



UNIVERSIDAD DE TALCA
MAGÍSTER EN GESTIÓN TECNOLÓGICA

**IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA ELABORACIÓN DE
PELLET DESTINADO A LA CALEFACCIÓN**

**PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER
EN GESTIÓN TECNOLÓGICA**

ALUMNO: Ignacio Raimundo Ayala Alvarez
PROFESOR GUÍA: Nadia Kruscalla Albis Salas
PROFESOR CO-GUÍA: Sergio Rubén Cerda González

TALCA, CHILE
2021

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2021

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
SUMMARY	2
2. INTRODUCCIÓN	3
3. OBJETIVOS	6
3.1. Objetivo general:	6
3.2. Objetivos Específicos:	6
4. ESTADO DEL ARTE	7
4.1. Los problemas de contaminación en Chile.....	7
4.2. La industria del pellet	7
4.3. La utilización y la tecnología del pellet en Chile	9
5. METODOLOGÍA.....	11
5.1. Identificación de tecnologías	11
5.2. Evaluación de soluciones.....	15
5.3. Recomendaciones para la industria regional	15
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	16
6.1. Identificación de nuevas tecnologías	16
6.2. Evaluación y recomendaciones para la industria	35
6.2.1. Nuevos componentes desde la producción agrícola.....	35
6.2.2. Nuevos componentes y materias primas forestales.....	37
6.2.3. Uso de material animal como componente	38
6.2.4. Uso de residuos agroindustriales.....	38
6.2.5. Equipos de peletización móvil.....	38
6.2.6. Aditivos y compuestos para mejorar el desempeño.....	39
7. CONCLUSIONES.....	40
8. BIBLIOGRAFÍA	42

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Bases de datos utilizadas.....	12
TABLA 2: Palabras Claves.....	13
TABLA 3: Ecuaciones de Búsqueda.....	13
TABLA 4: Códigos de Patentes.....	14
TABLA 5: Resultados de búsqueda en bases de datos SCOPUS.....	16
TABLA 6: Principales palabra clave usadas en las publicaciones científicas relacionadas con la elaboración y combustión de pellets.....	18
TABLA 7: Publicaciones Destacadas.....	19
TABLA 8: Resultados de Búsqueda en Bases de Datos Patent Inspiration.....	24
TABLA 9: Documentos de Tecnologías Identificadas.....	26
TABLA 10: Términos de búsqueda para proyectos (CORDIS) y resultados.....	31
TABLA 11: Proyectos Destacados.....	32

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Publicaciones científicas relacionadas con la elaboración y combustión de pellets, 1979-2023.....	17
GRÁFICO 2: Publicaciones científicas relacionadas con la elaboración y combustión de pellets por disciplina científica.....	18
GRÁFICO 3: Número anual de documentos de patentes publicados, 1979-2020.....	25
GRÁFICO 4: Comportamiento de las Instituciones en el Tiempo.....	26

1. RESUMEN

Hace un par de décadas comenzó a consolidarse el pellet como combustible en la calefacción, principalmente doméstica. Esto coincide con la creciente preocupación por el medio ambiente y los avances tecnológicos. Las propiedades del pellet hacen que este combustible sea considerado como sostenible, pues utiliza el concepto de economía circular, el cual consiste en crear producto utilizando los desechos de la industria, de esta forma se disminuye el impacto ambiental y aumentan las utilidades de la empresa. Se trata de un producto que se elabora normalmente en base a residuos (aserrín, ramas, astillas, etc.), ofrecido a un precio de venta muy competitivo, con porcentajes de humedad bajos, una mayor eficiencia en la combustión y menos emisiones de CO₂.

La creciente demanda del pellet enfrenta una reducción de la tradicional materia prima (desechos de madera), además de una industria peletizadora muy dependiente de la industria forestal. Por lo anterior, el presente proyecto buscó identificar y recomendar nuevas y mejores tecnologías de elaboración de pellet, a partir del uso de técnicas de vigilancia tecnológica y consultas a bases de datos de publicaciones científicas, patentes y proyectos internacionales.

A partir de la información recopilada y su análisis, se identificaron seis espacios en los que la investigación aplicada, las patentes y los proyectos, confluyen y determinan posibles avances para la industria nacional o regional: la incorporación de nuevos componentes provenientes de la actividad agrícola, el uso de materia prima forestal o de jardín, el uso de material animal, el uso de desechos agroindustriales, la peletización móvil y aditivos y compuestos para mejorar el desempeño.

SUMMARY

A couple of decades ago, pellets began to establish themselves as a heating fuel, mainly for domestic use. This coincides with the growing concern for the environment and technological advances. The properties of pellets mean that this fuel is considered sustainable, as it uses the concept of circular economy, which consists of creating a product using industrial waste, thus reducing the environmental impact and increasing the company's profits. It is a product that is normally made from waste (sawdust, branches, wood chips, etc.), offered at a very competitive selling price, with low humidity percentages, higher combustion efficiency and lower CO₂ emissions.

The growing demand for pellets faces a reduction of the traditional raw material (wood waste), in addition to a pelletising industry highly dependent on the forestry industry. The aim of this study is to identify and recommend new and improved pellet processing technologies, using technological surveillance techniques and consultation of scientific publications, patents and international projects databases.

Based on the information collected and its analysis, six areas were identified in which applied research, patents and projects converge and determine possible advances for the national or regional industry: the incorporation of new components from agricultural activity, the use of forest or garden raw material, the use of animal material, the use of agro-industrial waste, mobile pelletisation and additives and compounds to improve performance.

2. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existe un creciente interés por realizar proyectos de desarrollo sostenible, los cuales sean capaces de mejorar la vida en distintos ámbitos; ya sea ambientales, sociales o económicos. Para desarrollar esto, la ONU ha establecido objetivos de desarrollo sostenible (ODS), con horizonte al año 2030. A través de los 17 ODS con 169 metas y 231 indicadores, los Estados miembros de Naciones Unidas han expuesto con total consistencia que la agenda 2030 es de nivel universal e intensamente transformadora. Según la Organización de las Naciones Unidas, los ODS representan lo principal de la agenda 2030 y evidencian una mirada global, única y con una colaboración internacional modernizada y actualizada (ONU, 2021).

La agenda 2030 busca manifestar el fundamento de las obligaciones generales, pero a su vez se muestra diversificada para así construir una alianza con una gran cantidad de países que sean partícipes. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, además, son un instrumento de planificación y seguimiento para los diferentes países, a nivel local como nacional. Por fortuna su perspectiva a largo plazo, establecerán una base para que cada país establezca un desarrollo sostenido e inclusivo hacia el medio ambiente, mejorando sus presupuestos, planificación, evaluación y políticas públicas (ONU, 2021).

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la economía circular representa una oportunidad gigantesca para las empresas y gobiernos ya que promete la oportunidad de fomentar un modelo económico menos dependiente de los escasos recursos naturales no renovables y así asegurar la sostenibilidad a largo plazo. Las empresas deben ser capaces de explorar diversas oportunidades que ofrecen los modelos de negocio circulares como el suministro circular, la recuperación de recursos, extensión de vida de los productos, los productos como servicios o la producción en ciclo cerrado. En junio de 2016, Chile aprobó la ley marco para la gestión de residuos, que tiene como objetivo promover la prevención de residuos y el reciclaje y establece un sistema de responsabilidad extendida del productor para una gran variedad de productos y materiales de empaquetado. Su ejecución ha permitido al país cumplir las Actas del Consejo de la OCDE sobre gestión de residuos inocuos para el medio ambiente (OCDE, 2016).

Existen dos ventajas competitivas de las industrias vinculadas a la economía circular. La primera, es un beneficio económico mayor, dado que se está produciendo un nuevo producto, generalmente con márgenes de ganancias importantes dados los bajos costos de los insumos. La segunda, el beneficio ligado a la responsabilidad social y ambiental de la empresa, ya que no desecha el material. Esto puede afectar positivamente la percepción que tiene el consumidor hacia una determinada empresa (Zacarías, 2018).

Los biocombustibles son una buena alternativa a los combustibles fósiles ya que producen dióxido de carbono sin emisiones netas de carbono al ser quemados. El CO₂ sin emisiones netas de carbono no tiene una huella de carbono porque no tiene un efecto neto en la concentración de carbono en la biósfera. Cuando es quemada, la biomasa libera dióxido de carbono, el cual es absorbido inmediatamente por las plantas, la fuente de la biomasa. A través de este ciclo, las plantas remueven carbono de la atmósfera, y el carbono se libera nuevamente a la atmósfera cuando las plantas son quemadas. Este balance hace que la biomasa no genere emisiones netas de carbono. En diferentes países, los pronósticos indican que el consumo de energía seguirá en aumento, principalmente debido al incremento poblacional. Por otra parte, una gran cantidad de energía que se utiliza procede de fuentes fósiles, cuya producción se encuentra en decadencia. Por lo anterior es importante buscar nuevas fuentes energéticas que permitan producir la energía necesaria, pero de manera sostenible (Gutiérrez, 2019).

Se han desarrollado e implementado tecnologías de conversión de residuos orgánicos en energía en países de América Latina y el Caribe. Sin embargo, todavía están muy lejos para contribuir significativamente no solo a tratar los crecientes volúmenes de desechos en la región, sino también a abastecer la demanda regional de energía y cumplir con los objetivos nacionales de emisión de carbono. La complejidad técnica de estas tecnologías alineada con la falta de investigación, los altos costos de inversión y las deficiencias políticas no han permitido una implementación adecuada en la región, donde queda por demostrar la aplicabilidad de las plantas a gran escala (Silva-Martínez, 2020).

La calefacción de hogares en las ciudades representa un problema hoy en día a razón de la alta contaminación que emiten calefactores principalmente a leña, más cuando la leña es verde o está húmeda es por esto es que se ha optado por energías limpias en el cual las opciones más sustentables que se pueden proyectar a futuro,

son como la energía eléctrica, pero tiene el inconveniente del alto costo en su consumo diario (MMA, 2021)

La contaminación es otra consecuencia no deseada del uso de madera en calefacción de hogares, pues perjudica la salud de los habitantes y animales, destruye la vegetación, el suelo; también disminuye la visibilidad y contribuye a aumentar el cambio climático. En Chile, existen tres grandes fuentes de contaminación del aire: medios de transporte, las actividades de las industrias y la calefacción de los hogares. En diferentes ciudades de la zona central de Chile existe un alto índice de material particulado (MP), todo esto es debido a que en los hogares es utilizada la leña como el sistema de calefacción domiciliaria. Hay un aumento sostenido en las diferentes ciudades de la contaminación en los hogares, y se espera que a futuro se incremente el problema del material particulado (MP) implicando con esto una mayor contaminación a la atmósfera (MMA, 2021)

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general:

Identificar y seleccionar nuevas tecnologías para la incorporación de nuevos componentes en la elaboración de pellet destinado a calefacción.

