



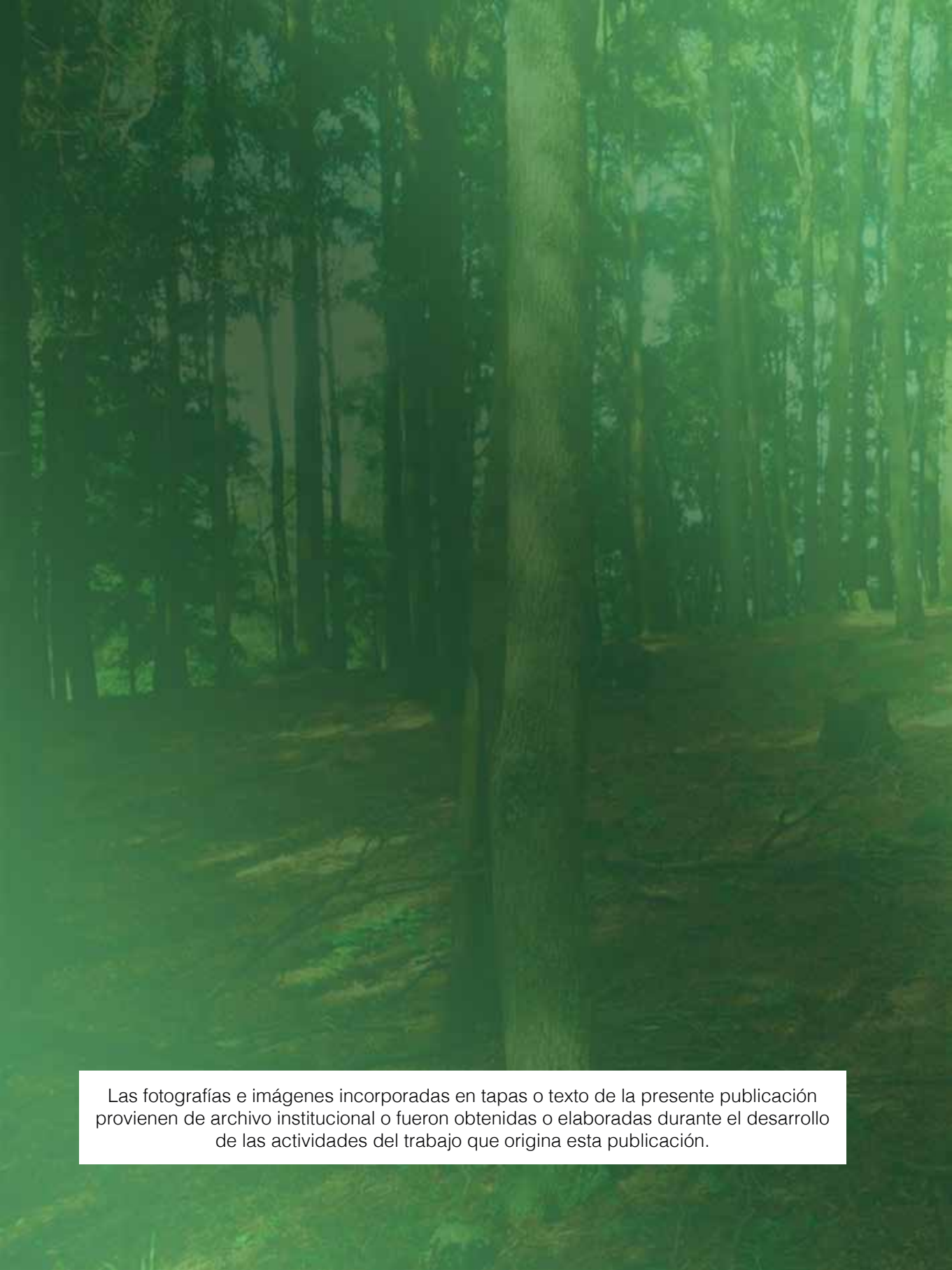
---

# ESTUDIO DEL PELLET EN BASE A ESPECIES FORESTALES QUE CRECEN EN LA REGIÓN DEL BIOBIO

---

INSTITUTO FORESTAL  
FONDO DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETENCIA (FIC)  
REGIÓN DEL BIOBÍO





Las fotografías e imágenes incorporadas en tapas o texto de la presente publicación provienen de archivo institucional o fueron obtenidas o elaboradas durante el desarrollo de las actividades del trabajo que origina esta publicación.

# **ESTUDIO DEL PELLET EN BASE A ESPECIES FORESTALES QUE CRECEN EN LA REGIÓN DEL BIOBIO**

## **PROGRAMA**

**FORTALECIMIENTO DE LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR DE LAS ENERGIAS RENOVABLES Y DE LA PYME FORESTAL, A TRAVES DEL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE APOYO A LA GESTION Y ENCADENAMIENTO PRODUCTIVO PARA EL ABASTECIMIENTO SUSTENTABLE DE BIOMASA FORESTAL PARA USOS EN GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LA REGION DEL BIOBIO**

**FNDR /FIC-2017 Código BIP 40000131  
Financiado por el Gobierno Regional del Biobío**

Juan Carlos Pinilla<sup>1</sup>  
Karina Luengo  
Mauricio Navarrete  
Felipe Navarrete

**INSTITUTO FORESTAL  
2021**



---

**INSTITUTO FORESTAL - Chile.**

Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago.

F. 56 2 223667115

[www.infor.cl](http://www.infor.cl)

ISBN N° 978-956-318-226-2

Reg. Propiedad Intelectual N° 2022-A-2445

Diseño gráfico: Hugo Espinoza G.

---

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación, siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Pinilla, Juan Carlos; Luengo, Karina; Navarrete, Mauricio y Navarrete, Felipe, 2021. Estudio del Pellet en base a especies forestales que crecen en la Región del Bio Bio. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 241. P. 58

# INDICE

PRÓLOGO .....	07
RESUMEN .....	09
INTRODUCCIÓN .....	11
ANTECEDENTES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PELLETT .....	17
El Pellet .....	17
Usos del Pellet .....	20
Caracterización del Pellet .....	21
Plantas de Pellet en Chile .....	22
Abastecimiento de Materia Prima .....	25
OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	29
MATERIAL Y MÉTODO .....	31
Especies Utilizadas .....	31
Diseño Proceso Obtención de Biomasa para Fabricación de Pellet .....	32
Procesos y Análisis Realizados .....	35
RESULTADOS .....	37
Molienda de Materias Primas .....	37
Secado de Materias Primas .....	38
Ensayos de Peletizado .....	38
Resultados Obtenidos .....	41
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	47
COMENTARIOS GENERALES .....	51
REFERENCIAS .....	53



## PRÓLOGO

La región del Biobío es la principal región productora de pellet del país, asociado ello a que este territorio presenta un gran desarrollo de la industria forestal, lo cual representa una oportunidad para producir este Combustible Derivado de la Madera, que requiere de la utilización de subproductos de la actividad de la industria del aserrío, como lo es el aserrín y la viruta.

El uso del pellet en la generación de energía térmica aporta al bienestar de la sociedad y participa de los esfuerzos y a los procesos de descontaminación de ciudades con problemas de polución ambiental, requiriendo de acciones para su producción de energéticos eficientes y sustentables, en donde el abastecimiento de biomasa forestal es uno de los factores claves para avanzar en el desarrollo del mercado de este biocombustible.

El Instituto Forestal, institución de investigación y desarrollo forestal dependiente del Ministerio de Agricultura, ha implementado una Línea de investigación sobre Biomasa Forestal y Energía, el que en forma anual genera información sobre la caracterización de la biomasa y gestión del recurso forestal para su uso en energía, productos y antecedentes de producción y consumo de combustibles derivados de la madera, ente otras temáticas. En este trabajo se cuenta, además, con el financiamiento de diversas entidades, entre ellas, el Fondo de Innovación y Competitividad de la región del Biobío, el que ha permitido el desarrollo del Programa FIC "Fortalecimiento de la competitividad del sector de las energías renovables y de la pyme forestal, a través del desarrollo de herramientas de apoyo a la gestión y encadenamiento productivo para el abastecimiento sustentable de biomasa forestal para usos en generación de energía en la región del Biobío".

El Programa FIC se originó a partir de las demandas y problemas detectados en la región en torno al uso de la biomasa como materia prima para la generación de energía, proceso en el cual empresas productoras de pellet manifestaron inquietudes respecto al abastecimiento de materia prima requerido para sus procesos productivos y para el desarrollo de esta industria en la región del Biobío.

El desarrollo del programa, busca la transferencia tecnológica hacia el sector productivo que permitan a los grupos objetivos adoptar y utilizar especies forestales en sus procesos de producción de energía o en la fabricación de productos energéticos, destacando en ello el pellet. Lo anterior, es posible a través de la generación y difusión de información sectorial que permita visibilizar las condiciones actuales de la industria del pellet, como un oferente para la pyme regional.

En este marco se presenta el Informe Técnico N° 241 de INFOR, que presenta los resultados de un estudio de caracterización del pellet producido a partir de biomasa de diversas especies forestales que se presentan en la región del Biobío, especies seleccionadas a partir de su crecimiento y adaptación, y cuyos resultados del pellet elaborado fueron comparados con la Norma Chilena, de manera de evaluar el potencial de diversas especies forestales consideradas en el estudio, para la generación de materia prima posible de utilizar en la producción de pellet.

El estudio deriva de la necesidad de ampliar las opciones de abastecimiento de biomasa para producción de pellet y así favorecer las condiciones que permitan asegurar y fortalecer el desarrollo de este sector productivo a nivel regional.

Esperamos que este documento contribuya al conocimiento y fortalecimiento del sector del pellet en la región del Biobío, el cual presenta un acelerado crecimiento a nivel nacional y especialmente a nivel regional, agradeciendo al mismo tiempo, al Gobierno Regional de la Región del Biobío y su Fondo de Innovación y Competitividad de la Región del Biobío, por el financiamiento otorgado para el desarrollo de este estudio.





