



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1900

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





RESULTADOS DE UNA ESTRATEGIA DE DESARROLLO LOCAL EN BASE A BOSQUES PARA ENERGÍA FRENTE A NUEVOS ESCENARIOS DERIVADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE

PINILLA SUÁREZ, J.C. (1), LUENGO VERGARA, K. (1), GARCÍA INOSTROZA, J. (1), NAVARRETE TORRES, M. (1), CASANOVA DEL RÍO, K. (1) y NAVARRETE ULLOA, F. (1)

(1) Instituto Forestal, Concepción, Chile.

Resumen

Se presentan los principales antecedentes y resultados de un programa que fomenta el establecimiento y/o manejo de bosques para energía como medio para ofertar biomasa forestal de corta rotación, aumentando la competitividad y fortaleciendo la economía regional e industria energética como medio para fortalecer el desarrollo local en torno a los Biocombustibles en Chile. A través de una metodología que fomentado que pequeños y medianos propietarios establezcan y usen sus bosques para la oferta de biomasa para generación de energía renovable no convencional, la entrega de antecedentes y opciones que contribuyan a asegurar el abastecimiento de biomasa para las unidades de producción con un beneficio económico, desarrollando un programa de transferencia, monitoreo del mercado, caracterización energética de nuevas especies y productos, plantación de bosques modelos para energía y difusión, contribuyendo a fomentar opciones de negocios asociados a biomasa, productos innovadores y sustentables, y beneficios para propietarios, ampliando la matriz energética, fortaleciendo la economía, competitividad y seguridad energética regional. La iniciativa desarrollada por el Instituto Forestal incorporó el análisis y efectos del nuevo escenario normativo que regulará la producción y comercialización de los Biocombustibles Sólidos, aportando a mejorar la matriz energética regional y la Bioeconomía. Se presentan resultados sobre plantaciones establecidas, la eficiencia en la producción y el uso sustentable de bosques para fortalecer e impulsar las economías locales basadas en la biomasa forestal como energía, aprovechando la potencialidad del territorio y sus ventajas comparativas, en un modelo de Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento acorde a los procesos de mitigación y descarbonización.

Palabras clave

Bioenergía, bioeconomía, biocombustible, desarrollo, mitigación

1. Introducción

En el mercado de la energía a partir de biomasa en Chile, la cual se considera la fuente de energía más confiable y eficiente en relación a la eólica y solar, se ha registrado un incremento de la demanda por biomasa debido al ritmo de inversiones para la instalación de plantas generadoras y plantas de Pellet, además de su uso como Leña, entre otros. Este incrementado ha significado que la biomasa



representa cerca del 26% de la matriz energética primaria, siendo su uso centrado en generación eléctrica, calefacción, agua sanitaria y cocción de alimentos, principalmente.

Estas iniciativas necesitan y están enfrentando un problema importante relacionado con el abastecimiento de biomasa, más aún considerando que en Chile existe una superficie potencial para el establecimiento de plantaciones forestales, siendo factible la utilización de parte de ellas, en plantaciones dendroenergéticas, y con ello, desarrollar las ERNC. A ello se agrega la necesidad de información, modelos de manejo y herramientas para la gestión eficiente de los bosques y biomasa forestal para su uso en energía. Esta información en un escenario de seguridad e independencia energética son fundamentales para la toma de decisiones en diferentes estamentos, ya sea desde el propietario forestal y sus emprendimientos en leña, productores de Biocombustibles, asociaciones de productores e inversionistas, entre otros, hasta niveles de Gobierno Local, regional o nacional para la adecuada focalización de recursos y/o iniciativas.

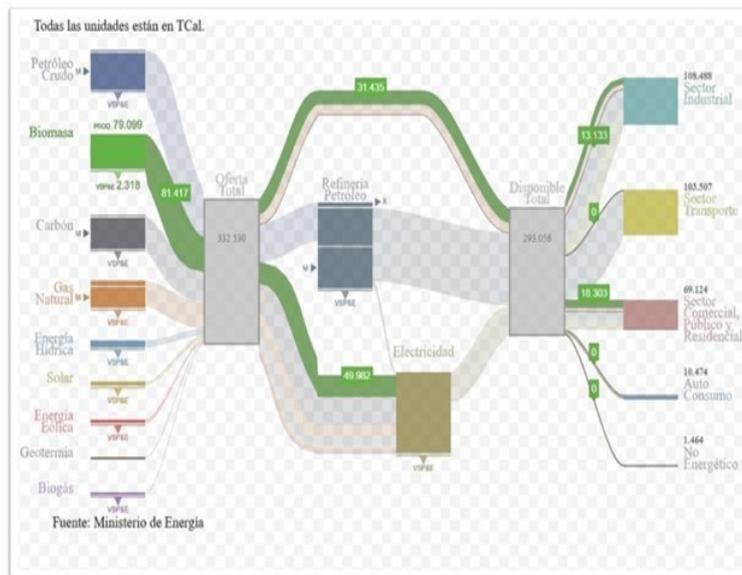


Figura 1. Matriz energética primaria en Chile

Los habitantes y centros productivos requieren de fuentes de energía para sus procesos y crecimiento económico, en un escenario donde los combustibles fósiles son cada vez más cuestionados. Este escenario de inseguridad energética genera una amenaza y pérdida de competitividad, y es al mismo tiempo una oportunidad para la creciente participación de la biomasa forestal como fuente de diversificación de la matriz energética.

Para el fortalecimiento de la industria de los Biocombustibles en Chile, se requieren de antecedentes respecto a disponibilidad y características de los bosques plantados que son utilizables como materia prima, sus perspectivas, y opciones para suplir los mayores requerimientos de cantidad y calidad de biomasa



y el desarrollo de Bioeconomías locales, aprovechando la potencialidad del territorio y sus ventajas comparativas.

Existe un número importante de habitantes del país que participan del negocio de producción de leña, que requieren de apoyo para aumentar su competitividad y fortalecer la economía regional de pequeños y medianos propietarios e industria energética.



Figura 2. Producción de Biocombustibles Sólidos en Chile

Este escenario requiere de generar un entorno de sustentabilidad de la Bioenergía donde es posible rentabilizar suelos degradados/marginales de pequeños y medianos propietarios a través del uso de bosques de corta rotación para suministro de biomasa utilizable en la generación de energía y biocombustibles, junto con la articulación y herramientas de apoyo para su adecuada gestión, productividad, crecimiento económico y empleo, incluyendo opciones de capacitación para la valorización de sus terrenos.

Este grupo objetivo necesita de herramientas que ayuden a aumentar su competitividad siendo las inversiones en ERNC una opción para ello. El desarrollo de las ERNC y en especial del uso de la biomasa forestal como fuente de energía requiere de la generación y difusión tanto de aspectos silvícolas como tecnológicos para fomentar su utilización, con antecedentes validados acerca de la caracterización energética del recurso, productividad, sustentabilidad, adaptabilidad, ubicación y la superficie plantada o por plantar disponible para su utilización, entre otros a lo que se agregan temas de mercados y normativas.

Ello en un entorno donde el sector de los Biocombustibles Sólidos en Chile cuenta con una nueva ley que define su producción y comercialización, ello a través de la Ley 21.499 de Biocombustibles del Ministerio de Energía (MEN, 2024), que permitirá regular la calidad de los biocombustibles sólidos (leña, pellet y otros), que se comercialicen en el país. Este cuerpo legal define entre otras materias, la futura necesidad de certificación o acreditación de la calidad de la Leña, el pellet y del carbón vegetal.

Esta nueva normativa para los Biocombustibles, especifica, entre otros temas, que la Leña que se comercialice en el país, especialmente para su uso en las ciudades, deberá contar con un contenido de humedad con un máximo de 25% y



que para la comercialización del Pellet se deberá contar con la debida acreditación de su calidad según la norma chilena.

Este cuerpo legal señala igualmente la necesidad de construcción de una estrategia de bioenergía para el país, la cual se está generando incluyendo conceptos que son utilizados en estos mismos tipos de estrategias como la de Alemania o Reino Unido. Esta estrategia adecuada a las características del país y sus territorios, consideran, destacan y reconocen, el uso de la biomasa forestal como agente relevante para la protección del clima, a través del almacenamiento del carbono a largo plazo frente a nuevos escenarios derivados del cambio climático en Chile.

Esta estrategia en construcción considera la priorización del uso múltiple de la biomasa forestal, y su reutilización y recirculación del carbono que contiene, priorizando el uso de biomasa residual o a partir de bosques dedicados.

Lo anterior es coincidente con la Política Forestal Chilena del Ministerio de Agricultura, la cual establece como uno de sus objetivos de impacto el consolidar la contribución del sector forestal a la seguridad e independencia energética y a la descarbonización de la matriz de energía primaria, incrementando la producción y utilización de biomasa certificada en origen y calidad.

A ello se agrega los requerimientos de la Estrategia de Desarrollo Regional de la región del Biobío, que señala entre sus objetivos estratégicos el promover en los sectores productivos, en todas las escalas, un uso eficiente de la energía y los recursos naturales (renovables y no renovables).

2. **Objetivos** (Libre Franklin 10, negrita y justificado)
3. Presentar los antecedentes generados en Chile por el Instituto Forestal orientados a fortalecer la industria de la generación de energía en base a biomasa forestal, a través de la generación de información, estudios tecnológicos y el establecimiento de Bosques para su uso en Energía, en apoyo a la implementación de la estrategia de desarrollo local en base a bosques para energía frente a nuevos escenarios derivados del cambio climático en Chile
4. Apoyar las acciones emprendidas para el fomento, gestión de calidad, aspectos normativos y el crecimiento productivo y rentable del uso de la biomasa forestal, en actuales y nuevos escenarios de generación y transición energética.
5. **Metodología** (Libre Franklin 10, negrita y justificado)

La metodología utilizada contempla una coordinación permanente con los productores de biocombustibles de la región y con las entidades relacionadas, tales como el Ministerio de Agricultura, Ministerio de Energía, Servicio Forestal, asociaciones de productores de Biocombustibles, profesionales relacionados y otros.



Se generan antecedentes para la innovación, emprendimientos y nuevos negocios en el área de la bioenergía regional y documentos técnicos con caracterización energética de productos.