3.2. Objetivos Específicos:

- Identificar tecnologías disponibles para la incorporación de subproductos de la industria agroalimentaria en la elaboración de pellet, a partir de la aplicación de metodologías de vigilancia tecnológica.
- Realizar recomendaciones para la adopción de tecnologías a partir del análisis de los resultados.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1. Los problemas de contaminación en Chile

Según el informe Evaluación de desempeño Ambiental, 2016, elaborado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), las emisiones de la mayoría de los principales contaminantes atmosféricos en Chile han ido en aumento desde 2005 (OCDE, 2016).

La inquietud actual del país por dominar los contaminantes atmosféricos y mejorar la calidad del aire, se ha concentrado en el material particulado MP2,5 y también el material particulado MP10, por ser los que más afectan la salud de las personas. Las concentraciones de este contaminante se encuentran por sobre la norma anual en un 220% (MMA, 2021).

En el país existen numerosos planes de descontaminación vigentes y en 2010 se inició la implementación del Programa “Aire Limpio” el cual, mediante un enfoque preventivo, con énfasis en la protección de la salud de las personas, busca mejorar la calidad del aire en las principales zonas urbanas del país, avanzando hacia una gestión nacional en esta materia. En particular, el objetivo es mejorar los estándares establecidos en las normas de calidad primaria y secundaria vigentes, priorizando el control del MP2,5, así como sus contaminantes precursores, principalmente SO₂ y NO_x (MMA, 2012).

4.2. La industria del pellet

El pellet corresponde a un combustible sólido de origen renovable obtenido por la densificación de biomasa, principalmente de origen forestal. Poseen un aspecto cilíndrico de pequeñas dimensiones y se elaboran a partir de madera residual seca como aserrines y virutas, los cuales son comprimidos a alta presión sin la presencia de aditivos, obteniendo un producto homogéneo con una humedad muy baja. La particularidad central de los pellets es su alta densidad y semejanza, ya sea en forma, estructura y humedad, lo que le concede a este tipo de combustible un comportamiento

similar a un fluido en manipulación y rendimiento más semejante y eficiente que la leña; En consecuencia, este tipo de combustible sólido es el más limpio de todos al alcanzar una combustión de 98,5% con casi nula producción de residuos y emisiones (INFOR,2020).

La producción de pellet en Chile la comenzó la multinacional japonesa Sumitomo asociados con la empresa nacional Promasa S.A, quienes en el año 2006 otorgaron vida a Ecomas. Preliminarmente su producción empezó suministrando a hornos de panaderías, calderas de fábricas de cecinas, calderas de la industria textil y algunas calderas de calefacción de organismos privados.

Los pellets poseen un nivel bajo en emisiones y residuos producidos por la combustión, como material particulado y cenizas, igualmente emiten casi cero emisiones de compuestos azufrados y humo. Todo esto permite una disminución de la mantención de los equipos de combustión para la eliminación de las cenizas (MMA, 2021).

Hoy en día por muchas personas consideran este combustible como uno de los sustitutos de los combustibles fósiles (Zhang et al., 2014). Estos cilindros de madera gozan de grandes ventajas respecto a otros biocombustibles sólidos como las astillas y virutas de madera en cuanto a su reducido porcentaje de humedad, alta densidad energética, capacidad de transporte y fácil almacenamiento (Ryu et al., 2006).

Uno de los puntos negativos relacionado a los pellets es que se les vincula mayores costos de inversión inicial de los equipos de calefacción, los cuales son bastantes altos que para la calefacción con sistemas habituales. Pero, por otra parte, estos costos se observan pagados en el corto y mediano plazo por la conveniencia del precio de los pellets respecto a los demás combustibles, pero a su vez es más cara que la leña, al requerir un proceso más complejo en su fabricación .Otro punto a considerar es que los pellets se encienden con mucha más rapidez que la leña, además de que, por su naturaleza de absorción de humedad, requieren de un almacenamiento que aisle el contacto con la humedad, y así asegurar la lámina protectora del pellet, formada por el calentamiento superficial durante su prensado, dificultando así la aparición rápida de la humedad (MMA, 2017).

4.3. La utilización y la tecnología del pellet en Chile

La principal utilización del pellet de madera en Chile es para el uso en la calefacción de los hogares; para el pellet los más importantes rivales son la leña, el gas, parafina y electricidad. La leña posee ventajas ya que puede ser más rentable que el pellet, pero, asimismo ocupa mucho mayor espacio de almacenamiento, es más difícil de trasladar y también contamina en mucho mayor grado el medio ambiente. Frente a esta situación, el Ministerio de Medio Ambiente ha tomado una serie de medidas complementarias, entre ellas la implementación del Programa de Recambio de Calefactores a Leña (PRC). Este Programa corresponde a un subsidio, cuyo objetivo es contribuir a mejorar la calidad del aire de ciudades contaminadas mediante el recambio de artefactos a leña en uso, que tienen altas tasas de emisión de partículas contaminantes y baja eficiencia en el uso de energía, por unos más eficientes y menos contaminantes. Ha sido dirigido y financiado desde el año 2011 por el Ministerio de Medio Ambiente, y con el transcurso de los años, complementando con recursos de Gobiernos Regionales, en distintas ciudades del centro y sur de Chile (DIPRES y Universidad de Chile, 2019).

Solamente hace pocos años atrás los pellets comienzan a consolidarse como combustible en la calefacción, principalmente doméstica. Esto apoyado por la preocupación de las personas por el medio ambiente y el desarrollo tecnológico asociado a este nuevo combustible. La producción mundial de pellet suma, a 2019, cerca de 40 millones de toneladas, de los cuales la mitad es destinada al mercado doméstico, 14 millones es para el mercado eléctrico y el resto para cogeneraciones o Combined Heat and Power (CHP). Alrededor del 45% de la producción mundial de pellet es europea, el 31% es de Norteamérica, y el 10% de Asia. En Chile se estima una producción anual de 121 mil toneladas (Soto, 2017).