## RESUMEN

El Instituto Forestal (INFOR) en su sede Biobío está desarrollando el Programa del Fondo de Innovación y Competitividad de la región “Fortalecimiento de la competitividad del sector de las energías renovables y de la pyme forestal, a través del desarrollo de herramientas de apoyo a la gestión y encadenamiento productivo para el abastecimiento sustentable de biomasa forestal para usos en generación de energía en la Región del Biobío”. Este programa se inserta en las actividades de la Línea de Investigación de Biomasa Forestal y Energía de INFOR (Pinilla et al., 2020).

La iniciativa aborda mejorar la competitividad del sector de las energías renovables no convencionales en la región, a través del desarrollo de herramientas que fortalezcan la gestión y encadenamiento de la pyme forestal, productores del sector energía y plantas generadoras de energía, propiciando al mismo tiempo el abastecimiento sustentable de la biomasa forestal para diferentes emprendimientos en este mercado. En este trabajo, el programa busca generar y transferir nuevas opciones tecnológicas para el aprovechamiento sustentable y generación de nuevos negocios en el ámbito de las energías renovables a partir de la biomasa forestal en la región.

Este Programa FIC Regional se inició sobre la base de demandas y problemas existentes en la región en relación con el sector de la energía en base a biomasa forestal, reconociendo en ello el carácter forestal del territorio. Las empresas productoras de pellet han manifestados diversas inquietudes respecto del abastecimiento requerido para sus procesos productivos, del desarrollo de la industria del pellet en la región y de los mejores mecanismos y herramientas para mejorar su competitividad.

El Programa FIC, considera una transferencia tecnológica hacia el sector productivo, a través de actividades y medios que permitan a los grupos objetivos adoptar y utilizar diferentes especies forestales en sus procesos de producción de energía o de fabricación de productos para ello, como es el caso del pellet, considerando la generación y difusión de información sobre la biomasa para energía y las condiciones para ser un oferente para la pyme regional, ya sea como energético para el desarrollo de sus procesos o bien para la generación de sus productos.

Entre los problemas a abordar en esta propuesta está la seguridad en el abastecimiento y calidad de la biomasa forestal para plantas de generación o para la utilización de la biomasa en procesos de generación de pellet, y que ello no afecte la operación de las plantas, las opciones de nuevos proyectos e inversiones y la competitividad del sector.

Teniendo presente que la región concentra la mayor parte de la industrial forestal del país, es posible considerar un incremento y diversificación de los volúmenes de materia prima para abastecer la industria del pellet y satisfacer la demanda creciente por este bioenergético.

El presente informe presenta los resultados de los estudios de los parámetros físicos del pellet elaborado a partir de diferentes especies forestales que crecen en la región, resultados que indican la factibilidad de producir este biocombustible, requiriendo de la complementación con estudios de caracterización química y del potencial productivo de las especies estudiadas, así como también ampliar e estudios de caracterización a otras especies forestales.



# INTRODUCCIÓN

La bioenergía representa una valiosa alternativa para la mitigación del cambio climático global, siendo neutra en las emisiones de carbono frente a la generada por combustibles como el petróleo y sus derivados, y el carbón mineral, condiciones que la transforman en una energía renovable y limpia.

Para la incorporación a la producción de especies dendroenergéticas es aconsejable estudiar a nivel nacional aquellas alternativas conocidas y probadas en el mundo, y también prospectar entre los recursos existentes las especies con probada adaptación y crecimiento a las condiciones de sitio locales e identificar aquellas que presenten características compatibles con la producción de bioenergía.

Los recursos forestales y sus productos derivados constituyen una de las principales exportaciones del país, lo que implica un elevado volumen de subproductos provenientes de la industria forestal primaria y secundaria. Estos subproductos, que hasta no hace mucho tiempo eran considerados residuos, actualmente son utilizados por las empresas forestales como recurso energético renovable para su abastecimiento térmico y eléctrico mediante procesos de cogeneración para sus propios procesos industriales, como es el secado de la madera aserrada y la producción de celulosa, entre otros, e incluso entregando excedentes de energía eléctrica al sistema interconectado del país. Estos subproductos en la actualidad representan la principal fuente de abastecimiento para la industria de pellet.

Sin embargo, existen productores de pequeña y mediana escala que no utilizan el potencial de los subproductos forestales debido a que no poseen el capital y la tecnología necesaria para su aprovechamiento (Bellolio y Karelovic, 2011).

Desde la perspectiva económica, la energía de biomasa forestal tiene un vasto potencial en Chile, teniendo como fuentes generadoras recursos provenientes del manejo del bosque nativo y las plantaciones forestales, y los subproductos originados en las industrias de transformación química y mecánica de la madera.

Los bosques de fines múltiples, que producen una variedad de productos, incluida la madera y la biomasa destinadas a obtener combustible, representan probablemente la fuente de biocombustibles económicamente más viable. Asimismo, los beneficios económicos que se derivan de los biocombustibles son máximos cuando su precio resulta competitivo respecto al de los combustibles fósiles (Hall y Jack, 2010).

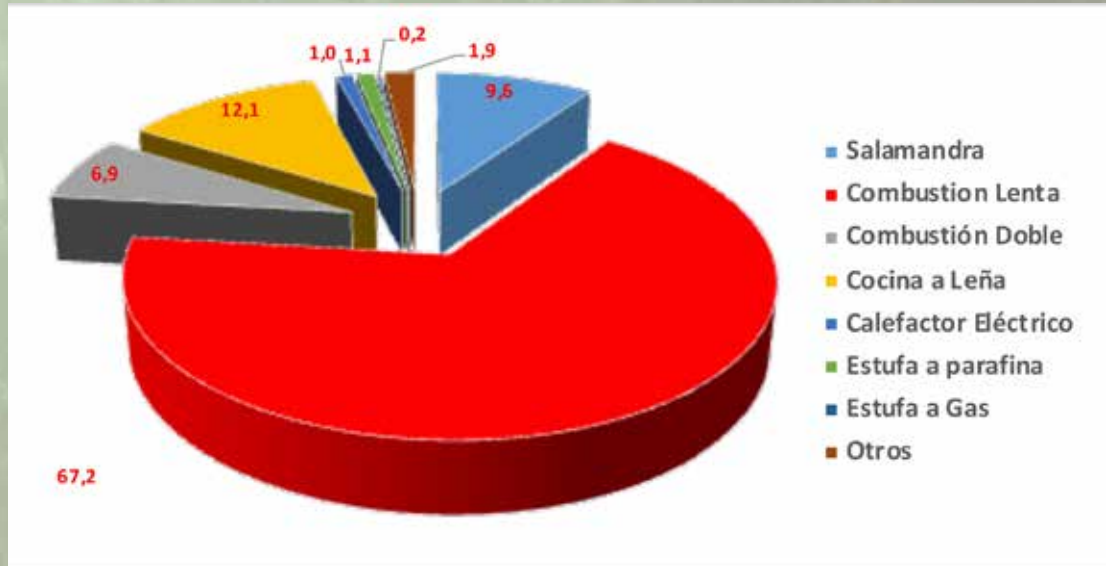
Como Energías Renovables No Convencionales (ERNC) se consideran la biomasa, la eólica, la solar, la geotérmica y la de los océanos. Para aplicaciones de gran escala, como proyectos de generación eléctrica conectados a los sistemas de interconexión central, a través del uso de energías renovables, se considera un marco reglamentario y económico neutral con respecto a las energías tradicionales. Por lo tanto, su utilización depende de la competitividad que ellas tengan respecto a las energías tradicionales. Luego, no existe limitación alguna para utilizar las energías renovables, como tampoco su incorporación es objeto de un tratamiento especial (CNE, 2020).

En todo el mundo, y en especial en los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), como lo es Chile, los gobiernos, los ciudadanos y las empresas concuerdan en que no es seguro depender de combustibles fósiles para la producción de energía, a lo que se agregan suministros limitados y sujetos a fuerzas políticas y económicas. Los costos relacionados con la salud, el medio ambiente y el clima, derivados del uso de combustibles fósiles, también son elevados (NRDC - BNEF y VALGESTA ENERGÍA, 2011).

Un ejemplo de lo anterior es el aumento en Chile de plantas generadoras de energía en base a biomasa forestal, muchas de ellas en reemplazo de combustibles fósiles, ya sea para apoyar el desarrollo de sus propios procesos productivos como para abastecer el Sistema Interconectado Central. Ello ha provocado un aumento de la demanda por biomasa forestal, utilizando inicialmente subproductos de aserraderos y de la actividad silvícola, entre otros, no existiendo en la actualidad una forma de generación exclusiva para dicho fin.

Plantaciones para energía en cortas rotaciones, pueden ser destinadas a la producción de leña para uso doméstico y comercial, considerando la alta demanda que existe en Chile y/o pueden ser integradas a otros procesos, como es la producción de pellet de biomasa para calderas de generación y otras. Ejemplo de ello son los casos de Alemania, Finlandia, Irlanda, Nueva Zelanda o España, líderes en la utilización de biomasa forestal para la generación de energía (BIOFRAC, 2006, citado por Baettig et al., 2010).

La matriz energética de Chile está compuesta principalmente por combustibles fósiles que se deben importar y sobre los cuales existe incertidumbre y variabilidad respecto de su precio y disponibilidad, siendo afectados por las fluctuaciones del precio internacional del petróleo y los problemas de abastecimiento del gas natural. Respecto del consumo de la biomasa como calefacción domiciliaria, en la región del Biobío, esta se utiliza fundamentalmente a través de estufas de combustión lenta (Figura N° 1).