Se establecen unidades demostrativas de bosques para energía, transfiriendo los modelos de establecimiento y manejo, especies, productos potenciales y antecedentes para sustentabilidad.

Se realiza un permanente monitoreo del mercado regional de los Biocombustibles (Leña y Pellet) y de los requerimientos de los productores de modo de apoyar la eficiencia del negocio y especialmente, de la implementación de la Ley de Biocombustibles Sólidos que se implementará en el país.

La metodología considera un permanente programa de difusión y transferencia para la entrega de información y capacitación (talleres, seminarios y días de campo).

4. Resultados

4.1 El sector de la Leña en Chile

Los sistemas forestales tienen la particularidad de en una misma superficie generar diferentes productos, incluyendo ser fuente de energía renovable, aportando a la generación de energías limpias, a los procesos de mitigación del cambio climático, la reducción de la pobreza energética y como materia prima para apoyar los emprendimientos en Bioenergía. Además, los bosques son fuente de fibras, combustible y alimentos, y proporcionan medios de vida a miles de personas

Existe un número importante de habitantes de Chile que participan del negocio de producción de Leña, que requieren de apoyo para aumentar su calidad y competitividad, y fortalecer la economía regional de pequeños y medianos propietarios e industria energética.



Figura 3. Formatos de comercialización de leña en Chile

Según el Observatorio de Biocombustibles de INFOR, se estima un consumo anual cercano a los 11.857.183 metros cúbicos sólidos, con cerca de 2 millones de viviendas en Chile que utilizan leña para calefacción. Para la Región del Biobío,



principal región forestal de Chile, se estima un consumo cercano a 1.963.941 m³, distribuidas aproximadamente entre 416.380 viviendas urbanas y 64.137 viviendas rurales, con un consumo de Leña aproximado de 5,6 m³ sólidos/vivienda/año en sectores urbanos y de 10,2 m³ sólidos/vivienda/año en el sector rural.

Según registros del Ministerio de Energía, en la región del Biobío existen 48 Productores de Leña con Sello de Calidad, reconocimiento entregado por el Ministerio a través de la Agencia de Sostenibilidad Energética (Agencia SE), con el objetivo de destacar a comercializadores cuyo proceso de producción de Leña, les permite generar un producto de calidad.

Respecto de las especies utilizadas como fuente de abastecimiento de Leña en la región del Biobío, los productores con Sello de Calidad mencionan el *Eucalyptus globulus*, *Acacia dealbata*, *Eucalyptus nitens* y *Pino radiata* en las especies exóticas y en el caso de especies nativas, *Nothofagus obliqua*, *N. alpina*, *Persea lingue* y *Peumus boldus* (Pinilla y García, 2024).

Se observa que, a diferencia de otras regiones, cerca del 100% de la Leña que se utiliza en la región proviene de plantaciones con especies exóticas y/o el manejo de rebrotes o masas asilvestradas de diversas especies, destacando, además, por el uso actual de los terrenos y necesidades de su recuperación, el potencial existente para la utilización de especies forestales con fines dendroenergéticos.

La Corporación Nacional Forestal de Chile (2024), el Servicio Forestal, menciona que en la región del Biobío existirían 89 Acopios de Leña monitoreados durante el año 2023, que representan cerca del 15% del total de estos establecimientos en el país. Un centro de Acopio de Leña para estos fines fue definido como una ubicación física donde se junta, almacena y procesa Leña para su posterior comercialización, clasificándolos según el Volumen Comercializado Anual, indicando de Pequeña Escala (volumen menor a 500 m³), Mediana Escala (entre 500 hasta 1.000 m³) y de Gran Escala, con volúmenes sobre 1.000 m³ estéreo de Leña.

Según esta clasificación, en la región del Biobío existirían 7 centros de acopio de Gran Escala, 19 de Mediana Escala y 63 de pequeña Escala, con una producción total de 54.169 m³ estéreos. Los acopios de Gran Escala concentran el mayor volumen de Leña comercializado anualmente, llegando a abarcar un 43% del total, mientras que los centros de mediana y Pequeña Escala presentan volúmenes similares comercializados (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación según escala de producción y volumen (m³ estéreos) de centro de acopio en la región del Biobío

Región	Gran Escala		Mediana Escala		Pequeña Escala	
	Nº Acopios	Volumen	Nº Acopios	Volumen	Nº Acopios	Volumen
Biobío	7 (8%)	23.250 (43%)	19 (21%)	15.700 (29%)	63 (71%)	15.219 (28%)

Fuente: CONAF, 2024



Respecto del precio de la Leña en la región, el estudio de INFOR reporta durante el año 2024 una estabilización en su valor, aun cuando lo productores con Sello de Calidad señalan un encarecimiento en el valor de la materia prima, además del incremento del costo de los combustibles fósiles y la falta de mano de obra, principalmente. De igual forma, los productores estiman que la demanda ha sido estable, lo que influye en la estabilidad del precio de la Leña, el que se ha mantenido desde hace cerca de un año.

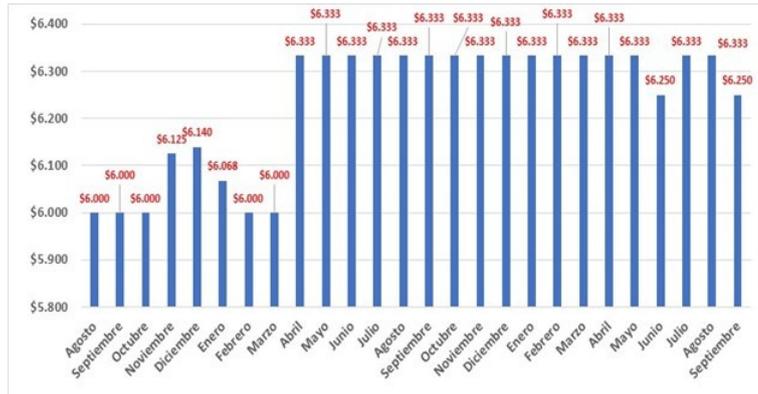


Figura 4. Evolución precio saco 25 k de Leña (Agosto 2022 – Septiembre 2024)

Fuente: Pinilla y García, 2024

Al analizar la evolución del precio de la Leña en la región del Biobío ofertada por productores con Sello de Calidad de Leña, en saco de 20 y 25 kilos a partir del año 2022, es posible observar un aumento permanente de su valor, tal cual se observa en el siguiente gráfico.

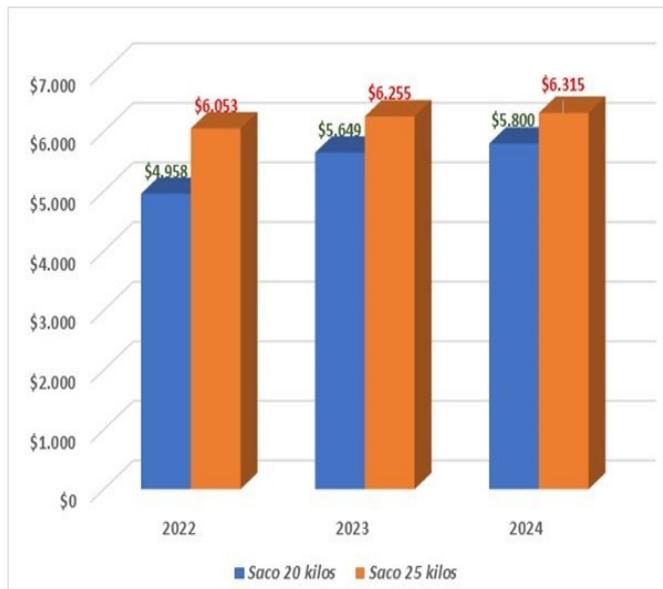


Figura 5. Evolución del precio del saco de Leña de 20 y 25 kilos en la región del Biobío

Fuente: Pinilla y García, 2024



Figura 6. Productor de Leña con Sello de Calidad

1.
 - a. **Comentarios del sector de los Productores de Leña con Sello de Calidad** Durante el trabajo con productores de Leña con Sello de Calidad, se ha obtenido información que permite identificar brechas y realidades de este sector.

Este sector destaca que han trabajado varios años para obtener este Sello de Calidad, y así poder trabajar de una manera mas segura y que promovía un mejor camino económico para los productores. Ello implicó el cumplir con normas mínimas, en un trabajo de gran intensidad y riguroso, y del cual están orgullosos.

Manifiesta preocupación por los Planes de Descontaminación Ambiental (PDA) para ciertas ciudades de Chile afectadas por contaminación por el mal uso de la leña, especialmente leña húmeda, los que están prohibiendo equipos a combustión lenta, lo que se ve cómo una barrera a su actividad comercial y que es contradictorio con los programas de fomento a la Leña y que finalmente, afectan a la población.

Según mencionan estos productores con Sello de Calidad, sería conveniente el contar con una mayor visibilización, solicitando mayor difusión desde las entidades del Estado, eventos para promocionar sus productos, apoyo para aumentar la producción, capital de trabajo, fomentar los procesos de secado ya que la nueva Ley exige la venta de solo Leña seca (menor a un 25% de humedad) y en general, apoyo y fomento a este sector, más aún en un escenario de la ley, lo que exigirá más Leña de calidad en los próximos años.

Respecto del abastecimiento de biomasa para la producción de leña, ello se hace a través de bosques propios de los productores de este biocombustible o bien, a través de la compra de bosques a terceros, donde observan que no existe renovación de la biomasa, de nuevas forestaciones que ellos puedan utilizar para suministro de madera para la producción de Leña, lo que afecta el valor de la materia prima.

Un aspecto relevante es que actualmente en Chile no se está forestando, lo que indudablemente puede afectar el mercado de este biocombustible, ya que no se establecen plantaciones para la generación de biomasa para leña, debiendo abordar opciones para diversificar y aumentar su disponibilidad, considerando

estructurar paisajes más sostenibles

4.2 El sector del Pellet

El pellet de madera, se ha consolidado como un recurso energético de gran relevancia en la actualidad. Este combustible sólido, obtenido a partir de la compactación de residuos de madera, ha experimentado en el país un permanente incremento en su demanda. Esta creciente preferencia se ha basado en su eficiencia como fuente de energía renovable y su papel en la reducción de la contaminación ambiental de las ciudades. A medida que la conciencia ambiental se ha fortalecido, el pellet ha emergido como una alternativa más sostenible y amigable con el medio ambiente, lo que ha impulsado su adopción en diversas aplicaciones, desde sistemas de calefacción residencial hasta instalaciones industriales.