En la actualidad, el pellet para calefacción es cada vez más demandado por las ventajas que este combustible presenta (bajo precio, eficiencia y practicidad en el espacio de almacenaje). Este aumento en la demanda ha hecho que se instalen industrias especializadas en la fabricación de este producto. Sin embargo, la oferta de la materia prima, ya sea aserrín, cortezas de madera, trozos de madera, entre otros, no logra satisfacer la demanda de la producción. En términos de mercado, el pellet ha tenido una tasa anual de crecimiento de alrededor de 25% en los últimos años. Sin embargo, en 2020, y relacionado en parte por la pandemia que hizo que mucha más

gente pasara tiempo en sus viviendas, se produjo un aumento de demanda, que la oferta no fue capaz de suministrar, sobre todo en el sur del país. En cuanto al consumo, las tres regiones que dominan son: Los Lagos (30.608 toneladas), Araucanía (27.600 toneladas) y Biobío (24.505 toneladas). La proyección es de un crecimiento exponencial, esperando en 2030 llegar a alcanzar una producción de cerca de 900 mil toneladas (UCSC, 2021).

En los últimos años se han buscado alternativas, utilizando diferentes subproductos y materiales disponibles. La región del Maule tiene una vocación hacia la industria silvoagropecuaria y agroalimentaria que podría representar una oportunidad para la elaboración del pellet, por lo que se hace relevante identificar nuevas tecnologías de elaboración de pellet para calefacción, que incorporen nuevos componentes derivados de la actividad silvoagropecuaria y agroalimentaria (UCSC, 2021).

Relacionado con la parte de los costos de producción de pellet de madera existen diversas fábricas de pellets instaladas en Chile, es bastante difícil obtener información fiable sobre los costos de producción, debido a que estas poseen diferentes capacidades, trabajan con diversas materias primas y poseen diferente origen de tecnologías. En los países que son desarrollados este tipo de variables están parcialmente resueltas, asimismo son numerosos los parámetros que repercuten en la decisión de costos de producción de pellets, tipos de materia prima, tecnología utilizada, consumo de energía y mano de obra (Thek & Obernberger, 2004). Los pellets de madera pueden ser fácilmente elaborados a partir de cualquier residuo de madera, como astillas, aserrín, corteza, virutas, entre otros.

5. METODOLOGÍA

La metodología a implementar consta de tres etapas secuenciales: Identificación de tecnologías, evaluación y recomendaciones.

5.1. Identificación de tecnologías

La identificación de tecnologías puede abordarse con métodos asociados a la vigilancia tecnológica, que puede definirse como la búsqueda y detección de informaciones orientadas a la toma de decisiones competitivas sobre amenazas y oportunidades externas, maximizando la utilidad de las fortalezas propias y disminuyendo el impacto de las debilidades (Escorsa, 2001). La vigilancia es un esfuerzo sistemático y organizado por la empresa de observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de información sobre los hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial, relevantes para la misma (Palop, 1999).

En el caso bajo estudio la identificación de tecnologías se realizará a partir del análisis de información proveniente de bases de datos de patentes, proyectos internacionales y publicaciones científicas, tal como muestra la Tabla 1.

TABLA 1: Bases de datos utilizadas.

Tipo de información	Base de datos
Publicaciones científicas	Scopus: Base de datos de referencias bibliográficas y citas de la empresa Elsevier, de literatura peer review y contenido web de calidad.
Patentes	Patentinspiration: Reconocido e innovador espacio de análisis de patentes de origen belga, con amplia cobertura.
Proyectos	Cordis: Es la principal fuente de la Comisión Europea, con detalles y resultados de los proyectos financiados por los programas marco de investigación e innovación de la Unión Europea.

Las búsquedas consideran el uso de palabras claves y, en el caso de patentes, códigos de clasificación. Estos elementos se expresarán en fórmulas o ecuaciones de búsqueda, aplicando operadores booleanos, conectores y truncadores.

Para la identificación apropiada de palabras clave (keywords), se dividió el problema general a resolver en tres preguntas orientadoras: ¿Cuál es el problema?, ¿Qué tecnología se utiliza?, ¿Cuál es el ámbito de aplicación?

TABLA 2: Palabras Claves.

Pregunta	Palabras claves
Problema u objetivo	Atmospheric decontamination, circular economy, sustainable development, new components, plant waste, agro-industrial waste, biomass
Técnica o tecnología	Pellets, additives, raw materials, pelletizing, briquettes.
Ámbito o campo	Home heating, stove, furnace, hopper.

La tabla siguiente muestra las ecuaciones booleanas utilizadas.

TABLA 3:Ecuaciones de Búsqueda.

Ecuaciones booleanas
("briquette" OR "pellet" OR "pelletizing") AND ("calefaction" OR "Home heating" OR "stove" OR "combustion") AND ("vegetal residue" OR "biomass")
pellet AND (calefaction OR stove) AND ("vegetal residue" OR "biomass" OR "food industry subproduct" OR additives OR pelletizing)
("vegetal residue" OR biomass OR "food industry subproduct") AND (pellet OR stove) AND ("home calefaction" OR "house heating")

En el caso de las patentes es necesario considerar los sistemas de clasificación. La Clasificación Internacional de Patentes, denominada habitualmente CIP, se basa en un tratado multilateral internacional administrado por la OMPI y denominado Arreglo de Estrasburgo relativo a la Clasificación Internacional de Patentes, celebrado en 1971 y que entró en vigor en 1975. La CIP constituye un sistema jerárquico de símbolos que no dependen del idioma para la clasificación de las patentes y los modelos de utilidad con arreglo a los distintos sectores de la tecnología a los que pertenecen.

