

Identificación de la Cadena Productiva de Elaboración de Pellets de Madera

IFI Desarrollo de la Cadena de Valor Dendroenergética

15IFI-48515



INFORME FINAL

Juan Escobar B.

Ernesto Weil P.

Junio de 2018

Proyecto apoyado por
CORFO



COPEVAL
DESARROLLA

Resumen Ejecutivo

La consultoría “Identificación de la Cadena Productiva de Elaboración de Pellets de Madera” se origina en la necesidad de analizar la viabilidad de los productores chilenos de pellets y su potencial de crecimiento.

El Objetivo General del estudio es identificar la cadena productiva de elaboración de pellets de madera y las especificaciones técnicas del producto para el sector residencial en el mercado nacional, mientras que los específicos incluyen:

- Informe de caracterización de la cadena productiva de elaboración del pellet de madera en productores del mercado nacional de pellet.
- Identificar y analizar los puntos críticos dentro de la cadena productiva de los pellets de madera que influyen en su calidad y precio.
- Identificar una cadena productiva que pudieran ser replicables en la realidad nacional.

Como metodología se levantó información cuantitativa y cualitativa, mediante reuniones con productores y su asociación gremial. Hubo acceso a 14 productores de pellets, quienes producen el 93% del volumen del país. Se destaca el taller organizado con la Asociación Chilena de Biomasa (AChBIOM), entidad gremial que agrupa a los empresarios chilenos relacionados con la biomasa. Este evento se realizó al final de la consultoría, lo cual permitió retroalimentación y validación de datos con los productores.

La producción de pellets a nivel mundial se inicia en la década de 1980, como una manera de deshacerse del aserrín. Un impulso relevante ocurrió en 1993, en Suecia, cuando se decide reconvertir unidades de cogeneración, de combustibles fósiles a pellets. De acuerdo con AEBIOM 2017, el año 2016 la producción mundial fue de 28,9 millones de toneladas de las cuales la Unión Europea consumió un 75%, Norteamérica un 10% y Asia (excluida China) otro 9%.

En Chile, la producción de pellets se inicia el año 2005 con las empresas ECOMAS y ANDES BIO-PELLETS, las cuales se mantienen como líderes del mercado. La alta contaminación atmosférica, entre las regiones de O’Higgins y Aysén, por la

quemado deficiente de leña húmeda, ha llevado al Ministerio del Medio Ambiente a apoyar el recambio de calefactores a leña. Aquellos con pellets, por sus bajas emisiones de MP 2.5, han sido uno de los pilares, llegando el año 2017 a 5.555 equipos anuales (67% del total de recambios del año). Considerando éstos más los adquiridos privadamente, se estima una comercialización total anual de 8.050 calefactores y 128 calderas residenciales. Esto equivale a un incremento en la demanda de pellets de 24.106 ton al año, en el segmento domiciliario.

Las características de la mayoría de las plantas productoras de pellets, es estar adosadas a plantas procesadoras de madera de Pino radiata, que disponen de secado artificial y elaboración. Esto les permite contar con el subproducto viruta seca, materia prima ideal para la fabricación de pellets. Se evitan así las calderas, secadores, combustible y controles del contenido de humedad. Como contrapartida, el aserrín húmedo es 7,8 veces más abundante que el material seco, lo cual representa una gran oportunidad.

La producción de pellets en Chile se estima en 117.460 ton para el año 2018 y se encuentra liderada por la empresa ECOMAS, la cual abastece alrededor del 34% del mercado, mientras los siguientes, Andes Bio-Pellets y Traiguén Energy captan un 13% y 10%, respectivamente.

La mayor parte de los productores comercializa sus pellets a través de distribuidores (cadenas de retail o distribuidores especializados). Últimamente se han agregado supermercados, tiendas de tamaño mediano e iniciativas de venta directa a público. El margen del distribuidor es proporcionalmente elevado con respecto al margen del productor (\$ 37/Kg frente a \$ 13/Kg). Otros ítems relevantes son la materia prima (\$36/Kg) y el costo de producción (\$ 64/Kg), para un precio de venta a público de \$ 159/Kg (sin IVA).-

Las limitantes de las unidades productoras de pellets en Chile son volumen de producción (economía de escala) y escasez de materia prima seca. De las 17 plantas identificadas, solamente seis alcanzarían producciones mayores a 5.000 ton/año. Para comparar cuál sería un volumen adecuado, que tenga economías de escala en este rubro, se consideró el caso de España, país que está más avanzado que Chile, aunque

menos que Europa del Norte. Las plantas españolas con certificación tuvieron una producción promedio de 9.873 ton/año el año 2016.

Al comparar el precio del pellet con el de los combustibles fósiles, la parafina sería un 61% más cara que el pellet, el gas licuado de petróleo (GLP) un 150%, aunque las bolsas de gas GNL (R. Metropolitana y de O'Higgins) son sólo un 42% mayor al de los pellets. Respecto a la leña formal, ésta resulta un 31% más económica.

En el análisis de las 5 FUERZAS de PORTER, se concluye que las principales fortalezas del pellet son la baja emisión de material particulado y la condición de energía renovable, las cuales se ven fortalecidas por la referencia que en materia energética tiene el país en su estrategia al 2050.

Sin embargo, es necesario destacar que el productor de pellets está inmerso en un esquema en el cual tiene poco espacio de movimiento comercial. A fin de mejorar o al menos mantener sus márgenes, debe asegurar una materia prima de bajo costo, localizándose en las cercanías de fuentes abundantes, que a su vez tengan pocas alternativas de venta. En su relación con los comercializadores, le conviene procurar una mayor independencia en el mediano plazo, a través p.ej. de compras asociativas de clientes finales. Respecto a la competencia en la calefacción domiciliaria con los combustibles fósiles, es importante destacar y difundir el menor costo del pellet, intentando así compensar el despliegue publicitario de las grandes empresas distribuidoras de gas y de petróleo.

Se plantea que el pellet debería complementarse con las otras biomásas forestales (astillas y leña), abarcando cada una de ellas aquellos nichos que le son más favorables.

Ante la paulatina reducción de la demanda de leña, originada en la ejecución de los Planes de Descontaminación Atmosférica, la fuente de trabajo de los actuales productores se ve amenazada. Su reconversión hacia la elaboración de pellets no se aprecia como viable. Sin embargo, sí tienen potencial para involucrarse en las astillas, ya sea preparando la materia prima o incluso el producto final.

Para fomentar el rubro de los pellets, se recomienda apoyar a las empresas de menor producción, a fin de que alcancen volúmenes superiores a las 5.000 ton/año. Para ello fomentar el secado de aserrín y viruta húmedos, establecer un sistema de financiamiento de capital de trabajo de bajo costo y establecer normas de calidad para el producto final.

También se proponen medidas generales para rubros relacionados, como apoyar otras biomásas forestales, tales como astillas (*chips*) y leña, como complementarios al pellet en la provisión de energía térmica. Asimismo, fomentar el secado artificial de madera aserrada, a nivel de pequeños y medianos productores.

Sin embargo, la consultoría sugiere la consideración de la Evaluación Ambiental Estratégica de la Política Energética de Chile (EAE) al 2050,¹ pues identifica opciones estratégicas de desarrollo energético más sustentables para el logro de una energía eficiente y limpia en el marco de los territorios y las tendencias globales; la promoción de una política energética compatible con el medio ambiente, los territorios y las comunidades, contribuyendo al acceso universal y equitativo de la energía como condición esencial para el desarrollo y la promoción el bienestar humano sustentable en el desarrollo energético contemplado en la Política. La viabilidad del desarrollo de Pellets en Chile tiene entonces un Marco de Referencia Institucional para delinear acciones futuras.

Uno de los temas propuestos en la consultoría era el análisis respecto a si un productor actual de leña pudiera reconvertirse hacia la fabricación de pellets. Al respecto, se detectó en el desarrollo del informe, que existen brechas para los productores de leña, al estar fragmentada la oferta (80% pequeños productores), al operar un mercado informal, a la estacionalidad en la producción que impactan costos logísticos de abastecimiento de materia prima, a la escala y acceso a energía, a las

¹ Evaluación Ambiental de la Política Energética de Chile al 2050. Ministerio de Energía. División de Desarrollo Sustentable. Octubre 2015

capacidades de gerenciamiento de un proceso industrial y disposición y competencias para eventuales trabajos asociativos. CDT 2015

Todo lo anterior permite concluir, que la producción de leña es una actividad rural, descentralizada y no existen ventajas competitivas para que un productor de leña se reconvierta a la fabricación industrial de pellets domiciliarios.

Menos aún, si consideramos el escenario del mercado actual de los productores de pellets que no ven como incentivo de inversión suficiente el incremento de la demanda, pues el crecimiento del negocio pasa por invertir en secado de aserrín, variable que genera incertidumbre frente a la competitividad de combustibles fósiles como el gas y la leña seca.

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

1. Introducción	9
2. Antecedentes Generales	12
3. Información Inicial.....	14
3.1 El Pellet de Madera.....	14
3.2 El Pellet a nivel mundial	16
3.2.1 El desarrollo del pellet en Europa.....	19
3.2.2 El desarrollo del pellet en Chile.....	20
3.3 Programa de Calefacción Sustentable (Recambio de Calefactores).....	21
3.4 Equipos sin apoyo estatal y aumento del consumo.	24
4. La cadena productiva de elaboración de pellets de madera en el mercado nacional.....	26
4.1 La cadena productiva completa de elaboración de los pellets de madera a nivel nacional desde la obtención de la materia prima hasta el uso final en los hogares.....	26
4.2 Los productores de pellets de madera del mercado nacional y su participación en el mercado (market share) dentro del mercado nacional.....	27
4.3 Procesos asociados a la producción de pellets a nivel nacional y el gap con el mercado internacional.....	30
4.4 La logística de transporte y distribución de los pellets de madera.....	36
4.5 Costos de la cadena productiva de elaboración de pellets de madera en Chile.....	39
4.6 Perfil tipo del productor nacional de pellets	39
5. Puntos críticos de la cadena productiva que influyen en la calidad.....	43
5.1 Volumen de Producción y Economía de Escala	43
5.2 Limitación de Materia prima seca.....	46
5.3 Disponibilidad de Aserrín Húmedo	47
5.4 Sistemas de Secado de Materia Prima para Pellets.....	48
6. Los puntos críticos de la cadena productiva que influyen en el precio	51
6.1 Costo de Materia Prima y Margen	51
6.2 Participación de Comercializadores.....	52
6.3 Competencia con fósiles	53
7. Las otras biomásas forestales	58
7.1 La Leña	58
7.2 Astillas (Chips)	62
7.3 Análisis del conjunto de las biomásas forestales	64
8. Análisis de reconversión de productores de leña	67
9. Análisis de la industria según las 5 fuerzas de Porter	73
9.1 Rivalidad de Competidores de la Industria	73
9.2 Amenazas de nuevos competidores.....	74
9.3 Poder de los proveedores	75
9.4 Poder de los clientes	76
9.5 Amenaza de productos sustitutos	77
10. Conclusiones	79
11. Recomendaciones para impulsar la producción de pellets	82

11.1 Recomendaciones sobre pellets	82
11.2 Recomendaciones sobre rubros relacionados	83
12. Bibliografía	84
13. Anexos	84
Anexo 1. Captura de Información primaria	87
Anexo 2. Seminario realizado en Temuco el 29/09/2017	89
Anexo 3. Programa recambio de calefactores según combustible (unidades).....	91
Anexo 4. Seminario realizado en Santiago el 12/10/2017	95
Anexo 5. Feria del Uso Responsable de la Leña. Valdivia, 4-5 Noviembre de 2017.....	99
Anexo 6. Taller con Productores de Pellets realizado en Los Ángeles el 23/11/2017	101

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valores límites para los parámetros más importantes de los pellets.	15
Cuadro 2. Región de O’Higgins. Programa de recambio de calefactores según combustible, período 2011-2017.	18
Cuadro 3. Región del Maule. Programa de recambio de calefactores según combustible, período 2011-2017.	19
Cuadro 4. Región del Bío Bío. Programa de recambio de calefactores según combustible, período 2011-2017.	22
Cuadro 5. Temuco y Padre Las Casas. Programa de recambio de calefactores según combustible, periodo 2011-2017.	23
Cuadro 6. Valdivia. Programa de recambio de calefactores según combustible, período 2011-2017.	25
Cuadro 7. Osorno. Programa de recambio de calefactores según combustible, período 2011-2017.	27
Cuadro 8. Coyhaique. Programa de recambio de calefactores según combustible, período 2011-2017.	29
Cuadro 9. Total nacional. Programa de recambio de calefactores según combustible, período 2011-2017.	29
Cuadro 10. Comparación de proporción pellets vs fósiles. Nivel Nacional.	38
Cuadro 11. Variantes de las principales características de la producción de pellets en Chile.	39
Cuadro 12. Distribución de Costos en el Precio del Pellet.	41
Cuadro 13. Características de los productores de Pellets y su oferta estimada al mercado chileno, para el año 2018 (Ton).	44
Cuadro 14. Comparación costos de combustible.	54
Cuadro 15. Resumen de fuentes.	55
Cuadro 16. Precios de acuerdo con los envases.	55
Cuadro 17. Comparación de Costos de Combustible, Pellets vs Leña (IVA incluido).	59
Cuadro 18. Comparación de Costos de Combustible, Pellets vs Leña (IVA incluido).	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales productores de pellets 2016.	17
Figura 2. Principales países consumidores de Pellets 2016.	17
Figura 3. Evolución producción mundial de pellets.	18

Figura 4. Oferta y demanda de pellets en el mercado chileno.	21
Figura 5. Unidades acumuladas del Programa Recambio de Calefactores, según combustible. Periodo 2011-2017.	22
Figura 6. Cadena productiva de elaboración de pellets en Chile.	26
Figura 7. Oferta estimada de pellets al mercado chileno para el año 2018 (Ton.).	28
Figura 8. Esquema de producción de una planta de pellets tipo en Chile.	30
Figura 9. Equipo que tamiza la biomasa según su tamaño.	31
Figura 10. Cinta que alimenta a la prensa pelletera.	31
Figura 11. Prensa pelletera.	31
Figura 12. Equipo enfriador con aire a contracorriente.	32
Figura 13. Tamizado de los pellets ya fríos, eliminando así las partículas finas.	32
Figura 14. Sistema de embalaje.	33
Figura 15. Paletizado en bodega, antes del despacho.	33
Figura 16. Estimación de la distribución de la oferta de pellets al mercado chileno para el año 2018, según especie (ton).	34
Figura 17. Estimación de la distribución del número de productores chilenos de pellets, según el origen de la(s) prensa(s) pelletera(s).	35
Figura 18. Estimación de la distribución de la oferta de pellets al mercado chileno para el año 2018, según el origen de la(s) prensa(s) pelletera(s) (ton.).	35
Figura 19. Caracterización de cadena de valor y logística del pellet.	37
Figura 20. Instalaciones de planta de pellets de Maderas San Vicente en Punta Arenas.	45
Figura 21. Sección de envasado en planta de pellets de Maderas San Vicente.	46
Figura 22. Secador de flujo (flash) para biomasa fina en Maderas San Vicente. Equipo proveniente de China, con mejoras realizadas en Chile.	49
Figura 23. Secadores industriales de viruta y aserrín para pellets, tipo Rotatorio/Tromel y de Cinta/Banda.	49
Figura 24. Relación entre el Precio de la Materia Prima (viruta seca) y margen del productor de pellets.	52
Figura 25. Red de gas natural de la empresa Lipigas en Osorno a noviembre de 2017.	56
Figura 26. Red de gas natural de la empresa Lipigas en Puerto Montt a noviembre de 2017.	56
Figura 27. Distribución del consumo de leña según especie, a nivel nacional, en el sector residencial.	60
Figura 28. Esquema habitual de producción de leña.	60
Figura 29. Nichos Naturales de la Biomasa Forestal.	64
Figura 30. Esquema de producción de trozos para astillado.	71
Figura 31. Astillador móvil operando en la zona de Cabrero, Región del Biobío (2017).	78
Figura 32. Publicidad en portal yahoo.com, al 10 de diciembre de 2017.	78

1. Introducción

El presente informe es el final de un total de tres solicitados en la consultoría “Identificación de la Cadena Productiva de Elaboración de Pellets de Madera” correspondiente al Programa para Iniciativas de Fomento Integradas: Desarrollo de La Cadena de Valor Dendro-energética y que se origina en la necesidad de contar con mayores antecedentes y análisis respecto a la viabilidad de las empresas chilenas dedicadas a la producción de pellets, como así también el potencial de crecimiento de dichas entidades. Igualmente interesa conocer si los actuales productores de leña tienen ventajas competitivas para reconvertirse a este rubro.

El Objetivo General del estudio es identificar la cadena productiva de elaboración de pellets de madera y las especificaciones técnicas del producto para el sector residencial en el mercado nacional, mientras que los específicos incluyen:

1. Informe de caracterización de la cadena productiva de elaboración del pellet de madera en productores del mercado nacional de pellet.
2. Identificar y analizar los puntos críticos dentro de la cadena productiva de los pellets de madera que influyen en su calidad y precio.
3. Identificar una cadena productiva que pudieran ser replicables en la realidad nacional.

En este Informe se incluyen los temas tratados en los informes primero y segundo. El primero abarcó el objetivo específico N°1 y el segundo, el objetivo específico N°2.

En relación a lo señalado anteriormente, los capítulos dos al cuatro corresponden a temas del primer informe y los capítulos cinco al siete los abarcados en el segundo informe. Algunos de estos temas han sido profundizados en este informe final, al disponerse de nuevos antecedentes surgidos en las últimas semanas.

A su vez, este último informe incorpora como temas nuevos lo establecido como objetivo específico N°3.

La metodología utilizada, consistió en la recolección de datos en actividades de campo (información primaria) y sistematización de dichos antecedentes. La información recolectada es tratada básicamente como datos organizados con criterios cuantitativos, de acuerdo a las exigencias de las Bases Técnicas de la consultoría.

De tal forma, se levantó información nueva tanto cuantitativa como cualitativa. La información de campo primaria, se obtuvo mediante distintos instrumentos como reuniones con productores, con asociación gremial (Asociación Chilena de Biomasa), taller con principales productores, entrevistas en profundidad a agentes claves y respuestas escritas. Se tuvo acceso a 14 productores de pellets, los cuales representan 93% del volumen del mercado (Anexo N°1). Por su impacto en la competitividad del pellet, se comparó su costo con el de los combustibles fósiles y el de la leña. También se incluyó un análisis de la industria, empleando la metodología de las 5 fuerzas de Porter.

Se participó en dos reuniones organizadas por CORFO, los días 8 y 27 de septiembre de 2017, y en el Seminario “Avances y Desafíos en el Mercado del Pellet de Biomasa”, organizado por CONAF el día 29 de Septiembre en Temuco (Anexo N°2).

Igualmente, se asistió al Seminario “Hacia la Valorización de la Biomasa Como Combustible”, realizado el 12 de octubre en Santiago y organizado por CONAF y la Asociación Chilena de Biomasa (Anexo N°4). También se visitó la “3ra. Feria del Uso Responsable de la Leña: energía renovable, local y eficiente”, organizada por CONAF, el Sistema Nacional de Certificación de Leña, el Ministerio de Energía, la Gobernación Provincial de Valdivia y la I. Municipalidad de Valdivia. Esta actividad se llevó a cabo los días 4 y 5 de noviembre, en la ciudad de Valdivia (Anexo N°5).

En conjunto con la Asociación Chilena de Biomasa (AChBIOM) se organizó un taller, al cual se invitó a la totalidad de los productores de pellets identificados. Asistieron representantes de 8 empresas, cuyas producciones equivalen a un 67% del total nacional (Anexo N°6).

Todo lo anterior permitió contar con un cúmulo de información para la elaboración del presente informe final, con su procesamiento de datos, revisión y análisis de la información secundaria, que se indica en el capítulo de bibliografía.

2. Antecedentes Generales

La bioenergía forestal se desarrolló basada en dos materias primas que han sido fundamentales, las astillas combustibles (*chips*) y los pellets. Uno de los principales países protagonistas de esta nueva industria ha sido Suecia. Algunos de los hitos relevantes por los que transitó este país, según KJELL 2012 fueron:

- a. El nuevo rubro tuvo su origen en la Crisis del Petróleo de 1973, cuando la OPEP² sube drásticamente los precios de este combustible.
- b. Posteriormente, en 1979, hubo un cambio relevante del gobierno de Irán (uno de los principales exportadores de petróleo) y un accidente en la planta nuclear Three Mile Island, EE.UU., acontecimientos que terminaron de convencer a los principales países forestales de Europa, que debían utilizar este recurso natural y así independizarse paulatinamente de la importación de petróleo y de otros combustibles fósiles.
- c. En la década de 1990 se establece en Suecia un impuesto al carbono (combustibles fósiles), lo cual le da un empuje adicional a la utilización de biomasa forestal, en el sector de la calefacción.

En Suecia, la producción de pellets se inicia en la década de 1980, como una manera de deshacerse del aserrín que se acumulaba, dado que la oferta de los aserraderos era mayor que la demanda de la industria de los tableros. Los bajos volúmenes de consumo durante los primeros años tuvieron un cambio relevante en 1993, cuando la Unidad Energética de la ciudad de Estocolmo decide reconvertir una de sus principales unidades de cogeneración, de combustibles fósiles a pellets, demandando así cientos de miles de toneladas de este producto (KJELL 2012).

² Organización de países exportadores de petróleo. Su **objetivo** es coordinar y unificar las **políticas petroleras** entre los países miembros, con el fin de garantizar unos precios justos y estables para los **productores** de petróleo y el abastecimiento eficiente, económico y regular de petróleo a los países **consumidores** .

En Chile, el ingreso del pellet al mercado se inicia el año 2005, lo cual se describe con mayor detalle en el capítulo 3.3.

El actual escenario, entre las regiones de O’Higgins y Aysén, presenta una alta contaminación atmosférica, la cual se origina principalmente en la quema deficiente de leña húmeda (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE 2014). Consecuentemente, el pellet, con sus bajas emisiones de material particulado fino (MP 2.5), ha sido uno de los pilares para iniciar la sustitución paulatina de la leña, como combustible alternativo en los sistemas de calefacción y con ello disminuir la contaminación atmosférica.

3. Información Inicial

3.1 El Pellet de Madera.

El pellet de madera se puede definir como un “combustible sólido, generalmente de forma cilíndrica, fabricado a partir de madera pulverizada sin tratar, extraída del conjunto del árbol y aglomerada con o sin ayuda de ligantes” (Ministerio De Medio Ambiente 2017). Sus características principales se pueden apreciar de acuerdo con lo que establece la norma europea EN 14961-2, que es la mejor referencia a nivel mundial.

Actualmente en Chile, existe un comité que está trabajando en homologar parte de esta norma, a fin de establecer una en nuestro país. Este grupo está integrado por representantes de las siguientes organizaciones y empresas (AZOCAR 2017):

1. Asociación Chilena de Biomasa (AChBIOM).
2. Asociación de Consumidores y Usuarios del Sur (CDS).
3. Certfor/PEFC. Sello de Certificación de procesos de la Industria Forestal.
4. Corporación de Certificación de Leña.
5. Corporación Nacional Forestal. CONAF.
6. Estufas Amesti.
7. Fundación Colegio de Ingenieros de Chile.
8. Instituto Nacional de Normalización. INN.
9. John O’Ryan Surveyors. Control y Certificación de Calidad Industrial.
10. Ministerio de Energía.
11. Unidad de desarrollo Tecnológico. UDT. Universidad de Concepción.
12. Universidad de Chile-DIBM-FCFCN.
13. Universidad de la Frontera. UFRO-BIOREN.
14. Universidad de Santiago de Chile. USACH-DIQ-DIG.

En la norma europea se establecen tres calidades diferentes: ENplus-A1, ENplus-A2, EN-B. Las principales diferencias entre ellas se entregan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Valores límites para los parámetros más importantes de los pellets.