Este aumento constante en la demanda refleja la búsqueda continua de soluciones energéticas más limpias y viables, estableciendo al pellet como un protagonista en la transición hacia una matriz energética más sostenible. A Agosto del 2024 existían 58 empresas de Pellet en el país, con una mayor concentración en la región del Biobío (15).

Región	Nº de Plantas
Valparaíso	2
Metropolitana	5
O'Higgins	2
Maule	10
Ñuble	2
Biobío	15
La Araucanía	8
Los Ríos	9
Los Lagos	2
Aysen	1
Magallanes	2
Total	58



Figura 7. Plantas de Pellet según región

Fuente: Pinilla y García, 2024

Dada la concentración de la actividad de la industria del aserrío asociada a *Pinus radiata*, especie utilizada en el 98% de los casos para la producción de Pellet, es en esta región donde se presentan la de mayor cantidad y proporción de plantas productoras de Pellet en el país, con el 26% del número de ellas, concentrando cerca del 75% de la producción total, estimada en cerca de 250.000 ton durante el año 2023. Ello porque la viruta y aserrín son la materia prima del pellet y a que las empresas de pellet en general no utilizan su materia prima directamente desde el bosque.

Las situaciones que ha enfrentado este biocombustible derivado del incremento de su demanda, han generado que las empresas productoras aumenten en su producción, y en forma paralela una creciente preocupación de los consumidores

por abastecerse de este producto y que este cumpla con una calidad mínima.

Según el Ministerio de Energía, y la Mesa del Pellet (MEN, 2023), el crecimiento del sector productivo ha sido constante en los últimos años, asociado a los esfuerzos de distintas entidades por disminuir los escenarios de contaminación ambiental en ciudades de alta polución. Ello implica también, un constante crecimiento por la demanda de biomasa de calidad adecuada para su utilización, de modo de asegurar la calidad final del Pellet de madera y evitar situaciones que afecten el confort en los hogares y el funcionamiento de las estufas.

1.

- a. **Precios del Pellet y comentarios de productores en la región del Biobío** Se recopiló información acerca de la prospección de los valores de venta de Pellet en la región del Biobío, precio puesto en planta o centro de distribución de la empresa productora. Según los datos se observa en el largo plazo una estabilidad en el precio, con clara tendencia a disminuir su valor, lo que puede deberse a que existe una mayor disponibilidad, o bien, a que los usuarios dados los acontecimientos de desabastecimiento, procedieron a abastecerse de Pellet a principio de año. Se destaca que empresas han centrado su formato de venta principalmente hacia bolsas de 15 kilos. De igual forma, mencionan que no habría problemas de abastecimiento de Pellet para el año 2024. Al analizar la evolución del precio del Pellet en la región del Biobío, puesto en planta o en locales de las propias empresas, ofertada en formato de bolsa de 15 kilos a partir del año 2023, cuando se inició esta medición, es posible observar una clara reducción en su valor, tal cual se observa en el siguiente gráfico.

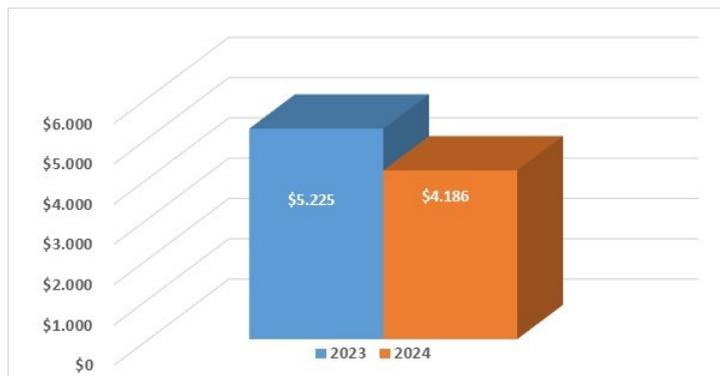


Figura 8. Evolución del precio de la Bolsa de pellet de 15 kilos en la región del Biobío según año (Precio puesto en planta)

Fuente: Pinilla y García, 2024

Existe una disminución en el valor del precio del pellet en relación al año 2023. Este escenario se origina según productores, en una mayor oferta del producto derivado de un aumento de la producción y por la existencia de un stock en las plantas productoras. Este aumento en la producción se origina por los previos problemas de abastecimiento de pellet que afectaron a la población, escenario que las plantas productoras no quieren repetir de modo de no afectar su imagen y



confianza del consumidor.

Por otro lado, la Mesa Nacional de Pellet (Ministerio de Energía, 2023) concluyó su trabajo el año 2023 sugiriendo implementar acciones en el corto plazo para evitar la estrechez en el suministro de Pellet. En ello se señaló la necesidad de propuestas para desarrollar el sector en el mediano y largo plazo, y un paquete de medidas con eje en la producción, la certificación y la disponibilidad de información tanto para productores como para consumidores de dicho combustible. Este trabajo señaló la necesidad de priorizar brechas relevantes al momento de asegurar la disponibilidad de este Biocombustible en el mercado y con ello, el bienestar de los usuarios, centrandó una de ellas en información sobre oferta y consumo de Pellet y metodologías para la estimación y proyección de demanda y oferta de Pellet, entre otros.

En general, se han detectado diferentes brechas detectadas a partir del trabajo de distintas instituciones y de los productores de pellet, las que se pueden resumir en:

- No existe información permanente y actualizada en ámbitos de oferta y consumo de pellet (déficit), y otros antecedentes relacionados.
- Se requiere de conocer la disponibilidad real de materia prima para la producción de pellet por región y desarrollos tecnología e innovaciones en las distintas etapas de la cadena de valor del pellet para aumentar la disponibilidad de materia prima.
- Asegurar la calidad del pellet, cumpliendo con parámetros exigidos según la nueva normativa a implementar.
- Analizar opciones del modelo de producto, estableciendo requerimientos y costos sobre la utilización de la biomasa extraída directamente desde el bosque para su uso en la producción de pellet.
- Opciones para aumentar el abastecimiento de biomasa forestal para su uso en la producción de Pellet.

En general, las empresas productoras de pellet extreman su preocupación al seleccionar la calidad de biomasa que utilizan, para producir un biocombustible de calidad, con un monitoreo permanente de la disponibilidad de materia prima necesaria que permita satisfacer la demanda creciente.

Reconocen que el usar biomasa con contaminantes y de una humedad no adecuada, genera problemas en la fabricación de Pellet y su calidad, con posibles daños a los equipos peletizadores y especialmente, la potencial pérdida de clientes al producir un Biocombustible de mala calidad.

Mencionan que es necesario realizar un monitoreo permanente de la producción y disponibilidad de abastecimiento de materia prima para Pellet, asegurando la calidad de los Pellet producidos, difundir las exigencias de la Normativa y las opciones para su certificación y monitoreo en beneficio y bienestar de los usuarios.

4.3 Bosques para Energía

Uno de los factores claves en el sector de los Biocombustibles Sólidos en Chile es la inquietud ante la disminución en las tasas de forestación y con ello, la disponibilidad futura de biomasa para la producción de Leña y/o Pellet.

Como un medio para favorecer estos procesos se desarrolló un programa de acompañamiento a productores que incluyó el establecimiento de bosques utilizando distintas especies forestales, que han demostrado una adecuada adaptación a los distintos sitios y que presentan una alta demanda en su uso como bioenergético. Esto también como herramienta de acción en torno a disminuir los escenarios negativos derivados del cambio climático en Chile y como apoyo a los procesos de descarbonización de la matriz energética.

Se establecieron 24 unidades de Bosques para Energía en la región de estudio, abarcando cerca de 25 ha, utilizando una densidad de establecimiento de 3x2 m. En la selección del sitio se consideró:

- Propietario con vinculación al negocio de leña (productor de leña o biomasa)
- Especie adecuada según características de cada sitio
- Cuidados posteriores (ganado)
- Apoyo del propietario
- Acceso adecuado para difusión



Figura 9. Establecimiento de unidades demostrativas de Bosques para Energía, preparación del sitio y plantación



Figura 10. Establecimiento de unidades demostrativas de Bosques para Energía, manejo de retoños



Figura 11. Actividades de difusión, acompañamiento y capacitación



Figura 12. Actividades de difusión, acompañamiento y capacitación

4.3.1 Datos de crecimiento de Bosques para Energía

Como se ha mencionado, las actividades de I+D en torno a Bioenergía también consideran el Generar información técnica silvícola y proveer de materia prima para estudios de la biomasa como bioenergético que permita contribuir a la diversificación de la matriz energética del país.

El objetivo de estas unidades es el de determinar la adaptación, crecimiento y productividad de distintas especies forestales que puedan ser utilizadas en la generación de energía (leña, carbón, pellet, chip térmico), especialmente utilizando suelos improductivos o con algún grado de degradación.

De igual forma, estas unidades constituyen instancias para la realización de actividades de difusión y transferencia, además de ser fuente de materia prima para el desarrollo de estudios relacionados con Bioenergía o Biocombustibles.

- **Unidades Evaluadas**

El listado de unidades evaluadas se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2. Unidades evaluadas durante el Programa de I+D, año 2024

Región	Unidad	Especie utilizada	Tipo de unidad
Biobío	Rafael	<i>Acacia dealbata</i>	Plantación 2024, 3x2 m.
Ñuble	Quilmo	<i>Acacia dealbata</i>	Manejo de retoños (2018)
Biobío	El Quillay	<i>Eucalyptus globulus</i>	Manejo de retoños (2023)
Biobío	Lo Carmen	<i>Eucalyptus globulus</i>	Manejo de retoños (2019)

Fuente Pinilla et al., 2024

Los principales resultados se presentan a continuación.