La CIP es indispensable para la recuperación de los documentos de patentes durante la búsqueda en el estado de la técnica. Dichos documentos recuperados son de gran valor para las oficinas de patentes, los inventores, los centros de investigación y desarrollo y demás partes interesadas en la aplicación o el desarrollo de la tecnología.

La Tabla 4 muestra los códigos CIP utilizados en las búsquedas de patentes sobre el tema de estudio.

TABLA 4:Códigos de Patentes.

Código	Descripción
C10L5/00	Solid fuels (produced by solidifying fluid fuels)
	C10L5/10 using additives to improve the combustion of solid fuels
	C10L5/40 essentially based on materials of non-mineral origin
	C10L5/44 on vegetable substances
C10L7/00	Fuels produced by solidifying fluid fuels. Peat briquettes
C10L8/00	Fuels not provided for in other groups of this subclass
C10L9/00	Treating solid fuels to improve their combustion
C10L10/00	Use of additives to fuels or fires for particular purposes (using binders for briquetting solid fuels)

Fuente: Elaboración propia a partir de información de OMPI.

Finalmente, respecto al horizonte de tiempo utilizado para las búsquedas, se consideraron 15 años, de manera que pudieran incluirse publicaciones y patentes novedosas.

5.2. Evaluación de soluciones

Los resultados de las búsquedas son analizados, en primer término, en la identificación de tendencias globales y los principales actores involucrados. En este punto es relevante observar la coherencia en el tiempo de los procesos de investigación e innovación.

En segundo lugar, se detectan las tecnologías e innovaciones específicas, construyendo un pool acotado de documentos destacados, que se presentan de manera organizada.

Los criterios que se consideran en la evaluación incluyen la pertinencia de las tecnologías e innovaciones, sus objetivos, el grado de madurez y complejidad de las tecnologías, la inocuidad y sustentabilidad de las soluciones y el potencial de adopción en la industria.

5.3. Recomendaciones para la industria regional

En la siguiente etapa se realizarán recomendaciones para la adopción de estas tecnologías, a partir de los análisis previos y las evaluaciones previas. Los contenidos derivados desde las publicaciones científicas, patentes y proyectos, se vincularán a áreas de oportunidad para la innovación, con propuestas a la industria.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. Identificación de nuevas tecnologías

Los resultados de las búsquedas han mostrado un importante crecimiento en los últimos años, tanto de publicaciones como de patentes. La vigilancia tecnológica aporta metodologías para el levantamiento de información desde publicaciones científicas (Scopus), patentes (PatentInspiration) y proyectos (Cordis). Los resultados generales de publicaciones científicas son presentados en la tabla 5.

TABLA 5: Resultados de búsqueda en bases de datos SCOPUS.

Ecuaciones de búsqueda (Título-Abstract-Keyword)	Número de publicaciones
("briquette" OR "pellet" OR "pelletizing") AND ("calefaction" OR "home AND heating" OR "stove" OR "combustion") AND ("vegetal residue" OR "biomass"))	47
(("briquette" OR "pellet" OR "pelletizing") AND ("vegetal residue" OR "biomass" OR "Agroindustrial waste") AND (manufactur*))	391

Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos Scopus.

Estas búsquedas arrojaron resultados muy apropiados y relacionados con el objetivo planteado. La tendencia general muestra un crecimiento importante a partir de 2005 (Gráfico 1).

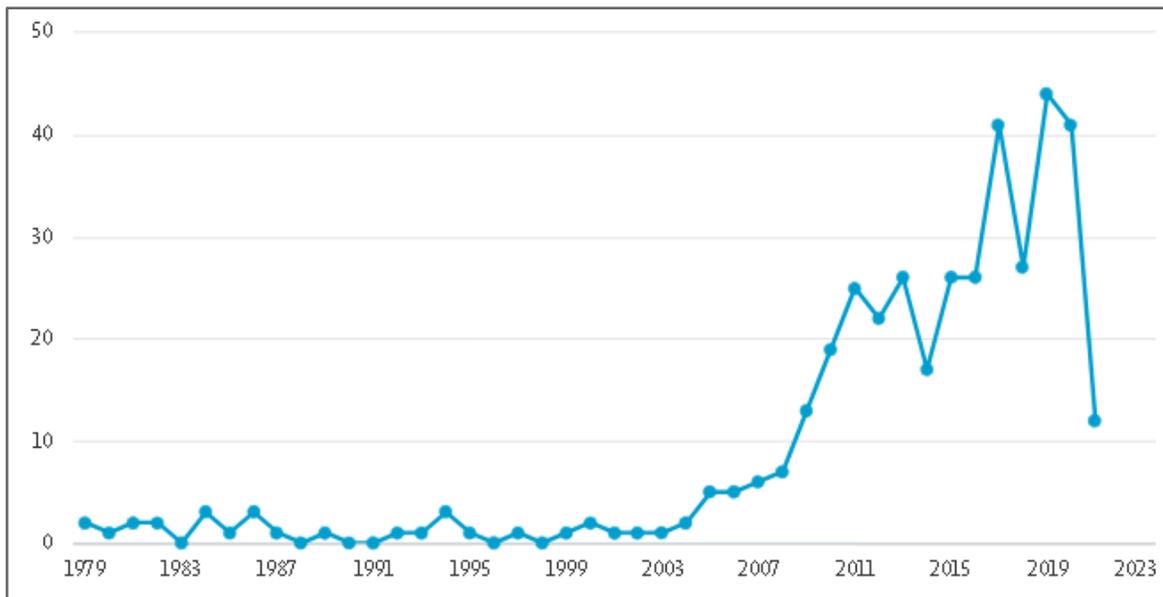


GRÁFICO 1: *Publicaciones científicas relacionadas con la elaboración y combustión de pellets, 1979-2023.*

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Scopus

Las investigaciones relacionadas con la elaboración y combustión de pellets, tienen diferentes aristas y aproximaciones; se puede abordar desde el punto de vista ambiental o de eficiencia energética, como también relacionadas con el área química y el uso de nuevas materias primas y componentes. El Gráfico 2, muestra la división de las publicaciones por disciplina científica.