Parámetro	Unid.s	ENplus-A1	ENplus-A2	EN-B	Norma de ensayo
Diámetro	mm	6 or 8			EN-16127
Longitud	mm	3.15 ≤ L ≤ 40 ³⁾			EN-16127
Humedad	p-% ¹⁾	≤ 10			EN-14774-1
Cenizas	p-% ²⁾	≤ 0.7	≤ 1.5	≤ 3.0	EN-14775 (550 °C)
Durabilidad mecánica	p-% ¹⁾	≥ 97,5 ⁴⁾		≥ 96.5 ⁴⁾	EN-15210-1
Finos (< 3.15 mm)	p-% ¹⁾	<1			EN-15210-1
Poder Calorífico Inferior	MJ/kg ¹⁾	16,5≤Q≤19	16,3≤Q≤19	16,0≤Q≤19	EN-14918
Densidad aparente	kg/m ³	≥ 600			EN-15103
Nitrogeno	p-% ²⁾	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 1.0	EN-15104
Sulfur content	p-% ²⁾	≤ 0.03		≤ 0.04	EN-15289
Cloro	p-% ²⁾	≤ 0.02		≤ 0.03	EN-15289
Fusibilidad cenizas ⁴⁾	°C	≥ 1200	≥ 1100		EN-15370

1) Base húmeda 2) Base seca

3) Un máximo de 1 p-% de los pellets pueden ser más largos de 40 mm, no se permiten pellets > 45 mm

4) Temperatura de Deformación, preparación de la muestra a 815 °C

Fuente: AVEBIOM

Entre los parámetros descritos, aquellos que resultan claves en los pellets de madera son la humedad, cenizas, durabilidad y finos.

La humedad corresponde al agua, medida como porcentaje del peso total. Esta variable resulta fundamental, en primer lugar para la fabricación del pellet. Existe un estrecho rango, en torno al 10%, en el cual la madera se aglomera exclusivamente con presión y sin requerir adhesivos. Por otra parte, una vez envasados los pellets, deben mantenerse en condiciones secas, para así evitar la hidratación, hinchamiento, cambios de forma y de poder calorífico.

El volumen de cenizas tiene relación con el tipo de material utilizado para la fabricación del pellet. En la medida en que se incorpora corteza a la mezcla, aumenta el porcentaje de este residuo. Lo anterior resulta desfavorable para los calefactores domiciliarios, debido a la necesidad de extraer este material con demasiada frecuencia.

Es por lo anterior que los pellets de la mayor calidad son elaborados con madera que excluya corteza.

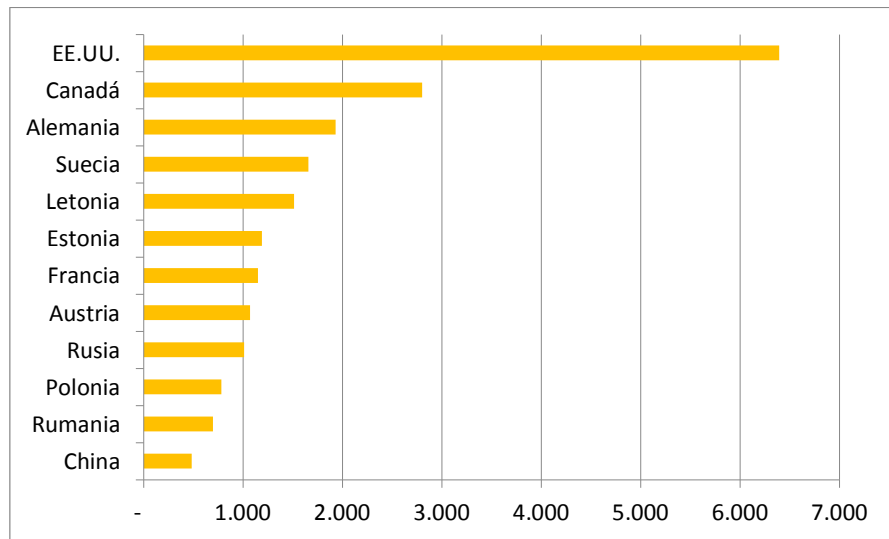
Respecto a los finos, es aquel porcentaje del total del producto envasado, que tiene un tamaño similar al aserrín. Por lo tanto no es utilizable en los calefactores. Para cumplir con los máximos permitidos en este parámetro y de la durabilidad, resultan fundamentales la humedad del material y también la calidad de la prensa, sometiendo a la materia prima a la presión exacta durante toda la jornada de trabajo.

En relación a nitrógeno, sulfuro, cloro y fusibilidad de cenizas, los pellets de madera cumplen habitualmente con los máximos permitidos, sin mayores inconvenientes. Estas características están especialmente presentes en los pellets fabricados a partir de residuos agrícolas, por lo cual resulta fundamental no mezclar estos últimos con la materia prima madera.

3.2 El Pellet a nivel mundial

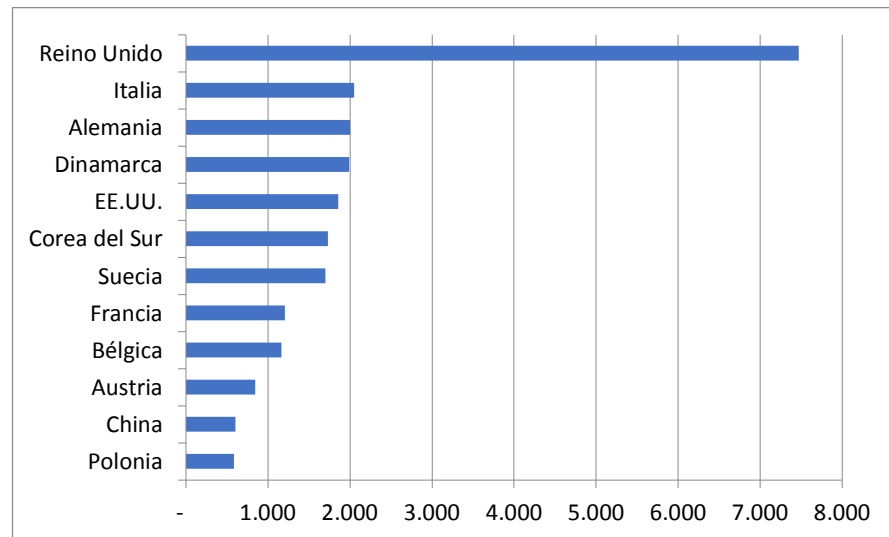
A nivel mundial, el referente en la producción y consumo de pellets de madera es la Unión Europea. En efecto, de acuerdo con AEBIOM 2017, los 28 países que constituyen este mercado consumieron 21,7 millones de toneladas el año 2016, lo cual equivale a un 75% del total mundial, que correspondió a 28,9 millones de toneladas.

El crecimiento respecto al año anterior fue de 6,9%. Por su parte, este mismo grupo de países produjeron 14,0 millones de toneladas, un 0,7% menos que el año anterior. La distribución por países, tanto de producción como de consumo, se entrega en las figuras 1 y 2, respectivamente.



Fuente: FAOSTAT

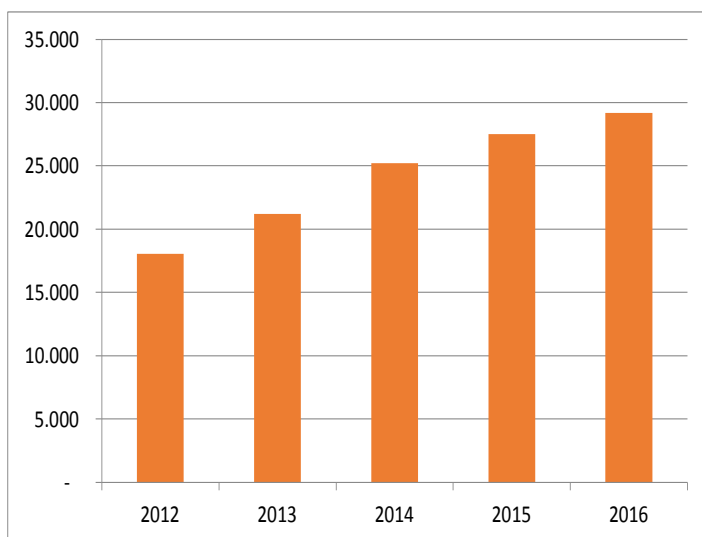
Figura 1. Principales países productores de pellets, año 2016 (miles ton)



Fuente: Elaborado en base a datos de FAOSTAT

Figura 2. Principales países consumidores de pellets, año 2016 (miles ton)

Por su parte, la evolución en la producción en los últimos años se indica en la figura 3 y en el cuadro 2, mientras que los cambios en el consumo están reflejados en el cuadro 3.



Fuente: FAOSTAT

Figura 3. Evolución de la producción mundial de pellets (miles de ton)

Cuadro 2. Evolución de la producción de pellets, por país (miles ton)

	.2012	.2013	.2014	.2015	.2016
EE.UU.	3.474	4.704	5.947	6.517	6.393
Canadá	1.500	1.800	1.900	2.100	2.800
Alemania	2.246	2.208	2.078	1.998	1.932
Suecia	1.196	1.512	1.577	1.660	1.660
Letonia	979	1.093	1.280	1.600	1.513
Estonia	500	610	769	1.077	1.191
Francia	682	890	1.050	950	1.150
Austria	893	962	948	1.000	1.071
Rusia	791	684	913	974	1.013
Polonia	600	600	700	750	780
Rumania	340	520	550	550	700
China	100	200	370	485	485
Otros	4.753	5.416	7.122	7.864	8.485
TOTAL	18.054	21.199	25.204	27.525	29.173
Crecimiento		17%	19%	9%	6%

Fuente: FAOSTAT

Cuadro 3. Evolución del consumo de pellets, por país (miles ton)

	.2012	.2013	.2014	.2015	.2016
Reino Unido	1.711	3.584	5.013	6.831	7.472
Italia	1.494	2.143	2.375	2.094	2.050
Alemania	1.744	2.035	1.814	1.756	2.000
Dinamarca	2.062	2.201	2.198	2.169	1.988
EE.UU.	1.662	1.973	2.162	2.055	1.856
Corea del Su	137	500	1.865	1.484	1.732
Suecia	1.494	2.063	1.846	1.770	1.700
Francia	607	830	1.097	908	1.206
Bélgica	1.297	892	951	1.290	1.166
Austria	689	864	807	809	844
China	97	197	214	453	605
Polonia	683	503	569	605	585
Otros	4.377	3.414	4.293	5.301	5.969
TOTAL	18.054	21.199	25.204	27.525	29.173
Crecimiento		17%	19%	9%	6%

Fuente: FAOSTAT

3.2.1 El desarrollo del pellet en Europa

Las causas de la evolución de la industria del pellet en Europa, se pueden resumir en los siguientes factores:

- a. Importantes volúmenes de elaboración de madera seca artificialmente, el cual provee una materia prima ideal para la producción de una parte de los pellets que se consumen.
- b. La contaminación atmosférica que presentaban los sistemas domiciliarios de leña y de carbón
- c. Las metas de generación eléctrica mediante energías renovables.
- d. Un buen sistema logístico integrado, que incluye barcos (marítimos, lacustres y fluviales) y ferrocarril, además de los camiones.

En relación al punto b., cabe señalar que una de las principales estrategias europeas para reducir la contaminación atmosférica fue ampliar el sistema de calefacción distrital (KJELL 2012). Si bien la mayoría de estas soluciones utilizan astillas (*chips*), existen muchos casos en los cuales se ha preferido emplear pellets

como combustible. Lo anterior tiene relación con limitaciones de espacio para el almacenamiento, como así también distancia a los puntos de abastecimiento de la biomasa forestal.

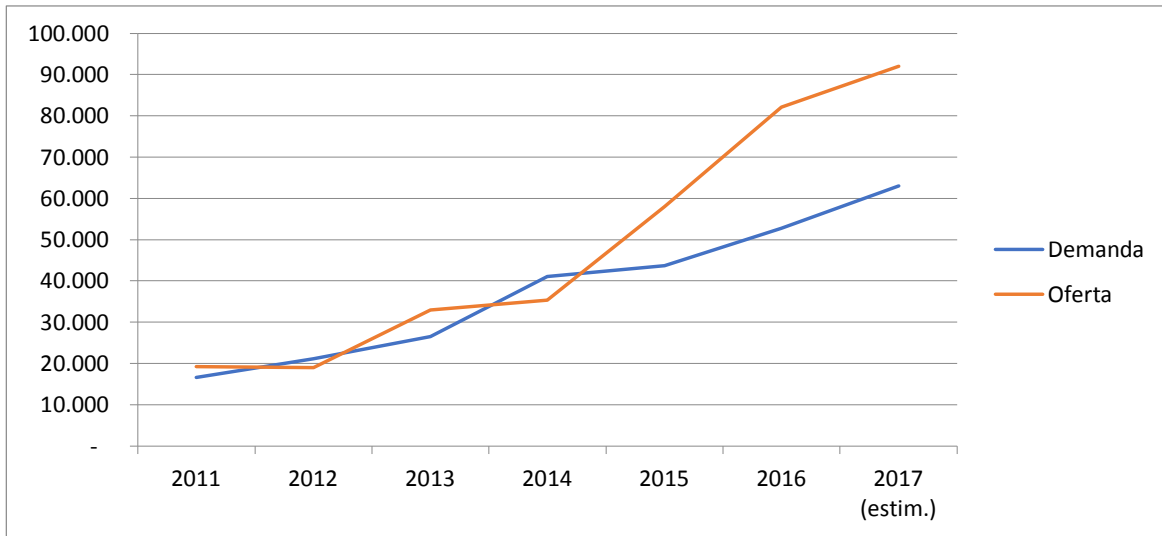
3.2.2 El desarrollo del pellet en Chile

La viruta seca, como subproducto de la industria secundaria de la madera en Chile, era hasta hace algunos años un desecho, el cual podía hasta tener un costo deshacerse de él. Es así, que se consideró valorizarlo y constituirlo en la materia prima para la fabricación de pellets. La producción la iniciaron con importantes inversiones en maquinaria, las empresas ECOMAS, ANDES BIO-PELLETS y ECOPELLETS, a partir del año 2005 (ECOMAS 2017). Las dos primeras siguen como líderes del mercado, mientras que la última cerró luego de 4 años de actividad.

Los primeros años resultaron difíciles para los productores, dado que el mercado chileno era reducido y la exportación no resultaba rentable.

Sin embargo, una vez que el problema de la contaminación atmosférica por la quema de leña húmeda se volvió relevante, el Ministerio del Medio Ambiente comenzó el programa de recambio de calefactores, incluyendo equipos a pellets a partir del año 2013. Esto se tradujo en un elevado crecimiento en la demanda. Fue así que a las dos empresas originales que se mantenían activas (ECOMAS y ANDES BIO-PELLETS), se le empezaron a agregar varias otras, interesadas en captar el nuevo mercado. Este segundo grupo de empresas, es posible dividirlo en dos subgrupos. Por un lado, hubo varios que quisieron ingresar con bajos capitales, adquiriendo plantas completas de origen chino. En cambio el otro subgrupo, prefirió equipos de mayor calidad, aunque fuesen usados. Respecto a estos últimos casos, resultaba para ellos fundamental contar con una prensa pelletera de origen europeo o norteamericana.

En la figura 4 se indica la evolución de la oferta y la demanda de pellets en Chile. Se aprecia el quiebre de stock que hubo especialmente el año 2014.



Fuente: SALAZAR 2017

Figura 4. Oferta y Demanda de pellets en el mercado chileno (ton/año).

3.3 Programa de Calefacción Sustentable (Recambio de Calefactores)

Desde la Región de O’Higgins y hasta la de Aysén el principal contaminante del aire es la quema ineficiente de leña húmeda, a nivel domiciliario. Como consecuencia de ello, existen 11 zonas geográficas en diferentes etapas de ser declaradas Zonas Saturadas por material particulado (MP). Dentro de las medidas adoptadas por las autoridades, a través del Ministerio del Medio Ambiente, se encuentra el apoyo al recambio de calefactores. Entre los nuevos equipos que se instalan han tenido un rol muy relevante los calefactores a pellets.

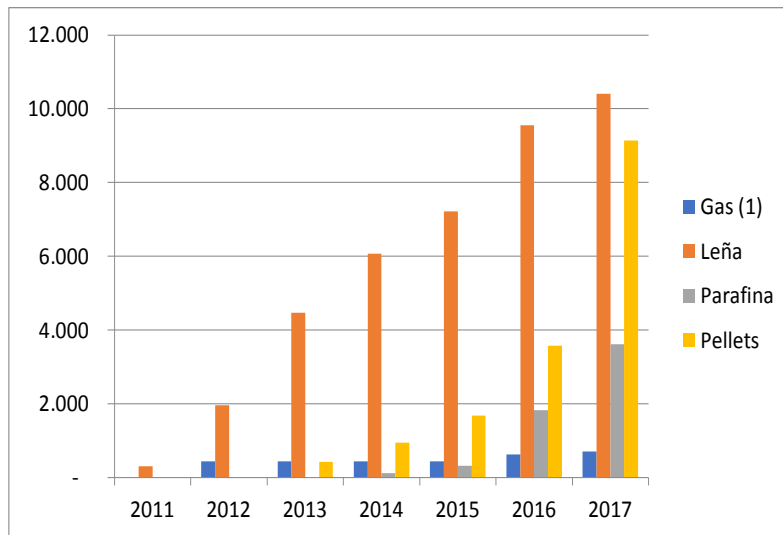
El programa ha sido fundamental no solamente como demanda de pellets en sí, de parte de los beneficiarios, sino que también como demostración hacia otros consumidores que se han motivado para adquirir calefactores con recursos propios. En el cuadro 4 se entrega un resumen del Programa de Recambio de Calefactores, del Ministerio de Medio Ambiente.

Cuadro 4. PROGRAMA RECAMBIO DE CALEFACTORES, POR REGIÓN, PERÍODO 2011-2017 (unidades)

REGIÓN	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL	%
O'HIGGINS	-	-	504	-	-	1.063	249	1.816	8%
MAULE	-	-	-	483	356	350	2.914	4.103	17%
BIO-BIO	-	392	-	337	70	218	882	1.899	8%
ARAUCANÍA	-	519	846	905	1.305	1.686	1.870	7.131	30%
LOS RÍOS	-	365	-	108	287	47	265	1.072	4%
LOS LAGOS	-	378	-	-	-	1.085	784	2.247	9%
AYSÉN	300	440	1.580	406	68	1.483	1.300	5.577	23%
TOTAL	300	2.094	2.930	2.239	2.086	5.932	8.264	23.845	100%

Fuente: SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE 2017. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2017a.

Estos mismos datos, acumulados, se expresan en la figura 5. De esta forma es posible apreciar cómo ha aumentado la demanda de pellets. Por otra parte, el anexo 3 detalla la distribución por región y zona saturada (comuna o comunas).



(1) Incluye cocinas

Fuente: SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE 2017. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2017a.

Figura 5. Unidades acumuladas del Programa Recambio de Calefactores, según combustible, Período 2011-2017

Respecto a los calefactores a pellets, se aprecia un fuerte aumento en el número de unidades, a partir del año 2016, coincidiendo con un incremento del programa en su totalidad.

En el caso de los calefactores a leña que se han instalado, es conveniente considerar que durante los primeros años no había una oferta amplia de artefactos a pellets. Además, actualmente, aquellas regiones que tienen interés en disponer de estos equipos, deben recurrir a fondos regionales (FNDR), a diferencia de los recambios con los demás combustibles, que disponen de financiamiento nacional del Min. de Medio Ambiente (CANALS 2017). Es por lo anterior que se estimó relevante comparar las entregas de equipos a pellets con las de combustibles fósiles (parafina y gas), dejando para estos efectos fuera a los equipos a leña (cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación proporción de pellets vs fósiles nivel nacional.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL
Unidades								
Gas (1)	-	440	-	-	-	188	74	702
Parafina	-	-	-	122	193	1.508	1.784	3.607
Pellets	-	-	421	517	737	1.904	5.555	9.134
TOTAL	-	440	421	639	930	3.600	7.413	13.443
Porcentaje								
Gas		100%	0%	0%	0%	5%	1%	5%
Parafina		0%	0%	19%	21%	42%	24%	27%
Pellets		0%	100%	81%	79%	53%	75%	68%

(1) Incluye Cocinas

Fuente: Subsecretaría del Medio Ambiente 2017. Ministerio del Medio Ambiente 2017a.

Se desprende del cuadro 5 que el año 2016 representa una excepción a la tendencia general, dado que este año hubo una gran colocación de equipos a parafina, los cuales se concentraron en 3 zonas específicas (O’Higgins, Temuco y Coyhaique), las cuales representaron un 82% del total de artefactos con dicho combustible en aquel período. Fuera de lo anterior, la participación de los pellets en los últimos cuatro años fluctúa entre un 75% y un 81% de este segmento. Se puede concluir que hasta ahora los equipos a pellets han constituido los grandes protagonistas del Programa de Calefacción sustentable (Recambio de calefactores) del Min. de Medio Ambiente.

Por otra parte, cabe señalar algunas novedades que se han iniciado en este programa (MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2017a), las cuales a la fecha de preparación del presente informe final se encuentran solamente en etapa de preselección y por lo tanto no aparecen reflejadas en los cuadros 2 al 10. En primer término, se está ofreciendo en la Región de O’Higgins bombas de calor, solas y acompañadas de generación fotovoltaica. Se estima que se quiere acceder a otros grupos, dado que el cofinanciamiento del beneficiario es de \$ 574.610 y \$ 2.105.000, respectivamente, comparado con los \$ 100.000 que se le piden a los que acceden a calefactores a pellets.

La segunda novedad es que hubo un concurso para instituciones públicas, para las comunas de Talca y Maule, ofreciendo un calefactor a pellet de 6,9 kW de potencia, cuya prioridad son recintos entre 31 y 90 m² de superficie. El financiamiento es de un 100% de parte del programa.

3.4 Equipos sin apoyo estatal y aumento del consumo.

En relación a la cantidad de equipos a pellets que se comercializan en el país, fuera del programa gubernamental de recambio, existen algunos antecedentes que permiten estimarla. De acuerdo a los volúmenes de uno de los principales comercializadores de calefactores (LOBOS 2018), la instalación de calefactores con apoyo público fue un 69% del total de los equipos vendidos, como promedio de los últimos 3 años. Por otra parte, la misma fuente entrega una venta de calderas residenciales a pellets, en una proporción de 63 calefactores por cada caldera. Considerando los 5.555 calefactores a pellets con apoyo público para el año 2017 (cuadro 5), se puede estimar una comercialización total anual de 8.050 calefactores y 128 calderas residenciales. En el cuadro 6 se entrega una estimación del total de calefactores y calderas domiciliarias en el período analizado.

Cuadro 6. Estimación del Total de Calefactores y Calderas domiciliarias a pellets, ingresados al mercado chileno, período 2011-2017

	hasta 2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		TOTAL	
	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%
Calefactores Programa MMA	-	-	-	-	421	19%	517	23%	737	68%	1.904	68%	5.555	68%	9.136	45%
Calefactores/Termoestufas compra privada	1.211	74%	1.536	72%	1.192	54%	1.176	53%	331	31%	855	31%	2.495	31%	8.800	43%
Calderas domiciliarias (hasta 20 kW)	432	26%	605	28%	575	26%	546	24%	17	2%	44	2%	128	2%	2.347	12%
Total equipos domiciliarios	1.643	100%	2.141	100%	2.188	100%	2.239	100%	1.085	100%	2.803	100%	8.177	100%	20.283	100%

Fuente: - Programa MMA: SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE 2017. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2017a

- Otros, hasta 2011: GESTIÓN MEDIO AMBIENTE Y SUSTENTABILIDAD 2014

2012-2014: Elaborado a partir de datos de GESTIÓN MEDIO AMBIENTE Y SUSTENTABILIDAD 2014

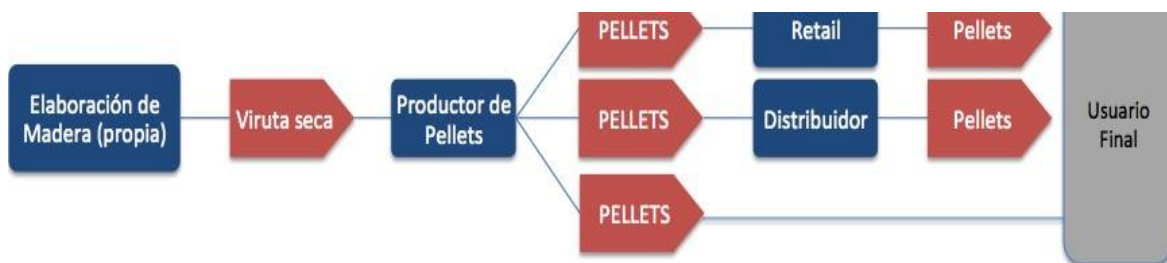
2015 a 2017: LOBOS 2017

Respecto al consumo, GESTION MEDIO AMBIENTE Y SUSTENTABILIDAD 2014 indica un volumen anual de 2.880 Kg para calefactores y 7.200 Kg para calderas residenciales (14-30 kW de potencia). Esto supone un aumento de la demanda de pellets de 24.106 ton al año, considerando solamente el segmento domiciliario.