Figura 13. Unidad Rafael, Tomé, Región del Biobío

En el Cuadro y gráficos a continuación se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 3. Resultados obtenidos evaluación unidad Rafael, 20 años, región del Biobío

Especie	DAP (cm)	Altura (m)
Acacia dealbata	32,6	30,3

Fuente Pinilla et al., 2024

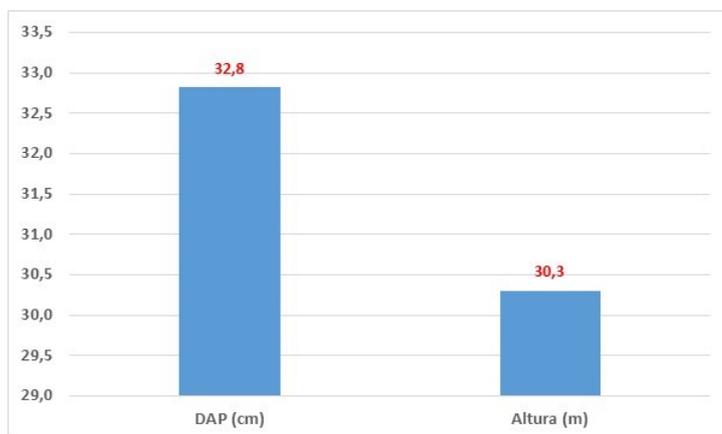


Figura 14. Valores medios unidad Multipropósito Rafael, región del Biobío

En los resultados observado respecto de los diámetros se destaca el gran crecimiento de la especie, lo que se traduce en DAP por sobre los 40 cm, obteniendo un valor promedio de 32,6 cm. Lo mismo sucede con la altura, donde se observa a la edad de 20 años, un valor medio de 30,3 m.



Acacia dealbata destaca en su crecimiento en altura, siendo similar a las especies forestales utilizadas en el sector forestal chileno, donde la relación DAP-Altura se puede observar en el siguiente gráfico.

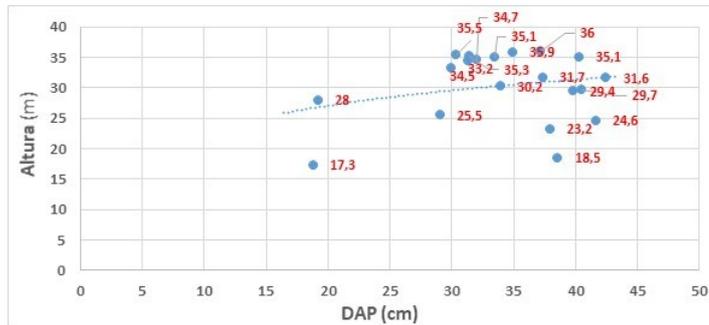


Figura 15. Relación DAP-Altura en rodal de *Acacia dealbata*

- **Volumen de árbol individual**

A través de la utilización de un Modelo de Volumen de Árbol generado para *Acacia dealbata* es posible estimar el volumen posible de obtener desde la unidad. El modelo corresponde a:

$$V = 0,001000457 + 0,000023538 * (DAP)^2 * H \tag{1}$$

Donde:

V : Volumen comercial hasta un diámetro límite de utilización de 5 cm (m³ssc)

DAP : Diámetro con corteza a 1,3 metros de altura (cm)

H : Altura total (m)

La relación entre del DAP y el volumen de árbol individual se presenta en el siguiente gráfico.

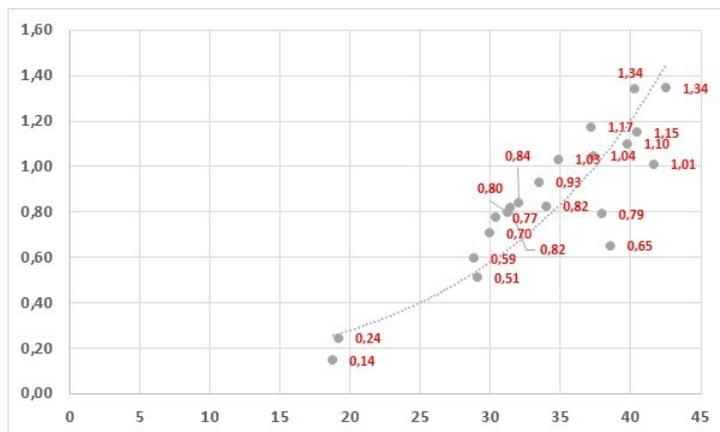


Figura 16. Relación volumen de árbol individual y DAP en la unidad Rafael, 20 años

Del gráfico anterior se destaca el valor de volumen de árbol individual registrado, llegando a un máximo cercano a los 1,4 m³ por árbol, con una media de 0,85 m³. Si el valor medio se proyecta a la hectárea, considerando una densidad de



550 arb/ha, es posible estimar a los 20 años un volumen de 540 m³/ha, con un incremento medio anual cercano a los 27,5 m³/ha/año.

A partir de información es previa, es posible conocer el crecimiento en volumen por hectárea de esta unidad, situación que se presenta en el siguiente gráfico.

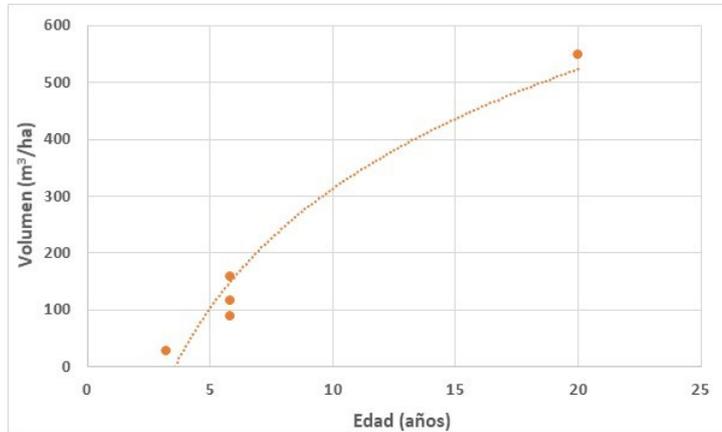


Figura 17. Crecimiento en volumen por hectárea en la unidad Rafael, 20 años

Esta información puede ser usada para hacer una estimación del volumen total por hectárea posible de obtener. Ello a través de la utilización de un modelo de crecimiento generado por INFOR en su investigación, denominada **Tabla experimental de rendimiento para Acacia Versión 3.0**.

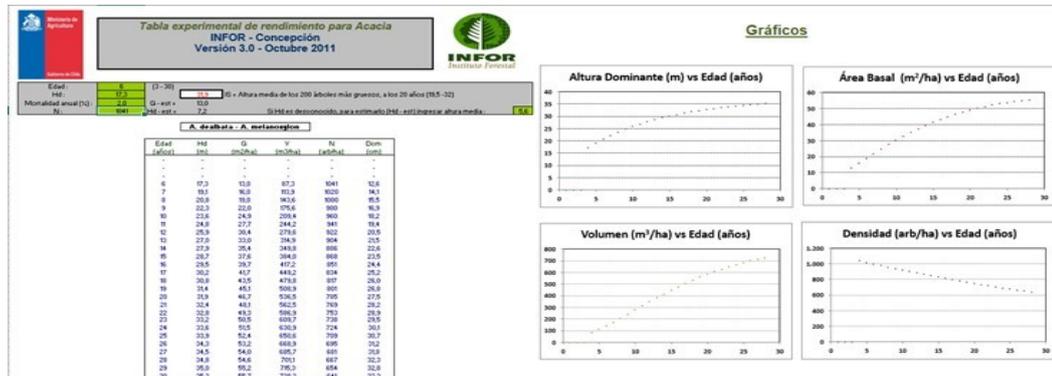


Figura 18. Tabla experimental de rendimiento para Acacia Versión 3.0, INFOR

Al utilizar este modelo se genera la proyección de crecimiento en altura dominante, área basal y volumen que se presentan en el cuadro y gráfico a continuación.

Tabla 4. Proyecciones de crecimiento unidad Rafael

Edad	Altura Dominante	Área Basal	Volumen	Densidad	Diámetro Cuadrático Medio
(años)	(m)	(m ² /ha)	(m ³ /ha)	(arb/ha)	(cm)
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
6	17,3	13,0	87,3	1041	12,6
7	19,1	16,0	113,9	1020	14,1
8	20,8	19,0	143,6	1000	15,5
9	22,3	22,0	175,6	980	16,9
10	23,6	24,9	209,4	960	18,2
11	24,8	27,7	244,2	941	19,4
12	25,9	30,4	279,6	922	20,5
13	27,0	33,0	314,9	904	21,5
14	27,9	35,4	349,8	886	22,6
15	28,7	37,6	384,0	868	23,5
16	29,5	39,7	417,2	851	24,4
17	30,2	41,7	449,2	834	25,2
18	30,8	43,5	479,8	817	26,0
19	31,4	45,1	508,9	801	26,8
20	31,9	46,7	536,5	785	27,5
21	32,4	48,1	562,5	769	28,2
22	32,8	49,3	586,9	753	28,9
23	33,2	50,5	609,7	738	29,5
24	33,6	51,5	630,9	724	30,1
25	33,9	52,4	650,6	709	30,7

Fuente Pinilla et al., 2024

5.

a.

i. Unidad Quilmo

La unidad de manejo de masas asilvestradas de *Acacia dealbata* se ubica en el sector de Quilmo, Oriente, comuna de Chillan Viejo, Región de Ñuble, la cual durante el año 2023 presentó un raleo. Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

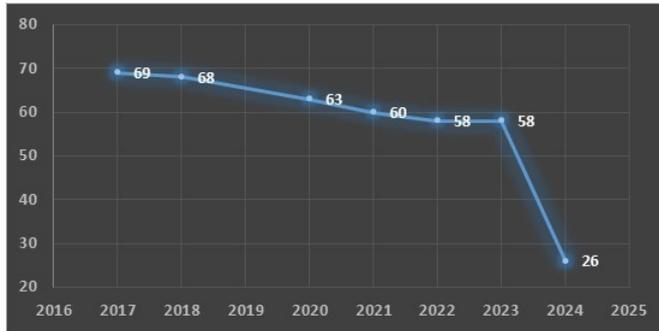


Figura 19. Número de árboles en pie en unidades de evaluación según su año de medición

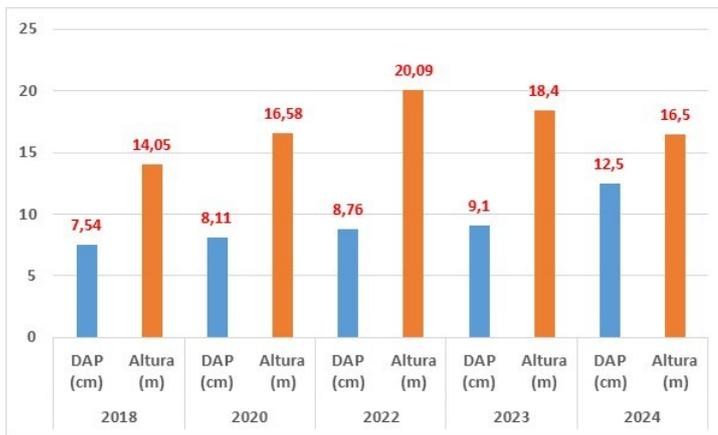


Figura 20. Promedio de DAP y Altura según año de medición ensayo manejo masas asilvestradas de *Acacia dealbata*, Quilmo, Chillán Viejo, Región de Ñuble

Fuente Pinilla et al., 2024

La relación que existe entre el DAP y la altura en las distintas evaluaciones, se presenta en el siguiente gráfico.