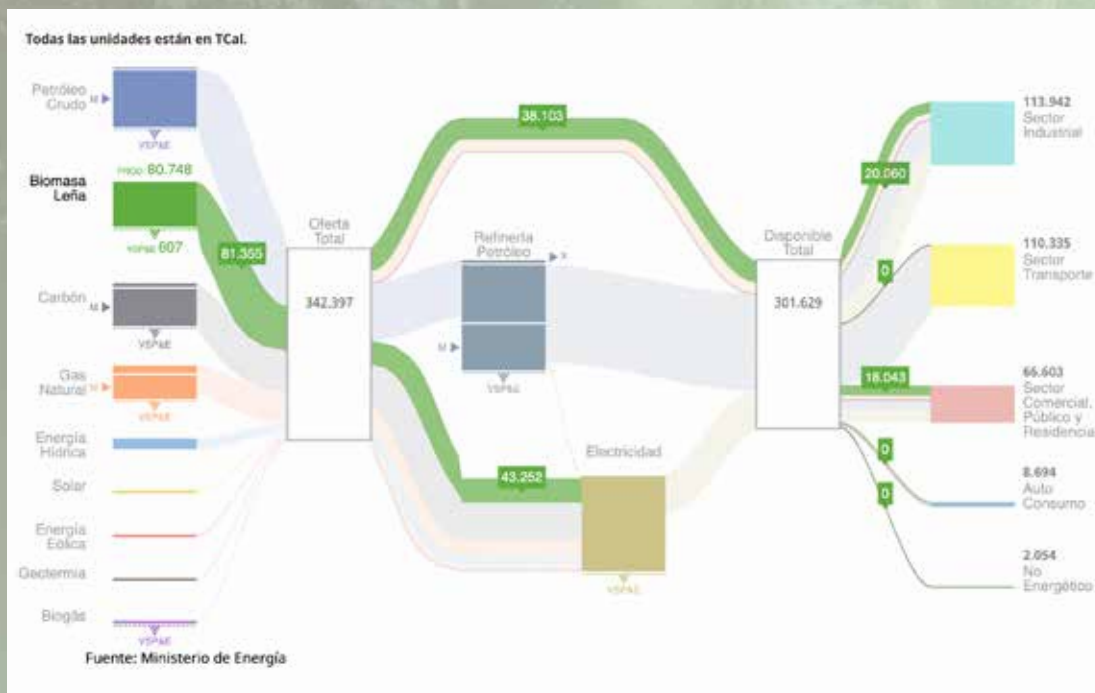


(Fuente: CONAF, 2015)

**Figura N° 1**  
**FUENTES ENERGÉTICAS Y EQUIPO PARA CALEFACCIÓN**

La leña sin duda es el principal energético que se utiliza en un alto porcentaje de los hogares de la zona Centro-Sur del país. El mercado residencial de la leña es responsable del 98,5% del consumo nacional (CONAF, 2017).

En Chile la participación de la biomasa en la matriz energética primaria alcanza al 25%, siendo superada solo por los combustibles derivados del petróleo (Figura N°2), y representa el 92% de las energías renovables.



(Fuente: Ministerio de Energía, 2020)<sup>2</sup>

## Figura N° 2 BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA

En el proceso de transformación de la biomasa en energía se han logrado desarrollos tecnológicos muy importantes y ya se dispone de sistemas eficientes y limpios desde el punto de vista ambiental, para producir, por ejemplo, combustibles líquidos o gaseosos que a su vez pueden generar electricidad. De esta forma, la biomasa funciona como una especie de batería que almacena la energía solar y si esta se produce en forma sostenida, en el mismo nivel en que se consume, esa batería durará indefinidamente.

Las energías térmicas (vapor) y eléctricas resultantes de la combustión de la biomasa, son requeridas para los procesos industriales, donde los excedentes de energía eléctrica son comercializados al Sistema Interconectado Central.

De acuerdo con la realidad nacional, se requiere conocer y aprender a valorizar la biomasa forestal proveniente de bosques afectados por incendios forestales, situación frecuente en el país, por lo que se requiere de poder dar un valor a esa biomasa.

<sup>2</sup> <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/balance-de-energia/>

La principal fuente de abastecimiento que se utiliza en el país de materia prima para obtener pellet la constituyen los subproductos de la industria de conversión de la madera, los cuales se estima un potencial de cerca de 3 millones de m<sup>3</sup> por año, conformadas principalmente de subproductos que se comercializan a nivel nacional, como son el aserrín primario, aserrín secundario y viruta (INFOR, 2021b; Pinilla *et al.*, 2021). Actualmente estos subproductos son utilizados por las industrias de generación, la de tableros, la crianza de animales y la industria del pellet, entre otros, lo cual demuestra la alta competencia que existe por la utilización de esta biomasa.

La industria del pellet ha tenido un gran crecimiento estos últimos años, donde este energético en muchos casos ha representado una opción de reemplazo en el uso de la leña o combustibles fósiles, por ser un producto energético de alta eficiencia térmica y menores emisiones contaminantes a medio ambiente.

Con el propósito de poder apoyar el crecimiento de la industria de la bioenergía en la región, el Instituto Forestal, con el financiamiento del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) de la región del Biobío, está desarrollando el Programa FIC BIOMASA, cuyo objetivo es difundir y transferir opciones productivas de especies forestales para su uso en la generación de energía, aumentando la competitividad regional, y a su vez valorizando suelos erosionados de pequeños y medianos propietarios (INFOR, 2021).

La iniciativa FIC abarca, entre otros temas, generar información técnica para favorecer el uso del pellet como Energía Renovable No Convencional (ERNC), a través de la obtención de información validada que apoye el desarrollo el proceso productivo y su mercado en conjunto. La demanda por este energético ha tenido un fuerte crecimiento y la región es la que lidera las tasas de producción nacional.

En el marco de este programa se realizó un estudio de caracterización de diversas especies forestales, con potencial de crecimiento en la región, de manera de evaluarlas para la generación de materia prima para la producción de pellet.





# ANTECEDENTES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PELLETT

## El Pellet

En los últimos años el uso del pellet como materia prima para la calefacción domiciliaria y para uso industrial ha presentado un incremento en su consumo a nivel regional y del país, derivado fundamentalmente de los problemas de contaminación ambiental atribuibles al uso de leña de inadecuada calidad, lo que ha motivado el desarrollo de programas de fomento para el recambio hacia este nuevo tipo de biocombustible.

A lo anterior se agrega una mayor preferencia por el uso de pellet para calefacción debido a la eficiencia térmica y su comodidad en el manejo y almacenamiento, entre otros motivos.

El pellet es una pequeña porción de madera de origen natural, catalogado como biomasa sólida, utilizada como combustible en la industria y en los hogares, ya sea en calderas industriales y en estufas y caldera de tamaño más reducido de uso domiciliario.

Actualmente, este energético se fabrica a partir de los subproductos de la industria maderera, los cuales deben ser secados para reducir así su nivel de humedad, para luego prensarlos, proceso que se realiza sin añadir ningún aditivo para conseguir esta pequeña porción compacta, ya que se utiliza la propia lignina que contiene el aserrín como aglomerante, comprimiendo el aserrín a una alta presión para formar el pellet, lo que hace que este producto tenga una composición densa y dura, consiguiendo con ello un gran poder calorífico.

La industria del pellet es considerada reciente y presenta actualmente incertidumbres, limitaciones y falta de información, aunque es acompañada de una creciente asociatividad y conocimiento entre los distintos actores, como son los consumidores finales, empresas productoras y distribuidoras de pellet, entre otras.

Este biocombustible sólido y estandarizado, es considerado una energía limpia, eficiente y sostenible, al presentar un bajo contenido de humedad y un alto en poder calorífico, lo que lo hace amigable con el medio ambiente dado que además es elaborado con biomasa forestal, energía renovable y neutra en CO<sub>2</sub>.

En muchos sentidos la biomasa puede considerarse como una forma de energía solar almacenada ya que las plantas utilizan esta energía para capturar CO<sub>2</sub> y agua a través de la fotosíntesis. Además, es un combustible no fósil, neutro desde el punto de vista del ciclo del carbono (ciclo natural del carbono entre la tierra y el aire).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen, al provenir de un carbono retirado de la atmósfera en el mismo ciclo biológico, no alteran el equilibrio de la concentración de carbono atmosférico y, por tanto, no incrementan el efecto invernadero. Su uso contribuye a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera siempre que sustituya a un combustible fósil.

En la combustión de cualquier tipo de combustible se pueden generar numerosos elementos producto de la combustión, entre los que se podrían destacar nitrógeno ( $N_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), vapor de agua ( $H_2O$ ), oxígeno ( $O_2$  no utilizado en la combustión), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxidos de azufre ( $SO_2$ ), inquemados (combustible sin terminarse de quemar), hollín y partículas sólidas (IMARTEC, 2021).

En el caso del uso de pellet, durante la combustión se libera una mayor cantidad de elementos amigables con el medio ambiente, en comparación al uso de combustibles fósiles.

Según diversos reportes, las principales fuentes de este tipo de contaminación son el uso de leña de mala calidad, la combustión de motores diésel y las chimeneas industriales, donde la alta concentración de Material Particulado Fino (MP 2,5), tiene como principal fuente de emisión las industrias y la combustión de leña con altos porcentajes de humedad, utilizada mayoritariamente para la calefacción domiciliaria.

El impacto en las emisiones domiciliarias, dependiendo el tipo de equipo de calefacción utilizada, es posible observarlo en el Cuadro N° 1.

Las principales características técnicas del pellet están dadas por su alta densidad y homogeneidad, tanto en la textura y forma, además de presentar un bajo contenido de humedad, con un comportamiento similar a un fluido en manipulación y rendimiento, posicionándose, así como el combustible sólido más limpio y eficiente, al alcanzar una combustión cercana al 98,5%, con una baja producción de ceniza y emisiones.

**Cuadro N° 1**  
**EMISIONES DE PM 2,5 SEGÚN TIPO DE EQUIPO**

Tipos de Equipos	Consumo de Combustible (t/equipo)	Factor de Emisión de PM 2,5 (lb/t)	Emisiones Totales de PM 2,5 (lb/temporada)
Estufa convencional	2,45	66,8	163,66
Calefactor a leña Certificado	2,10	11,7	24,50
Calefactor a Pellet Certificado	1,70	2,54	,25

(Fuente: Houck y Broderick, 2005)

La elección de un pellet de calidad es muy importante, ya que se asegura un mayor aporte calorífico y un adecuado funcionamiento de las calderas o estufas de biomasa.

Un pellet de baja calidad, en cambio, deja un exceso de residuos durante la combustión, genera una mayor presencia de humo y puede acabar atascando el funcionamiento de estos artefactos.



**Figura N° 3**  
**VISTA DE PELLET A GRANEL Y ENVASADO PARA SU COMERCIALIZACIÓN**



**Figura N° 4**  
**CALDERA INDUSTRIAL Y ESTUFA DE USO DOMICILIARIO**

Diversos autores señalan aspectos claves que se utilizan para determinar e identificar la calidad del pellet. Algunos de ellos se presentan en el Cuadro N° 2.