4. La cadena productiva de elaboración de pellets de madera en el mercado nacional

4.1 La cadena productiva completa de elaboración de los pellets de madera a nivel nacional desde la obtención de la materia prima hasta el uso final en los hogares

En la cadena productiva de elaboración de pellets, las plantas están mayoritariamente adosadas a centros de aserrío y elaboración de madera de Pino radiata, los cuales cuentan con secado artificial de madera aserrada y elaboración posterior. Los dos procesos anteriores resultan claves para contar con el subproducto viruta seca, materia prima ideal para la fabricación de pellets (ALAKANGAS y PAJU 2002). La cadena completa se puede apreciar en la Figura 6.



Fuente: elaboración propia

Figura 6. Cadena productiva de elaboración de pellets en Chile.

Existen variantes que utilizan algunas plantas. Lo anterior y otros antecedentes relevantes de la producción y del producto, se resumen en el cuadro N°7 de acuerdo con la información recopilada (Anexo N°1).

Cuadro 7. Variantes de las principales características de la producción de pellets en Chile.

Variante	Principalmente	2° Orden	3er Orden
Origen materia prima	Propia o de empresa relacionada	Compra parcial a terceros	--
Tipo de materia prima	Viruta seca	Aserrín húmedo	Lampazos
Especie	Pino radiata	Lenga	Pino oregón

Fuente: elaboración propia.

Respecto al origen de la materia prima, la mayoría de las plantas están programadas para procesar el volumen que ellos mismos producen como subproducto de la elaboración de madera seca artificialmente. Consecuentemente, este volumen es el que condiciona la producción total de pellets que produce, lo cual es habitualmente de un turno de prensa o incluso menor. Excepcionalmente, hay plantas que compran viruta y aserrín seco a terceros, para complementar el volumen propio.

La falta de interés en adquirir material externo, como una práctica habitual, tiene relación con el costo de la viruta, el flete y logística (producto voluminoso) y también la desconfianza de que el material pudiera incorporar impurezas.

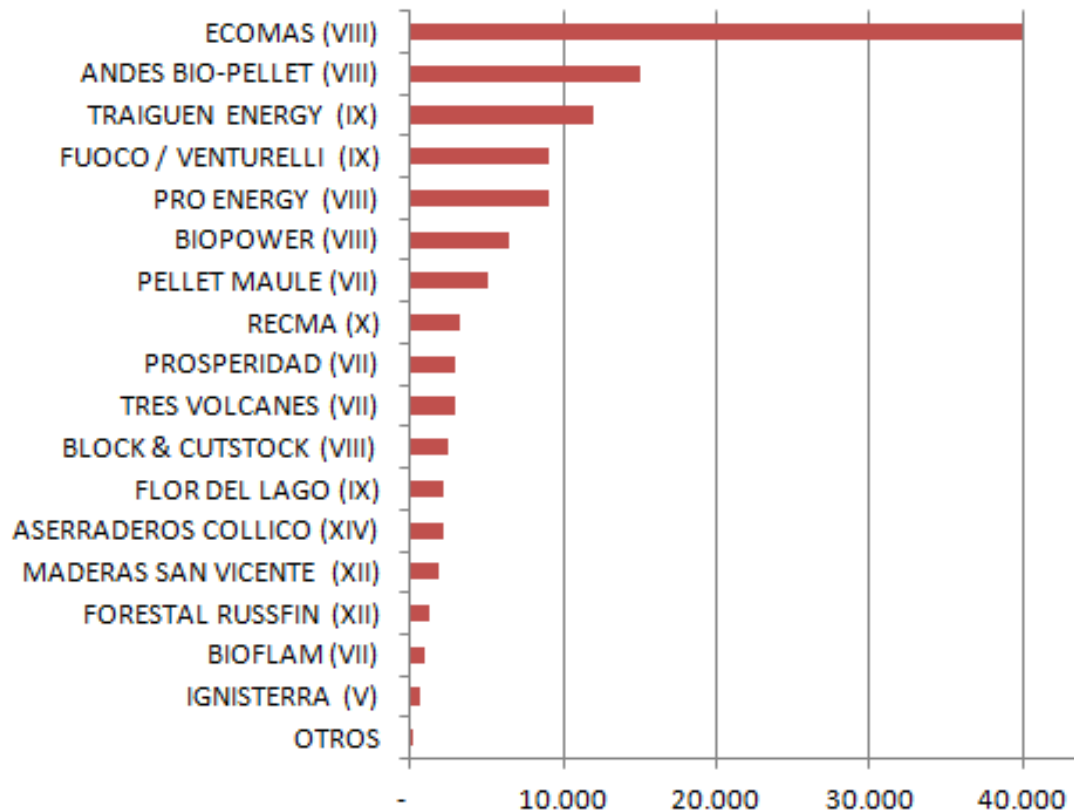
En algunos casos, la unidad de negocios de pellets se ha constituido como una empresa autónoma (p.ej. con socios externos). Sin embargo, se trata de unidades que físicamente están localizadas al lado de la elaboración de madera.

En los próximos capítulos se abarcarán en detalle los procesos productivos y de distribución.

4.2 Los productores de pellets de madera del mercado nacional y su participación en el mercado (market share) dentro del mercado nacional.

La producción de pellets en Chile se encuentra liderada por la empresa PROMASA (ECOMAS), la cual abastece alrededor del 34% del mercado nacional.

Además, es el único en el rubro que exporta parte de su producción (8.000 ton el año 2017, según MINTE 2017).



Fuente: AChBIOM, Promasa y otros productores.

Figura 7. Oferta estimada de pellets al mercado chileno para el año 2018 (ton.)
(En números romanos la Región en que se ubica).

Para proyectar la venta del año 2018 estimada en 117.460 ton y de acuerdo a lo indicado en el capítulo 1. (Introducción), se levantó información de campo primaria, mediante distintos instrumentos como reuniones con productores, con asociación gremial (Asociación Chilena de Biomasa), taller con principales productores, entrevistas en profundidad a agentes claves y respuestas escritas (ver Anexo N°1). Con todo lo anterior, se tuvo acceso a 14 productores de pellets, los cuales representan 93% del volumen del mercado. Para los demás productores se tuvo información de SALAZAR 2017b.

Cuadro 8. Estimación de la producción de pellets destinada al mercado nacional, período 2011-2017

Empresa	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ecomas	10.923	14.770	18.801	25.968	27.334	26.228	39.954
Andes Bio-Pellets	4.800	3.800	6.600	4.200	4.577	8.743	6.949
Traiguen Energy						4.371	5.211
Proenergy						4.371	5.211
Bio-Power					1.960	3.060	3.648
Pellet Maule						2.186	3.127
Recma					687	2.623	3.127
Otros	827	2.530	1.079	4.924	5.640	8.419	10.973
TOTAL	16.550	21.100	26.480	35.092	40.197	60.000	78.200
Aumento anual		27%	25%	33%	15%	49%	30%

Fuente: - Años 2011-2014, según Villalobos 2016
 -Año 2015, basado en datos de Villalobos 2016
 -Años 2016 y 2017, Total según MINTE 2017. Distribución de acuerdo con Villalobos 2016

Cuadro 9. Estimación de la distribución porcentual del mercado nacional de pellets,

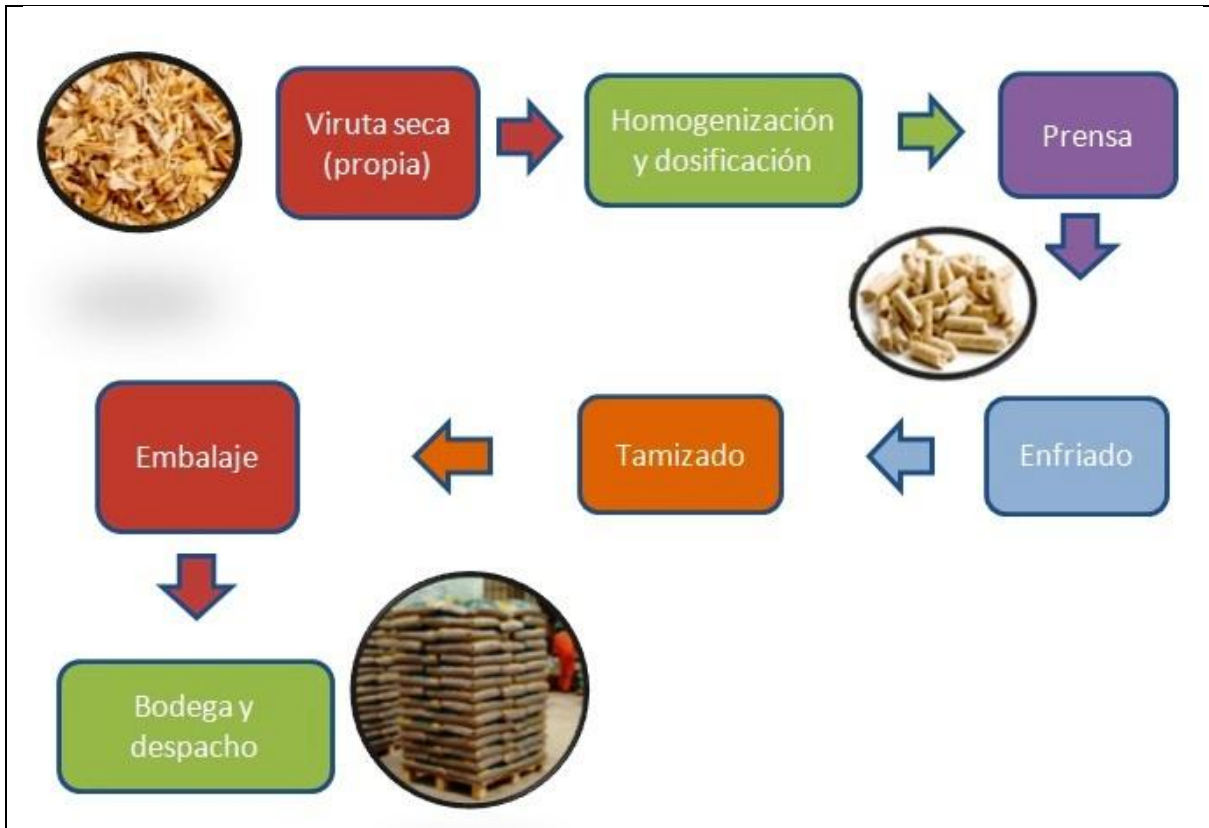
los años 2016 y 2017

Empresa	2016		2017	
	(ton.)	%	(ton.)	%
Ecomas	26.228	44%	39.954	51%
Andes Bio-Pellets	8.743	15%	6.949	9%
Traiguen Energy	4.371	7%	5.211	7%
Proenergy	4.371	7%	5.211	7%
Bio-Power	3.060	5%	3.648	5%
Pellet Maule	2.186	4%	3.127	4%
Recma	2.623	4%	3.127	4%
Otros	8.419	14%	10.973	14%
TOTAL	60.000	100%	78.200	100%

Fuente: Total según MINTE 2017. Distribución de acuerdo con Villalobos 2016

4.3 Procesos asociados a la producción de pellets a nivel nacional y el gap con el mercado internacional.

Se describe a continuación la situación que mejor representa a las plantas productoras de pellets en Chile. En la figura 8, se entrega un esquema de la producción de pellets, cuyas etapas y maquinaria se describe a continuación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Esquema de producción de una planta de pellets tipo en Chile.

La materia prima inicial es la viruta y aserrín secos, provenientes de la elaboración de madera, que ha sido secada artificialmente. Esta biomasa inicia un proceso de tamizado y homogenización. Luego pasa dosificadamente a la prensa pelletera.



Figura 9. Equipo que tamiza la biomasa según su tamaño.

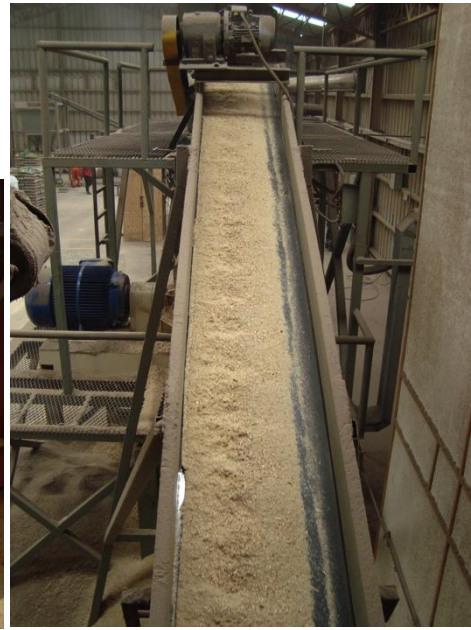


Figura10. Cinta que alimenta a la prensa pelletera



Figura 11. Prensa Pelletera

Al salir de la prensa, el pellet ha alcanzado temperaturas de alrededor de 100°C, producto de la presión ejercida por dicha máquina. La elevada temperatura permite activar la lignina como aglomerante, como así también reducir la energía requerida en el proceso de prensado. Posteriormente, los pellets deben enfriarse lo antes posible, a fin de mejorar su firmeza. Para ello se utilizan enfriadores de aire, a contracorriente.



Figura 12. Equipo enfriador con aire a contracorriente

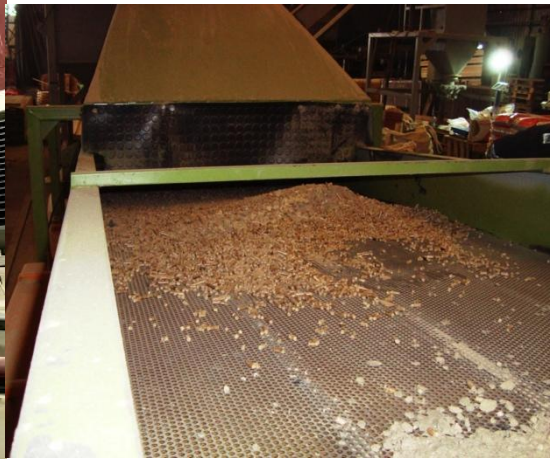


Figura 13. Tamizado de los pellets ya fríos, eliminando así las partículas finas.

Finalmente, los pellets son envasados en bolsas (15 a 20 Kg) y paletizados. Para algunos clientes se envasa excepcionalmente en *big bags* (hasta 1.000 Kg).



Figura 14. Sistema de embalaje.



Figura 15. Paletizado en bodega, antes del despacho.

Respecto a las especies, el Pino radiata es la más importante tanto por su abundancia, como por sus características para aglomerarse. Además, posee un color claro, lo cual resulta atractivo para el mercado. Hay tres empresas (Maderas San Vicente, Russfin e Ignisterra) cuyo rubro principal es la madera de Lenga, por lo cual emplean esta especie para sus pellets. Finalmente, la empresa Maderas Flor del Lago tiene como especie fundamental al Pino Oregón. En la figura 16 se entrega una estimación de la distribución de la producción de pellets, de acuerdo con las especies utilizadas.

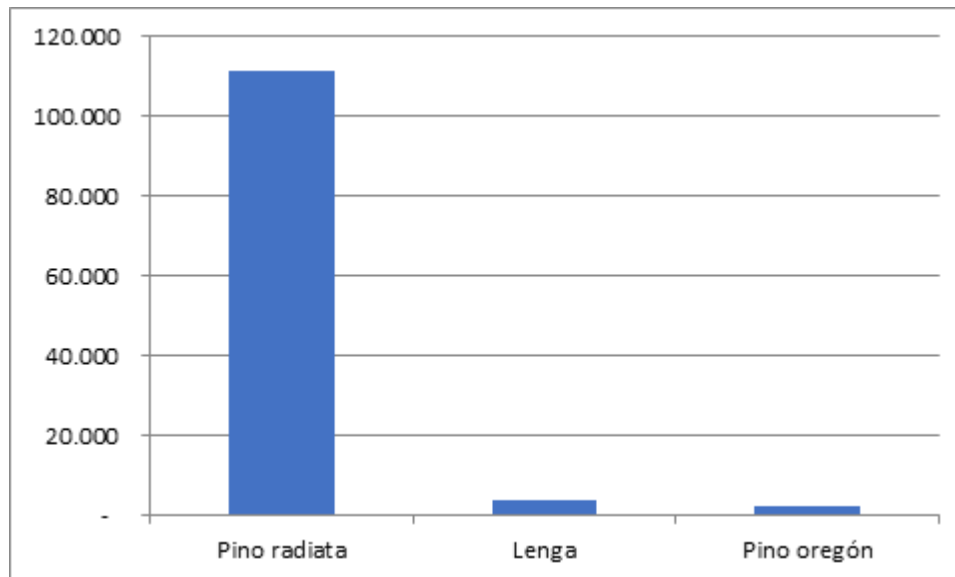


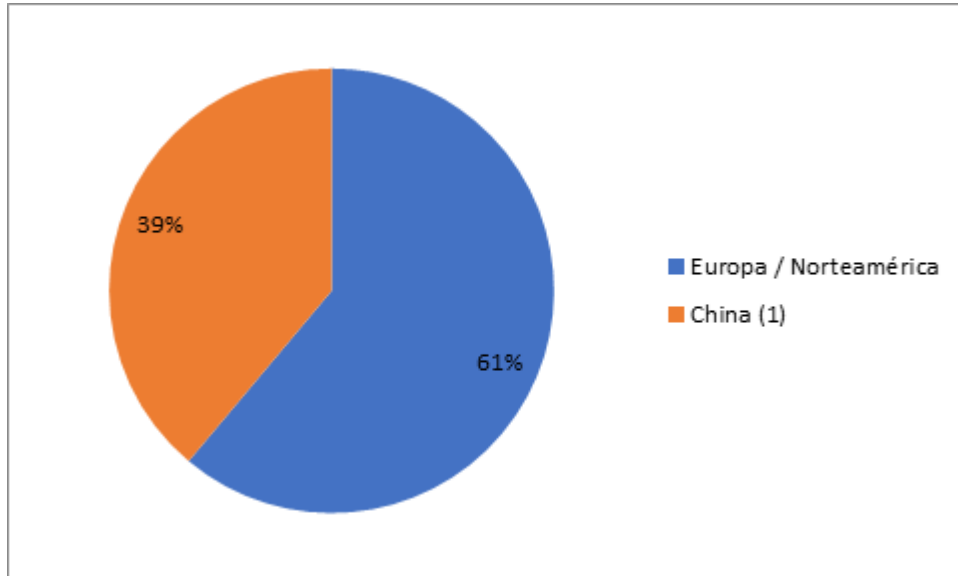
Figura 16. Estimación de la distribución de la oferta de pellets al mercado chileno para el año 2018, según especie (ton).

En el tema de la maquinaria, ésta se define de acuerdo a la prensa, que es el núcleo de una planta de pellets. Aquí podemos diferenciar a dos grupos:

- Aquellos que optaron por prensas europeas o norteamericanas.
- Aquellos que optaron por prensas chinas.

Los mayores productores han preferido invertir en prensas europeas, tales como KAHL (Alemania), SALMATEC (Alemania), ANDRITZ-SPROUT (Dinamarca) y LA MECCANICA (Italia). Se trata de equipos muy probados, de alta confiabilidad aunque de altos precios. Algunos productores en cambio, han adquirido líneas completas, incluida la prensa, de fabricantes chinos, tales como GEMCO. Esto les ha permitido introducirse al negocio con bajas inversiones iniciales, aunque limitados en los volúmenes que han llegado a producir.

En la figura 17 se indica la distribución de los productores, de acuerdo con el origen de su(s) prensa(s) pelletera(s), en número de plantas, mientras que la figura 18 lo expresa en función de la producción que se estima que cada grupo enviará al mercado el año 2018.



(1) Incluye plantas sin información.

Figura17. Estimación de la distribución del número de productores chilenos de pellets, según el origen de la(s) prensa(s) pelletera(s).

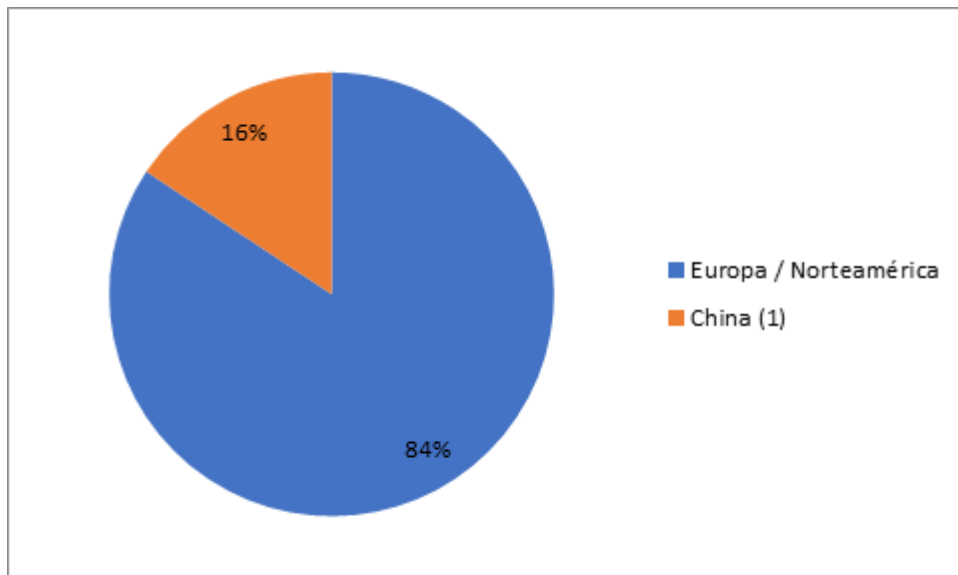


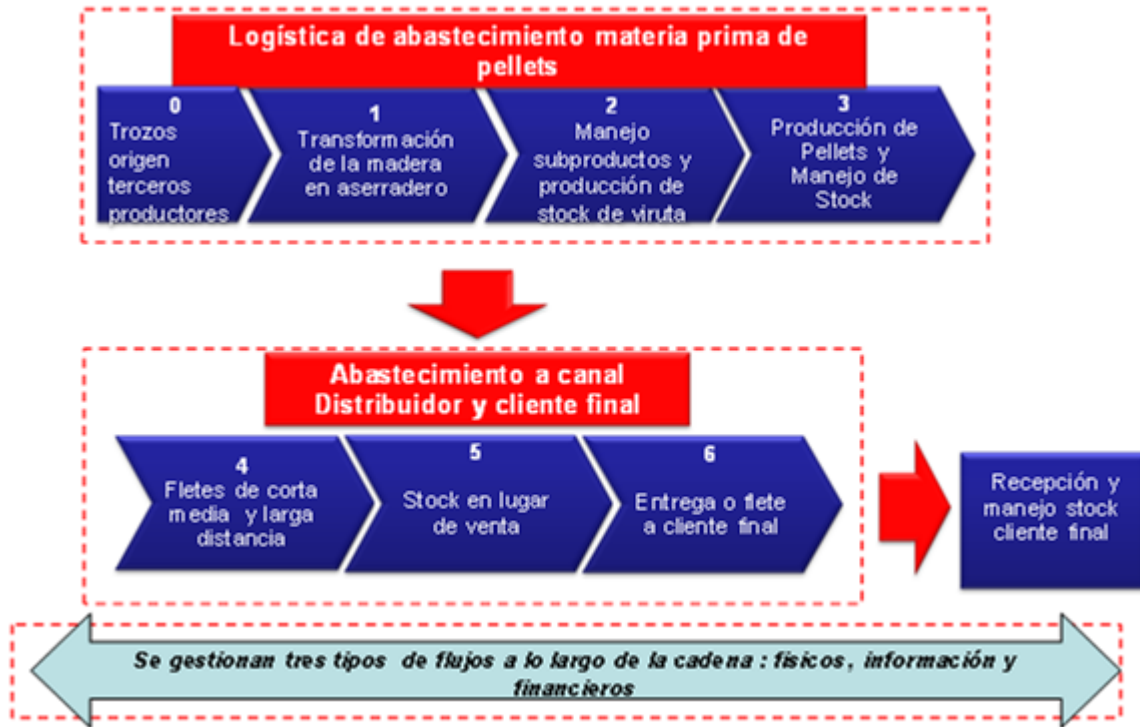
Figura18. Estimación de la distribución de la oferta de pellets al mercado chileno para el año 2018, según el origen de la(s) prensa(s) pelletera(s) (ton.).