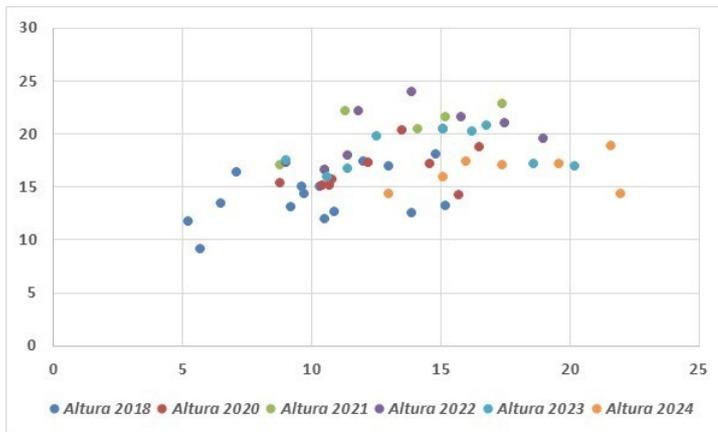


Figura 21. Relación DAP (cm) y Altura (m)

Fuente Pinilla et al., 2024

Desde esta unidad se han obtenido, además, muestras de biomasa para ser

utilizadas en **estudios de la densidad básica** de la madera, trabajo realizado en el marco del Programa de I+D en Biomasa Forestal y Energía.

Se observa, que, en promedio, tanto el DAP como la altura presentan valores mayores a través del tiempo, en donde en general se aprecia un mayor aumento en la altura en comparación con el DAP. Se observa, además, que para el 2024 la altura promedio de la unidad presentó una disminución debido a un raleo que sufrió la unidad a fines del año 2023 de modo de favorecer el desarrollo de los árboles, donde se observa un aumento en el valor medio del diámetro de los árboles.

Esta información puede ser usada para hacer una estimación del volumen total por hectárea posible de obtener. Ello a través de la utilización de un modelo de crecimiento generado por INFOR en su investigación, denominada **Tabla experimental de rendimiento para Acacia Versión 3.0**. Al utilizar este modelo se genera la proyección de crecimiento en altura dominante, área basal y volumen que se presentan en el cuadro a continuación.



Figura 22. Unidad manejada Quilmo Oriente, Chillan Viejo, Región de Ñuble, situación año 2018 y 2024

Tabla 5. Proyecciones de crecimiento unidad Quilmo

Edad	Altura Dominante	Área Basal	Volumen	Densidad	Diámetro Cuadrático Medio
(años)	(m)	(m ² /ha)	(m ³ /ha)	(arb/ha)	(cm)
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
8	17,0	12,7	78,4	520	17,7
9	18,4	14,5	96,6	510	19,1
10	19,6	16,3	116,2	499	20,4
11	20,8	18,1	136,9	489	21,7
12	21,9	19,8	158,4	480	22,9
13	22,9	21,4	180,5	470	24,1
14	23,9	23,0	202,9	461	25,2
15	24,8	24,4	225,5	451	26,3
16	25,6	25,8	247,9	442	27,3
17	26,4	27,2	270,2	434	28,2
18	27,1	28,4	292,1	425	29,2

19	27,8	29,6	313,5	416	30,1
20	28,4	30,7	334,3	408	30,9
21	29,0	31,7	354,5	400	31,8
22	29,5	32,6	374,0	392	32,6
23	30,0	33,5	392,8	384	33,3
24	30,5	34,3	410,8	376	34,1
25	31,0	35,0	428,0	369	34,8

Fuente Pinilla et al., 2024



Figura 23. Material extraído durante el raleo de la unidad Quilmo, Chillan Viejo, para su uso en producción de leña y/o Carbón Vegetal

5.

a.

i. Unidad El Quillay

La Unidad Quilmo corresponde a un manejo de retoños de *Eucalyptus globulus*, el que se realizó el año 2023 sobre una plantación cosechada el año 2022.



Figura 24. Unidad El Quillay, manejo de retoños de *Eucalyptus globulus*

Los resultados de la evaluación del año 2024 y los obtenidos previamente se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 6. Evaluación unidad El Quillay, Florida, según año

Ensayo	AÑO	DAP (cm)	Altura (m)
Retoños <i>Eucalyptus globulus</i>	2023	6,17	6,84
	2024	8,24	9,64

Fuente Pinilla et al., 2024

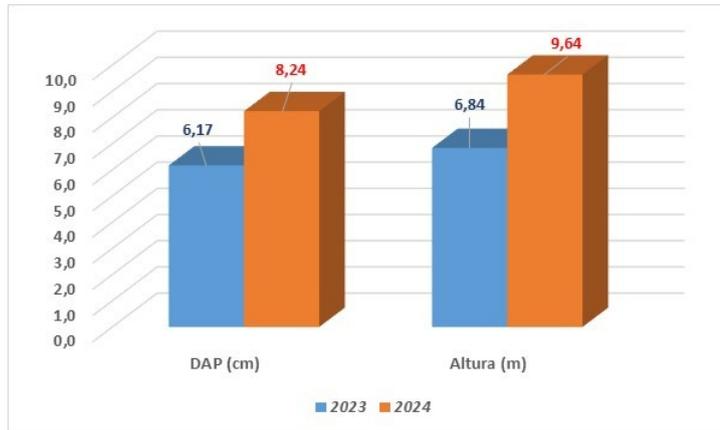


Figura 25. Evaluación unidad El Quillay, Florida, según año

Fuente Pinilla et al., 2024

La relación entre los diámetros y las alturas registradas se presentan en el siguiente gráfico.

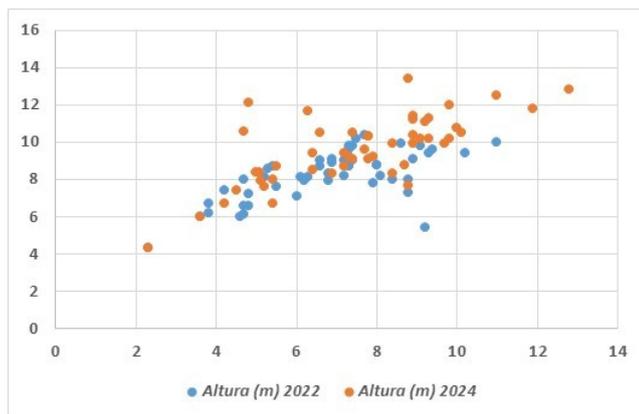


Figura 26. Relación entre los diámetros y las alturas registradas según año de evaluación

Fuente Pinilla et al., 2024

Desde esta unidad se han obtenido, además, muestras de biomasa para ser utilizadas en **estudios de la densidad básica** de la madera, trabajo realizado en el marco del Programa de I+D en Biomasa Forestal y Energía.

Se observa un mayor aumento en la altura en comparación con el DAP, y un incremento en DAP y altura de 2,7 cm y 3,2 m/año, respectivamente.

Esta información puede ser usada para hacer una estimación del volumen total por hectárea posible de obtener. Ello a través de la utilización de un modelo de crecimiento generado por INFOR en su investigación, denominada **Simulador experimental de crecimiento y rendimiento de monte bajo de *Eucalyptus globulus* Versión 3.0.**



Figura 27. Simulador experimental de crecimiento y rendimiento de monte bajo de *Eucalyptus globulus* Versión 3.0

Al utilizar este modelo se genera la proyección de crecimiento en altura dominante, área basal y volumen que se presentan en el cuadro y gráficos a continuación.

Tabla 6. Proyecciones de crecimiento unidad El Quillay, *Eucalyptus globulus*

Edad (Años)	Altura Dominante (m)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Densidad (arb/ha)	Diámetro Cuadrático medio (cm)
2	9,0	8,1	18,3	3078	5,8
3	12,0	12,0	39,1	3050	7,1
4	14,6	15,3	62,6	3025	8,0
5	16,9	18,2	87,9	3002	8,8
6	19,0	20,9	114,8	2981	9,4
7	20,9	23,4	142,9	2960	10,0
8	22,6	25,9	172,2	2940	10,6
9	24,1	28,4	202,3	2920	11,1
10	25,5	30,8	233,3	2901	11,6
11	26,8	33,1	264,8	2882	12,1
12	28,0	35,4	296,8	2864	12,6
13	29,1	37,7	329,2	2845	13,0
14	30,1	40,0	361,9	2828	13,4
15	31,0	42,2	394,7	2810	13,8

Fuente Pinilla et al., 2024

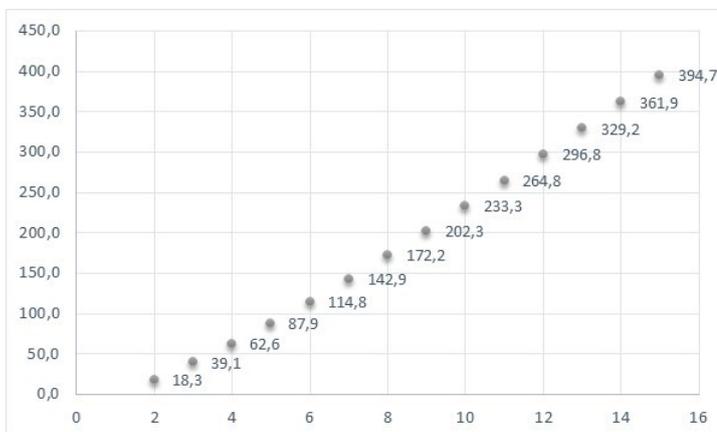


Figura 27. Proyecciones de crecimiento en volumen, unidad El Quillay, manejo de

retoños de Eucalyptus globulus

Fuente Pinilla et al., 2024

5.

a.

i. Unidad Lo Carmen

La Unidad Lo Carmen corresponde a un manejo de retoños de *Eucalyptus globulus*, el que se realizó el año 2019 sobre una plantación cosechada el año 2017.