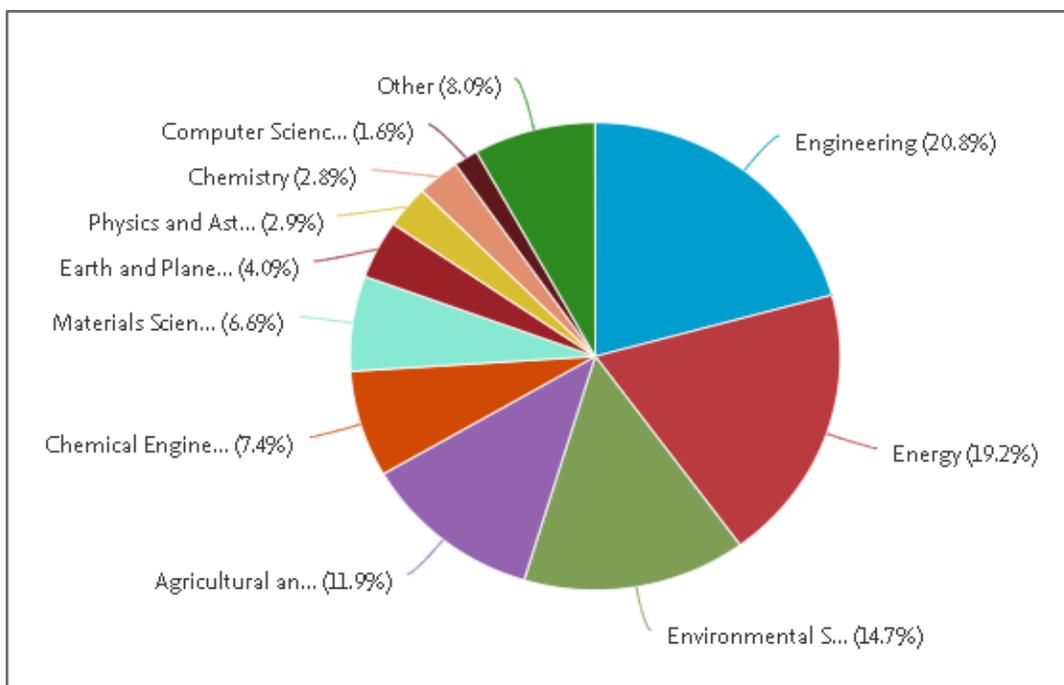


GRÁFICO 2: *Publicaciones científicas relacionadas con la elaboración y combustión de pellets por disciplina científica.*

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Scopus

La Tabla 6 presenta los términos claves más utilizados en el pool de documentos recolectados.

TABLA 6: Principales palabras claves usadas en las publicaciones científicas relacionadas con la elaboración y combustión de pellets.

Término	Número de menciones
Biomass	246
Pelletizing	180
Manufacture	80
Biofuels	71
Biofuel	57
Pellets	47
Briquets	46
Fuels	45
Wood	42
Combustion	40
Cellulosic Biomass	37

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Scopus

Uno de los aspectos fundamentales para el uso correcto y sostenible de un biocombustible es la evaluación de su calidad. Esto es aún más importante, considerando el amplio espectro de posibles materias primas para la peletización. Durante la última década, un importante número de artículos publicados, tratan de evaluaciones de pellet y mejora de la calidad. Los hallazgos de la revisión incluyen temas como la influencia de diferentes sistemas de manejo agroforestal en la calidad del pellet, el análisis de pellet a partir de materias primas puras (sin mezcla ni aglutinantes), la influencia de la mezcla y los aglutinantes en la calidad del producto y la influencia de los tratamientos previos.

Los principales resultados obtenidos en las búsquedas en base de datos de publicaciones científicas se presentan en la Tabla 7.

TABLA 7:Publicaciones Destacadas.

Publicación	Descripción / Resumen
<p>Soto, N. (2017)</p> <p>Generación de pellets y compost a partir de residuos agrícolas.</p> <p>Universidad Técnica Federico Santa María</p> <p>Memoria de Titulación para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico</p>	<p>El proyecto realiza una cuantificación de residuos agrícolas en el recinto de la Feria Mayorista Femacal, ubicada en La Calera, Valparaíso, la cual es una de las ferias más grandes del país. Se realizan ensayos de medición de humedad y poder calorífico de los residuos agrícolas presentes en la feria, lo que permite realizar una caracterización de este tipo de biomasa presente en la feria Femacal, tomando cuatro muestras representativas y obteniendo como resultado importantes parámetros, tales como la humedad promedio de las muestras de 85% y poder calorífico inferior (PCI) promedio de 13.766 [kJ/kg]. Estos resultados demuestran que existe una fuente potencial de energía en estos residuos agrícolas y una oportunidad para la elaboración de pellet.</p>