Entre los elementos que constituyen el gap (brecha) de los productores chilenos de pellets, respecto a los de los países más avanzados, se destacan los siguientes:

- a) Falta de normas que regulen la calidad del pellet. Esto trae consigo un mercado difuso, que no permite diferenciar las calidades. La introducción de estándares sí la han llevado a cabo los mercados más maduros en este rubro (EUROPEAN PELLET COUNCIL 2017).
- b) Falta de clientes finales colectivos (calefacción distrital).
- c) Clientes finales no tienen suficiente conciencia de las ventajas respecto a la contaminación del aire (falta comunicación del producto).
- d) La organización gremial es muy incipiente en Chile (AChBIOM), mientras que es muy fuerte en los países desarrollados. (El mercado del Pellet en Chile. Presentación en el Seminario “Avances y Desafíos en el Mercado del Pellet de Biomasa”. CONAF, Temuco 29 Sep. 2017).
- e) La leña representa una competencia desleal, dado que mayoritariamente no paga IVA.

4.4 La logística de transporte y distribución de los pellets de madera.

En la figura 19 se esquematiza la cadena de valor y logística del pellet, para los principales productores.



Cada eslabón recibe-hace-entrega producto/servicio

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Caracterización de la cadena de valor y logística del pellet.

La mayor parte de los productores comercializa sus pellets a través de distribuidores, ya sea las cadenas del retail o bien distribuidores especializados. Últimamente se han agregado supermercados y tiendas de tamaño mediano. Existen además iniciativas de venta directa a público, en los mismos lugares de producción. Lo anterior, tanto a través de bajos precios desde una bolsa (PROSPERIDAD), como así también por medio de escalas de descuento (hasta 20% por 240 bolsas, MAXIPELLET 2017).

En relación a los distribuidores especializados, se han ido consolidando empresarios que originalmente vendían equipos y hacían el servicio técnico de los mismos, para abarcar también la venta de pellets. Lo anterior les permite no solamente aumentar sus montos de venta, sino que también garantizarles el suministro a los compradores de equipos. Un ejemplo de lo anterior es el caso de la empresa ECOMAS, la cual tiene como uno de sus distribuidores en la Región de Los Ríos a la empresa KALOR (ECOMAS 2017). La firma es comercializadora de equipos y

proveedora de servicio técnico de los mismos. En el cuadro 10 se entregan los principales canales de distribución de los productores de pellets identificados.

Cuadro 10. Principales canales de distribución de los productores de pellets identificados.

EMPRESA	PRINCIPALES CANALES DE DISTRIBUCIÓN
Ecomas	SODIMAC, tiendas propias, distribuidores, comercio y clientes industriales
Andes Bio-Pellets	EASY, distribuidores y comercio
Traiguén Energy	Comercio y clientes industriales
Pro Energy	Distribuidores, comercio y clientes industriales
Fuoco/Venturelli	Tiendas propias, distribuidores y comercio
BioPower	Distribuidores y comercio
Pellet Maule	SODIMAC, comercio y clientes industriales
Recma	Distribuidores y venta a público
Tres Volcanes	Comercio y venta a público
Prosperidad	Distribuidor, Comercio y venta a público
Flor del Lago	Tienda propia, comercio y venta a público
Aserraderos Collico	Venta a cliente final al por mayor
Maderas San Vicente	Distribuidores y clientes industriales
Forestal Russfin	Distribuidores y comercio
Bioflam	Distribuidor y venta a público
Ignisterra	Comercio y venta a público

Fuente: Entrevistas a productores, reportes SERNAC, pag web de productores y de distribuidores

La logística del transporte está condicionada básicamente por la modalidad de distribución y la minimización del costo de los fletes. En el caso de traslados a comunas diferentes del de la unidad productiva, se utilizan los camiones de carga general. Para lograr reducciones en la tarifa, se prefiere completar camiones (29.000 kg), como así también aprovechar fletes de retorno. La elevada densidad energética del pellet permite, por ejemplo, aprovechar fletes de retorno desde la Región de Magallanes hasta la de Aysén.

4.5 Costos de la cadena productiva de elaboración de pellets de madera en Chile.

En el cuadro 11 se entregan de forma genérica los costos de la cadena del pellet.

Cuadro 11. Distribución de Costos en el Precio del Pellet

	Valor \$/Kg, sin IVA	Valor relativo
Materia Prima (1)	36	23
Costo de Producción (3)	64	40
Margen del Productor	13	8
SUTOTAL	113	71
Flete (2)	9	6
SUTOTAL	122	77
Margen del Distribuidor	37	23
Precio Compra Público	159	100

(1) USD 55/BDMT de viruta seca, USD= \$650, 1.000 kg pellet/BDMT

(2) Se consideró un flete de 180 km, \$ 1.500/km, camión con 29.000 Kg

(3) Costos de Producción	Energía eléctrica	10
	Repuestos	6
	M.Obra	20
	Embalaje	3
	Depreciación y financ.	25
	TOTAL	64

Fuente Costos: elaboración propia en base a entrevistas a productores (Anexo 1). El precio por BDMT de materia prima, se obtuvo como un promedio de las plantas ECOMAS, ANDES BIO-PELLETS, RECMA y ASERRADEROS COLLICO. Precio compra público, valor sin IVA, el 30/09/2017, según www.sodimac.cl, valor promedio Temuco, Valdivia, Osorno y Pto. Montt.

4.6 Perfil tipo del productor nacional de pellets

El perfil de los productores de pellets en Chile, corresponde a una planta industrial que procesa madera aserrada de Pino radiata, con secado artificial y posterior elaboración. Esto le provee y asegura una cantidad de viruta seca, materia

prima ideal, dado que no requiere necesariamente posterior secado ni molienda adicional.

Este productor, decidió hacer una inversión medianamente alta en la maquinaria principal (prensa o máquina pelletera de 1 ton/hora, 200.000 euros), prefiriendo las de origen europeo. Lo anterior le permite una gran seguridad en cuanto a la calidad del producto y a una producción continua, acorde con la capacidad de diseño. Está en el rubro desde hace 5 años, período en el cual ha acumulado conocimientos técnicos del proceso de producción, afinando cada uno de los eslabones de su planta. También, ha adquirido experiencia en la comercialización, contando con distribuidores en otras comunas e intentando atender al mercado cercano a través de venta directa al público.

En el cuadro 12 se entregan las principales características de los productores chilenos de pellets.

Cuadro 12. Resumen de las principales características de los productores chilenos de pellets.

EMPRESA	REGIÓN	PRODUCCIÓN estim. 2018 (ton)	Origen de Prensa Pelletera	Materia Prima principal	PRINCIPALES CANALES DE DISTRIBUCIÓN
Ecomas	VIII	40.000	Europa	Viruta/aserrín secos propio y de terceros	SODIMAC, tiendas propias, distribuidores, comercio y clientes industriales
Andes Bio-Pellets	VIII	15.000	Europa	Viruta seca propia	EASY, distribuidores y comercio
Traiguén Energy	IX	12.000	Europa	Aserrín húmedo propio y de terceros	Comercio y clientes industriales
Pro Energy	VIII	9.000	China	Viruta/aserrín secos de terceros	Distribuidores y venta a público
Fuoco/Ventur elli	IX	9.000	Europa	Viruta seca propia	Tiendas propias, distribuidores y comercio
BioPower	VIII	6.500	Europa	Viruta/aserrín secos de terceros	Distribuidores y comercio
Pellet Maule	VII	5.000	EE.UU.	Viruta/aserrín seco y húmedo de empresas relacionadas	SODIMAC, comercio y clientes industriales
Recma	X	3.200	Europa	Viruta/aserrín secos propios	Distribuidores y venta a público
Tres Volcanes	VII	3.000	s/i	Viruta/aserrín secos propios	Comercio y venta a público
Prosperidad	VII	3.000	Europa	Viruta/aserrín secos propios	Distribuidor, Comercio y venta a público
Block & Cutstock	VIII	2.500	s/i	s/i	Sin información
Flor del Lago	IX	2.200	Europa	Viruta/aserrín secos propios	Tienda propia, comercio y venta a público
Aserraderos Collico	XIV	2.160	Europa	Viruta/aserrín secos propios	Venta a cliente final al por mayor
Maderas San Vicente	XII	1.800	China	Astillas húmedas propias	Distribuidores y clientes industriales

Forestal Russfin	XII	1.300	China	Aserrín seco propio	Distribuidores y comercio
Bioflam	VII	1.000	EE.UU.	Viruta/aserrín secos de terceros	Distribuidor y venta a público
Ignisterra	V	600	China	Viruta seca propia	Comercio y venta a público

Fuente: Entrevistas a productores, AChBIOM, reportes sernac, pag web de productores y de distribuidores.

A partir del año 2017, inicia sus actividades la Asociación Chilena de Biomasa (AChBIOM), la cual cuenta con cuatro comisiones, una de los cuales es la de pellets. Los principales productores del rubro se han incorporado a esta organización, con lo cual se estima que habrá una nueva dinámica en su actividad productiva y comercial.

5. Puntos críticos de la cadena productiva que influyen en la calidad

De acuerdo a las entrevistas realizadas, participación en eventos asociados y revisión de publicaciones se determinó que los puntos críticos de la cadena productiva que influyen en la calidad de los pellets en Chile, tienen relación con los siguientes aspectos:

- Volumen de Producción y Economía de Escala
- Limitación de Materia prima seca
- Disponibilidad de aserrín húmedo
- Sistemas de secado de materias primeras para pellets

5.1 Volumen de Producción y Economía de Escala.

Un detalle de la participación de cada uno de los productores de pellets, de acuerdo con la proyección de venta del año 2018, y sus principales características se entrega en el cuadro 13.

Cuadro 13. Características de los productores de Pellets y su oferta estimada al mercado chileno, para el año 2018 (Ton).

Detalle de las principales plantas productoras de pellets									
Nombre	Contacto	Región	Localidad	Producción estim. 2018 (1)	Origen prensa	Secado	Especie principal	N° Trabajadores en pellets (2)	Mercados principales (Regiones) (3)
ECOMAS	Felipe Salazar	VIII	Los Ángeles	40.000	Europa	No	Pino radiata	15	R. Metrop. - Aysén
ANDES BIO-PELLET	José I. Viterbo	VIII	Los Ángeles	15.000	Europa	No	Pino radiata	12	Maule - Los Lagos
TRAIQUEN ENERGY	Sebastián Sólter	IX	Traiguén	12.000	Europa	Sí	Pino radiata	10	Bío-Bío - Los Ríos
PRO ENERGY	Renzo Godoy	VIII	Los Ángeles	9.000	China	No	Pino radiata	12	Maule - Araucanía
FUOCO / VENTURELLI	Mauricio Lobos	IX	Pillanlelún, Lautaro	9.000	Europa	No	Pino radiata	7	Reg. Metrop.- Aysén
BIOPOWER	Francisco Baeza	VIII	Coronel	6.500	Europa	No	Pino radiata	5	Bío-Bío - Araucanía
PELLET MAULE	Thiago Fornaro	VII	Constitución	5.000	EE.UU.	Sí	Pino radiata	4	Valparaíso - Maule
RECMA	Eduardo Vial	X	Puerto Varas	3.200	Europa	No	Pino radiata	3	Los Lagos
TRES VOLCANES	Samuel Salas	VII	Talca	3.000	s/i	No	Pino radiata	3	O'Higgins - Maule
PROSPERIDAD	Rodrigo Zambrano	VII	Talca	3.000	Europa	No	Pino radiata	3	R. Metrop. - Maule
BLOCK & CUTSTOCK	s/i	VIII	S. Pedro de la Paz	2.500	s/i	s/i	Pino radiata	3	Bío-Bío - Araucanía
FLOR DEL LAGO	Hernán Barrios	IX	Villarrica	2.200	Europa	No	P. oregón	3	Araucanía
ASERRADEROS COLLICO	Gastón Wilde	XIV	Mariquina	2.160	Europa	No	Pino radiata	4	Los Ríos
MADERAS SAN VICENTE	Jorge Vilicic	XII	Punta Arenas	1.800	China	Sí	Lenga	4	Aysén - Magallanes
FORESTAL RUSSFIN	Rodolfo Tirado	XII	Tierra del Fuego	1.300	China	No	Lenga	3	Aysén - Magallanes
BIOFLAM	Francisco Mac Clure	VII	San Javier	1.000	EE.UU.	-	Pino radiata	3	Reg. Metrop. y Maule
IGNISTERRA	Rodolfo Tirado	V	Villa Alemana	600	China	No	Lenga	2	Valparaíso - O'Higgins
OTROS	-	-	-	200	-	-	-	-	-
TOTAL tn/año				117.460					

Fuente: AChBIOM, ECOMAS y otros productores

Con el fin de hacer el análisis comparativo de estos volúmenes con los de m³ que se utilizan para la madera aserrada, se tomó el valor de densidad del Pino radiata de 450 kg/m³ a 12% de contenido de humedad, base seco (DIAZ-VAZ 2002) y un contenido de humedad del pellet de 6,3% (ECOMAS 2017). Es así que cada m³ de madera seca contendría 402 kg de fibra mientras que una tonelada de pellet dispondría de 937 kg, lo que da una relación de 2,33 m³ equivalentes por cada tonelada. De tal forma las 117.460 ton de pellets equivaldrían a 273.682 m³ de madera aserrada.

Para comparar estos volúmenes con los de otros mercados, aparece como relevante la situación de España y en especial, las plantas adscritas al sistema de certificación ENplus³. Según BIOENERGY INTERNATIONAL 2017 en este país existen 37 plantas en esta condición, con una capacidad máxima teórica para cada una de ellas, el año 2017, que fluctúa desde 6.400 toneladas por año (t/a) hasta 80.000 t/a, con un

³ ENplus®. Sistema de certificación de la calidad. se basa en el estándar internacional ISO 17225-2 el cual se refiere a los pellets de madera.

promedio de 29.081 t/a. Respecto a la producción real del año 2016 de estas mismas plantas, el promedio fue de 9.873 t/a.

En la misma publicación se indican los valores para Portugal, en donde las 11 plantas con certificación ENplus tienen una capacidad de producción que va desde 10.000 t/a hasta las 125.000 t/a, con una media de 66.364 t/a.

De las 17 plantas detalladas en el cuadro 13, solamente seis alcanzarían producciones mayores a 5.000 t/a, como estimación para el año 2018. Esta condición para las once restantes, implica una serie de desventajas para su viabilidad en el largo plazo, principalmente sus posibilidades de absorber costos fijos, supervisores de mayor nivel técnico y pago de eventuales certificaciones. Además tienen limitaciones financieras para acceder a nuevas inversiones y a sistemas más automatizados de envasado. Adicionalmente, el abastecimiento con aserrín húmedo es la principal opción de crecimiento de la industria. Para un secado eficiente, es necesario contar con sistemas de control del contenido de humedad, lo cual es más factible mientras mayor sea el volumen a producir.



Foto: Maderas San Vicente.

Figura 20. Instalaciones de planta de pellets de Maderas San Vicente en Punta Arenas.



Foto: Maderas San Vicente.

Figura 21. Sección de envasado en planta de pellets de Maderas San Vicente.

5.2 Limitación de Materia prima seca

La mayor parte de las plantas productoras de pellets de Chile utilizan como materia prima inicial viruta y aserrín secos, provenientes de la elaboración de madera que ha sido secada artificialmente por ellos mismos, o por una empresa relacionada. El utilizar material seco (contenido de humedad de aprox. 10%, base seca), permite importantes ahorros, tanto de inversión como de operación. Se evitan de esta forma principalmente las calderas, secadores, combustible y controles del contenido de humedad. Algunas empresas, entre ellas Traiguén Energy, Pellets del Maule y Maderas San Vicente, cuentan con secadores, lo cual les permite utilizar parcialmente material húmedo.

La compra de viruta y aserrín seco a terceros ha sido hasta ahora poco interesante para varios productores de pellets. A la baja oferta total de este subproducto de elaboración se agregan como causas de esta limitación las siguientes:

- Alto costo de la viruta seca.
- Elevado flete y complicación logística (producto voluminoso).
- Riesgo de incorporar impurezas que dañen maquinaria

Consecuentemente, el volumen de viruta y aserrín seco que produce cada complejo industrial es el que condiciona la producción total de pellets, lo cual es habitualmente de un turno de prensa o incluso menor. La dependencia que tienen las plantas productoras de pellets respecto a su propia viruta seca les fija un techo a su producción. Para salir de este “cuello de botella”, el material más accesible es el aserrín húmedo, del cual disponen ellos mismos en abundancia. Sin embargo, para ello requerirían invertir fuertemente en secado artificial de la materia prima.

5.3 Disponibilidad de Aserrín Húmedo

A fin de poder comparar la oferta de viruta y aserrín seco en relación con la de aserrín húmedo, es conveniente analizar ¿qué tan extendido está el secado artificial de madera en los aserraderos chilenos? Según INFOR 2016, a nivel general, un 50,8% de la madera aserrada recibe el tratamiento de secado artificial. Sin embargo, al disgregar por tamaños de plantas, los grandes aserraderos concentran el 73,3% de la madera seca artificialmente, mientras los medianos y pequeños lo hacen con un 23,5% y 3,2% respectivamente. Lo anterior se ratifica con que 108 aserraderos secan artificialmente mientras 982 unidades no lo hacen.

Dado que las plantas productoras de pellets están asociadas a pequeños y medianos aserraderos y plantas elaboradoras, la disponibilidad de viruta y aserrín seco es limitada. No obstante, el aserrín húmedo que producen ellos o sus empresas relacionadas es varias veces mayor. Según INFOR 2016 a nivel país, por cada m³ sólido de viruta y aserrín de elaboración (seco) se producen 7,8 m³ sólidos de aserrín húmedo. Lo anterior corresponde a una situación promedio a nivel país. Cada planta productora de pellet hoy tiene una particularidad. Hay casos en donde se compra la totalidad del material (seco y húmedo) desde plantas cercanas (Pellets del Maule), mientras en otras todo el aserrín es húmedo y propio (Traiguén Energy). El caso que resulta representativo para mostrar la abundancia del aserrín verde respecto al

material seco, es el de la empresa Maderas Prosperidad, en donde la totalidad del aserrín húmedo equivale a la viruta y aserrín seco, por lo cual su utilización le permitiría aumentar la producción de pellets en un 100%, respecto a lo actual (ZAMBRANO, 2017).

Otro antecedente que indica la abundancia relativa de aserrín húmedo respecto a biomasa seca, es el precio. Tomando como ejemplo el caso de Pellets del Maule (FORNARO 2017), los valores son de \$ 1.500/m. estéreo del aserrín húmedo vs \$ 2.800/m. estéreo para la viruta seca. Se debe agregar la diferencia de densidad, en donde el primero contiene aprox. 160 Kg de fibra mientras que el segundo solamente 90 Kg. Consecuentemente, la diferencia final es de \$ 9,4 /Kg vs \$ 31 /Kg

5.4 Sistemas de Secado de Materia Prima para Pellets

Para el secado de biomasa fina (aserrín, viruta y astillas) existen diferentes sistemas, los cuales pueden diferenciarse en primer término, según si los gases de combustión entran en contacto directo con la biomasa o no. Adicionalmente está la forma en la cual se extrae el agua a esta materia prima: Flujo (Flash), Rotatorio (Tromel) y de Cinta (Banda).

La utilización de los gases de combustión para que entren en contacto directo con las partículas de madera, tiene como ventajas una mayor eficiencia y una menor inversión respecto a la capacidad de secado. Como desventajas se puede señalar que la materia prima se contamina con partículas de carbón y de material particulado, con lo cual el pellet toma un color más oscuro. Para el caso de algunos productores de pellets de Pino radiata, el color claro es muy importante como imagen de su producto. Por lo tanto, para este segmento resulta especialmente perjudicial este oscurecimiento.

Otra desventaja del contacto directo entre los gases de combustión y la biomasa, tiene relación con la seguridad, en donde hay una mayor probabilidad de incendios, debido a la dificultad de controlar totalmente la temperatura de los gases.



Foto: Maderas San Vicente.

Figura 22. Secador de flujo (flash) para biomasa fina en Maderas San Vicente. Equipo proveniente de China, con mejoras realizadas en Chile.



Fuente: ALDUNATE 2015.

Figura 23. Secadores industriales de viruta y aserrín para pellets, tipo Rotatorio/Tromel (izq.) y de Cinta/Banda (der.).

La gran demanda potencial de secado de aserrín ha hecho que las empresas colombianas SUPERBRIX y HRG INGENIERÍA se hayan aliado para diseñar, especialmente para la industria chilena de pellets, un sistema mejorado al respecto. Este es del tipo rotatorio (Tromel) y presenta como una de sus ventajas la utilización del combustible más económico del cual disponen los aserraderos (corteza), evitando

así emplear aserrín o astillas. Adicionalmente, permite que no se oscurezca el material, gracias a una gasificación previa a la combustión (Anexo N°7).

Como conclusión de los puntos críticos de la cadena productiva que influyen en la calidad, se puede señalar que para alcanzar y mantener los parámetros de calidad del pellet, resulta conveniente que las plantas productivas tengan niveles de producción por sobre las 5.000 ton/año. De esta forma, tendrán las economías de escala mínimas que se requieren para avanzar hacia el secado de aserrín húmedo, material abundante y económico, dejando de depender del limitado volumen de viruta seca. Para lo anterior, resulta fundamental difundir tecnologías de secado de aserrín, las cuales hasta ahora son poco conocidas en el país.

6. Los puntos críticos de la cadena productiva que influyen en el precio

La cadena de producción y comercialización de pellets en Chile, tiene la participación de diferentes eslabones, tales como plantas de elaboración de madera (proveedores de viruta y aserrín secos), productores (plantas de producción de pellets) y comercializadores (retail, distribuidores y otros). De acuerdo a lo indicado en el cuadro 11, cada uno de ellos debe adaptarse a los márgenes que el mercado chileno les permite. Es así como aparecen especialmente relevantes, el costo de la materia prima (viruta y aserrín seco, puesto en destino) y el margen del distribuidor. Todo esto, acotado por un precio máximo final a público que se relaciona con los combustibles alternativos (fósiles y otras biomásas forestales). Consecuentemente, se describen a continuación con mayor detalle, el costo de la materia prima y margen (del productor), la participación de los comercializadores y la competencia con los combustibles fósiles. Respecto a la comparación con otras biomásas forestales (leña y astillas), dada su importancia y potencial, se la incluyó en un capítulo propio.

6.1 Costo de Materia Prima y Margen

En el cuadro 11 del subcapítulo 4.5 se entregó una estimación de la segregación de los diferentes costos y márgenes para un productor promedio de pellets.

Uno de los costos más importantes para la elaboración de pellet es el de la materia prima, en este caso viruta y aserrín secos. Por ello se analizó cómo varía el margen para el productor según cambia el precio que debe pagar por la materia prima. Es así que la situación promedio, correspondiente a un costo de \$ 36/Kg de pellet permite un margen de \$ 13/Kg. En la figura 24 se muestra el rango completo, en donde si la materia prima no tuviera costo permitiría un margen de \$ 49/Kg, mientras que el precio máximo a cancelar sería del mismo monto, situación en la cual no habría margen para el productor, encontrándose aquí en su punto de equilibrio.