*Figura 28. Unidad manejo de retoños de Eucalyptus globulus, Lo Carmen, Florida
Región del Biobío*

Fuente Pinilla et al., 2024

Los resultados de las evaluaciones realizadas en esta unidad se presentan a continuación.

Tabla 7. Evaluación según año unidad manejo de retoños de Eucalyptus globulus, Lo Carmen, Florida, Región del Biobío

2019		2020		2021		2024	
DAP (cm)	Altura (m)						
3,1	4,9	5,0	6,6	5,9	7,9	6,3	8,4

Fuente Pinilla et al., 2024

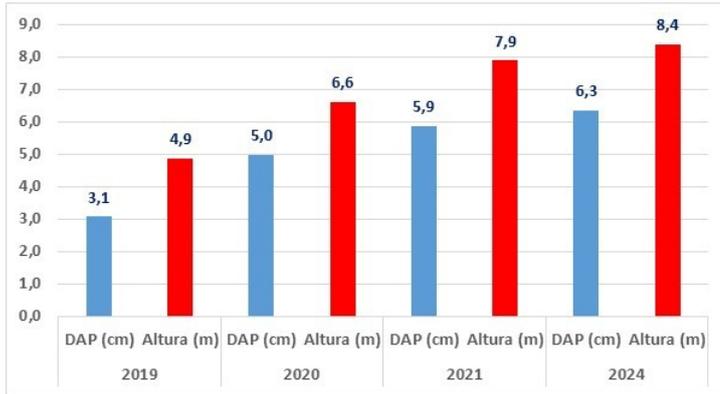


Figura 29. Evaluación según año unidad manejo de retoños de *Eucalyptus globulus*, Lo Carmen, Florida, Región del Biobío

Fuente Pinilla et al., 2024

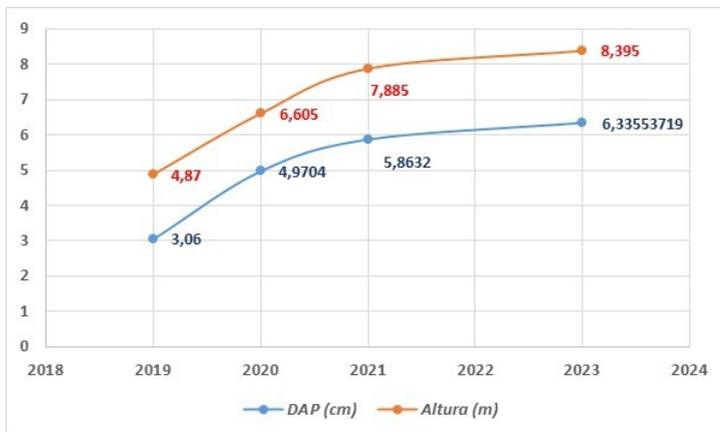


Figura 30. Evolución del DAP y Altura en la unidad de manejo de retoños de *Eucalyptus globulus*, Lo Carmen, Florida, Región del Biobío

Fuente Pinilla et al., 2024

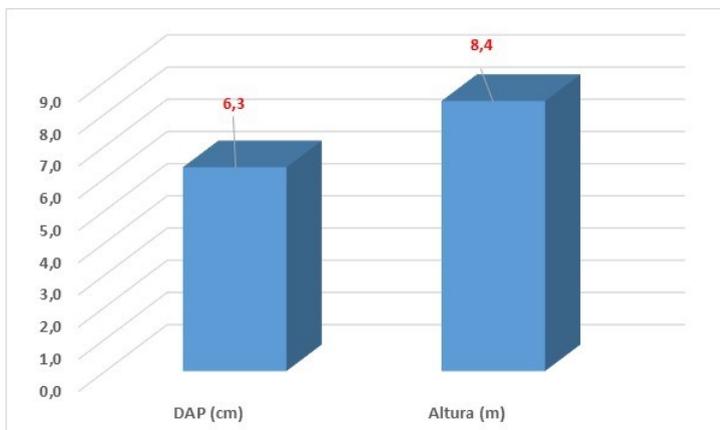


Figura 31. DAP y Altura en la unidad de manejo de retoños de *Eucalyptus globulus*, Lo Carmen, Florida, Región del Biobío, evaluación 2024

Fuente Pinilla et al., 2024



Se observa un permanente incremento de los parámetros de rodal, alcanzando un incremento en DAP y altura de 1,1 cm y 1,4 m/año, respectivamente.

La relación diámetro y altura de la evaluación a inicios del año 2024 se presenta en el siguiente gráfico.

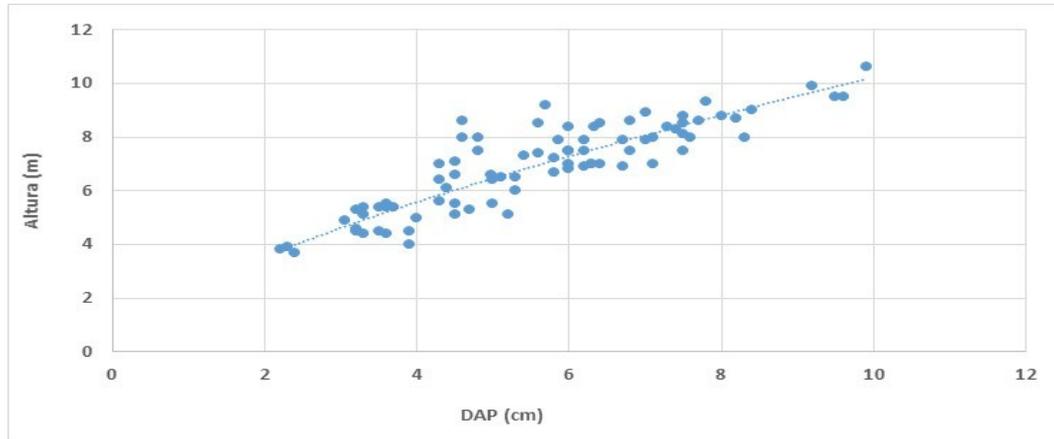


Figura 32. Relación diámetro y altura Unidad Lo Carmen

Fuente Pinilla et al., 2024

A través de la utilización de un modelo de crecimiento generado por INFOR en su investigación, denominada **Simulador experimental de crecimiento y rendimiento de monte bajo de *Eucalyptus globulus* Versión 3.0**, es posible realizar una estimación del volumen total por hectárea posible de obtener a distintas edades, lo que se presentan en el cuadro y gráficos a continuación.

Tabla 8. Estimación de crecimiento unidad manejo de retoños de *Eucalyptus globulus*, Lo Carmen, Florida, Región del Biobío

Edad (Años)	Altura Dominante (m)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Densidad (arb/ha)
2	4,9	47,4	74,6	2499
3	6,6	35,9	75,1	2476
4	8,2	32,1	81,9	2456
5	9,7	30,6	91,0	2438
6	11,0	30,0	101,2	2420
7	12,3	29,9	112,1	2403
8	13,4	30,2	123,6	2387
9	14,6	30,6	135,6	2371
10	15,6	31,1	147,9	2355
11	16,6	31,7	160,6	2340
12	17,6	32,4	173,5	2325
13	18,5	33,2	186,7	2310
14	19,4	33,9	200,1	2296
15	20,2	34,7	213,8	2281

Fuente Pinilla et al., 2024

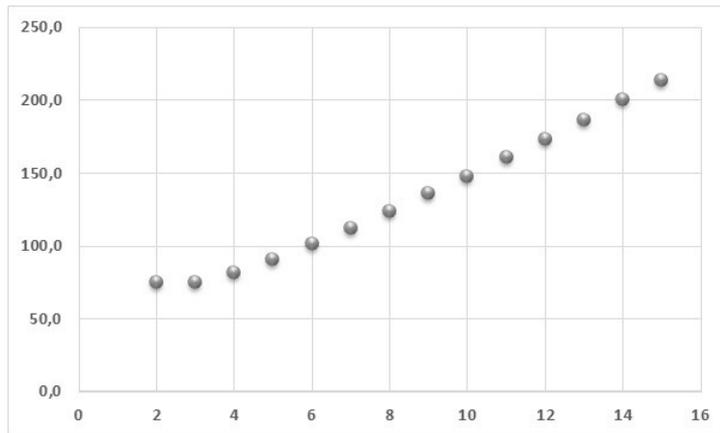


Figura 33. Estimación de crecimiento en volumen de la unidad de manejo de retoños de *Eucalyptus globulus*, Lo Carmen, Florida, Región del Biobío

Fuente Pinilla et al., 2024

- Consideraciones** La definición o propuestas de negocio en base a la utilización de la biomasa forestal como materia prima para generación de energía, requiere de elementos claves para su análisis. La biomasa de *Acacia dealbata* y *Eucalyptus globulus* en algunas regiones de Chile es demandada por sus atributos para su uso frecuente en energía (leña, carbón), para calefacción domiciliaria, ya sea para uso directo o venta a terceros. Además, es factible su uso, como chip térmico, biomasa para calderas de generación térmica o eléctrica, o bien como posible materia prima para fabricación de pellet, lo que requiere de caracterizar la madera y otros antecedentes tecnológicos para fomentar dicho uso. Este tipo de especies han demostrado una gran adaptación a las condiciones de sitio, en cortas rotaciones y hacer más eficiente el proceso de cosecha y comercialización de la leña, al conocer de su productividad, existiendo el interés de conocer este tipo de modelo tecnológico y capacitarse en la técnica de manejar este tipo de bosques originados en la retoñación.