<p>Hernández, D., Fernández, H., Furatich, R. Rebolledo-Leiva, Tenreiro, C. (2019). Evaluation of sustainable manufacturing of pellets combining wastes from olive oil and forestry industries. <i>Industrial Crops and Products</i> 134 (0926-6690): 338-346</p>	<p>En este trabajo, se estudiaron las características fisicoquímicas de los residuos de alperujo y orujo, demostrando que ambos pueden combinarse para la producción de pellets. Para ello, 12 tipos de pellets basados en diferentes combinaciones de alperujo, orujo, <i>Pinus radiata</i> y <i>Populus</i> spp. La mezcla más rentable fue la de alperujo / <i>Pinus radiata</i> 90/10 p / p, debido a reducción de costes y reducción de emisiones de CO₂.</p>
<p>Gutiérrez, C., Ríos-Badrán, I., Luzardo-Ocampo, I., Santos-Cruz J., García-Trejo, J. (2019). Biocombustibles sólidos: una alternativa económica y sostenible para la generación de energía eléctrica en México. Edición Digital Ciencia UAQRO ISSN: 2395-8847 Año 12, No. 2, julio-diciembre de 2019</p>	<p>El uso de residuos agroindustriales representa una alternativa con potencial para la fabricación de biocombustibles sólidos, los cuales se pueden emplear para generar energía eléctrica y/o calorífica. En particular, los pellets, un tipo de biocombustible sólido, pueden emplearse para la generación de energía eléctrica, reemplazando al carbón de origen vegetal. Por ello, el uso de pellets elaborados a partir de residuos agroindustriales son el objeto del presente artículo, así como el efecto de su potencial uso en México sobre el precio de generación de la energía eléctrica.</p>
<p>Gaitán-Álvarez, J., Moya, R. (2016). Characteristics and properties of torrefied biomass pellets from <i>Gmelina arborea</i> and <i>Dipterix panamensis</i> at different times. <i>Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del</i></p>	<p>Se estudiaron las características y propiedades de pellets de biomasa proveniente de <i>Gmelina arborea</i> y <i>Dipterix panamensis</i>.</p>

<p>Ambiente Volume 22, Issue 3, September-December 2016, Pages 325-337</p>	
<p>Andersone, A., Arshanitsa, A., Solodovniks, V., Kampars, V. (2018). Pelletizing of bark residue resulting from debarking of softwood trees. Key Engineering Materials Volume 762, 2018, Pages 115-120 58th International Conference of Materials Science and Applied Chemistry, MSAC 2017; Riga; Latvia; 20 October 2017 through 20 October 2017; Code 211549</p>	<p>En este trabajo se estudió la corteza obtenida por descortezado de árboles de madera blanda destinada a la fabricación de celulosa en términos de viabilidad de producción de pellets de combustible. Se determinaron las características del combustible, incluida la composición elemental, el contenido de cenizas, los valores caloríficos y otros parámetros, requeridos por los estándares de pellets de combustible.</p>
<p>Santana, D.A.R., Scatolino, M.V., Lima, M.D.R., de Oliveira Barros Junior, U., Garcia, D.P., Andrade, C.R., de Cássia Oliveira Carneiro, A., Trugilho, P.F., de Paula Protásio, T. (2021) Pelletizing of lignocellulosic wastes as an environmentally friendly solution for the energy supply: insights on the properties of pellets from Brazilian biomasses</p>	<p>Este estudio tuvo como objetivo evaluar cómo las mezclas de residuos lignocelulósicos mejoran la calidad física, química y mecánica de los pellets destinados al sector industrial, e identificar los desafíos asociados al uso de biomasa agroforestal como materia prima para la peletización. Los pellets se produjeron a partir de mezclas de desechos de soja, desechos de sorgo, agujas de pino, polvo de arroz, aserrín de eucalipto y finos de carbón. Además, se evaluaron pellets puros compuestos de residuos de soja, bagazo de caña de azúcar y madera de pino.</p>

<p>Environmental Science and Pollution Research. Volume 28, Issue 9, March 2021, Pages 11598-11617</p>	
<p>Pradhan, P., Arora, A., Mahajani, S.M. (2018) Pilot scale evaluation of fuel pellets production from garden waste biomass. Energy for Sustainable Development Volume 43, April 2018, Pages 1-14</p>	<p>Se investigó la peletización de desechos de jardín, sin aglutinante adicional, para producir pellets de combustible de alta calidad para la utilización de energía. De la prueba de combustión se puede deducir que los pellets de desechos de jardín pueden usarse convenientemente en una estufa residencial. En este estudio se ha demostrado la peletización de la biomasa de residuos de jardín a escala piloto.</p>
<p>Gaitán-Alvarez, J., Moya, R., Puente-Urbina, A., Rodríguez-Zuñiga, A. (2017). Physical and compression properties of pellets manufactured with the biomass of five woody tropical species of Costa Rica torrefied at different temperatures and times. Energies. Volume 10, Issue 8, August 2017, Article number 1205</p>	<p>Se evaluó el desempeño de los pellets elaborado a partir de cinco especies de madera (<i>Cupressus lusitanica</i>, <i>Dipterix panamensis</i>, <i>Gmelina arborea</i>, <i>Tectona grandis</i> y <i>Vochysia ferruginea</i>) bajo diferentes condiciones de temperatura. De acuerdo con los resultados, los pellets fabricados con biomasa de especies tropicales presentan características adecuadas para su uso en estufas.</p>
<p>Mustelier, N.L., Almeida, M.F., Cavalheiro, J., Castro, F. (2012). Evaluation of pellets produced with undergrowth to be used as biofuel. Waste and Biomass Valorization. Volume 3,</p>	<p>El uso de la maleza común y sotobosque para la fabricación de pellets y briquetas es una oportunidad como energía renovable. El objetivo de este trabajo fue obtener pellets con propiedades estándar y evaluar los parámetros que pueden calificar el desempeño de estos: contenido de humedad, distribución granulométrica, alto poder</p>