**Cuadro N° 2**  
**CARACTERÍSTICAS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL PELLETT**

Característica	Requerimiento
Brillantez	Un buen pellet es brillante, con una superficie lisa, longitud uniforme.
Color	Debe tener un color uniforme, pues si presenta una variedad de colores, delataría la presencia de cuerpos extraños, como papel, tierra, plástico u otros materiales no derivados de la madera.
Estructura	Su estructura debe ser compacta, sin grietas ni cortes profundos y al tocarlo, no debe desmoronarse el cilindro.
Densidad	La densidad del pellet ha de ser superior a la del agua, una buena manera de comprobarlo es sumergir una porción de pellet en agua, si esta tiene la densidad adecuada se hundirá.
Tiempo de inmersión	También hay que tener en cuenta que, si pasados unos cinco minutos de su inmersión, este sigue hundido y de forma compacta, significa que posee aglutinantes artificiales provocando en su combustión un exceso de humos.

(Fuente: Haverland, 2021)

## Usos del Pellet

El pellet se puede usar en diversos espacios físicos o dependencias, ya sea de una vivienda unifamiliar, una comunidad de vecinos, un hotel, una piscina, una industria o cualquier otra dependencia que requiera contar con energía calórica para la calefacción y generación de agua caliente.

Para ello se usan estufas o calderas especiales para pellet, las cuales son cómodas y fáciles de usar, ya que los pellets se pueden transportar y usar de la misma forma que cualquier combustible líquido, pero con mucha más comodidad y seguridad.

Algunas aplicaciones o usos actuales de pellet en Chile son:

- ◆ Estufas y calderas para calefacción
- ◆ Calderas de agua caliente (2 MW)
- ◆ Calderas a vapor (hasta 2 t vapor/h.)
- ◆ Procesos Industriales (Hornos de secado de frutas, cocción de arcillas, industria, panificadora, otros).

## Caracterización del Pellet

El pellet a nivel nacional es reconocido y clasificado por la Norma Chilena ISO 17225-2 (INN, 2017) que entrega las directrices para la fabricación y clasificación del pellet que se produzca en el país para su uso a nivel domiciliario e industrial.

En dicha norma, la cual tiene un carácter voluntario, se identifican los principales parámetros técnicos que debe tener el pellet al momento de su fabricación, entre los que se destacan parámetros físicos y sus componentes químicos.

Es importante destacar que en Chile se produce un único tipo de pellet, mayoritariamente de materia prima de pino radiata, con características de pellet domiciliario, de un solo tamaño (diámetro 6 mm), que se utiliza tanto en estufas o calderas, domiciliarias e industriales.

Los parámetros técnicos del pellet más representativos para su fabricación, según la Norma ISO 17.225-2 (INN, 2017), corresponden a:

- ◆ Largo (mm) =  $3,15 < L < 40$ .
- ◆ Diámetro (mm) =  $6 (+1)$ .
- ◆ Humedad =  $< 10\%$ .
- ◆ Durabilidad Mecánica (DU %m/m) =  $97,5 < DU < 99$ .
- ◆ Poder calorífico (KWH/Kg) =  $>4,6$ .

Como se ha mencionado, actualmente la industria del pellet en Chile se basa exclusivamente en la utilización de subproductos de la industria del aserrío, la cual utiliza mayoritariamente la especie forestal pino radiata, dado el gran desarrollo que ha tenido la industria forestal del aserrío en base a esta especie.

## Plantas de Pellet en Chile

A diciembre del año 2020, existen 23 plantas productoras de pellet en Chile, distribuidas entre las regiones de Valparaíso y Aysén. La distribución y número de plantas productoras de pellet, según región, se presenta en el Cuadro N° 3.

**Cuadro N° 3**  
**DISTRIBUCIÓN Y NÚMERO DE PLANTAS PRODUCTORAS DE PELLETT**  
**SEGÚN REGIÓN**

Región	Plantas	
	(N°)	(%)
Metropolitana	2	8,7
Valparaíso	1	4,3
Maule	4	17,4
<b>Biobío</b>	<b>8</b>	<b>34,8</b>
Araucanía	5	21,7
Los Lagos	1	4,3
Aysén	1	4,3
Magallanes	1	4,3
<b>Total</b>	<b>23</b>	

(Fuente: INFOR, elaboración propia, diciembre 2020)

Pese a que las plantas productoras de pellet están presentes en varias regiones del país, es importante destacar que en la macrozona conformada por las regiones de Maule, Biobío y La Araucanía, se concentra la mayor cantidad de ellas, con un total de 17 plantas, lo que representa el 74% del total de plantas productoras del país.

**Cuadro N° 4**  
**PRODUCCIÓN DE PELLET A NIVEL NACIONAL**  
**SEGÚN REGIÓN (año 2020)**

Región	Producción	
	(t)	(%)
Metropolitana	300	0,2
Valparaíso	780	0,4
Maule	12.800	7,0
<b>Biobío</b>	<b>140.809</b>	<b>76,8</b>
Araucanía	22.500	12,3
Los Lagos	4.600	2,5
Aysén	153	0,1
Magallanes	1.444	0,8
<b>Total</b>	<b>183.386</b>	

(Fuente: INFOR, elaboración propia, diciembre 2020)

El cuadro anterior indica que durante el año 2020 la producción de pellet a nivel nacional alcanzó cerca de las 183.386 toneladas, de las cuales el 76,8% (140.809 toneladas) fue generada por las empresas productoras de pellet en funcionamiento en la región del Biobío.

La representación general de la industria del pellet en la región del Biobío en relación con la situación a nivel país, se presenta en el Cuadro N° 5.

**Cuadro N° 5  
REPRESENTACIÓN PRODUCCIÓN DE PELLE EN LA REGIÓN DEL BIOBIO  
RESPECTO DEL PAÍS (2020)**

Participación Región del Biobío	Plantas (N°)	Producción Pellet (t)	Capacidad Instalada (t)	Nivel Ventas (t)	Producción Subproductos del Aserrío (m <sup>3</sup> )
<b>Cantidad</b>	8	140.809	225.407	138.290	5.242.167
<b>Porcentaje regional en relación a valores nacionales (%)</b>	35	77	74	77	37

(Fuente: INFOR, elaboración propia, diciembre 2020)

Dentro del grupo de empresas productoras de pellet, la principal fuente de abastecimiento corresponde a materia prima de pino radiata, pero también un porcentaje menor de estas, basa su producción en especies distintas, como es pino oregón y lenga.

Además, de las diferencias en cuanto al tipo de materia prima que utilizan para la fabricación de pellet, entre las 23 plantas en funcionamiento durante el año 2020, existen diferentes capacidades productivas, nivel de avances tecnológicos en sus procesos y diferenciación de la modalidad de abastecimiento de materia prima, entre otras.

La producción de pellet puede verse afectada por diversos factores, algunos de los cuales requieren de información que permita a los productores tomar adecuadas decisiones según condiciones de mercado y proyecciones de consumo.



## **Abastecimiento de Materia Prima**

La seguridad de poder contar con la materia prima requerida, es la base para poder asegurar o aumentar las tasas de producción de pellet, cuya demanda está presentando un crecimiento constante en los últimos años.

Esta etapa del proceso, es una de las más sensibles del proceso de producción de pellet, dado que en la actualidad existe una completa dependencia con el desarrollo productivo de la industria del aserrío, único abastecedor de la industria productora de este energético.

El abastecimiento seguro y en cantidades requeridas es un factor muy importante en la industria del pellet, ya que cualquier disminución en su disponibilidad, afecta la producción de este biocombustible.

Además, la calidad de esta materia prima es también relevante en el proceso de peletizado, dado que una biomasa sucia o con altos niveles de humedad genera problemas, tanto en el proceso de fabricación como también en la maquinaria utilizada para el peletizado y en la calidad del producto final, que a su vez podría presentar problemas durante su combustión.

Una de las principales brechas de la industria del pellet, en relación al abastecimiento de materia prima, se refiere a que existe la incertidumbre de períodos o áreas de escasez, derivada de diferentes factores, como son las fluctuaciones de las tasas de producción de la industria del aserrío, presencia de mercados competidores para la biomasa, y otros, lo que podría afectar la seguridad de abastecimiento de materia prima para la industria peletera.

El abastecimiento de materia prima es un elemento clave en la industria del pellet y necesariamente debe ser considerado, evaluado y asegurado para el adecuado funcionamiento de la planta de pellet, considerando que en la actualidad existe una dependencia absoluta con la industria del aserrío, donde cualquier fluctuación de su producción ponen en riesgos las tasas de abastecimiento de materia de prima para la industria del pellet.

En este escenario, una de las mayores interrogantes que enfrenta la industria productora de pellet, es la incertidumbre acerca del abastecimiento de la materia prima requerida para responder a la demanda creciente por este energético tanto actualmente y especialmente en el futuro. Esto es un factor clave que posibilita o impide la concreción de nuevos emprendimientos en este sector.

Es necesario, por tanto, generar información formal y validada, sobre la disponibilidad de materia prima, la cual pueda estar disponible para disminuir brechas y superar las actuales barreras para el desarrollo de este biocombustible, cuya demanda está en constante aumento.

Es así que en el año 2020 las plantas productoras de pellet alcanzaron un volumen total de producción cercano a las 180.000 toneladas, cifra que aumentó respecto del año anterior, debido al gran incremento de la demandada genera principalmente por las condiciones de pandemia que ha enfrentado el país.

Dado lo anterior, las empresas se vieron en la necesidad de aumentar en un gran porcentaje la producción de pellet (INFOR, 2021), utilizando principalmente los subproductos del aserrío.

El consumo de trozas de la industria del aserrío durante el año 2020 generó una producción de madera aserrada cercana a los 7,8 millones de  $m^3$ , de los cuales el 40% (3,18 millones de  $m^3$ ), se produjeron en la región del Biobío (INFOR, 2021a).

En esta producción, la región generó un 36% del volumen total de subproductos durante dicho período, donde una parte de ellos se destina al autoconsumo en los propios aserraderos, sea para la generación eléctrica o producción de vapor, y un porcentaje importante de ellos son comercializados para ser utilizados por diversas industrias, entre las que destaca la industria del pellet.