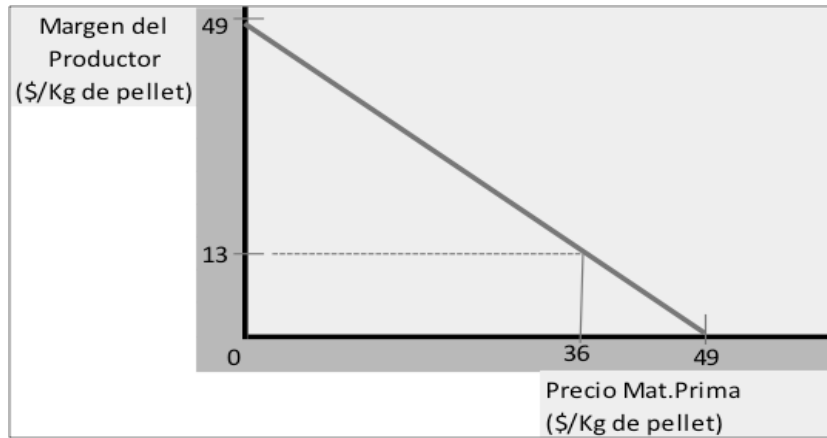


Figura 24. Relación entre el Precio de la Materia Prima (viruta seca) y margen del productor de pellets.

6.2 Participación de Comercializadores

En una primera apreciación del cuadro 11, llama la atención que el margen del distribuidor es proporcionalmente muy elevado con respecto al margen del productor (\$ 37/Kg frente a \$ 13/Kg respectivamente). Sin embargo, resulta conveniente hacer dos consideraciones al respecto. Por una parte, el productor está adicionalmente “vendiendo bien” su subproducto (viruta y aserrín seco), lo cual le da otro ingreso equivalente a \$ 36/Kg. Esto resulta clave para una buena operación de su unidad de aserrío y/o de elaboración de madera. Habitualmente estas plantas industriales tienen una superficie limitada para su actividad principal, por lo cual valoran altamente que sus subproductos se retiren a la mayor brevedad del recinto. La elaboración de pellets le permite decidir a la respectiva planta de elaboración, la velocidad de retiro de su viruta y aserrín, sin tener que depender de terceros. Todo esto facilita los flujos de su producto principal, la madera elaborada.

Por otra parte, si bien el margen del comercializador como porcentaje de la venta puede parecer alto (23% del precio de venta), se trata de un producto muy voluminoso y pesado en relación a su precio. Por lo tanto, obliga al retail a disponer de una importante superficie techada para su almacenamiento, así como también

elevados costos de traslados internos, proporcionalmente a su margen expresado en \$/Kg.

Sin embargo, a pesar de los dos antecedentes expuestos anteriormente, sí existe interés de parte de los productores de pellets en cuanto a reducir paulatinamente su dependencia de las grandes cadenas de retail. Según lo expuesto en el Subcapítulo 4.4, han agregado distribuidores especializados que venden equipos y servicio técnico, supermercados y tiendas de tamaño mediano y venta directa a público, en los mismos lugares de producción.

Esto último, lo han hecho a través de bajos precios desde una bolsa (PROSPERIDAD), como así también por medio de escalas de descuento (hasta 20% por 240 bolsas, MAXIPELLET 2017). A ello se agrega lo que realiza ASERRADERO COLLICO (2017), vendiendo exclusivamente a una treintena de clientes finales, con un mínimo de 80 bolsas por despacho. Los volúmenes que requiere una vivienda durante un trimestre y dependiendo de su disponibilidad de espacio techado, facilitan las compras de volúmenes medianos (p.ej. 500 a 1.000 Kg) directamente a la fábrica. Este desafío lo están empezando a asumir algunos productores.

6.3 Competencia con fósiles

La introducción amplia del pellet a nivel domiciliario en Chile, se basa principalmente en la sustitución de la combustión a leña, logrando de esta manera una notable reducción de las emisiones de material particulado y finalmente una mayor calidad del aire. En la introducción del pellet como nueva biomasa forestal, más limpia y moderna, se ha visto la competencia de combustibles fósiles, principalmente gas (licuado de petróleo y natural) y parafina. Esta disputa por el mercado que va dejando la leña, tiene un componente de precio y otro de publicidad.

Respecto a costo del combustible, se entregan a continuación diferentes antecedentes que respaldan el significativo menor costo del pellet, en relación con los combustibles fósiles. Por su parte la publicidad, representa una competencia difícil de contrarrestar, dado el gran tamaño de las empresas de los rubros distribución de gas y

de petróleo. El ofrecimiento que ellos hacen de aportar calderas domiciliarias, p.ej., resulta muy revelador (Fig.28).

En relación a la competencia que existe y, especialmente, la que se espera para el corto y mediano plazo, del pellet respecto a los combustibles fósiles (gas y parafina), resulta relevante comparar los costos respectivos. El MIN. MEDIO AMBIENTE (2017b) señala que para una casa promedio que utiliza 8 horas de calefacción diaria, el costo mensual sería de \$ 38.300 en el caso de emplear pellets, \$ 57.400 si fuera parafina y \$ 83.500 de tratarse de gas licuado (GLP). Lo anterior corresponde a un 50% y 118% de mayor costo, respecto al pellet.

Dada la importancia de este aspecto, tanto como ventaja comparativa actual como así también respecto a potenciales alzas en el costo de producción de pellets, se consideró conveniente actualizar estos valores relativos de los tres combustibles. Los resultados del análisis se entregan en el cuadro 14, mientras que el resumen de las fuentes y la información intermedia de precios se indican en los cuadros 15 y 16, respectivamente.

Cuadro 14. Comparación de costos de combustible.

	Un.	Precio unit. (1)	Energía bruta kWh/unidad (2)	Precio E. bruta \$/kWh	Eficiencia % (3)	Precio E. neta \$/kWh	Valor relativo
Pellets	Kg	186	5,01	37	89,0%	41,7	100
Parafina	Lt	597	9,6	62	92,7%	67,1	161
Gas GLP	Kg	1.175	12,9	91	87,2%	104,5	250
Gas Natural	m3	720	10,81	67	87,2%	76,4	183
Bolsas Gas	m3	560	10,81	52	87,2%	59,4	142

Cuadro 15. Resumen de Fuentes.

(1) Valor a público, con IVA, el 30/09/2017: Pellet , según www.sodimac.cl, valor promedio sucursales Temuco, Valdivia, Osorno y Puerto Montt, bolsa 18 Kg Gas GLP , según www.gasenlinea.gob.cl, valor promedio de Lipigas en sucursales de Temuco, Valdivia, Osorno y Puerto Montt, balón 45 Kg, a domicilio Parafina , según www.bencinaenlinea.cl, valor promedio de estaciones Copec de comunas de Temuco, Valdivia, Osorno y Puerto Montt En el caso de Gas Natural , al 10/12/2017, según www.lipigas.cl, Osorno, consumo 60-100 m3 Para Bolsa de Gas , al 10/12/2017, según www.metrobolsas.cl
(2), Pellets según especificaciones ECOMAS. Gas GLP y Parafina, según www.toyotomi.cl, kerosene tiro forzado y gas licuado descarga exterior eficiente. Gas Natural y Bolsas Gas, según www.lipigas.cl
(3), Según MMA de equipos de programa de recambio de calefactores: Pellet, equipo CALMA, mod. Portofino (Osorno) Gas, equipo URSUS TROTTER, mod. Ecowood (Chillán) Parafina, equipo TOYOTOMI, mod. FFV30T/FF55T (Osorno)

Cuadro 16. Precios de acuerdo con los envases (IVA incluido).

	PELLET (bolsa 18 Kg)	GAS GLP (balón 45 Kg)
Temuco	2.999	51.150
Valdivia	3.990	53.350
Osorno	3.100	53.600
Pto Montt	3.300	53.350
Promedio	3.347	52.863
Valor /Kg	186	1.175

Según la información actualizada, la parafina sería un 61% más cara que el pellet, mientras que el gas licuado de petróleo (GLP) un 150%. Esta gran ventaja de costo del combustible pellet frente a los fósiles es conveniente tomarla con algunos resguardos. Es así por ejemplo, que en las ciudades con redes de gas natural licuado (GNL), como Osorno y Puerto Montt (fig 25 y 26), los precios resultan un 83% mayor (LIPIGAS 2017), mientras que la energía de las bolsas de gas ofrecidas en las Regiones Metropolitana y de O’Higgins es sólo un 42% mayor al de los pellets (METROBOLSAS 2017).



Figura 25. Red de gas natural de la empresa Lipigas en Osorno a noviembre de 2017.



Figura 26. Red de gas natural de la empresa Lipigas en Puerto Montt a noviembre de 2017.

Como conclusión, el productor de pellets está inmerso en un esquema en el cual tiene poco espacio de movimiento comercial. A fin de mejorar o al menos mantener sus márgenes, debe asegurar una materia prima de bajo costo, localizándose en las cercanías de fuentes abundantes, que a su vez tengan pocas alternativas de venta. En su relación con los comercializadores, le conviene procurar

una mayor independencia en el mediano plazo, a través p.ej. de compras asociativas de clientes finales. Respecto a la competencia en la calefacción domiciliaria con los combustibles fósiles, es importante destacar y difundir el menor costo del pellet, intentando así compensar el despliegue publicitario de las grandes empresas distribuidoras de gas y de petróleo.

7. Las otras biomásas forestales

En nuestro país, la biomasa forestal se presenta principalmente en tres formatos: leña, astillas (*chips*) y pellets. Se presentan a continuación aspectos principales respecto a la leña y a las astillas. Posteriormente, se plantea la integración potencial de ellas con el pellet.

7.1 La Leña

Actualmente, la leña y derivados de la madera constituyen un pilar fundamental en la provisión de energía primaria en Chile, alcanzando un 28% de acuerdo al balance nacional (CDT 2015). La misma fuente señala que las regiones en las cuales es más importante este combustible va desde O'Higgins hasta Aysén. La penetración aumenta de norte a sur, partiendo con un 53% en O'Higgins hasta alcanzar un 98% de los hogares en la Región de Aysén, considerando viviendas y departamentos del sector residencial.

El consumo total anual lo estima CDT 2015 en 11.770.765 metros estéreo, el cual es encabezado por la Región de los Lagos (3,1 millones de m.e.), seguido por la del Biobío (2,3 millones de m.e.) y Araucanía (2,0 millones de m.e.). En términos de demanda por hogar, la región de Magallanes, si bien tiene sólo un 13% de penetración (las principales ciudades disponen de gas natural), estas pocas viviendas alcanzan un consumo de 18,3 m.e./hogar. Le siguen en importancia Aysén (17,5 m.e./hogar) y Los Ríos (14,1 m.e./hogar).

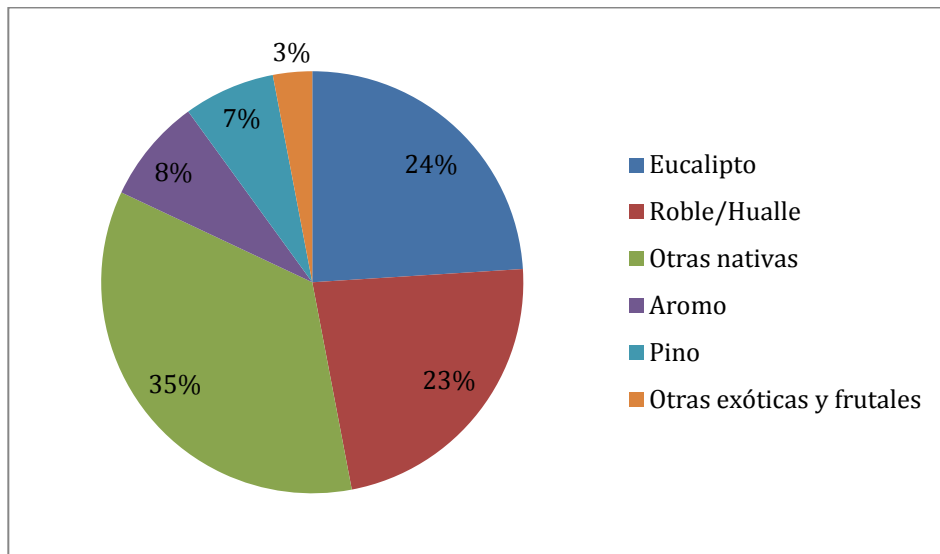
En relación a los demás consumidores de leña, CDT 2015 muestra que su participación es muy poco significativa, en relación a la domiciliaria, según se aprecia en el cuadro 17.

Cuadro 17. Estimación del consumo de leña por sector.

Sector	m.e. por vivienda/ establecimiento	m.e. totales	%
Residencial	6,8	11.770.675	98,5%
PYME industrial, excl. generación	127,8	77.930	0,7%
Establecimientos de uso público	43,2	71.556	0,6%
Hoteles y Restaurantes	90,5	29.504	0,3%
Comercial	5,3	4.107	0,0%
TOTAL	--	11.953.772	100,0%

Fuente: CDT 2015

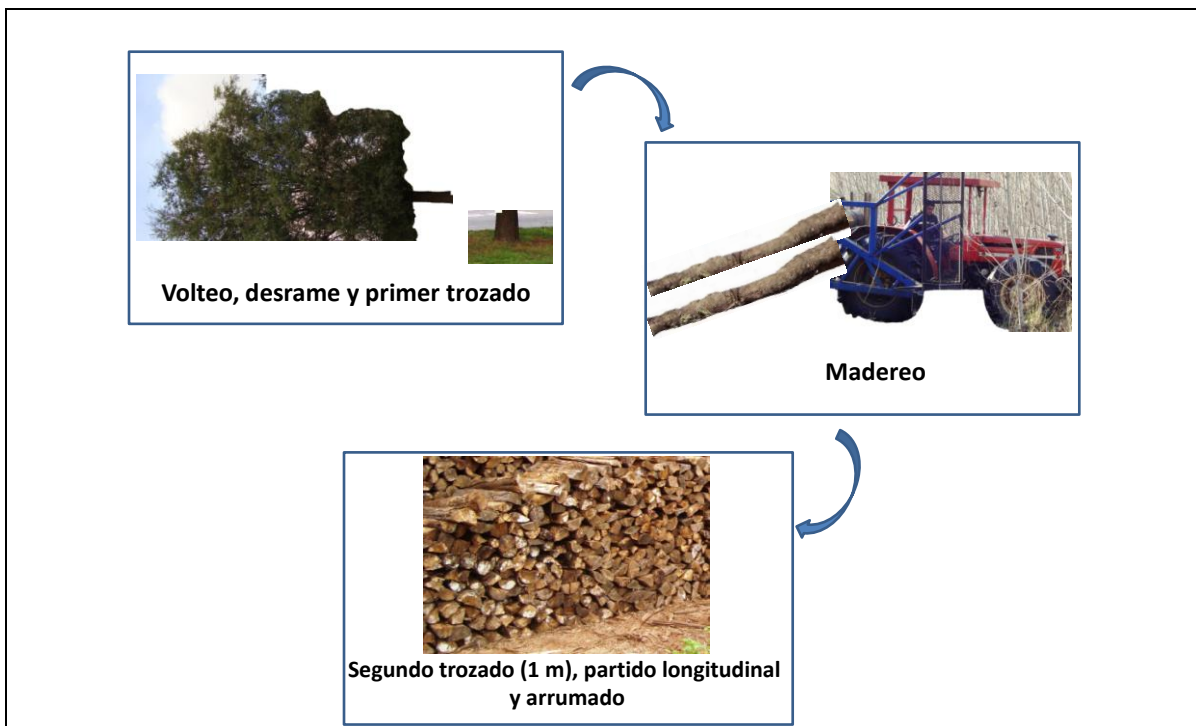
Respecto a las especies que se consumen como leña residencial, en la figura 27 se entrega su distribución.



Fuente: CDT 2105

Figura 27. Distribución del consumo de leña según especie, a nivel nacional, en el sector residencial.

En relación a la forma de producción, la mayor parte de las faenas en el país se llevan a cabo en forma tradicional, de acuerdo con lo que se resume en la figura 28.



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Esquema habitual de producción de leña.

En la información de costos, los factores que varían en mayor proporción son el valor en pie (precio de la madera antes del volteo) y el flete al mercado. Sin embargo, una situación representativa para la Región de Los Ríos, es la siguiente (WEIL 2013), (valores netos, sin IVA):

Valor en pie:	\$ 5.000/m.e.
Faena de cosecha:	\$ 6.200/m.e.
Flete al mercado:	\$ 7.000/m.e.
TOTAL	\$ 18.200/m.e.

Sin embargo, la estructura de la oferta sitúa a la leña como una industria altamente informal y fragmentada. La pérdida tributaria sólo en términos de las compras a nivel residencial urbano, correspondería a una evasión cercana a los US\$ 14,8 millones (CDT 2015), a lo que se suma la escasa innovación y la comercialización como leña húmeda (contenido de humedad mayor al 25%).

Por otra parte, la extracción de leña de bosque nativo bajo esquemas no sustentables y las altas emisiones de material particulado fino (MP2,5), sitúan a la leña hoy como la causante principal de la contaminación de las ciudades de la regiones que la consumen en alta proporción. Los gastos en salud asociados a la combustión de leña y sus emisiones de material particulado, se sitúan en cerca de 364 millones de dólares al año (Sinia 2006).

No obstante lo anterior, al ser una energía local casi siempre se produce y comercializa en la misma región donde se consume. Consecuentemente, genera ingresos a nivel local e incide de manera importante en las economías campesinas.

En el ámbito Institucional, existe en Chile una Política de Uso de la Leña y sus derivados para calefacción, es la primera política gubernamental dedicada al tema en nuestro país, que considera un enfoque de carácter local, multisectorial y una perspectiva de Estado (MINISTERIO DE ENERGÍA 2015).

La Política se organiza en 6 ejes: edificaciones más eficientes, leña sustentable y de calidad, hacia otros derivados de la madera para calefacción, tecnologías más eficientes, institucionalidad y educación.

La leña, si bien cuenta con este marco de lineamiento e impacta en las economías locales, tiene todavía brechas que cubrir en el campo tecnológico, de escala de producción, de formalidad y de calidad (contenido de humedad).

7.2. Astillas (Chips)

La astilla o *chip*, corresponde a “una partícula de madera que tiene un tamaño estandarizado según la aplicación y se obtiene de cortes limpios con cuchillos” (MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2017c)⁴.

En términos generales, las astillas de madera tienen dos destinos principales:

- a) La industria, principalmente pulpa y celulosa, aunque también tableros.
- b) Como combustible.

En nuestro caso, interesa este último. Para ello se tiene como referencia la norma europea EN 14961 (ALAKANGAS 2016). Una primera clasificación que se hace es en función del origen de la biomasa, pudiendo provenir principalmente de los bosques, de subproductos de procesamiento de la madera y de maderas usadas (pallets, p.ej.).

⁴ En algunas partes del país, el término “astilla” tiene otros significados:

“Trozo de madera seca, cuya dimensión la hace especialmente apta para iniciar la combustión, a nivel domiciliario”.

- “Trozo de leña dividido o no en sentido longitudinal y que en sentido transversal pasa por un anillo de diámetro 16 cm”.

Las astillas combustibles que provienen de bosques y de aserraderos, conviene diferenciarlas según:

- Presencia de corteza
- Tamaño (granulometría)
- Contenido de humedad

La presencia de corteza implica una menor calidad de la astilla, dado que solamente las calderas de gran tamaño pueden incorporar este componente de la madera. Esta parte del trozo trae consigo elementos inertes, como tierra y otros, lo cual produce una mayor proporción de cenizas.

Respecto a los tamaños, lo que se considera más relevante para la realidad chilena, son dos de los rangos que establece la norma EN 14961:

- “P16”: Al menos un 75% del peso debe corresponder a un tamaño cuyo ancho sea mayor a 3,15 mm y menor a 16 mm (diámetros de los tamices).
- “P45A”: Al menos un 75% del peso debe corresponder a un tamaño cuyo ancho sea mayor a 8 mm y menor a 45 mm (diámetros de los tamices).

En relación al contenido de humedad, se establecen en base húmeda y cada 5 puntos porcentuales, correspondiendo:

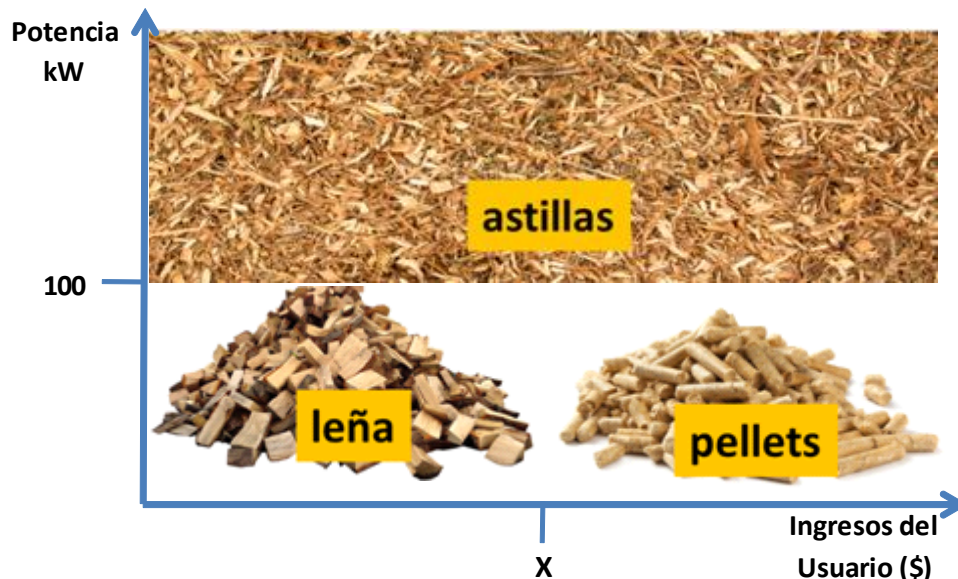
- M10: Contenido de humedad igual o menor al 10%, base húmeda
- M15: Contenido de humedad igual o menor al 15%, base húmeda
- M20: Contenido de humedad igual o menor al 20%, base húmeda
- (hasta M55+): Contenido de humedad mayor al 55%, base húmeda

El tipo M20 son astillas secadas al aire, mientras que las M30 pueden todavía almacenarse sin mayores inconvenientes.

En cuanto al uso, las calderas más pequeñas (las hay desde los 20 kW de potencia), requieren astillas de tamaños pequeños (P16) y bajos contenidos de humedad (M20), para poder funcionar adecuadamente. En cambio las de mayor tamaño pueden operar con astillas más grandes (P45). En este último caso son diseñadas de acuerdo con el contenido de humedad de la biomasa que utilizarán, pudiendo llegar hasta el 50%, base húmeda.

7.3 Análisis del conjunto de las biomásas forestales

Cada uno de ellos tiene sus características específicas, que lo hacen más recomendable para situaciones determinadas. En la figura 29 se indican los nichos naturales para cada formato, según la potencia requerida y el nivel de ingreso del usuario.



Fuente: elaboración propia, basada en OO ENERGIESPARVERBAND 2013 y CAAMAÑO 2017.

Figura 29. Nichos Naturales de la Biomasa Forestal.

Respecto al límite entre astillas y pellets, se propone una potencia del equipo de combustión (principalmente caldera) de 100 kW (OO ENERGIESPARVERBAND 2013), cifra que se explica a partir del siguiente argumento. El pellet presenta un menor contenido de humedad (7% promedio) frente a 20%-30% de la astilla. Además, el volumen que ocupa una determinada cantidad de energía es cuatro veces mayor en la astilla en relación al pellet. Todo lo anterior hace que para equipos pequeños (calefactores y calderas) sea preferible utilizar un combustible de mayor valor, ahorrando en cambio en el tamaño y precio de la unidad de combustión, en almacenamiento de la biomasa y en mantención.

