318,3	6,1
	Otros frutales	12.284,7	22,4
Total región	54.749,3	100,0	

Fuente: elaborado a partir de los datos del VII Censo Agrícola y Forestal, INE (2007).

NOTA: No considera viñas y parronales vitivinícolas, su superficie se especifica en cuadro general.

Cuadro 3. Principales especies frutales zonas sur y austral.

Región	Especie	Superficie	
		ha	%
del Bío-Bío	Arándano	2.639,9	20,7
	Huerto casero	1.617,4	12,7
	Frambuesa	1.572,5	12,3
	Cerezo	1.568,6	12,2
	Manzano rojo	1.543,3	12,1
	Olivo	812,5	6,4
	Otros frutales	3.019,6	23,6
	Total región	12.773,8	100,0
de La Araucanía	Huerto casero	4.992,5	40,3
	Manzano rojo	1.975,3	16,0
	Arándano	1.524,7	12,3
	Avellano europeo	995,1	8,0
	Manzano verde	669,5	5,5
	Frambuesa	511,2	4,1
	Otros frutales	1.705,5	13,8
	Total región	12.373,8	100,0
de Los Ríos	Huerto casero	1.747,1	34,7
	Arándano	1.130,4	22,5
	Cranberry	434,4	8,6
	Manzano rojo	384,2	7,6
	Frambuesa	305,2	6,1
	Manzano verde	197,5	3,9
	Otros frutales	835,5	16,6
	Total región	5.034,3	100,0
de Los Lagos	Huerto casero	4.979,5	66,7
	Arándano	889,3	11,9
	Manzano rojo	388,1	5,2
	Frambuesa	338,4	4,5
	Manzano verde	278,7	3,7
	Otros frutales	600,6	8,0
	Total región	7.474,6	100,0
de Aisén	Huerto casero	131,2	46,8
	Cerezo	116,1	41,4
	Manzano rojo	11,3	4,0
	Manzano verde	11,1	4,0
	Otros frutales	10,6	3,8
Total región	280,2	100,0	
de Magallanes y Antártica	Zarzaparrilla	4,4	49,3
	Frutilla	2,9	32,6
	Otros frutales	1,6	18,1
	Total región	8,8	100,0

Fuente: elaborado a partir de los datos del VII Censo Agrícola y Forestal, INE (2007).

NOTA: No considera viñas y parronales vitivinícolas, su superficie se especifica en cuadro general.



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
CONAF

Avda. Bulnes 285
oficina 201
Santiago
Fono: 3900180 -181
www.conaf.cl
consulta@conaf.cl



ETHOS Consultores Ltda.

contactos@consultoraethos.cl