Se puede así concluir que la región del Biobío genera la mayor cantidad de subproductos de la industria del aserrío, donde un porcentaje importante de ellos está siendo utilizados como materia prima por la industria del pellet, tanto en esta región como en las vecinas.

La industria del pellet obtuvo la materia prima desde la industria del aserrío o de la remanufactura, donde el aserrín primario generado a nivel nacional alcanzó los 2.872.991  $m^3$ , y representó el año 2020 el 54,9% del total de subproductos generados. Este material contiene un alto contenido de humedad, por lo que para ser utilizado por la industria del Pellet se debe considerar procesos de secado (INFOR, 2021b).

Además, esta industria utiliza también los subproductos de la industria de la remanufactura, viruta y aserrín secundario, que el año 2020 alcanzó los 438.410  $m^3$ , lo que representó un 8,3% del total de subproductos generados (INFOR, 2021b). Este tipo de materia prima presenta un bajo contenido de humedad, lo que la hace de mucho interés para la industria del pellet al no necesitar un proceso de secado previo a la fabricación del producto.

Por lo tanto, se puede concluir de acuerdo a lo anterior que los subproductos con potencial de uso por parte de industria del pellet (aserrín primario, viruta y aserrín secundario), alcanzaron los 3.311.401  $m^3$  durante dicho período.



**Figura N° 5**  
**MATERIA PRIMA UTILIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE PELLET**

Según algunas estimaciones realizadas por INFOR, se plantea que por cada 10.000 toneladas de pellet se requiere de 90.000 m<sup>3</sup> de materia prima<sup>3</sup>. En base a lo anterior, al considerar que durante el año 2020 la producción de pellet alcanzó a cerca de 180.000 toneladas, se puede estimar que el consumo de subproductos utilizados para producir este energético alcanzó aproximadamente 1.620.000 m<sup>3</sup> representando un consumo cercano al 48,9% de la producción total de estos subproductos (aserrín primario, viruta y aserrín secundario).

<sup>3</sup> INFOR, 2021. Información recopilada desde diversas empresas

Lo anterior indica que existe una estrecha dependencia entre la industria del pellet y la del aserrío, que en algunas situaciones puede ser un factor de riesgo, por lo que se requiere de su seguimiento, cuantificación y monitoreo permanente, de modo de prevenir situaciones de desabastecimiento, dado que los escenarios de consumo del pellet señalan que aumentará la demanda en forma constante en los próximos años, lo que requerirá de una mayor cantidad de biomasa de calidad adecuada para el funcionamiento de las plantas productoras.

Debido a la necesidad de asegurar un suministro de biomasa en calidad y cantidad para el funcionamiento de las plantas de pellet, se requiere aumentar la disponibilidad de los subproductos generados por la industria del aserrío y remanufactura, principalmente viruta y aserrín, a través de estrategias de generación y oferta de materia prima por medio de diversificar las opciones de suministro de biomasa que permita satisfacer la demanda creciente por este biocombustible.

Una de las opciones identificadas, es la utilización de biomasa proveniente de otras especies forestales, de las cuales se pueda generar la materia prima para la industria del pellet. Para ello, se requiere de información para poder contar en forma segura con esta biomasa, la que se refiere principalmente a las superficies que abarcan estas especies según región, ubicación, disponibilidad y su calidad para producir pellet, entre otros aspectos.

El poder contar con esta información, condiciona de manera importante las opciones para su utilización en la producción de pellet, lo que debe ser apoyado con estudios tecnológicos que entreguen información validada a nivel de escala comercial, de manera de identificar otras fuentes de abastecimiento de materia prima proveniente de nuevas especies forestales.

En el tema tecnológico se requieren de estudios del tipo de biomasa a utilizar para la producción de pellet en Chile, analizando distintas especies forestales, de acuerdo a su potencial según zonas de crecimiento, características del aserrín o virutas para fabricar el pellet, el cual además debe ser caracterizado para evaluar si cumple con los requisitos de calidad. Para esto se requiere de un programa de estudio, que considere un número importante de muestras de biomasa con su respectivo análisis de calidad en laboratorio, cuyos resultados puedan estar a disposición de la industria.

Para la fabricación del pellet se puede usar en general cualquier especie forestal, pero para orientar la búsqueda de la mejor alternativa, es necesario conocer que los siguientes parámetros son condicionantes o factores críticos:

- ◆ Densidad de la madera
- ◆ Superficie en el país/región

Por ello, es de interés la búsqueda de nuevas especies forestales que pudiesen ser utilizadas como fuente de abastecimiento en la industria del pellet del país, ya sea para ser utilizada de manera pura o como complemento o en mezcla con la biomasa de pino radiata.

## OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Determinar la factibilidad de producción de pellet a partir de diferentes especies forestales que crecen en la región, que han demostrado su adaptabilidad a las condiciones de sitio de la región y un adecuado crecimiento y productividad, y las propiedades físicas del material así obtenido.





## MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se ha desarrollado para determinar qué especies forestales, que crecen en la región del Biobío podrían ser utilizadas en la fabricación de pellet.

Para el desarrollo del estudio, se obtuvieron muestras de diversas especies forestales presentes en la red de ensayos establecidos por INFOR en la región.

Posteriormente, la fabricación del pellet y su análisis de caracterización fue realizado en el laboratorio de la Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDT) de la Universidad de Concepción.

### Especies Utilizadas

Revisadas las unidades demostrativas de INFOR, donde es posible evaluar tasas de crecimiento y productividad de las diversas especies forestales presentes en ellas, y después de una revisión bibliográfica sobre el potencial energético de las especies, fueron seleccionadas las especies forestales que a continuación se indican para realizar el estudio de fabricación y caracterización de pellet.

- ◆ *Acacia dealbata*
- ◆ *Acacia mearnsii*
- ◆ *Acacia melanoxylon*
- ◆ *Eucalyptus camaldulensis*
- ◆ *Eucalyptus regnans*
- ◆ Mezcla de aserrín de *Pinus radiata* y *Nothofagus alpina*

Además de la definición de especies a incluir en el estudio, se consideró necesario evaluar como fuentes de abastecimiento tanto las especies plantadas como los bosquetes asilvestrados de ellas que se presentan en diferentes lugares de la región y que son frecuentes en la realidad forestal regional.

La metodología general consideró 3 etapas:

- ◆ Obtención y acondicionamiento de las materias primas para el proceso de producción de los pellet, incluyendo labores de volteo, trozado triturado y secado de la biomasa, según especie a evaluar. El acondicionamiento de las muestras se realizó en dependencias de INFOR sede Biobío.
- ◆ Proceso de producción de pellet, la cual se realizó en dependencias del laboratorio de la Universidad de Concepción (UDT), que considero para la generación del producto la definición de los rangos de humedad y el tamaño de la matriz a considerar.
- ◆ Ensayo de caracterización en el laboratorio de la Universidad de Concepción, realizando un análisis de los pellet elaborados respecto de la Norma ISO 17225-2 “Biocombustibles sólidos -Especificaciones de combustibles y clases - Parte 2: Certificación de Pellet de madera” (INN, 2017), la cual especifica valores máximos para distintos parámetros fisicoquímicos como diámetro, longitud, contenido de cenizas, durabilidad, poder calorífico, entre otros.

## **Diseño Proceso Obtención Biomasa para Fabricación del Pellet**

Para iniciar el desarrollo del estudio, se realizó el diseño de la metodología para obtener la biomasa requerida para la fabricación del pellet, la que consideró:

- ◆ Selección unidades desde donde obtener la biomasa.
- ◆ Cosecha de un número determinado de árboles.
- ◆ Descortezado y trozado de los árboles en terreno.
- ◆ Transporte de la biomasa a la sede de INFOR en Concepción.
- ◆ Astillado de las trozas para la obtención de al menos 20 kilos de biomasa por especie y sitio de ensayo.
- ◆ Envío biomasa previamente identificada, al laboratorio de la UDT de la Universidad de Concepción.

Las especies consideradas en el estudio y su origen se presentan en el Cuadro N° 6.



### Cuadro N° 6 ESPECIES Y SUS CARACTERÍSTICAS

Muestra	Especie	Condición	Ubicación
1	<i>Acacia mearnsii</i>	Plantado (13 años)	Florida
2	<i>Acacia dealbata</i>	Rodal asilvestrado (6 años)	Chillán Viejo
3	<i>Acacia dealbata</i>	Plantado (13 años)	Florida
4	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Plantado (13 años)	Cauquenes
5	<i>Acacia mearnsii</i>	Plantado (6 años) distanciamiento 3x1m	Los Sauces
6	<i>Acacia mearnsii</i>	Plantado (6 años) distanciamiento 3x1m	Los Sauces
7	<i>Acacia mearnsii</i>	Plantado (6 años) distanciamiento 3x1m	Los Sauces
8	<i>Acacia melanoxylon</i>	Rodal asilvestrado	Cañete
9	<i>Acacia melanoxylon</i>	Plantado (6 años)	Contulmo
10	<i>Acacia dealbata</i>	Plantado (2004)	Cañete
11	<i>Eucalyptus regnans</i>	Plantado (2015)	Cañete
12	<i>Pino radiata</i> y <i>Rauli</i>	Mezcla de biomasa	Laboratorio de Madera Estructural de INFOR.



*Acacia mearnsii*



*Acacia dealbata*



*Eucalyptus regnans*



*Acacia dealbata* (asilvestrada)



*Acacia melanoxylon*



*Eucalyptus camaldulensis*

El proceso de obtención de las muestras de biomasa y su acondicionamiento previo al proceso de peletizado incluyó previamente labores de volteo, trozado, triturado y tamizado de las muestras.



**Figura N° 6**  
**VOLTEO Y EXTRACCIÓN DE MUESTRAS, DESCORTEZADO, ASTILLADO,**  
**TAMIZADO Y BIOMASA OBTENIDA**

Una vez obtenidas las muestras, estas fueron enviadas al laboratorio de la Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDT) de la Universidad de Concepción, para la fabricación y caracterización de pellet basadas en los parámetros técnicos definidos en la norma.