Sin embargo, cuando la potencia es mayor a 100 kW, (eje Y), la variación en el gasto en combustible resulta significativa. Por lo tanto, esta diferencia hace que

resulte conveniente realizar una mayor inversión en la caldera y en los espacios que se requieren para el almacenamiento de combustible.

En relación a la separación entre la leña y los pellets, para requerimientos bajo los 100 kW de potencia, es relevante lo señalado por CAAMAÑO 2017, en cuanto a que la evolución desde la leña al pellet necesita un período de maduración, el cual tiene relación no solamente con el mayor costo del producto, sino que también con la tecnología que incluyen los equipos de pellets.

Respecto a la diferencia de costos del combustible entre pellets y leña, la comparación presenta algunas complicaciones, dado que la mayor parte de esta última se transa en un mercado informal, sin el pago de IVA. Aun así, se consideró relevante intentar una comparación, para lo cual se contó con información de precio de un comprador mediano (640 m. estéreo/año) de leña certificada de Eucaliptus nitens en la ciudad de Valdivia (LÜHR 2017). Este valor fue de \$ 30.000/m. estéreo, IVA incluido, lo cual se considera como un precio representativo para leña formal. Con dicho valor se hizo la comparación, la cual se entrega en el cuadro 18.

Cuadro 18. Comparación de Costos de Combustible, Pellets vs Leña (IVA incluido).

	Un.	Precio unit. (1)	Energía bruta kWh/unidad (2)	Precio E. bruta \$/kWh	Eficiencia % (3)	Precio E. neta \$/kWh	Valor relativo
Pellets	Kg	186	5,01	37	89,0%	41,7	100
Leña	m.e.	30.000	1.440	21	72,0%	28,9	69

(1). Precio pellet, el 30/09/2017 según www.sodimac.cl promedio sucursales de Temuco, Valdivia, Osorno y Pto Montt, bolsa de 18 Kg.

Precio leña, según edificio Prales (Valdivia), año 2017, leña certificada E. nitens

(2). Pellets según especificaciones www.ecomas.cl, el 30/09/2017.

Leña, E. nitens con un factor de 0,288 BDMT/m.e.

(3). Pellet, equipo CALMA, mod. Portofino, según programa de recambio de calefactores Osorno, Ago. 2017.

Leña, estufa Bosca, modelo Multibosca 350, según programa de recambio de calefactores Osorno, Ago. 2017.

La leña formal resulta un 31% más económica que el pellet. Si bien este último presenta avances en cuanto a que el funcionamiento del equipo se puede programar y detener el consumo durante parte del día, la diferencia de costo es significativa.

En la consultoría se ha señalado que una matriz en que la leña se complemente con las astillas y pellets, generaría una solución sustentable para propietarios de 1.873.804 artefactos a leña a nivel nacional y que se distribuyen en calefactores de doble cámara (51,6%), cocinas a leña (16,7%) y salamandras (13,3%)(CDT 2015).

Como conclusión, es conveniente considerar que en la relación que debiera existir entre el pellet y las demás biomásas forestales, haya una complementación muy importante, pudiendo abarcar cada una aquellos nichos que le son más favorables. De esta forma, la reducción de la contaminación del aire se haría con menores costos y manteniendo el atributo de energía renovable que tienen cada uno de estos formatos.

8. Análisis de reconversión de productores de leña

Uno de los temas propuestos en la consultoría era el análisis respecto a si un productor actual de leña pudiera reconvertirse hacia la fabricación de pellets. Lo anterior resulta muy relevante, por cuanto con los diferentes Planes de Descontaminación Atmosférica, tanto los vigentes (MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2017c), como aquellos en diferentes etapas de elaboración y consulta (MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2018), el volumen de biomasa en el formato leña debería tender a disminuir en los próximos años. Consecuentemente, el rubro reduciría su actividad.

La faena de los productores de leña consiste principalmente en la cosecha de bosques, en donde deben hacer volteo, trozado, madereo hasta un camino predial y partido longitudinal de los trozos, concluyendo en muchos casos con la leña puesta a orilla de camino (fig. 28). Algunos productores pueden soportar la carga financiera y esperar hasta que se seque parcialmente en el mismo predio. Otros han logrado instalar un galpón, lo cual les permite adicionalmente terminar el secado natural, alcanzando un contenido de humedad del 25%, base seca, que recomienda la normativa. Para ello, las especies más utilizadas son *Eucalyptus* (tanto *globulus* como *nitens*), aromos y nativas (fig. 27).

Por otra parte, la elaboración de pellets, según lo detallado en el capítulo 3.1, requiere un proceso industrial, en donde resulta fundamental controlar parámetros claves de la materia prima, como son el contenido de humedad y la ausencia de corteza; el producto final debe cumplir con una durabilidad mínima y un máximo de finos.

Respecto a la humedad, existe un estrecho rango, en torno al 10%, en el cual la madera se aglomera exclusivamente con presión y sin requerir adhesivos. Por otra parte, una vez envasados los pellets, deben mantenerse en condiciones secas, evitando el hinchamiento.

En relación a la corteza, resulta fundamental removerla antes de que el material llegue al proceso de prensado, a fin de alcanzar un pellet de calidad domiciliaria.

Los finos son aquella parte del total del producto envasado, que tiene un tamaño similar al aserrín. Por lo tanto no es utilizable en los calefactores. Para cumplir con los máximos permitidos en este parámetro, como así también con la durabilidad del pellet, resultan indispensables nuevamente la humedad de la viruta/aserrín y también la calidad de la prensa pelletera. Esta última debe someter a la materia prima a la presión exacta durante toda la jornada de trabajo. Posteriormente, el almacenamiento por varios meses, en galpones que aseguren condiciones adecuadas para mantener sus características.

Las ventajas competitivas la tienen aquellas plantas industriales que disponen por sí mismas o en las cercanías, un alto volumen de subproductos de la madera, en primer término viruta/aserrín secos y en segundo aserrín verde.

Al comparar la realidad del trabajo del productor de leña, considerando que es una actividad rural y descentralizada, frente a la producción de pellets de calidad domiciliaria, se estima que no existen ventajas competitivas para que estos empresarios se reconviertan a la fabricación industrial de pellets. Adicionalmente, existe una ventaja para las plantas tradicionales de pellets, que parten de viruta y aserrín secos y, en algunos casos, de aserrín verde, materias primas que ya tienen un proceso de avance, al formar parte como subproducto de los procesos de aserrío, secado y elaboración.

El productor de leña en cambio, tendría que iniciar el proceso con sus trozos, descortezarlos y hacerles una molienda fina, para recién entonces quedar en una situación similar a la del productor tradicional de pellets. A mayor abundamiento, las especies tampoco juegan a favor de la reconversión. Mientras la especie Pino radiata es la más requerida para fabricar pellets en Chile, la misma es muy poco apreciada en su formato leña, por la baja densidad.

Por el contrario, las especies utilizadas preferentemente como leña (fig. 27), requieren en general un mayor costo de secado y de prensado, para lograr un pellet equivalente al del Pino radiata.

Si se considera la situación a nivel mundial, son pocos los casos en los cuales se dan las condiciones para producir pellets a partir de trozos. Uno de los países en que algunas de sus plantas lo hacen es EE.UU. El ejemplo de la firma FRAM RENEWABLES (estado de Georgia) resulta interesante. Dispone de dos plantas de pellets, con capacidad para 200.000 toneladas al año y 500.000 toneladas al año respectivamente, produce pellets “Premium”(sin corteza) e “Industrial”(con corteza y mezcla de coníferas y latifoliadas), el transporte desde la planta es por ferrocarril y luego barcos de gran capacidad hasta Europa. A pesar de toda la economía de escala que tienen, utilizan como materia prima un 80% de subproductos de aserraderos y sólo un 20% de biomasa que viene directamente de los bosques. En este último caso se trata de árboles delgados de raleos, copas de árboles y ejemplares enfermos (FRAM RENEWABLES 2018).

Otro país que conviene tener presente es Alemania, en donde la industria del pellet está muy madura, constituyéndose en uno de los grandes productores y consumidores del producto (cuadros 2 y 3). Según DEPV 2018, durante el primer trimestre del año 2018, la materia prima utilizada por la industria alemana del pellet provenía en un 94% de subproductos de aserraderos y plantas de elaboración.

Debemos agregar además que, según CDT 2015 existen brechas para los productores de leña, al estar fragmentada la oferta (80% pequeños productores), el mercado es informal, hay estacionalidad en la producción, costos logísticos de abastecimiento de materia prima, escala y acceso a energía, capacidades de gerenciamiento de un proceso industrial y disposición y competencias para eventuales trabajos asociativos. Todo lo anterior permite concluir, que la producción de leña es una actividad rural, descentralizada y no existen ventajas competitivas para que un productor de leña se reconvierta a la fabricación industrial de pellets domiciliarios.

Menos aún, si consideramos la actual situación de los productores de pellets que no ven como incentivo de inversión suficiente el incremento de la demanda, pues el crecimiento del negocio pasa por invertir en secado de aserrín, escenario que genera incertidumbre frente a la competitividad de combustibles fósiles como el gas y la leña seca.

No obstante lo anterior, existe otra biomasa forestal para la cual sí tienen afinidad: las astillas de madera. Esto se puede expresar en la producción y venta de trozos para su posterior astillado en una planta centralizada. Para ello las únicas modificaciones respecto a su actual proceso es que en lugar de trozar típicamente la madera a 1 m de largo lo hará a 2,44 m y no necesitará partirla longitudinalmente (ver figura 30 y compararla con figura 28).



Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Esquema de producción de trozos para astillado.

Adicionalmente, algunos productores individualmente o en asociaciones pueden gestionar astilladores móviles, con lo cual avanzarían un eslabón más en la escala de comercialización (figura 31). Por ello resulta relevante lo señalado en el capítulo 7, en cuanto a pensar optimizar el uso de la biomasa forestal en sus tres formatos principales: pellet, astilla (*chip*) y leña.



Figura 31. Astillador móvil operando en la zona de Cabrero, Región del Biobío (junio 2017).

9. Análisis de la industria según las 5 fuerzas de Porter⁴

Se contempló realizar este análisis de la industria del pellet, para observar el grado de competencia presente actualmente, toda vez que es una industria nueva, en expansión e impulsada por programas de recambio de calefactores que se generan en una estrategia de descontaminación del Estado, en la macro zona centro-sur de Chile principalmente.

Las cinco fuerzas presentes y analizadas son:

- **Rivalidad entre las empresas.** Es el resultado de las otras cuatro fuerzas. En función de la rivalidad existente entre la competencia, la rentabilidad obtenida en el sector será mayor o menor.

- **Poder de negociación de los clientes.** Si el mercado cuenta con pocos clientes, se corre el riesgo de que estén bien organizados y se pongan de acuerdo en cuanto a los precios que consideran que tienen que pagar. Esto se convierte en una amenaza para la empresa.

- **Poder de negociación de los proveedores.** Amenaza que corre a cuenta de los proveedores debido al gran poder de negociación.

- **Amenaza de los nuevos competidores entrantes** Las barreras de entrada a los nuevos productores que quisieran incorporarse en un determinado mercado.

- **Amenaza de productos sustitutos.** En los mercados en los que existen productos muy similares entre sí, supone una escasa rentabilidad para la gran mayoría.

9.1 Rivalidad de Competidores de la Industria

De acuerdo a la información de diferentes fuentes durante la consultoría se observó que:

⁴ www.5fuerzasdeporter.com/ El modelo de las cinco fuerzas de Porter es una herramienta de gestión desarrollada por el profesor e investigador Michael Porter, que permite analizar una industria o sector, a través de la identificación y análisis de cinco fuerzas en ella.

a. En los últimos 18 meses la demanda se ha incrementado y la oferta ha estado limitada por la disponibilidad de viruta seca. El potencial de producción aún no se encuentra en régimen de producción a dos o tres turnos. Adicionalmente, se observa un crecimiento limitado del principal productor, en cuanto a los volúmenes que coloca en el mercado.

b. Existe un número de competidores que es razonable para el mercado chileno, donde no existe gran competencia por la materia prima, en general son empresas integradas. Gran porcentaje de la producción se entrega al retail. Por otra parte, se observa que existe un productor que domina el mercado (34%), que de alguna manera da las pautas del rubro.

c. La rentabilidad observada en la industria es media⁵. Sin embargo, la producción de pellets genera otros beneficios al sistema de producción de madera aserrada y elaborada, al estar integrada. Permite eliminar a tiempo, desechos de la producción de madera, sin costo y disponer así de superficie útil para la elaboración de sus productos principales.

d. Se han generado naturalmente nichos geográficos que utilizan infraestructura de aserrío, optimizando la logística de distribución.

e. Se ha producido una colaboración entre los productores de pellet, conformando la Asociación Chilena de Biomasa (primer trimestre 2017), lo que ha generado confianza y sinergia entre las diversas empresas de la industria.

f. Se concluye que en este momento el mercado aún posee baja rivalidad, por lo cual es atractivo ingresar a él.

9.2 Amenazas de nuevos competidores

Un mercado es atractivo cuanto más difícil sea para nuevos competidores entrar en él.

Se determinó que:

⁵ Fuente: entrevistas a ejecutivos de empresas productores de pellets (Anexo N°1)

- a. Existen economías de escala, en función de las características de la producción.
- b. La industria del retail tiene una posición de poder en la logística de distribución.
- c. Las necesidades de capital son altas, tanto para inversiones como para mantener altos stocks de producto terminado durante gran parte del año. Existen variadas opiniones, pero hay cierto consenso que un nivel razonable de producción anual está en el rango de 5.000 - 7.000 toneladas por año. Las lecciones aprendidas en el desarrollo de la industria han producido cambios en el origen de las tecnologías para la producción, principalmente por factor de operación y efectos en la calidad del proceso; actualmente se prefieren equipos de mayor calidad y precio.
- d. Se concluye que la amenaza de ingreso de nuevos competidores al mercado es media.

9.3 Poder de los proveedores

Un mercado es atractivo si los proveedores (los que surten de materiales necesarios para fabricar el producto) tienen poco poder. En este caso el único insumo crítico es la biomasa forestal. Se analizaron los siguientes factores:

- a. En la mayoría de los casos, los proveedores son únicos (al estar integrada la planta de pellet a la planta de aserrío y producción de madera, generando una situación especial en el análisis)⁶. El costo de cambiarse de proveedor es alto. La industria debiera transitar hacia productores de aserrín húmedo, lo que generará una actualización de este análisis. Frente a lo expuesto, se estima que la capacidad del proveedor (de viruta seca) es alta, dado que el escenario en análisis es una integración de empresas (aserrío y elaboración con pellets).

⁶ Estamos frente a un negocio integrado con centros de negocios en diferentes industrias. Los precios de transferencia pueden distorsionarse en la búsqueda de maximizar beneficios corporativos. La base de ingreso a la industria es que “el proveedor” decidió entrar al mercado del pellets.

b. Existe una práctica generalizada en el sector forestal que relaciona a los dueños de la fuente de materia prima (trozo y, en última instancia, plantación) con el aseguramiento de materia prima (viruta o astilla) para la producción de pellet. Este mercado, generado por los dueños de los trozos, distorsiona parcialmente el juego de oferta y demanda, generando una alta barrera de entrada a empresas que quieran comprar la materia prima y que no tengan convenios con los grandes proveedores⁷. La probabilidad que estos proveedores de materia prima trozos realicen el negocio de pellets es baja.

c. La importancia del sector para los proveedores es grande, pues genera sinergias entre empresas e industrias con rentabilidades medias. Se concluye entonces que el mercado es atractivo ya que el poder de los proveedores es medio y hay baja factibilidad de que deseen incursionar en este mercado en particular.

9.4 Poder de los clientes

Un mercado es atractivo si los clientes tienen poco poder. Existen dos escenarios en el mercado para llegar al consumidor final:

- El cliente retail. Principal comprador de la producción de pellets de la industria. Se define como un cliente con alto poder, dado que es el dueño del canal de distribución al consumidor final, maneja precios, stock y logística de distribución.
- El cliente consumidor final: Es el mercado residencial directo. Esta práctica la han desarrollado algunos productores; si bien esto genera un trato directo con el consumidor final, con una oportunidad para el mejoramiento continuo del servicio, adolece de escala. La factibilidad de llevarla a cabo depende de los nichos y de la localización de la planta de producción de pellets.

⁷ Jornada con productores de pellets ciudad de los Angeles (Anexo N°6).

La probabilidad que los clientes realicen el negocio de producción es muy baja. El retail es otra industria y los consumidores no están en condiciones de cambiar su rol.

La rentabilidad de los clientes. Para el retail el producto significa una facturación relativamente baja, es estacional y requiere proporcionalmente mucho espacio y logística. Sí se le considera una complementación a la canasta de productos, ayudando al Valor de Marca de la empresa.

Se concluye entonces que la industria muestra una alta dependencia del retail, quienes tienen un poder significativo respecto al precio y a los stocks. Los clientes residenciales directos no representan todavía una alternativa cuantitativamente relevante.

9.5 Amenaza de productos sustitutos

Un mercado es atractivo si no existen sustitutos reales o potenciales del producto. Se analizó lo siguiente:

a. La disponibilidad de productos sustitutos es pequeña, para los calefactores y calderas existentes. Sin embargo, la innovación tecnológica para la producción y uso de leña y astillas puede frenar la expansión de la demanda de pellets. Además, esta expansión se puede ver limitada por la reacción de consumidores de leña, que organizados ya demandan innovar en un mejor uso de este formato tradicional de la biomasa forestal (CAAMAÑO 2017).

b. Por otro lado, se observa en la publicidad de distintos medios que la industria de combustibles fósiles (especialmente gas, figura 32) hace promociones atractivas para posicionarse como alternativa a la calefacción domiciliar e industrial. En los programas de recambio se empieza a notar el aumento de calefactores que usan combustibles fósiles (MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2017a).



Fuente: www.sistemadecalefaccion.cl

Figura 32. Publicidad en portal yahoo.com, al 10 de diciembre de 2017.

Se puede observar entonces, que el mercado presenta amenazas si el uso de hidrocarburos continúa un crecimiento desplegado a partir de redes de distribución de gas y de subsidios del Estado para el recambio a calefactores que lo utilicen.

Finalmente, se concluye en el análisis de las cinco fuerzas, que las principales fortalezas del pellet son la baja emisión de material particulado y la condición de energía renovable, las cuales se ven fortalecidas por la referencia que en materia energética tiene el país en su estrategia al 2050⁸.

⁸ Centro de Estudios del Desarrollo 2015.

10. Conclusiones

A lo largo del estudio, se generaron conclusiones que se entregan en dos planos: las relacionadas a aspectos Institucionales, donde nacen las señales que en definitiva son las que considera el mercado, y las propias de la industria del pellet, donde el esfuerzo es mejorar la competitividad frente a los otros combustibles.

A) Institucionales

1.- De acuerdo a lo expresado en el presente informe, respecto del desarrollo que la industria del pellet ha tenido en Chile y considerando los actuales antecedentes y tendencias observadas a nivel mundial y local, es opinión de los consultores que el desarrollo de una cadena productiva óptima no estará dada por la cantidad de recursos potenciales de materia prima como aserrín húmedo, cultivos dendroenergéticos, mejoramiento de tecnologías tanto en producción como en combustión final, sino por lo que la institucionalidad del país permita. En este sentido, las políticas y estrategias sobre la gestión del medio ambiente, la salud, los compromisos del país frente al cambio climático, expresadas hoy en programas vigentes del Estado, son las señales que los empresarios actuales y potenciales, usarán para sus decisiones de inversión y negocios.

2.- El crecimiento de la industria está influido por un subsidio del Estado a consumidores finales de leña, reemplazándoles sus calefactores por otros a pellets y, en menor medida, por parafina y gas. Este escenario ha generado reacciones de consumidores organizados que cuestionan la estrategia actual, dando origen a una variable que debiera estar incluida en la estrategia de descontaminación vigente. Caso contrario, se envía una señal incompleta al mercado, que influirá en los planes de inversión de los productores de pellets actuales y futuros. La participación social es relevada en la Política Nacional de Energía al 2050, al considerar en dos de los cuatro objetivos ambientales el tema social.

3.- Se detectó una oportunidad para fortalecer el programa de recambio de equipos de calefacción, a través de calefactores a pellets, con la participación de AChBIOM, organización gremial que incluye a los principales productores, que ha

estado generando en corto tiempo iniciativas para el mejoramiento de toda la cadena productiva. Esta oportunidad, se funda en que la industria actualmente está sustentada fuertemente en un subsidio del Estado para el recambio de calefactores, cuestión que impacta la mirada de largo plazo y genera incertidumbre en la industria actual, máxime cuando los empresarios manifiestan que se pretende introducir el gas en forma creciente.

4.- Se sugiere tener presente en las instancias pertinentes, el alcance de Sustentabilidad Social del desarrollo energético contenida en la Política Energética vigente. Con lo anterior, se alinearán los intereses propios del Estado, aquellos de los empresarios y los de los consumidores. Así, se podría superar las percepciones de consumidores sobre los formatos de combustible y confiar en que una adecuada política de recambio - que atienda la demanda y oferta potencial de la industria del pellet - generará el máximo de beneficios en materia de descontaminación.

B) De la Industria del Pellet

5.- Rivalidad de competidores. Se aprecia que en este momento el mercado aún posee baja rivalidad, siendo atractivo ingresar a él.

6.- Amenazas de nuevos competidores. Considerando que un mercado es atractivo cuanto más difícil sea para nuevos competidores entrar en él, esta consultoría determinó que la amenaza es media en el criterio de clasificación bajo, medio y alto.

7.- Poder de los proveedores. Existe una práctica generalizada en el sector forestal que relaciona a los dueños de la fuente de materia prima (trozo y, en última instancia, plantación) con el aseguramiento de materia prima (viruta o astilla) para la producción de pellet. Este mercado, generado por los dueños de los trozos, distorsiona parcialmente el juego de oferta y demanda, generando una alta barrera de entrada a empresas que quieran comprar la materia prima y que no tengan convenios con los grandes proveedores. La probabilidad que estos proveedores de materia prima trozos realicen el negocio de pellets es baja.

8.- Poder de los Clientes. La industria muestra una alta dependencia del retail, quienes tienen un poder significativo respecto al precio y a los stocks. Los clientes residenciales directos no representan todavía una alternativa cuantitativamente relevante.

9.- Amenaza de productos sustitutos. La disponibilidad de productos sustitutos de base biomasa es pequeña para los calefactores y calderas pequeñas existentes. Sin embargo, la innovación tecnológica para la producción y uso de leña y astillas puede frenar la expansión de la demanda de pellets. Por otra parte, la publicidad en distintos medios que la industria de combustibles fósiles hace para posicionarse como alternativa a la calefacción domiciliaria e industrial y el hecho que en los programas de recambio se empieza a notar el aumento de calefactores que usan combustibles fósiles, nos lleva a la conclusión que el mercado presenta amenazas si el uso de hidrocarburos continúa un crecimiento desplegado a partir de redes de distribución de gas y de subsidios del Estado para el recambio a calefactores a gas y parafina.

10.- Actualmente, la biomasa forestal en Chile es más barata, natural, más segura, menos contaminante al usarse adecuadamente, renovable, con alto impacto en las economías locales. El Pellet actualmente expresa los beneficios de menor emisión, baja huella de carbono e inferior costo que combustibles fósiles como el gas (por kWh), por lo que debe continuar potenciándose la industria mientras se incorporan los otros formatos particularmente la leña, que debe cubrir brechas presentes en el proceso de producción y combustión.

11.- Deben considerarse en nuevos programas de descontaminación, modelos exitosos que han impulsado fuertemente la Bioenergía Forestal. Países de alto desarrollo, como Austria, Suecia y Finlandia son un ejemplo de ello.

11. Recomendaciones para impulsar la producción de pellets

De acuerdo con los antecedentes recopilados y analizados, como así también la retroalimentación que se ha tenido de los principales productores de pellets del país, especialmente durante el taller organizado en conjunto con la Asociación Chilena de Biomasa, realizado en Los Ángeles el 23 de noviembre de 2017 (Anexo 6), como también en reuniones individuales, es posible hacer recomendaciones, las principales referente al rubro mismo de los pellets y secundarias, relacionadas indirectamente.