Este conocimiento base, junto con el efecto demostrativo de unidades establecidas, permite la realización de actividades de capacitación dirigido a propietarios forestales sobre el manejo y productividad de estas masas forestales, destinadas a la generación eficiente de biomasa para su uso en energía, en este caso leña y carbón.

Las actividades deben implicar una vez conocida la información, capacitar a propietarios, productores y asesores de modo de explicar las herramientas disponibles y al mismo tiempo, conocer de la opinión y requerimientos de los habitantes del lugar, de modo de acordar en conjunto el trabajo requerido y contar con la cooperación posterior del propietario.

La definición o propuestas de negocio en base a la utilización de retoños de



Eucalyptus globulus o *Acacia dealbata*, y otras especies como el *Eucalyptus nitens*, como materia prima para generación de energía, requiere de elementos claves para su análisis, siendo precisamente su capacidad de retoñación, lo que evita el gasto de establecer un nuevo bosque, lo que lo hace también, atractiva para propietarios y productores.

Por ello se requiere de conocer su productividad bajo esquemas de manejo que permitan la ordenación del bosque y aumentar su eficiencia en la gestión, de modo de promover el uso de un recurso existente en las regiones, el cual ha crecido de forma natural, y que es necesario de manejar bajo ciertas especificaciones técnicas, de manera de hacer más eficiente la actividad económica basada en la producción y comercialización de leña o carbón. INFOR, en este sentido, ha iniciado estudios con resultados interesantes.

Ello en favor de que propietarios forestales y los profesionales que los atienden, puedan conocer del crecimiento, productividad y opciones de manejo de este tipo de recurso.

El propósito del trabajo es que los propietarios puedan conocer el crecimiento estimado de sus rodales, contribuyendo de esta forma a la sustentabilidad e incremento de su negocio.

Ello debido a que estos propietarios son ofertantes permanentes de leña y carbón, los que requieren de opciones para hacer más eficiente su negocio y aumentar la oferta de este tipo de biomasa.

Se destaca el interesante crecimiento registrado por el monte bajo de *Eucalyptus globulus* y de *Acacia dealbata*, y la necesidad del desarrollo de herramientas de apoyo para su manejo forestal eficiente. Los valores medios reportados el año 2024 se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8. Valores medios reportados el año 2024 desde unidades experimentales de Bosques para Energía

Especie	Edad (Años)	DAP (cm)	Altura (m)	Volumen estimado (m ³ /ha)
<i>Acacia dealbata</i>	20	32,6	30,3	536,5 (20 años)
<i>Acacia dealbata</i> , Manejo de Retoños	8	12,5	16,5	225,5 (15 años)
<i>Eucalyptus globulus</i> ; Manejo de Retoños	2	8,24	9,64	296,8 (12 años)
<i>Eucalyptus globulus</i> ; Manejo de Retoños	7	6,3	8,4	173,5 (12 años)

Fuente Pinilla et al., 2024



Estos valores son similares a los reportados para bosques originados desde semillas creciendo en las mismas condiciones.

Este conocimiento base, junto con el efecto demostrativo de unidades establecidas, permite la realización de actividades de capacitación dirigido a propietarios forestales sobre el manejo y productividad de estas masas forestales, destinadas a la generación eficiente de biomasa para su uso en energía, en este caso leña y carbón.

Para una mejora permanente de este trabajo y desarrollo de herramientas, se requiere contar con un mayor número de mediciones, mayor cobertura geográfica y por sobre todo con una mayor densidad de estas para el rango de edades que va de los 2 a 15 años de edad.

Las actividades deben implicar una vez conocida la información, capacitar a propietarios, productores y asesores de modo de explicar las herramientas disponibles y al mismo tiempo, conocer de la opinión y requerimientos de los habitantes del lugar, de modo de acordar en conjunto el trabajo requerido y contar con la cooperación posterior del propietario.

Es necesario continuar con la evaluación y monitoreo de este ensayo, dado la temprana edad de evaluación y con ello, ajustar las proyecciones de crecimiento y productividad de este tipo de rodales manejados como monte bajo en condiciones similares a las de donde se ubica este ensayo.

4.

a. **Necesidades de I+D**

El apoyo a los procesos de producción y calidad de Biocombustibles a partir de biomasa forestal requiere de superar brechas y enfrentar desafíos en apoyo al sector y su sustentabilidad.

Entre estos desafíos se han identificado:

- Caracterización propiedades madera
- Caracterización para su uso en energía
- Metodologías eficientes de análisis

Por ello, actualmente se desarrollan actividades de investigación para abordar estos desafíos como parte de una estrategia de apoyo al sector de los Biocombustibles Sólidos en Chile. Entre las líneas de investigación en desarrollo se cuenta con:



- Programa de caracterización y estudios tecnológicos de la madera con fines energéticos y de Biocombustibles (Calidad)
- Información silvícola y de productividad de la biomasa forestal para energía (leña, pellets y chip térmico)
- Dimensionamiento del mercado de los Biocombustibles, disponibilidad de biomasa, Oferta/Consumo
- Estudios de las implicancias socio-ambientales, incorporando conceptos de pobreza y eficiencia energética en las viviendas
- Información estratégica requerida para el desarrollo de políticas públicas (Ley Biocombustibles), E.E.E., emprendimientos sectoriales e instrumentos
- Detección y análisis de nuevas necesidades de I+D en Bioenergía

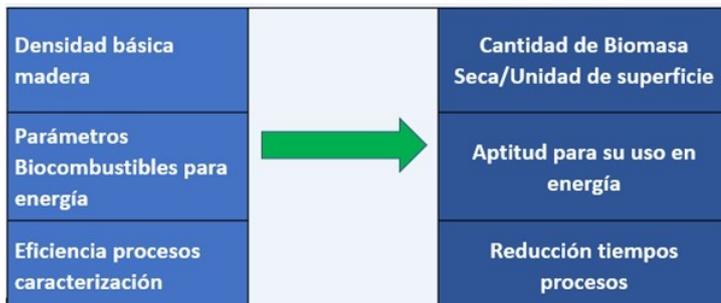
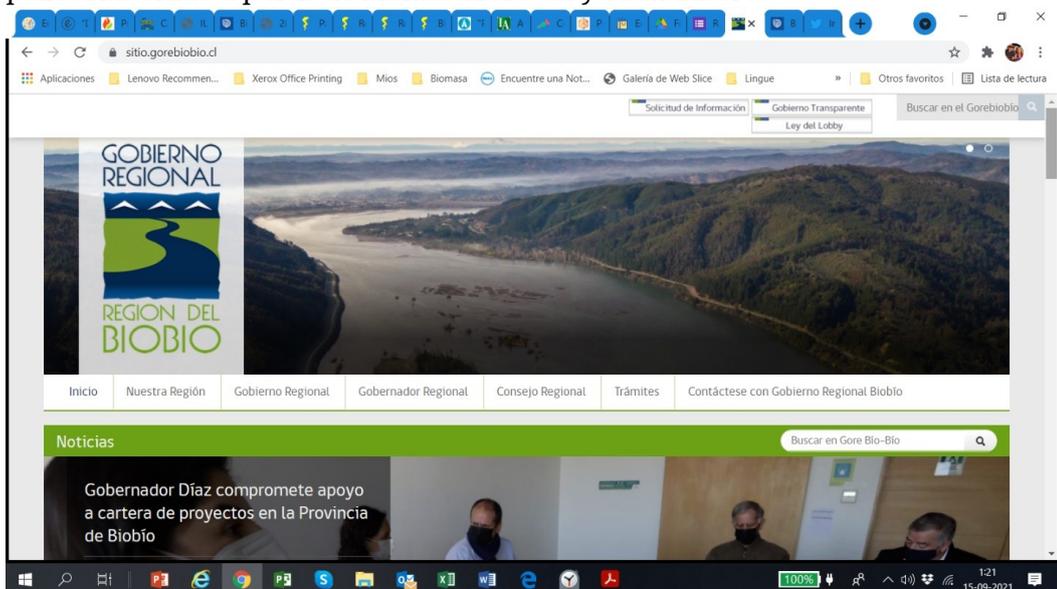


Figura 33. Esquemas de investigación desarrollados

Fuente Pinilla et al.(b), 2024

Durante el trabajo en apoyo a los procedimientos para asegurar la calidad del pellet elaborado a partir de biomasa forestal y su monitoreo





, se han realizado estudios de diferentes marcas comerciales de este Biocombustible que se comercializa en Chile, utilizando como referencia la norma chilena ISO 17225-2 sobre pellet de madera.



Figura 34. Muestras utilizadas en el análisis de calidad de Pellet

Fuente Pinilla et al. (b), 2024

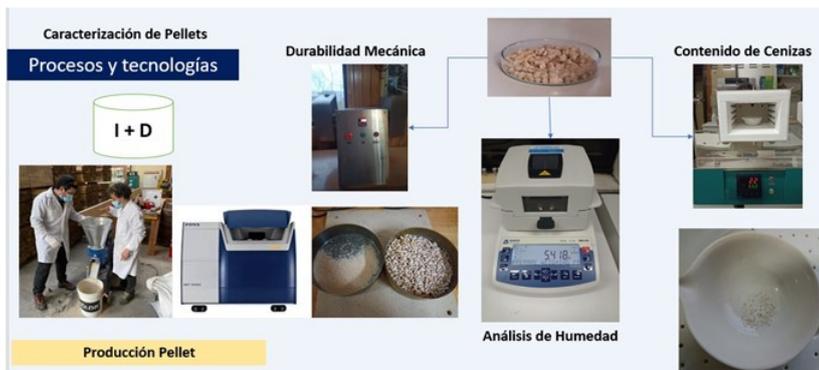


Figura 35. Esquema analisis de calidad de Pellet

Fuente Pinilla et al. (b), 2024

Los resultados obtenidos son presentados a cada empresa, quienes deben preparar se para la futura normativa que exigira que todo el pellet que se comercialize en el país deberá estar certificado.