### **Procesos y Análisis Realizados**

Con los estudios de fabricación de pellet a partir de diferentes tipos de biomasa, y su caracterización energética, se realizó una búsqueda de información bibliográfica y se efectuaron consultas a productores de pellet, en cuanto a cuáles serían los parámetros más relevantes a considerar en la evaluación del pellet producido, así como también se revisaron las normas existentes que regulan el proceso de generación y caracterización de este energético.

Este proceso de consulta y revisión en el tema de caracterización energética del pellet señala que se deben evaluar algunos parámetros físicos básicos y que el resultado de este análisis se debe comparar con la norma chilena existente ISO 17.225-2, que establece rangos para la clasificación del pellet.

Estos parámetros seleccionados corresponden a características físicas, como Durabilidad, Contenido de Finos, Humedad, Contenido de Cenizas, y Poder Calorífico.



## RESULTADOS

### Molienda de Materias Primas

En el laboratorio de la UDT, se realizó un proceso óptimo de elaboración de pellet de 6 mm de espesor, para lo cual se requirió que la materia prima presentara un tamaño de partícula uniforme y menor a 1 cm, dado que esto permite una mayor superficie de contacto y, por lo tanto, un pellet de mejor calidad.

Por esta razón, y debido a que las muestras de todas las especies tenían un tamaño de partícula mayor, se procedió inicialmente a una etapa de acondicionamiento de la biomasa, correspondiente a la reducción de tamaño mediante la molienda del material utilizando un molino con una matriz de 5 mm.



**Figura N° 7**  
**MUESTRAS DE BIOMASA UTILIZADAS EN EL ESTUDIO**



**Figura N° 8**  
**MOLIENDA DE LAS MATERIAS PRIMAS A UN TAMAÑO FINAL DE 5 mm**

### **Secado de Materias Primas**

Luego de la etapa de molienda, se realizó la medición del porcentaje de humedad de las muestras de biomasa, ya que para lograr un adecuado proceso de peletizado, se requiere que la biomasa tenga un porcentaje de humedad inicial entre 12 y 14% aproximadamente. En este caso, gran parte de las muestras presentaron humedades iniciales cercanas a este rango, por lo cual se decidió omitir el proceso de secado de la materia y hacer un primer intento de peletizado bajo estas condiciones. En el caso de algunas especies, que presentaban mayor contenido de humedad, se efectuó una etapa previa de secado, utilizando un secador rotatorio con vapor sobrecalentado (120 °C), de manera que las muestras llegaran al porcentaje de humedad final requerido (UDT, 2020).

### **Ensayos de Peletizado**

Posterior a la molienda de las materias primas, se procedió a realizar las pruebas de peletizado de las muestras con las humedades iniciales a las que fueron recepcionadas en una máquina peletizadora con capacidad para 120 kg/h. Una de las variables a monitorear en el proceso de peletizado es la humedad inicial de la materia prima, la que puede variar según la especie y el proceso de operación.

Lo anterior se reflejó en los resultados iniciales de la fabricación del pellet, donde en algunos casos, los cilindros se desarmaban al aplicar una leve presión. Además, su apariencia y tamaño no eran uniformes, presentando una superficie rugosa lo que indica que el contenido de humedad de la biomasa no sería óptimo para lograr que las partículas se aglutinen y compacten para formar el pellet.

Durante el proceso inicial se observó también, la generación de material fino que pasó por el equipo sin lograr ser peletizado. Lo anterior se puede generar en situaciones de baja humedad de la biomasa lo que provoca un aumento de la fricción y temperatura en la matriz del equipo de peletizado, lo cual ocasiona una descomposición de la superficie del pellet que lograron formarse.

En esta situación, el siguiente paso por consiguiente fue aumentar el contenido de humedad de las muestras mediante la adición de agua y su posterior mezclado para obtener un material homogéneo y consistente. Posteriormente, se realizaron diversos ensayos de peletizado con distintos porcentajes de humedad, hasta lograr un pellet de mejor calidad, verificando sus características físicas como son longitud y superficie además de la cantidad de finos generada (una menor cantidad de finos muestra una mayor cantidad efectiva de biomasa de la muestra peletizada). El porcentaje de humedad de la biomasa utilizado finalmente para la fabricación de pellet con biomasa de las diferentes especies, varió entre los 16 y 19% según la especie estudiada.



**Figura N° 9**  
**PELETS OBTENIDOS A PARTIR DE UNA BAJA HUMEDAD**  
**INICIAL DE LA MUESTRA**

Independiente de la dureza del material, la tasa de alimentación es una variable crítica en procesos de peletización a esta escala de producción, debido a que el trabajo de compactación y fricción que realizan los rodillos del equipo tiende a producir un aumento considerable de temperatura en la matriz y, por tanto, una disminución excesiva de la humedad de entrada del material, lo cual puede llegar a ser contraproducente para el proceso de conglomeración de las partículas y la formación del pellet dado que no se logra el efecto aglutinante del agua con el material. Esto explicaría que las humedades óptimas alcanzadas para el proceso de peletización (16 y 19%.) de todas las muestras sean levemente mayores al rango recomendado para biomasa en general (12 a 14%), puesto que el material perdía bastante agua mientras se mantenía en la tolva de alimentación del equipo, siendo evidente la evaporación de ella durante el proceso (UDT, 2020).

Sobre las características físicas de las muestras trabajadas, se observaron diferencias entre las biomásas provenientes de distintas especies forestales, siendo algunas de ellas más fibrosas o con menor densidad, lo que dificultó el proceso de peletizado. Esto puede explicarse porque cuando la materia prima tiene un alto contenido en fibra, cuesta más que el agua añadida durante el proceso de acondicionamiento previo al peletizado sea absorbida efectivamente por el material, permaneciendo en la superficie de las partículas y evitando el proceso de ligamiento de las mismas.

En relación con la dureza del material, no se observaron mayores dificultades a excepción de la muestra que incluía la mezcla de biomasa de pino radiata y raulí, la que presentó una mayor dureza por lo que en este caso, el proceso previo de peletizado requirió de cebar la peletizadora antes de alimentar el material, puesto que tendía a quedarse estancado en la matriz sin formar pellet.





**Figura N° 10**  
**ENSAYOS DE PELLETIZADO REALIZADOS**

## **Resultados Obtenidos**

En el laboratorio de la UDT se realizó la caracterización física de los pellet producidos, evaluando los siguientes parámetros:

- ◆ Humedad
- ◆ Poder calorífico inferior
- ◆ Contenido de cenizas
- ◆ Durabilidad mecánica
- ◆ Cantidad de finos

Los resultados de la caracterización fueron comparados con los parámetros de la Norma ISO 17225-2 "Biocombustibles sólidos – Especificaciones de combustibles y clases – Parte 2: Certificación de Pellets de madera", Norma que especifica valores máximos para los parámetros fisicoquímicos del pellet (INN, 2017).

Esta norma determina las clases de calidad de los combustibles y las especificaciones de pellet de madera clasificados para uso domiciliario e industrial.

La norma cubre solo pellet de madera producidos a partir de las materias primas siguientes:

- ◆ Bosque, plantaciones y otra madera virgen.
- ◆ Subproductos y residuos de la industria del procesado de la madera.
- ◆ Madera usada no tratada químicamente.

La norma NCh-ISO 17225/2, además divide las clases de pellet de madera en dos tipos:

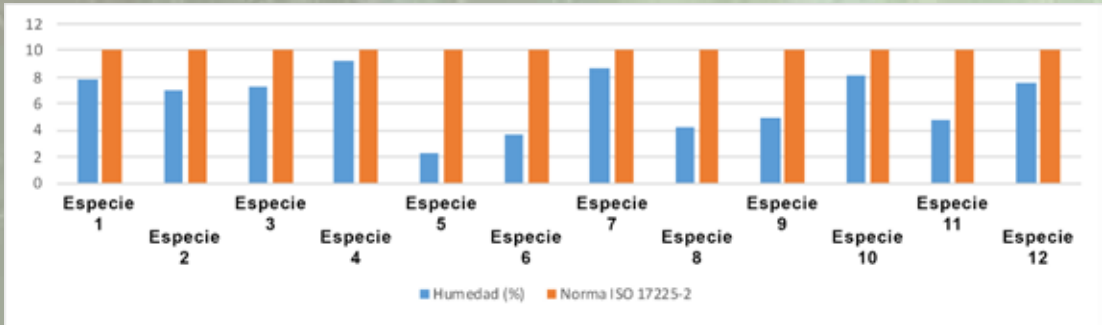
- ◆ Con aplicaciones comerciales y residenciales. Categorías A1, A2 y B.
- ◆ Con uso industrial. Categorías I1, I2 e I3.

A continuación, se presentan los resultados de los estudios de la caracterización del pellet fabricado con diversas especies forestales que crecen en la región, obtenidos desde 12 muestras de pellet producidas, la que se presentan en el Cuadro N° 7.