11.1 Recomendaciones sobre pellets

El volumen de producción de 11 de un total de 17 productores de pellets identificados, tienen una producción proyectada para el año 2018 igual o inferior a las 5.000 ton anuales. Esta se considera demasiado baja, comparándola con otras referencias, como la situación en España, en donde las 37 plantas con certificación ENplus tuvieron una producción promedio de 9.873 t/a el año 2016.

Consecuentemente, se recomienda apoyar a las empresas de menor producción a fin de que alcancen volúmenes superiores a las 5.000 ton/año, para así tener las economías de escala mínimas deseables. En el caso de nuevas unidades productivas, es recomendable que cuenten con ventajas comparativas para alcanzar en el corto plazo un volumen como el señalado, ya sea disponiendo p.ej. de materia prima propia o bien de energía térmica a bajo costo, para el secado de materia prima húmeda.

Otras recomendaciones, a fin de apoyar el crecimiento de la oferta de pellets residencial para el mercado chileno, en orden de prioridad, son las siguientes:

1. Fomentar el secado de aserrín y viruta húmedos.
2. Establecer un sistema de financiamiento de capital de trabajo de bajo costo, con el fin de permitir la producción y el almacenamiento del máximo de volumen durante todo el año, considerando que las ventas se concentran fundamentalmente en los meses de invierno.

3. Establecer y difundir normas de calidad para los pellets en Chile, que sean voluntarias para los productores. La certificación respectiva debería ser de bajo costo, para quienes la soliciten.

11.2 Recomendaciones sobre rubros relacionados

- Considerar otras biomásas forestales, tales como astillas (*chips*) y leña, como complementarios al pellet en la provisión de energía térmica. Las astillas constituyen un rubro adecuado para la reconversión de productores de leña.
- Fomentar el secado artificial de madera aserrada, a nivel de pequeños y medianos productores.

12. Bibliografía

1. AEBIOM 2017. Aebiom Statistical Report 2017. Key Findings.
2. ALAKANGAS, E. 2016. European Standard (EN 14961) for wood chips and hog fuel. VTT Technical Research Centre of Finland.
3. ALAKANGAS, E. y PAJU, P. 2002. Wood Pellets in Finland – technology, economy, and market. OPET Report 5, Technical Research Centre of Finland.
4. ALDUNATE, J. 2015. Plan de Negocios para una Fábrica de Pellets de Madera en Chile. Tesis de Grado U de Chile.
5. ASERRADERO COLLICO. 2017. Comunicación personal. Entrevista a socio Gastón Wilde del 20/10/17.
6. AZOCAR, L. 2017. Testeo de Calidad de Pellet. Presentación en seminario “Avances y Desafíos en el Mercado del Pellet de Biomasa”, organizado por CONAF, Temuco Sep. 2017.
7. BIOENERGY INTERNATIONAL. 2017. Mapa de plantas productoras de pellets. www.bioenergyinternational.es
8. BURGOS, F. 2010. La Biomasa como Fuente de Energía Sustentable. Cofinanciado por Innova-Chile Corfo.
9. CAAMAÑO, R. 2017. Desafíos desde la Asociación de Consumidores del Sur. Presentación en seminario “Avances y Desafíos en el Mercado del Pellet de Biomasa”, organizado por CONAF, Temuco Sep. 2017.
10. CANALS, J. 2017. Entrevista al Subsecretario de Medio Ambiente, publicada en El Diario Austral de Osorno el 27/07/2017.
11. CDT. 2015. Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera. Informe final de estudio para el Ministerio de Energía
12. CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO 2015. Ministerio de Energía, Evaluación Ambiental Estratégica de la Política Energética de Chile al 2050.
13. ECOMAS 2017. www.ecomas.cl, [Fecha de consulta: 3 Oct 2017]
14. ENERGIESPARVERBAND 2013. Calefacción con biomasa en la región de Alta Austria. Energía verde, trabajos verdes.

15. EUROPEAN PELLET COUNCIL 2013. Manual para la Certificación de pellets de madera para usos térmicos, Versión 2.0. Traducción y adaptación para España de AVEBIOM.
16. EUROPEAN PELLET COUNCIL 2017. ENplus Certification, Statistical Review.
17. FAO 2015. Recuperación de la Producción Mundial de Madera. <http://www.fao.org/news/story/es/item/361615/icode/>
18. FARÍAS, O. 2017. Tecnología y Emisiones de Material Particulado. Presentación en seminario “Avances y Desafíos en el Mercado del Pellet de Biomasa”, organizado por CONAF, Temuco Sep. 2017.
19. GESTIÓN MEDIO AMBIENTE Y SUSTENTABILIDAD 2014. Análisis de la Disponibilidad de Dendrocombustibles sólidos en Chile (Pellets y Briquetas). Extraído de Informe Final de Consultoría a la Seremi de Medio Ambiente Araucanía.
20. GONZÁLEZ G., 2012. Diseño de una planta de Peletización en Castilla y León. Proyecto de fin de carrera, Escuela Politécnica Superior, Universidad Carlos III, Madrid.
21. INFOR. 2016. Industria Forestal Primaria en Chile, período 2006-2015.
22. LIGNUM 2014. El boom del Pellet para calefacción: demanda se duplica en un año. Disponible: <http://www.lignum.cl/2014/07/21/el-boom-del-Pellet-para-calefaccion-demanda-se-duplica-en-un-ano-y-productores-logran-abastecer>
23. LIPIGAS 2017. www.lipigas.cl, Fecha de consulta 10/12/2017
24. LOBOS, M. 2017. Comunicación personal. Representante de 2D ELECTRONICA.
25. LÜHR, D. 2017. Comunicación personal del precio de compra de leña edificio Prales, Valdivia, año 2017.
26. MAXIPELLET 2017. Precios al 03/10/2017 en www.maxipellet.cl
27. METROBOLSAS 2017. www.metrobolsas.cl, Fecha de consulta 10/12/2017
28. MINISTERIO DE ENERGÍA. 2015. Política de uso de leña y sus derivados para calefacción.

29. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2014. Planes de Descontaminación Atmosférica, Estrategia 2014-2018. http://www.mma.gob.cl/1304/articulos-56174_Plan_Descont_Atmosferica_2014_2018.pdf
30. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2017a. <http://calefactores.mma.gob.cl>, Fecha de consulta 29/12/2017.
31. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2017c. Plan de Descontaminación de Valdivia. Diario Oficial del 23/06/2017.
32. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE 2018. Toma de Razón del Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica para las comunas de Concepción Metropolitano, del 09/03/2018. En <http://planesynormas.mma.gob.cl>, consultado el 12/06/2018.
33. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2017b. Guía de Calefacción Sustentable. Valdivia.
34. MINTE, A., 2017. El mercado del Pellet en Chile. Presentación en el Seminario “Avances y Desafíos en el Mercado del Pellet de Biomasa”. CONAF, Temuco 29 Sep. 2017.
35. SALAZAR, F. 2017a. El mercado del pellet en Chile, 2011-2016.
36. SALAZAR, F. 2017b. Comunicación personal. Representante de ECOMAS.
37. SINIA 2006. Gasto Social. www.sinia.cl.
38. SODIMAC. 2017. www.sodimac.cl
39. SUBSECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE 2017. Resumen de Recambio de Calefactores período 2011-2016. Información recibida a través del Portal de Transparencia del Estado.
40. UDT. 2015. Producción de Pellet en Chile y tecnologías de combustión.
41. VILLALOBOS, E. 2016. Mercado del pellet. Exposición de ECOMAS en Seminario de PIT nitens "Prospección tecnológica Biomasa-BioEnergía en España, Tecnologías y Modelos de Negocios replicables en Chile". Valdivia.
42. WEIL, E. 2013. El negocio de la bioenergía:Cuál es el potencial para la Región. Presentación en Seminario de la Seremi de Agricultura, Región de Los Ríos, realizado en Valdivia el 19/11/2013.

13. Anexos

Anexo 1. Captura de Información primaria.

Cuadro A1. Detalle de la captura de información primaria, de los productores chilenos de pellets.

Productor	Fecha Obtención	Medio
Maderas San Vicente	30/08/17	Entrevista a Jorge Vilicic
Promasa/Ecomas	12/09/17	Entrevistas a Felipe Salazar, Christian Scherpenisse y Eduardo Villalobos
Andes Bio-Pellets	12/09/17	Entrevista a José I. Viterbo
Forestal Calle-Calle (*)	13/09/17	Entrevistas a José Ramón Reyes y Cristián Molina
Biopower	14/09/17	Encuesta canalizada a través de AChBiom
Bioflam	14/09/17	Encuesta canalizada a través de AChBiom
Forestal Russfin	14/09/17	Encuesta canalizada a través de AChBiom
Ignisterra	14/09/17	Encuesta canalizada a través de AChBiom
Prosperidad	26/09/17	Entrevistas a Ramiro Plaza y Rodrigo Zambrano
Recma	26/09/17	Entrevista a Eduardo Vial
Aserraderos Collico	20/10/17	Entrevista a Gastón Wilde
Traiguén Energy	13/11/17	Entrevista a Sebastián Solter
Pellets del Maule	28/11/17	Entrevista a Thiago Fornaro
Roberto Hernández (*)	20/12/17	Entrevista a Roberto Hernández

(*) Estas empresas tienen su producción detenida, a la fecha de la visita/entrevista.

Cuadro A2. Referencias de las plantas contactadas.

Nombre	Contacto	Mail
ECOMAS	Felipe Salazar	felipe.salazar@ecomas.cl
ANDES BIO-PELLET	José I. Viterbo	jviterbo@jce.cl
TRAIQUEN ENERGY	Sebastián Sölter	sebastian.solter@traiguenergy.com
PRO ENERGY	Renzo Godoy	renzo.godoy@proenergy.cl
FUOCO / VENTURELLI	Mauricio Lobos	mauricio.lobos@2delectronica.cl
BIOPOWER	Francisco Baeza	fb@biopower.cl
PELLET MAULE	Thiago Fornaro	thiagofornaro@gmail.com
RECMA	Eduardo Vial	evialr@gmail.com
TRES VOLCANES	Samuel Salas	ssalas@3volcanes.cl
PROSPERIDAD	Rodrigo Zambrano	rzambrano@prosperidad.cl
FLOR DEL LAGO	Hernán Barrios	hbarrios@fdl.cl
ASERRADEROS COLLICO	Gastón Wilde	gastonw@hotmail.com
MADERAS SAN VICENTE	Jorge Vilicic	jvilicicp@vilicicsa.cl
FORESTAL RUSSFIN	Rodolfo Tirado	rtirado@ignisterra.com
BIOFLAM	Francisco Mac Clure A.	fmacclure@loncomilla.cl
IGNISTERRA	Rodolfo Tirado	rtirado@ignisterra.com

Anexo 2. Seminario realizado en Temuco el 29/09/2017

	
<p>Programa</p> <p>Seminario Avances y Desafíos en el Mercado del Pellet de Biomasa</p> <p>Hotel Aitue, Temuco viernes 29 de Septiembre 2017</p> <p>Organiza: Unidad Dendroenergía, Gerencia Desarrollo y Fomento Forestal, CONAF</p>	
9:00	<i>Saludo Autoridades Regionales y Organizadores</i>
9:30	<i>Panel 1: Estado actual del mercado del pellet:</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>El mercado del pellet en Chile, Antonio Minte, Asociación Chilena de Biomasa</i> • <i>Testeo de calidad de pellet, Dra. Laura Azocar, Directora Centro de Manejo de Residuos y Bioenergía, Universidad de la Frontera</i> • <i>Tecnología y Emisiones de Material Particulado, Sr. Oscar Fariás, Universidad de Concepción/Cerylab</i>
11:00	<i>Pausa</i>
11:30	<i>Panel 2: Desafíos del mercado del pellet y biomasa</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Desafíos para mejorar programa de recambio a pellet, Eduardo Schleef, Seremi Medio Ambiente región de La Araucanía</i> • <i>Mercado de Biomasa para Autoconsumo, Sr. Felipe Mellado, División Eficiencia Energética, Ministerio Energía</i> • <i>Proyecto NAMA Support Project Energías Renovables para Autoconsumo en Chile: Enfoque en la tecnología biomasa y principales hallazgos; Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética, GIZ; Ana Almonacid.</i> • <i>Desafíos desde la Asociación de Consumidores del Sur, Sr. Richard Coamaño O.</i>
12:30	<i>Consultas y Conclusiones</i>
13:00	<i>Fin de la jornada</i>
<i>Confirmaciones: 45 22981147</i>	

Fig. A1. Programa del Seminario realizado en Temuco el 29/09/2017.



Fig A2. Copia de mail en donde se confirma asistencia al Seminario del 29/09/17.

Anexo 3. Programa recambio de calefactores según combustible (unidades)

Cuadro A3. Región de O’Higgins (1).

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL	%
Gas						162	19	181	10%
Leña			504					504	28%
Parafina						381	120	501	28%
Pellets						520	110	630	35%
TOTAL	-	-	504	-	-	1.063	249	1.816	
% Pellets			0%			49%	44%	35%	

(1).Corresponde a 17 comunas del Valle Central

Fuente: Subsecretaría del Medio Ambiente 2017. Ministerio del Medio Ambiente 2017a.

Cuadro A4. Región del Maule.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL	%
Curicó									
Gas								-	
Leña				453				453	30%
Parafina							283	283	19%
Pellets							760	760	51%
SUBTOTAL	-	-	-	453	-	-	1.043	1.496	
% Pellets				0%	-	-	73%	51%	
Talca/Maule									
Gas									
Leña									
Parafina					111	100	255	466	22%
Pellets				30	245	250	1.149	1.674	78%
SUBTOTAL	-	-	-	30	356	350	1.404	2.140	
% Pellets				100%	69%	71%	82%	78%	
Linares									
Gas									
Leña									
Parafina							124	124	27%
Pellets							343	343	73%
SUBTOTAL	-	-	-	-	-	-	467	467	
% Pellets							73%	73%	
TOTAL REGIÓN		-	-	483	356	350	2.914	4.103	
% Pellets	-	-	-	6%	69%	71%	77%	68%	

Fuente: Subsecretaría del Medio Ambiente 2017. Ministerio del Medio Ambiente 2017a.

Cuadro A5. Región del Biobío (1).

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL	%
Chillán y Chillán Viejo									
Gas						26	35	61	5%
Leña		392						392	30%
Parafina						52	60	112	9%
Pellets						140	587	727	56%
SUBTOTAL		392	-	-	-	218	682	1.292	
% Pellets		0%	-	-	-	64%	86%	56%	
Los Ángeles									
Gas								0	0%
Leña				337	70			407	67%
Parafina								0	0%
Pellets							200	200	33%
SUBTOTAL		-	-	337	70	-	200	607	
% Pellets				0%	0%	-	100%	33%	
TOTAL REGIÓN		392	-	337	70	218	882	1.899	
% Pellets		0%		0%	0%	64%	89%	49%	

(1) Se consideró a la provincia de Ñuble como parte de la Región del Bio-Bio
 Fuente: Subsecretaría del Medio Ambiente 2017. Ministerio del Medio Ambiente 2017a.

Cuadro A6. Temuco y Padre Las Casas.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL	%
Gas									
Leña		519	425	588	731	650	429	3.342	47%
Parafina					82	417	204	703	10%
Pellets			421	317	492	619	1.237	3.086	43%
TOTAL		519	846	905	1.305	1.686	1.870	7.131	
% Pellets		0%	50%	35%	38%	37%	66%	43%	

Fuente: Subsecretaría del Medio Ambiente 2017. Ministerio del Medio Ambiente 2017a.

Cuadro A7. Valdivia.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL	%
Gas								-	-
Leña		365		108	287			760	71%
Parafina						47	70	117	11%
Pellets							195	195	18%
TOTAL		365	-	108	287	47	265	1.072	
% Pellets		0%	-	0%	0%	0%	74%	18%	

Fuente: Subsecretaría del Medio Ambiente 2017. Ministerio del Medio Ambiente 2017a.

Cuadro A8. PROGRAMA RECAMBIO DE CALEFACTORES SEGÚN COMBUSTIBLE (unidades)

Osorno.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL	%
Gas								-	
Leña		378				734	422	1.534	68%
Parafina						71	105	176	8%
Pellets						280	257	537	24%
TOTAL		378	-	-	-	1.085	784	2.247	
% Pellets		0%	-	-	-	26%	33%	24%	

Fuente: Subsecretaría del Medio Ambiente 2017. Ministerio del Medio Ambiente 2017a.

Cuadro A9 . Coyhaique.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL	%
Gas (1)		440					20	460	8%
Leña	300		1.580	114	68	948		3.010	54%
Parafina				122		440	563	1.125	20%
Pellets				170		95	717	982	18%
TOTAL	300	440	1.580	406	68	1.483	1.300	5.577	
% Pellets	0%	0%	0%	42%	0%	6%	55%	18%	

(1) Incluye Cocinas

Fuente: Subsecretaría del Medio Ambiente 2017. Ministerio del Medio Ambiente 2017a.

Cuadro A10. Total nacional.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL	%
Gas (1)	-	440	-	-	-	188	74	702	3%
Leña	300	1.654	2.509	1.600	1.156	2.332	851	10.402	44%
Parafina	-	-	-	122	193	1.508	1.784	3.607	15%
Pellets	-	-	421	517	737	1.904	5.555	9.134	38%
TOTAL	300	2.094	2.930	2.239	2.086	5.932	8.264	23.845	
% Pellets	0%	0%	14%	23%	35%	32%	67%	38%	

(1) Incluye Cocinas

Fuente: Subsecretaría del Medio Ambiente 2017. Ministerio del Medio Ambiente 2017a.

Anexo 4. Seminario realizado en Santiago el 12/10/2017



Fig. A3. Imágenes del Seminario realizado en Santiago el 12/10/2017.



SEMINARIO HACIA LA VALORIZACIÓN DE LA BIOMASA COMO COMBUSTIBLE

Santiago, jueves 12 Octubre 2017

n°	NOMBRE	EMPRESA O INSTITUCIÓN	EMAIL	FIRMA
1	Rodrigo O'Ryan	ACTBIOM	roryan@actbiomas.com	
2	Francisco Riquelme	ACTBIOM	F.riquelme@gmail.com	
3	Carlos Costa		ccosta@carloscosta.cl	
4	Juan Escobar	GSConsultores	JuanEscobar@gsconsult.com	
5	Ernesto weil	consultor ind	Ernestoweil@yahoo.com	
6	Jaime Careaga	madera San vicente	jaime.careaga@gmail.com	
7	Alfonso Traub	CDEPA	atraub@cdepa-pbc.cl	
8	Patricio Montesinos	Forestal Rio Claro	pmontesinos@gfrc.cl	
9	marcelo Vergara	consultor	mjvergara@ymail.com	
10	Daniel Rojas	Revista Lignum	d.rojas@acttec.cl	
11	marcelo Silva	John O'Ryan Sinyers	msilva@orjansinyers.com	
12	Francisco Umata	conaf	francisco.umata@conaf.cl	
13	Eduardo González	conaf	eduardo.gonzalez@conaf.cl	
14	Momo Pinto	conaf	momo.pinto@conaf.cl	
15	Claudio Perez	conaf	claudio.perez@conaf.cl	
16	Luis Gatica	Amest.	laboratorio@amest.cl	
17	Jorge Comea	consejero conaf	jorcomea@gmail.com	



SEMINARIO HACIA LA VALORIZACIÓN DE LA BIOMASA COMO COMBUSTIBLE

Santiago, jueves 12 Octubre 2017

n°	NOMBRE	EMPRESA O INSTITUCIÓN	EMAIL	FIRMA
1	Jaime Lopez	corp. certf de Leña	jaimelopez@leña.cl	
2	Henry Eugenio	" "	Henry.eugenio@leña.cl	
3	Andrés Larote	" "	Andres.larote@leña.cl	
4	Felipe Mellado	min. energía	Felipe.Mellado@minenergia.cl	
5	María Poblete	ELUM	mpoblete@elum.cl	
6	María Soto	PELETS	MS@PELETS.cl	
7	Cristian de la Cruz	AMEST	CRISTIAN@AMEST.cl	
8	Carmen de la Cruz	AMEST	cdean@amest.cl	
9	Andrea Moraga	independiente	andmoraga@udec.cl	
10	Abel Gómez	ECUADORZA	agomez@ecuadorza.cl	
11	Patricio González	Instituto Forestal	patricio.gonzalez@infoc.cl	
12	Carlos Salazar	Colegio de Ingenieros	CSALAZAR@COLEGIOSINGENIEROS.cl	
13	Rodolfo Scholl	SCS.LTD	SCHOLL@NANPOAC.NZ	
14	Rodrigo Wilborn	Un. Medio Ambiente	RWilborn@unma-pbc.cl	
15	Jorge Romero	TIRSA	Jromero@europac.cl	
16	Diego José	Zurita		
17	José P. Valderrama	confo-REM	josep.valderrama@confo.cl	
18	Eduardo Vial	Particular	EVIALR@gmail.com	
19	Benito Avar	KPA	Benito.Avar@kpa.com	
20	Lucero Corral	Energía No Con	lcorral@erichon.com	

SEMINARIO HACIA LA VALORIZACIÓN DE LA BIOMASA COMO COMBUSTIBLE
Santiago, jueves 12 Octubre 2017

n°	NOMBRE	EMPRESA O INSTITUCIÓN	EMAIL	FIRMA
1	Dia Silva	corma	psilva@corma.cl	
2	Federico Onedo	cenecol	fedonedo.cenecol@cenecol.cl	
3	Tomas Garcia-H	fia	tgarcia@fia.cl	
4	Clara Roverano	Servicio Imp. Futur.	clara.roverano@sii.cl	
5	Rodolfo Zamorano	Proyensa Energía	rzamorano@proyensa.cl	
6	Isaac Ahumada	ciren	isahuamada@ciren.cl	
7	Hugo Vits	First Solar/ACCION	Hugo.Vits@firstsolar.com	
8	Antonio minte	ACHISION AS	aminte@achision.com	
9	Carlos Rabanal	comuf netro	carlos.rabanal@comuf.cl	
10				
11	Maria Jose Perez	CERTFORCHILE	M.Perez@certforchile.org	
12	Rodrigo HERANZ	RODMIK. LTDA.	RODRIGO.HERANZ@RODMIK.CL	
13	Pablo Rehfeldt	AMISTI	prehfeldt@amisti.cl	
14	Victoria Torres	CAPO FORWARD	VTORRES@FORWARD.cl	
15	Andrés Muñoz	AM Energía	andresmuoz@amenergia.cl	
16	Rubén Gutiérrez	BVM	rgutierrez@bvm.cl	
17	Jorge Herrera	Corfo	jmherrera@corfo.cl	
18	Diego Jara	Concepción SA	djara@concepcion.cl	
19	Fco. RUIZADO T	CONAF VALPO	fruizado@conaf.cl	
20	Pamela Delgado	Independiente.	ppme1928@gmail.com	

Fig A4. Listado de Asistentes al Seminario del 12/10/2017



Seminario “Hacia la Valorización de la Biomasa como Combustible” Santiago 12 Octubre 2017 Hotel Plaza San Francisco Alameda 816 Santiago, Chile	
9:30	Inauguración Sr. Rodrigo O’Ryan, Presidente Asociación Chilena de Biomasa Sr. Aaron Cavieres, Director Ejecutivo, Corporación Nacional Forestal
10:00	Panorama del Sector Privado para el Desarrollo de la Biomasa. Sr. Antonio Minte, Gerente Asociación Chilena de Biomasa
10:20	Políticas Públicas para el Desarrollo de la Biomasa en Chile Sr. Rony Pantoja, Jefe Unidad Dendroenergía, Corporación Nacional Forestal Comentarios y consultas, Moderador Felipe Mellado, Ministerio de Energía.
11:00	Pausa y café
11:30	Desafíos para el desarrollo de la Biomasa en Chile Francisco Riqueime, Gerente Operaciones, Energías Río Claro, (socio AChBiom)
	Eduardo Uribe, Dirección Programas Estratégicos, CORFO
	Rodrigo Dittborn, Profesional Departamento Calefacción Sustentable, División Calidad del Aire, Ministerio de Medio Ambiente
	Carolina Aguayo, Jefe Unidad de Leña, División de Eficiencia Energética, Ministerio de Energía. Ronda de consultas, moderador Antonio Minte, AChBiom
13:00	Fin de la Actividad

Confirmaciones: 226630401// luz.melo@conaf.cl

Fig A5. Programa del Seminario realizado el 12/10/2017.