Parámetro	Promedio	Desviación Estándar	Clasificación
• Contenido de Humedad (%)	4,757	0,361	A1
• Durabilidad Mecánica (%)	98,71	0,617	A1
• Contenido de Cenizas (%)	0,17	0,089	A1
• Densidad a Granel (kg/m ³)	719,096	11,281	A1
• Diámetro Promedio (mm) (0% Sobredimensión)	6,249	0,094	A1
• Longitud Promedio (mm) (0% Sobredimensión)	13,597	5,717	A1

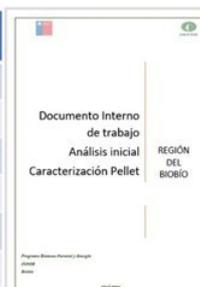




Figura 36. Ejemplo de resultado y reporte elaborado para empresas de Pellet

Fuente Pinilla et al. (b), 2024

Un aspecto a destacar es que en general los análisis de la calidad del pellet realizados han señalado una adecuada calidad, asegurando el bienestar de los usuarios y el funcionamiento de los equipos. Ello indudablemente es un buen resultado para disminuir los escenarios negativos derivados del cambio climático en Chile y los procesos de descarbonización de la matriz energética.

Estas actividades han considerado, además, capacitaciones, incluida pasantías en universidades del extranjero, como por ejemplo al Universidad de Córdoba en España.



Figura 37. Pasantías de investigadores de INFOR en Universidad de Córdoba en España

Los resultados de la investigación son transferidos, además, a través de publicaciones, las cuales se orientan a productores, usuarios y entidades relacionadas, principalmente.

Junto con lo anterior se han generado herramientas de apoyo a los productores, entre ellas un Modelo de productividad para la estimación de Leña a partir de las principales especies forestales utilizadas en la región del Biobío. Se han desarrollado modelos para 3 especies, donde a partir de variables del árbol, es posible estimar la cantidad de astillas para Leña según dimensiones determinadas por la norma chilena.

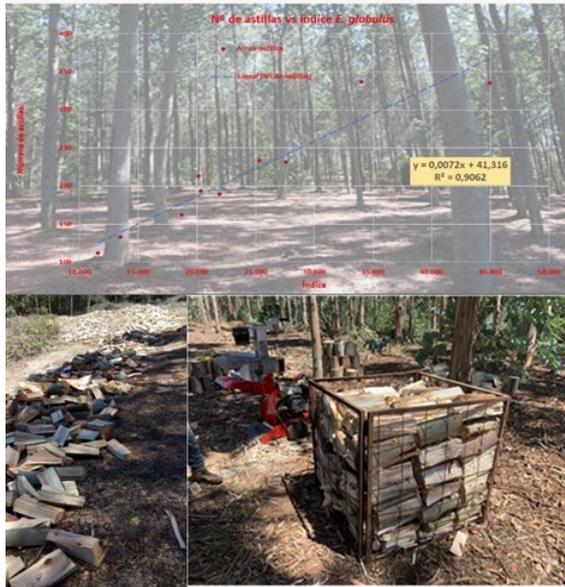


Figura 39. Modelos de estimación de astillas para leña según especie

Fuente: Pinilla et al., 2024(c)

5. Discusión

El incremento de la actividad económica en torno al mercado de los Biocombustibles en Chile requiere de información permanente y actualizada en favor de actuales y potenciales productores, entidades relacionadas y usuarios en general. Esta información se requiere para la planificación y toma de decisiones a distintos niveles. A lo anterior se agrega los requerimientos de la Ley N°21.499 de Biocombustibles del Ministerio de Energía de Chile, que regula la producción y comercialización de los Biocombustibles Sólidos.

Ello valora aún más las oportunidades y beneficios del uso de la biomasa forestal como energía y su aporte en la economía circular o bioeconomía, además de múltiples otros beneficios relacionados al establecimiento de bosques, como lo son la protección del suelo, regulación de los ciclos hidrológicos, la biodiversidad, etc., y especialmente, en lo que significa la captura y almacenamiento de carbono, aportando a las metas nacionales de emisiones netas, y con ello, su efecto sobre los procesos de descarbonización de la matriz energética.

En Chile se señala, a través de sus bosques se neutraliza el 62% aproximadamente de sus emisiones de gases efecto invernadero.



Figura 38. Publicaciones generadas

En este escenario, la información es un valor de relevancia para la competitividad del negocio, y que se traduce también, en los costos de producción, necesidades de inversión, cuidar la cantidad y calidad de la biomasa a utilizar, su disponibilidad y seguridad en su abastecimiento, las normativas que se exigirán, requerimientos de calidad de los Biocombustibles, opciones de apoyo para el monitoreo de la calidad, relación con los usuarios, capital humano para instalación y mantención de equipos, requerimientos del mercados, opciones de apoyo y fomento y nuevas tecnologías disponibles, entre otras. Ello se potencia al recordar y reconocer el aporte de los bosques a los procesos de descarbonización y mitigación de efectos negativos del cambio climático.

Existe concordancia en cuanto a que la producción de Biocombustibles como la Leña y el Pellet en Chile, enfrentará desafíos relacionados con la cantidad y calidad de la biomasa utilizada en su producción, con escenarios de menor disponibilidad de materia prima. Ello de acuerdo con las superficies con especies forestales, la reducción en las tasas de forestación, la actividad de la industria del aserrío y programas de fomento, entre otros factores.

Existe también una coincidencia en la necesidad de una transferencia permanente de conocimiento y de tecnología en relación con la cadena de procesos para producir Biocombustibles, incluyendo ahora, aspectos normativos, de control de calidad del producto final y de la información de las entidades y procesos que serán responsable de este monitoreo.

Se requiere, además, de estudios que incorporen y difundan aspectos de eficiencia económica de diferentes tipos de soluciones para abastecer y asegurar la disponibilidad de materia prima para la industria de los Biocombustibles. Esto implica un análisis a distintas escalas y de tecnologías disponibles y/o adaptables



para el uso de este tipo de material y de los requerimientos para asegurar su calidad, y con ello, su presencia en los mercados.

6. Conclusiones

- A nivel de productores de Biocombustibles en Chile se menciona la inquietud en cuanto a poder contar con materia prima para sus procesos productivos y de su sustentabilidad derivado de una menor actividad en cuanto de forestación.
- La Ley de Biocombustibles Sólidos y su regulación para la producción y comercialización de la Leña y el Pellet generará cambios en los actuales escenarios, en especial por los aspectos normativos sobre la calidad de los Biocombustibles, requiriendo los productores de información y apoyo para su adecuada implementación.
- El rol del Ministerio de Agricultura y su Política Forestal y del Ministerio de Energía es fundamental en la nueva institucionalidad, siendo actores relevantes en el desarrollo de estrategias de desarrollo local según las características de los territorios y el uso de bosques dedicados para energía, más aún en los escenarios derivados del cambio climático y la necesidad de descarbonizar la matriz energética en Chile.
- La generación de Bosques para Energía (Leña, pellet, otros) es una alternativa de desarrollo rural para pequeños y medianos propietarios en Chile, dando valor a suelos actualmente improductivos, ya sea a través del establecimiento de plantaciones forestales y/o el manejo de masas asilvestradas o retoños.
- Los nuevos escenarios para los Biocombustibles en Chile implican importantes desafíos y nuevos procesos, pero también una oportunidad para el manejo sustentable de nuestros bosques y la Bioeconomía.
- Se requiere para ello de una adecuada coordinación entre distintos estamentos públicos y privados, con lugares de encuentro y conversación de modo de aprovechar en un ambiente de confianza, todo el potencial de los territorios, considerando en ello las visiones y consideraciones de todos los participantes en este sector.
- Este tipo de información debe ser un insumo para la definición de propuestas de apoyo o fomento o la generación de políticas regionales para la adecuada producción, comercialización y uso de los Biocombustibles generados en el país.
- La Bioenergía y los bosques son herramientas que contribuyen a los objetivos de mitigación frente a nuevos escenarios derivados del cambio climático en Chile, debiendo realizar la gestión que permitan su sustentabilidad en beneficio, además, de los productores y usuarios.

7. Bibliografía

CONAF (2024). Caracterización de acopios de Leña 2023. Unidad de Dendroenergía. Gerencia de Conservación de Ecosistemas Boscosos y Xerofíticos.



Corporación Nacional Forestal, CONAF. Ministerio de Agricultura. Febrero 2024. 36p.

INN (2017). NCh ISO 17225-2:2017, Biocombustibles sólidos - Especificaciones y clases de combustibles – Parte 2: Clases de Pellets de madera.

INN (2005). NCh2907:2005 Combustible sólido - Leña - Requisitos

Ministerio de Energía, 2023. Propuesta desde la mesa del Pellet para el desarrollo del sector. Documento orientador. Ministerio de Energía Gobierno de Chile, julio 2023, 32p.

Ministerio de Energía. 2024. Ley N° 21499 REGULA LOS BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1183783>

Pinilla Suárez, J., Luengo Vergara, K., Navarrete T., M., et al. 2022. Antecedentes de abastecimiento de biomasa con fines energéticos, el caso del Pellet en Chile. Ciencia e Investigación Forestal, CIFOR, V.28(2), páginas: 57-69. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.565>

Pinilla Suárez, J. y García Inostroza J.. (2024). Reporte interno Precio de la Leña en la región del Biobío. Reporte de proyecto.

Pinilla, J.C.; Luengo, K.; Navarrete, M.; Navarrete, F.; García, J. y Casanova, K. (2024) (b). Programa FIC-R Programa Estratégico Regional para la Innovación y Desarrollo de Oportunidades Sustentables en el Uso de la Biomasa Forestal para la Generación de Energía Renovables en la Región del Biobío. Instituto Forestal (INFOR), Sede Biobío, Concepción. Documento de Trabajo de proyecto.

Pinilla, J.C.; García, J. Navarrete, M.; Navarrete, F.; Casanova, K. y Luengo, K. (2024) (c). Modelo de productividad para la estimación de Leña en las principales especies forestales utilizadas en la región del Biobío. Instituto Forestal. Documento Divulgativo. P. 38.

Pinilla, J.C.; García, J. Navarrete, M.; Navarrete, F.; Casanova, K. y Luengo, K. (2024). Reporte Programa Biomasa Forestal y Energía INFOR. Manual de ensayos con antecedentes red de unidades y resultados obtenidos como aporte a la discusión y desarrollo de políticas públicas y emprendimientos sectoriales. Unidades Experimentales para Bioenergía 2024. P. 51.