**Cuadro N° 7**  
**RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICOS DE PELLET PRODUCIDO**  
**SEGÚN ESPECIES**

Especie (N°)	Especie, condición/Valor Norma ISO 17225-2	Humedad (%)	Contenido de Cenizas (p/p)*	Durabilidad Mecánica (p/p)	Finos (%)	Poder Calorífico Inferior (MJ/Kg)
		<10,0	<2,0	>98,0	<1,0	>16,5
1	<i>Acacia mearnsii</i> Plantado, Florida (13 años)	8,7	5,80	96,3	1,4	17,0
2	<i>Acacia dealbata</i> asilvestrado, Chillan Viejo (6 años)	7,9	3,10	96,3	1,3	17,3
3	<i>Acacia dealbata</i> plantación, Florida (13 años)	7,3	2,20	96,3	3,1	17,6
4	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Cauquenes (13 años)	8,1	3,60	96,3	3,8	18,0
5	<i>Acacia mearnsii</i> Los Sauces (6 años), distanciamiento 3x1m	2,3	5,80	0,70	2,7	17,8
6	<i>Acacia mearnsii</i> Los Sauces (6 años), distanciamiento 3x2m	3,7	5,80	0,80	0,6	17,8
7	<i>Acacia dealbata</i> Los Sauces (6 años), distanciamiento 3x2m	7,0	5,80	0,50	1,4	18,0
8	<i>Acacia melanoxylon</i> Cañete, asilvestrado	4,2	5,80	0,80	2,2	17,7
9	<i>Acacia melanoxylon</i> Plantado, Contulmo (6 años)	4,9	5,80	0,40	1,5	17,7
10	<i>Acacia dealbata</i> Plantado, Cañete (16 años)	9,2	5,80	0,40	2,1	17,9
11	<i>Eucalyptus regnans</i> Plantado, Cañete (6 años)	4,8	5,80	0,42	2,2	18,1
12	Mezcla de biomasa de pino radiata y raulí	7,6	5,80	0,08	2,3	18,2

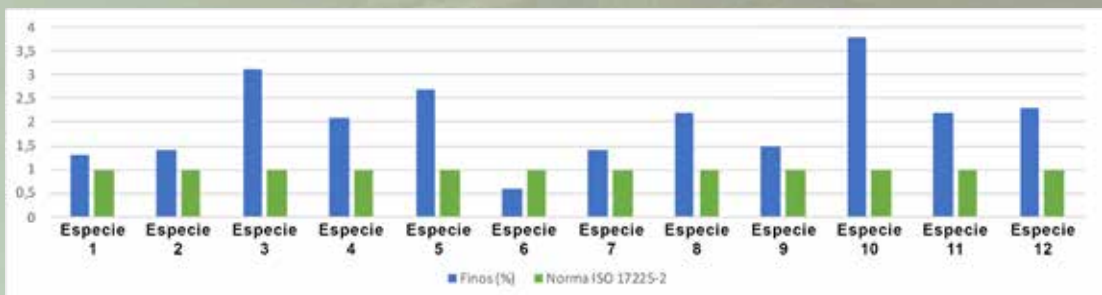
\* p/p = Porcentaje Peso a Peso (% P/P)



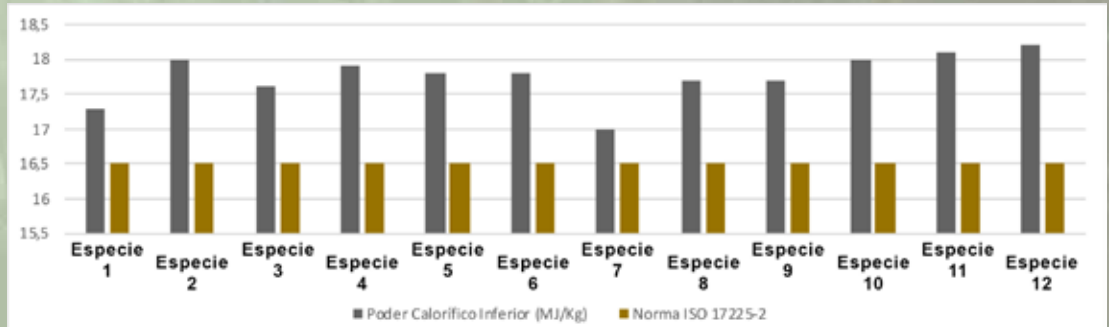
**Figura N° 11**  
**RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN ESPECIES**



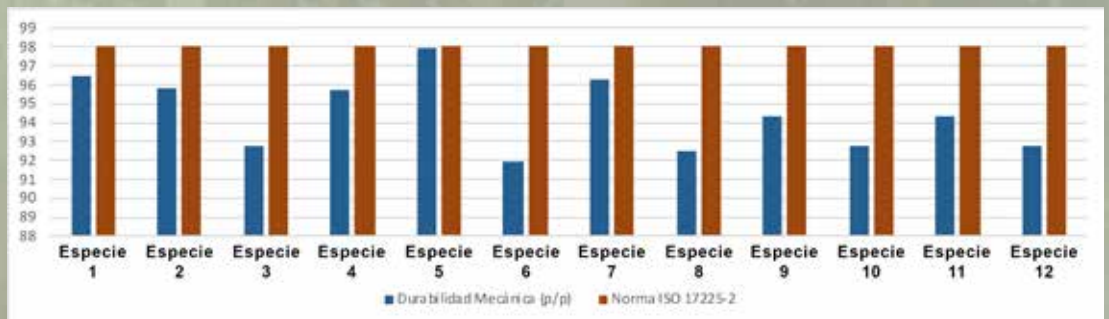
**Figura N° 12**  
**RESULTADOS DE CONTENIDO DE CENIZAS SEGÚN ESPECIES**



**Figura N° 13**  
**RESULTADOS DE FINOS SEGÚN ESPECIES**



**Figura N° 14**  
**RESULTADOS DE PODER CALORÍFICO SEGÚN ESPECIES**



**Figura N° 15**  
**RESULTADOS EN DURABILIDAD MECÁNICA SEGÚN ESPECIES**



**Figura N° 16**  
**PELLET PRODUCIDO A PARTIR DE ESPECIES FORESTALES**  
**PARA SU CARACTERIZACIÓN NORMA ISO 17225-2**



## ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados generales señalan en relación con la calidad de los pellet obtenidos, de las diversas especies forestales utilizadas, que cumplen con los parámetros de humedad y poder calorífico, específicamente con los límites inferiores indicados para cada uno de ellos en la Norma ISO 17225-2.

La norma NCh ISO 17225/2 clasifica al pellet según su calidad y destino, esto último según uso domiciliario e industrial a que se destine, basado en parámetros de origen de la materia prima, dimensiones y calidad, caracterizando el uso de pellet de madera con ciertas características específicas para su uso a nivel domiciliario y además para su uso en calderas de edificios residenciales, comerciales y edificios públicos, así como aplicaciones de generación de energía industrial, dado que cada uno de ellos requiere contar con una calidad clasificada de pellet. Las subclasificaciones se definen según el tipo de materia prima que se utiliza, pero además define el rango de presencia de ciertos parámetros como son el contenido de cenizas y nitrógeno.

La norma señala que se puede clasificar en pellet domiciliario y pellet industrial, considerando lo que se indica en el Cuadro N° 8.

Clasificación del Pellet según su Uso	Subclasificación
Domiciliario	A1 – A2 - B
Industrial	I1 – I2 – I3

(Fuente: INN, 2017)

Las clases de propiedad A1, A2, I1 e I2, representan madera virgen y residuos de madera no tratada químicamente. La clase A1 es un pellet con bajos niveles de ceniza y nitrógeno, mientras que la clase A2 presenta levemente niveles más altos de estos índices. Las clases industriales I1 e I2, tienen un contenido de cenizas y nitrógeno similar a la clase domiciliaria A2. Finalmente, las clases B e I3, permiten subproductos y residuos industriales de madera tratada químicamente y madera usada no tratada químicamente.

Todos los pellet obtenidos cumplieron con los parámetros de humedad, poder calorífico inferior y cenizas para Categoría A1 indicados en la Norma ISO 17225-2, a excepción del pellet elaborado a partir de *Acacia melanoxylon* (Cañete, asilvestrado) cuyo contenido de cenizas solo cumplió con lo exigido en la Categoría A2. En este último caso, el valor de este parámetro puede ser disminuido mediante la mezcla de la materia prima con la de otra especie, que tenga una menor concentración de cenizas.

Los pellet producidos no cumplieron con lo establecido en la norma respecto de la durabilidad mecánica y el contenido de finos. Estas variables no dependen de la calidad de biomasa, sino más bien están relacionadas al proceso de fabricación de pellet. Por lo tanto, estas variables podrían ser mejoradas en futuros procesos de producción a mayor escala u optimizados mediante la ejecución de un mayor número de ensayos pilotos, considerando siempre como variables críticas el tamaño de partículas, sobre todo en especies con mayor dureza, la humedad inicial de las muestras, la homogeneización de la biomasa luego de la humectación, así como también regular la razón de alimentación al equipo de peletización, de manera de controlar las condiciones que aumentan la temperatura por fricción en la matriz.

Por lo tanto, en el caso de los parámetros físicos del pellet como durabilidad mecánica y contenido de finos, estos pueden ser optimizados en una producción a mayor escala, considerando por ejemplo<sup>4</sup>:

- ◆ Utilizar un menor tamaño de partículas.
- ◆ Aumentar la humedad de trabajo.
- ◆ Regular la razón de alimentación dependiendo del tipo de equipo utilizado.

En específico, para mejorar la fabricación de los pellets y evitar problemas de sobrecalentamiento o que se tape el equipo que está siendo utilizado para estos fines, sería necesario disminuir el tamaño de partícula, para lo cual se recomienda realizar procesos consecutivos de molienda o trabajar con matriz con menor tamaño de partícula, evaluando si el equipo de molienda es capaz de procesar biomasa con un mayor grado de dureza.

---

<sup>4</sup> INFOR, 2021. Información recopilada desde diversas empresas



Para una producción a escala industrial, esto puede ser manejado con equipos que tengan una mayor potencia para la trituración del material. Además, el proceso de humectación y posterior homogeneización de las muestras podría ser optimizado de manera de evitar que el material pierda agua en forma rápida o excesiva al momento de ingresar al equipo de peletizado.

Los resultados obtenidos, son considerados alentadores, pero se requiere de nuevos estudios para obtener resultados más precisos sobre la calidad de los pellets producidos a partir de biomasa de diferentes especies forestales que crecen en Chile, de manera de contribuir a diversificar las fuentes de abastecimiento de materia prima de la industria del pellet y no depender absolutamente de lo generado por la industria del aserrío.

El estudio será un insumo inicial para la definición de posibles especies con potencial de utilización y debe ser complementado, con análisis que consideren la evaluación las características químicas del pellet producido.

Por lo tanto, una segunda fase de estudio se referiría a un análisis más completo de las características químicas del pellet. Ello implicaría nuevos análisis que consideren una especie, mezcla de ellas y la realización de los siguientes análisis:

- ◆ Aditivos
- ◆ Nitrógeno
- ◆ Azufre
- ◆ Cloro
- ◆ Arsénico
- ◆ Cadmio
- ◆ Cromo
- ◆ Cobre
- ◆ Plomo
- ◆ Mercurio
- ◆ Níquel
- ◆ Zinc
- ◆ Comportamiento de fusión de cenizas

La opción de utilizar aserrín o viruta de pino radiata con biomasa de alguna de las especies seleccionadas en este estudio, es una alternativa que debe ser considerada en esta industria, como medio para aumentar o asegurar la disponibilidad de biomasa de adecuada calidad para su utilización en el proceso productivo del pellet.