Anexo 5. Feria del Uso Responsable de la Leña. Valdivia, 4-5 Noviembre de 2017.

3^a Feria del uso responsable de la leña

“ENERGÍA RENOVABLE, LOCAL Y EFICIENTE”

Carpa CECs, Valdivia | 4 y 5 noviembre de 2017

PROGRAMA FERIA

Sábado 4 de noviembre	Domingo 5 de noviembre
Actividades	Actividades
11:00 Apertura de la feria al público	11:00 Apertura de la feria al público
11:15 Inauguración con autoridades - Grupo musical - Punto de prensa	12:00 Show para niños
12:00 Charlas: - SEREMI de Energía: “Avance política de la leña y sus derivados” - SEREMI de Medio Ambiente: “PDA para la comuna de Valdivia: implicancias para los consumidores y productores de leña”. - COCEL : “Técnicas y metodologías de secado de leña”	15:00 Charlas: - Cuerpo de Bomberos de Valdivia “Prevención de incendios estructurales” - SEREMI MINVU “Aislación térmica de viviendas”
15:30 Exposición de maquinaria para Confección de leña	16:30 Concursos y sorteos
19:30 Grupo musical: Dúo Argentino Laura y Pablo, acompañados por el grupo Cantoamérica.	17:00 Exposición de formatos de venta de leña
20:30 Cierre de la feria	19:00 Cierre de la feria

Stand con instituciones, comerciantes certificados, productores de pellet, equipos de combustión, módulos demostrativos de formatos de leña, empresas del rubro, charlas, entre otros. Stand con cerveza artesanal.

Gobernación Provincia de Valdivia | ICOMAF | TODOS POR VALDIVIA | Sistema Nacional de

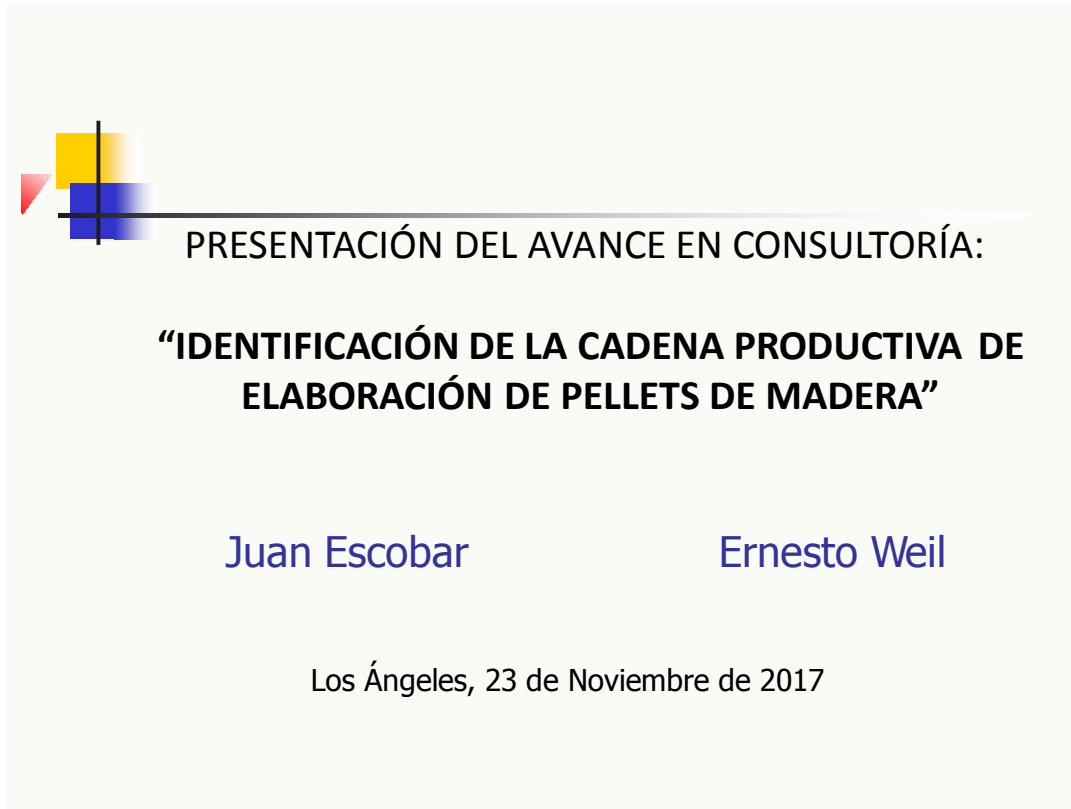
Fig A6. Programa de Feria realizada el 4 y 5 de Noviembre de 2017.



Fig A7. Imagen de Feria realizada el 4 y 5 de Noviembre de 2017.

Anexo 6. Taller con Productores de Pellets realizado en Los Ángeles el 23/11/2017

Láminas de la Presentación de los Consultores (Fig A8).



Presentación



- 1. Objetivo Consultoría y Taller
- 2. Introducción
- 3. Antecedentes Principales
- 4. Novedades Técnicas

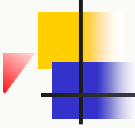


1. Objetivo Consultoría y Taller



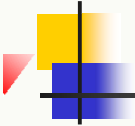
Objetivo General:

Identificar la cadena productiva de elaboración de pellets de madera y las especificaciones técnicas del producto para el sector residencial en el mercado nacional.



Objetivos Específicos:

1. Caracterizar a nivel de escritorio, la cadena productiva de elaboración del pellet de madera, en productores del mercado nacional de pellet.
2. Identificar y analizar los puntos críticos dentro de la cadena productiva de los pellets de madera que influyen en su calidad y precio.
3. En base a los objetivos anteriores, identificar una cadena productiva que pudiera ser replicable en la realidad nacional.



2. Introducción

2.1 Pellets en el Mundo

- El liderazgo de la Unión Europea, se refleja en que el año 2016:
- De la producción mundial de 28,9 mill t, la UE-28 alcanzó 14,0 mill t.(48%)

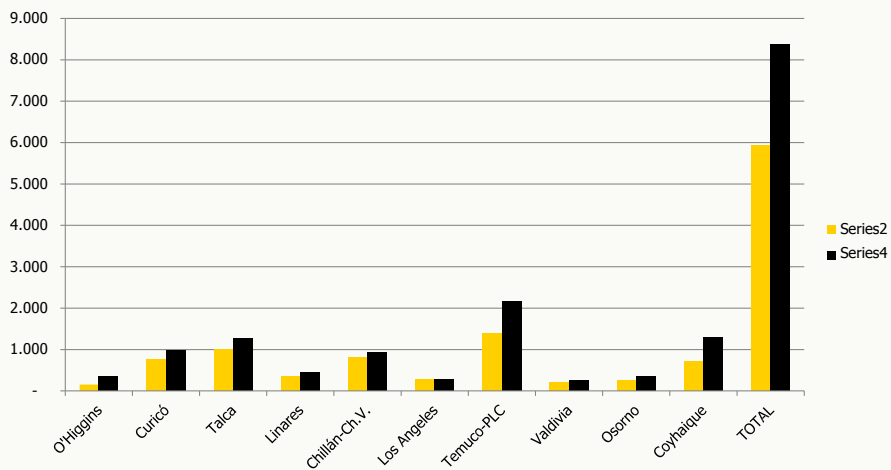
En el consumo, su peso específico es aun mayor (21,7 mill t., 75%)

Fuente: AEBIOM 2017

2.2 Recambio de Calefactores MMA Año 2017

	Leña	Pellets	Parafina	Gas	TOTAL
TOTAL	530	5.938	1.798	100	8.366
	6%	71%	21%	1%	100%

Recambio de Calefactores a Pellets vs Total

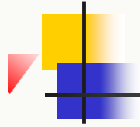


Recambio de Calefactores MMA según Zona Geográfica (Año 2017)

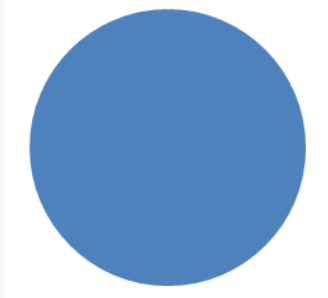
Comuna/Provincia (1)	Pellets	TOTAL	%
O'Higgins	150	360	42%
Curicó	760	991	77%
Talca	1.017	1.272	80%
Linares	343	454	76%
Chillán-Ch.V.	822	935	88%
Los Angeles	280	280	100%
Temuco-PLC	1.397	2.167	64%
Valdivia	195	265	74%
Osorno	257	342	75%
Coyhaique	717	1.300	55%
TOTAL	5.938	8.366	71%

3. Antecedentes Principales

3.1 Cómo se repartirán el mercado de la calefacción?

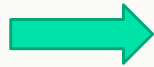


Leña

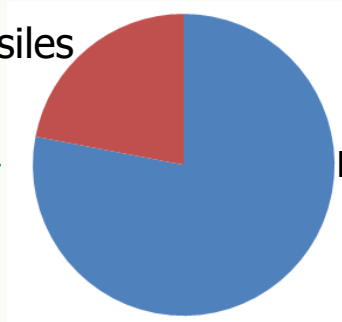


Año 2017

11,8 mill m.e. US 472 mill



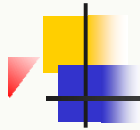
Fósiles



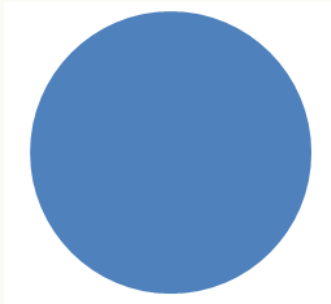
Biomásas

Año 2027

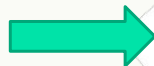
Cómo se repartirán el mercado de la calefacción?



Leña



Año 2017



Fósiles

Pellets

Leña

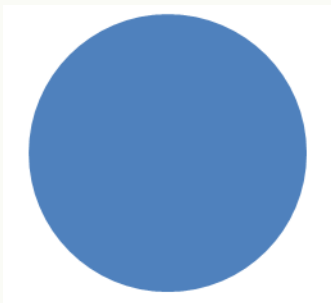
Astillas

Año 2027

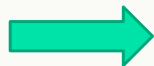
Cómo se repartirán el mercado de la calefacción?



Leña



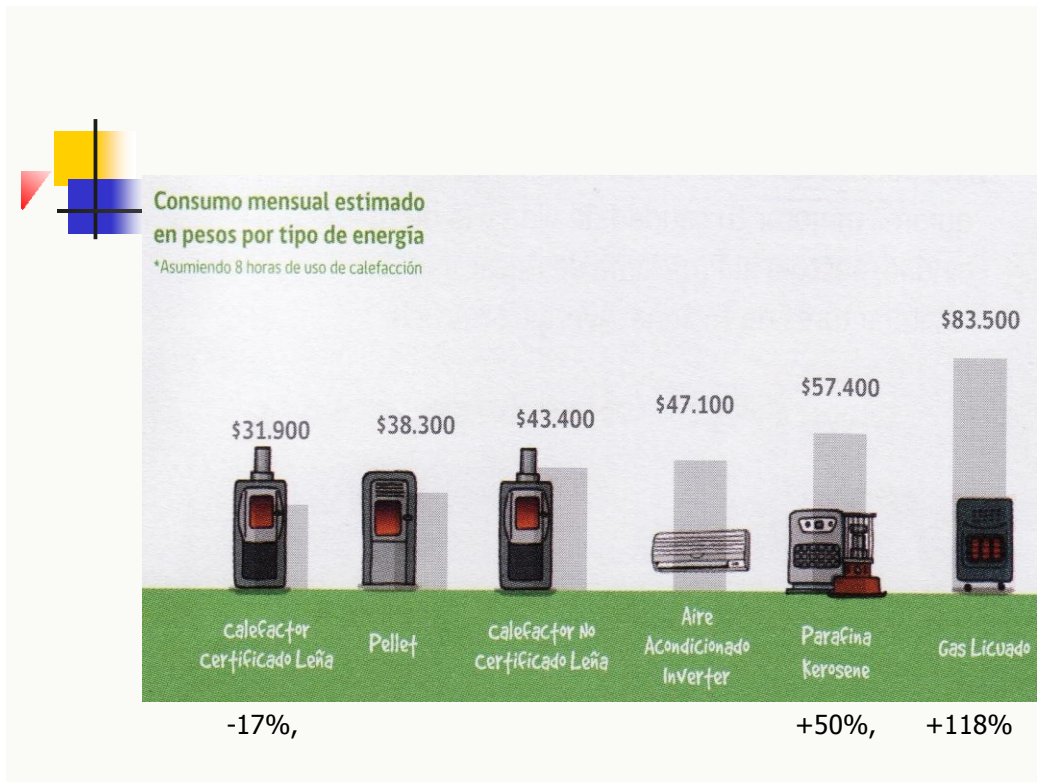
Año 2017



Fósiles

Biomásas

Año 2027



Costo Comparativo Actualizado

	Un.	Precio unit. (1)	Energía bruta kWh/unidad (2)	Precio E. bruta \$/kWh	Eficiencia % (3)	Precio E. neta \$/kWh	Valor relativo
Pellets	Kg	186	5,01	37	89,0%	41,7	100
Gas	Kg	1.175	12,9	91	87,2%	104,5	250
Parafina	Lt	597	9,6	62	92,7%	67,1	161

Instala Calefacción Central y lleva tu Caldera Gratis

NUEVO

INSTALA TU SISTEMA DE CALEFACCIÓN CENTRAL CON EMPRESAS COLABORADORAS DE METROGAS Y ¡ELIGE TU CALDERA GRATIS!

VALOR DE REFERENCIA: DESDE \$2.900.000
VALOR EMPRESAS COLABORADORAS DE METROGAS: DESDE \$2.200.000 (INCLUYE LA CALDERA DE REG...)

CALDERA ANWO AQUA PLUS

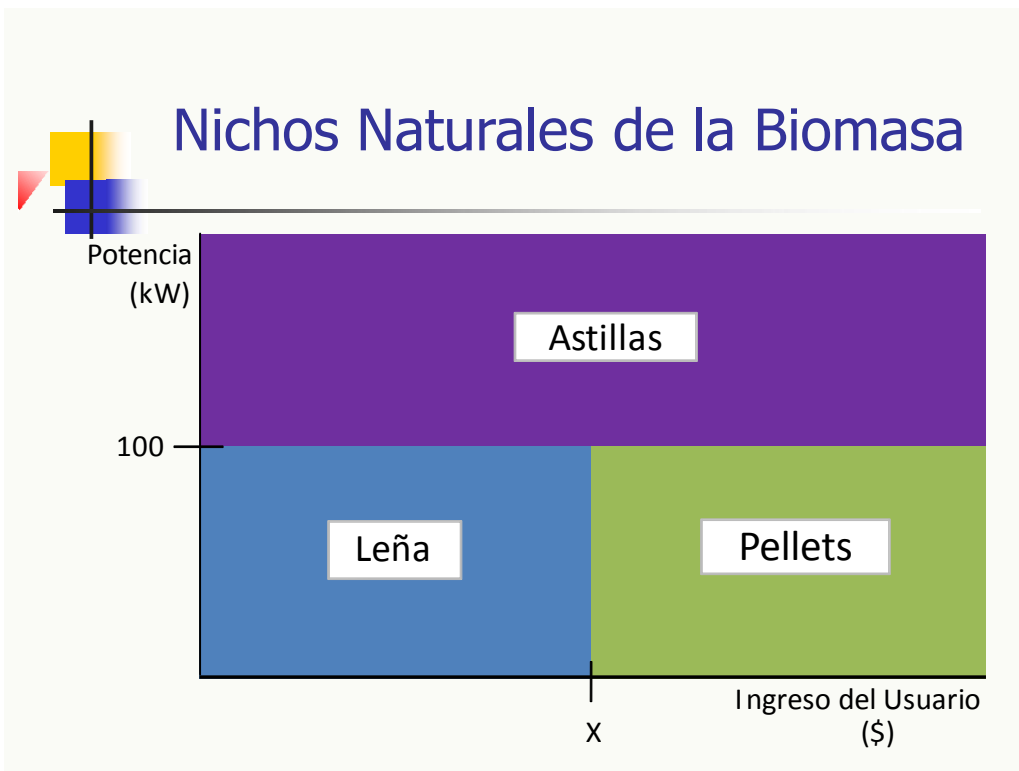
FICHA TÉCNICA

Para solicitar asesoría y cotizar tu proyecto, completa este formulario

Nombre Completo
Teléfono
224249030
Email

Ejecutivo en Línea ¿NECESITA AYUDA?
Miércoles 22 de Noviembre, 10:09 AM
Paula Gonzalez: Bienvenido a Metrogas
Paula Gonzalez: Mi nombre es Paula Gonzalez, me encuentro en línea por si tiene alguna duda.





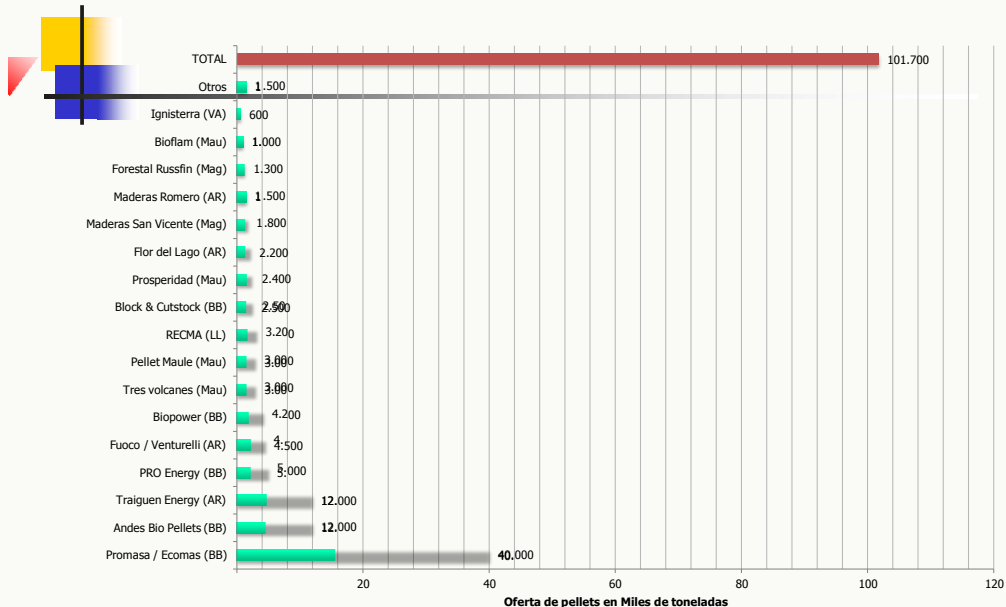
3.3 Limitaciones de Materia Prima Seca

La mayor parte de las plantas utilizan como materia prima inicial viruta y aserrín secos, propios o de una empresa relacionada.

Utilizar material seco, permite importantes ahorros, tanto de inversión como de operación (calderas, secadores, combustible, controles del contenido de humedad, etc).

Sin embargo, la materia prima es limitada. Según INFOR 2016, 108 aserraderos secan artificialmente mientras 982 unidades no lo hacen y por cada m3 sólido de aserrín y viruta seca habría 7,8 m3 sólido de aserrín húmedo.

3.2 Productores y Escala





En España hay 37 plantas adscritas al sistema de certificación Enplus:

Capacidad máxima teórica el año 2017, que fluctúa desde 6.400 toneladas por año (t/a) hasta 80.000 t/a, con un promedio de 29.081 t/a.

La producción real del año 2016 de estas mismas plantas, el promedio fue de 9.873 t/a.



3.4 Costos y Margen

	Valor \$/Kg (sin IVA)	Valor relativo
Materia Prima (1)	36	23
Costo de Producción (3)	64	40
Margen del Productor	13	8
SUBTOTAL	113	71
Flete (2)	9	6
SUBTOTAL	122	77
Margen del Distribuidor	37	23
Precio Compra Público	159	100
(1) USD 55/BDMT de viruta seca, USD= \$650, 1.000 kg pellet/BDMT		
(2) Se consideró un flete de 180 km, \$ 1.500/km, camión con 29.000 Kg		
(3) Costos de Producción		
	Energía eléctrica	10
	Repuestos	6
	Mano de Obra	20
	Embalaje	3
	Depreciación y financiamiento.	25
	TOTAL	64



En una primera aproximación:

- Bajo margen al productor
- Alto margen porcentual al distribuidor

3.5 Normas



Parámetro	Unid.s	ENplus-A1	ENplus-A2	EN-B	Norma de ensayo
Diámetro	mm	6 or 8			EN-16127
Longitud	mm	$3.15 \leq L \leq 40$ ³⁾			EN-16127
Humedad	p-% ¹⁾	≤ 10			EN-14774-1
Cenizas	p-% ²⁾	≤ 0.7	≤ 1.5	≤ 3.0	EN-14775 (550 °C)
Durabilidad mecánica	p-% ¹⁾	$\geq 97,5$ ⁴⁾		≥ 96.5 ⁴⁾	EN-15210-1
Finos (< 3.15 mm)	p-% ¹⁾	<1			EN-15210-1
Poder Calorífico Inferior	MJ/kg ¹⁾	$16,5 \leq Q \leq 19$	$16,3 \leq Q \leq 19$	$16,0 \leq Q \leq 19$	EN-14918
Densidad aparente	kg/m ³	≥ 600			EN-15103
Nitrogeno	p-% ²⁾	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 1.0	EN-15104
Sulfur content	p-% ²⁾	≤ 0.03		≤ 0.04	EN-15289
Cloro	p-% ²⁾	≤ 0.02		≤ 0.03	EN-15289
Fusibilidad cenizas ⁴⁾	°C	≥ 1200	≥ 1100		EN-15370

1) Base húmeda 2) Base seca

3) Un máximo de 1 p-% de los pellets pueden ser más largos de 40 mm, no se permiten pellets > 45 mm

4) Temperatura de Deformación, preparación de la muestra a 815 °C



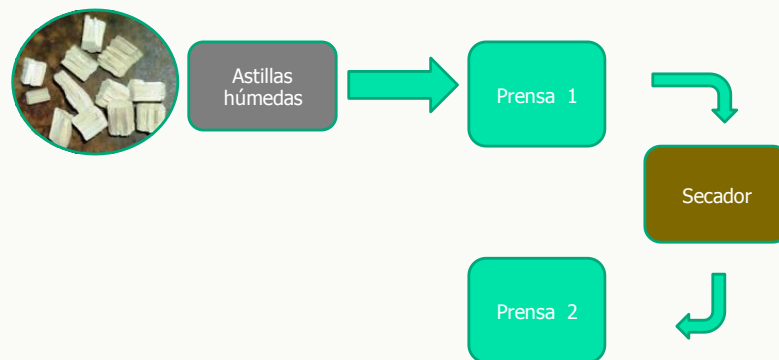
Comité Norma para Pellets

- Asoc. Chilena de Biomasa (AChBiom)
- Amesti
- Asoc. de Consumidores y Usuarios del Sur (CDS)
- Certfor/PEFC
- Conaf
- Corp. De Certificación de Leña
- Fund. Col. Ingenieros
- INN
- John O’Ryan Surveyors
- Min. de Energía
- UDT (Univ. de Concepción)
- UFRO-BIOREN
- Univ. de Chile-DIBM-FCFCN
- USACH-DIQ-DIG



4. Novedades Técnicas

4.1 Sistema Doble Prensa



4. Novedades Técnicas

- 4.2 Maquinaria otros orígenes



4. Novedades Técnicas

- 4.2 Maquinaria otros orígenes



Otras Consideraciones:

kw

- Secar madera aserrada
- Fomentar otras biomásas



A NEXO N°7. SECADO DE BIOMASA MEDIANTE GASIFICACIÓN





PROCESO