En estos estudios se requiere, además, de la necesidad de analizar la eficacia económica de este tipo de soluciones para abastecer la industria del pellet. Esto implica un análisis a distintas escalas, tanto local, comunal, provincial o regional, así como también conocer de las tecnologías disponibles para el uso de este tipo de material y las condiciones de ubicación, transporte y abastecimiento de la biomasa.

Este análisis, de las distintas combinaciones de materia prima proveniente de diversas especies, permitiría generar recomendaciones sobre en qué circunstancias utilizar uno u otro tipo de materia prima, dependiendo la factibilidad y condiciones de disponibilidad de la biomasa, ubicación y costo, entre otros.

Con todos los antecedentes obtenidos con los estudios será posible finalmente, recomendar especies forestales que crecen en la región y en el país para su utilización en la industria del pellet.

Ello permitiría ampliar el conocimiento acerca de nuevas opciones derivadas de la biomasa forestal para su uso en la fabricación de pellet y así ofrecer opciones de nuevas fuentes de abastecimiento a esta industria, la que está creciendo en su demanda de manera constante.

## COMENTARIOS GENERALES

El incremento de la actividad económica en torno al mercado del pellet requiere de información técnica que el actual y potencial productor debe conocer y manejar, entre los que se cuentan, por cierto, los costos de producción, los requerimientos de inversión, la calidad de la biomasa a utilizar, la disponibilidad y seguridad en su abastecimiento, las estructuras normativas, los mercados a abordar, la relación biomasa equipos a utilizar y la tecnología disponible. Todo ello repercutirá en la competitividad del negocio.

La generación de la información requiere a su vez de estudios de factibilidad para plantas productoras de pellet, de manera que cuenten con nuevas opciones para el abastecimiento seguro y permanente de biomasa forestal para su uso en la fabricación de este energético.

En este proceso, además de verificar las propiedades físico-químicas de una especie en particular, se requiere conocer de su disponibilidad en un territorio en específico, y a partir de su densidad básica, estimar la oferta de biomasa seca por unidad de superficie de esta especie así como también su ubicación. Ello permitiría decidir si es factible técnica y económicamente la utilización de una especie en particular.

En el país, se han realizado estudios en los que se han utilizado especies nativas y/o mezclas de rastrojos de la actividad agrícola, señalándose en algunos casos que la mezcla más promisoría de residuos está constituida por el rastrojo de trigo pre tratado y madera, la que, sin embargo, presentan valores excedidos en emisión de gases, pero que deberán ser re-estudiados en el futuro (Baettig, 2018). Anteriormente, Pelz y Steinbrink (2010) habían mencionado, al estudiar diversas especies en la región de Los Ríos para producir pellet, que algunas especies arbóreas estudiadas son adecuadas para el uso energético, indicando que las especies seleccionadas se puede peletizar, pero la peletización de estas especies es más exigente que la de coníferas que se están utilizando actualmente. Su estudio indicó que, para la mayoría de los parámetros de calidad de los pellets producidos, se logra el nivel más alto de calidad de la norma europea. En este estudio se concluyó por ejemplo que *Acacia melanoxylon* no cumplía con lo requerido por la norma en cuanto al poder calorífico, a diferencia de los resultados del análisis realizado en la región del Biobío, en donde los parámetros obtenidos permiten clasificarla como A1.

Estos mismos autores señalan que se requiere investigar la combinación de distintas especies de madera para la producción de pellet, agregando entre otros temas la necesidad de la transferencia de conocimiento y de tecnología a través de la cadena de proceso para producir pellet, además de aspectos como el astillado, secado, molido y tamizado.

Pegoretti (2021) indica que en la región del Biobío especies no madereras, como Paulownia y Miscanthus han presentado potencial energético para ser utilizadas como complemento a la principal especie utilizada en bioenergía, como lo es el Pino radiata. El autor destaca que ambas especies presentan un buen potencial energético para la fabricación de pellet y la producción de energía térmica, añadiendo sin embargo que, las especies presentaron menores capacidades para bioenergía en comparación al Pino radiata. Finalmente destaca que hay que asegurar la buena calidad del biocombustible a generar y su capacidad para cumplir con las normas requeridas, nacionales e internacionales.

Los resultados obtenidos por los diversos estudios antes descritos, así como también por los obtenidos en el presente estudio, demuestran que, si bien es posible producir pellet a partir de la biomasa de una especie forestal en específico, si no se cuenta con una superficie de interés plantada o establecida con esta especie, no sería posible su utilización, ya que no se contaría con un abastecimiento constante y seguro de biomasa a partir de esta especie.

En este sentido los esfuerzos para abordar esta materia, se deben orientar a:

- ◆ Establecer la presencia de una especie de interés (hectáreas).
- ◆ Su ubicación a nivel de la región o regiones.
- ◆ Características físico químicas de su biomasa para poder establecer su factibilidad de utilización en la fabricación de pellet.
- ◆ Uso actual de la especie por parte de la industria.
- ◆ Opción de obtener astillas, viruta y/o aserrín a partir de esta especie.
- ◆ Requerimientos para su utilización productiva (logística, procesamiento, otros).

Además, se debe considerar en este análisis que existe un grupo importante de especies forestales de rápido crecimiento que han presentado un adecuado desarrollo en el país y que, además, podrían contar con una superficie que permitiese su aprovechamiento por parte de la industria del pellet.

Actualmente, en el país existen amplias superficies establecidas con diversas especies forestales, tanto exóticas o nativas, que han demostrado un potencial de crecimiento, ya sea en la forma de plantaciones, masas asilvestradas, retoñación o bien, en mezcla con otras especies.

Conociendo estos antecedentes, será posible determinar la actual disponibilidad de biomasa posible de utilizar en la fabricación del pellet, así como también la disponibilidad potencial si se consideran las especies forestales que pueden ser establecidas en cada región.

## REFERENCIAS

**Baeting, R.; Yáñez M. y Albornoz M., 2010.** Cultivos dendroenergéticos de híbridos de álamo para la obtención de biocombustibles en Chile: Estado del arte. Bosque 31(2): 89-99.

**Baettig, R., 2018.** Innovación en biocombustibles sólidos densificados de origen agrícola para consumidores domiciliarios urbanos e industriales. Informe final de proyecto. Descripción de biocombustibles sólidos densificados elaborados en el proyecto FIC Región del Maule. 2018. Universidad de Talca, <http://ficbiomasas.otalca.cl/>

**Belloio, R. y Karelovic, P., 2011.** Energía de biomasa forestal, lecciones internacionales y su potencial en Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Mayo 2011. 28p.

**CNE, 2020.** Anuario estadístico de energía 2019. Comisión Nacional de Energía. En: <http://www.cne.cl>.

**CONAF, 2015.** Encuesta consumo de leña principales ciudades región del Bio Bio.

**CONAF, 2017.** Diagnóstico de medios, estándares y actores involucrados en el proceso de comercialización de leña, en el marco de la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (ENCCRV). Estrategia nacional de cambio climático y recursos vegetacionales, ENCCRV. Nota Informativa N°16.

**Hall, P. y Jack, M., 2010.** Los grandes bosques como fuentes de energía: Uso de la tierra y repercusiones económicas y medioambientales. Unasyuva N° 235/235

**HAVERLAND, 2021.** Como sabemos si el Pellet es de Buena calidad. En: <https://haverland.com/2016/01/19/como-sabemos-si-el-Pellet-es-de-buena-calidad>

**Houck, J. E. y Broderick, D., 2005.** PM2.5 Emission Reduction Benefits of Replacing Conventional Uncertified Cordwood Stoves with Certified Cordwood Stoves or Modern Pellet Stoves. Estados Unidos. p26. En: [https://www.omni-test.com/publications/Emission\\_Reduction.pdf](https://www.omni-test.com/publications/Emission_Reduction.pdf)

**INFOR, 2021a.** Anuario Forestal 2021. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N° 180. Santiago. 274p. En: <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/31292>

**INFOR, 2021b.** Subproductos madereros de la industria del aserrío 2021. Boletín Estadístico N° 181. 92p. En: <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/31300>

**INFOR 2021.** Programa FIC BIOMASA, Informa de proyecto. Gobierno Regional de la Región del Bio Bio-INFOR.

**INN, 2017.** NCh-ISO17225/2 Biocombustible sólidos- especificaciones y clases de combustible- Parte 2. Clase de Pellets de madera. Disponible en <https://www.inn.cl/>

**IMARTEC, 2021.** Es realmente la biomasa neutra en emisiones de carbono? Biomass Energy Evolution. En: <https://www.imartec.es/es-realmente-la-biomasa-neutra-en-emisiones-de-carbono/>

**NRDC - BNEF y VALGESTA ENERGÍA, 2011.** El futuro de la energía limpia en Chile. En: [http://www.nrdc.org/laondaverde/international/files/chilecostofenergy\\_sp.pdf](http://www.nrdc.org/laondaverde/international/files/chilecostofenergy_sp.pdf). Consulta 29 de marzo 2012.

**Pegoretti, H., 2021.** Evaluación de las propiedades de diferentes especies con potenciales energéticos para la elaboración de Pellet de calidad. Congreso Online Internacional Florestal, CONIFLOR. Mayo 2021.

**Pinilla, J.C.; Luengo, K. y Navarrete, M., 2020.** Reporte “Fortalecimiento y desarrollo de opciones forestales para el uso de la biomasa de bosques en la generación de energía a nivel país”. Informe de proyecto Ministerio de Agricultura de Chile. Instituto Forestal, Sede Bio Bio, Chile. 25p. más anexos.

**Pelz, Stefan y Steinbrink, Jens, 2010.** Análisis de materias primas y combustibles sólidos de madera (CSM). Universidad de Rottenburg. Departamento SENCE-Dendroenergía. Seminario Internacional del proyecto FIA. Marzo 2010

**UDT, 2020.** Informe Final. “Valorización de biomasa mediante fabricación y certificación de Pellets de madera”. Propuesta Técnica 2019 RT-054-136. Unidad de Desarrollo Tecnológico, Universidad de Concepción.











**INFOR**

---