<p>Issue 3, September 2012, Pages 285-294</p>	<p>calorífico, altura de llama y tiempo de combustión, presión y temperatura del proceso de peletización. Los resultados mostraron que es posible producir pellets de sotobosque con características físicas y termoquímicas similares a las existentes en el mercado en la actualidad.</p>
<p>Ruiz Celma, A., Cuadros, F., López-Rodríguez, F. (2012). Characterization of pellets from industrial tomato residues. Food and Bioproducts Processing, Volume 90, Issue 4, October 2012, Pages 700-706</p>	<p>El proceso descrito es la fabricación de pellets de 6 mm de diámetro a partir de muestras de residuos de tomate obtenidos de plantas de procesamiento industrial. La densidad aparente y de partículas, la dureza y la durabilidad de los gránulos se vieron significativamente influenciadas por el contenido de humedad inicial de la biomasa, así como en las subsiguientes reducciones de dicho contenido de humedad después del peletizado y en los periodos de almacenamiento</p>
<p>Xu, H., Yang, W., Yang, H., Zhu, Y., Chen, H. (2018). Effect of binders on performance of corn stalk pellets. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 382, Issue 2, 13 July 2018, Article number 022098</p>	<p>A partir de los tallos de maíz cosechados en la provincia de Hubei se desarrollaron pellets para combustibles. Se estudiaron cuatro aglutinantes diferentes para fabricar un nuevo tipo de pellets. Entre los aglutinantes seleccionados, la diatomita y la CMC permiten fabricar pellets con mejor rendimiento.</p>
<p>Liu, Z., Jiang, Z., Fei, B., Cai, Z., Liu, X. (2014). Comparative properties of bamboo and pine pellets. Wood and Fiber Science Volume 46, Issue 4,</p>	<p>Este estudio se llevó a cabo para comparar y evaluar las propiedades de los pellets de bambú y pino como biomasa combustible. Los pellets de bambú exhibieron mejores propiedades de combustión a excepción de las cenizas inorgánicas y peores propiedades físicas generales que los</p>

October 2014, Pages 510-518	pellets de pino.
-----------------------------	------------------

Por otra parte, la búsqueda de información de patentes arrojó resultados muy acotados a los objetivos planteados. Los resultados vinculados por ecuación se representan en la tabla 8.

TABLA 8:Resultados de Búsqueda en Bases de Datos Patent Inspiration.

Ecuaciones de búsqueda (Título-Abstract-Claims)	Códigos CIP	Número de documentos
("briquette" OR "pellet" OR "pelletizing") AND ("calefaction" OR "Home heating" OR "stove" OR "combustion") AND ("vegetal residue" OR "biomass")	C10L5/00, C10L7/00, C10L8/00, C10L9/00, C10L10/00, C10L5/40, C10L5/44	447
pellet AND (calefaction OR stove) AND ("vegetal residue" OR "biomass" OR "food industry subproduct" OR additives OR pelletizing)	C10L5/00	382

Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos Patent Inspirations.

El número anual de documentos muestra un importante incremento a partir de 2006. El Gráfico 3, muestra la tendencia en las publicaciones de documentos de patentes.

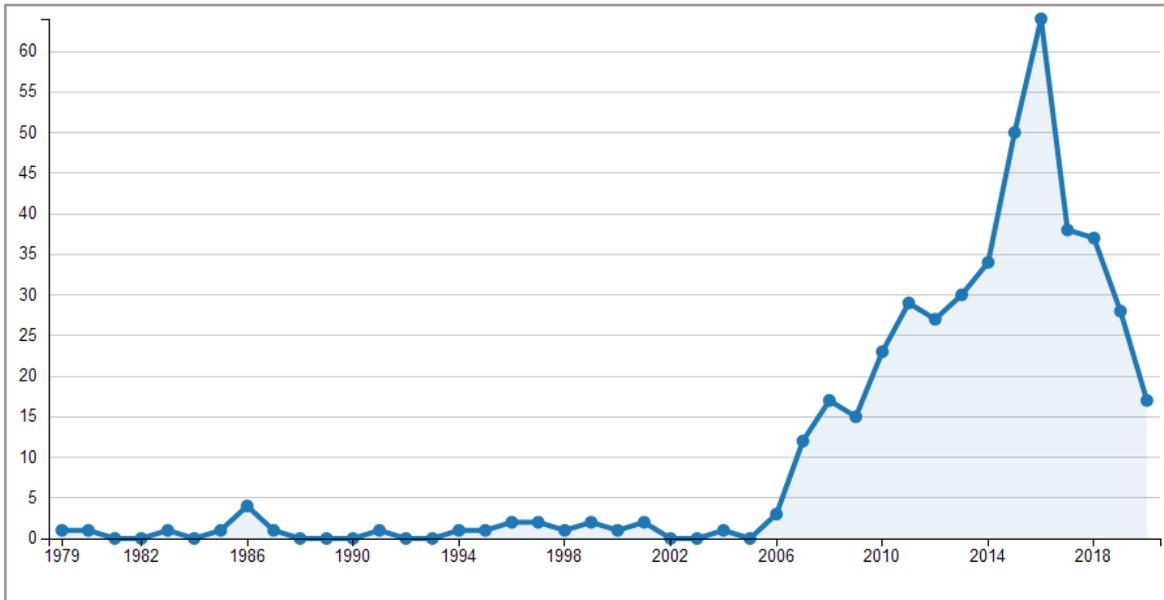


GRÁFICO 3: *Número anual de documentos de patentes publicados, 1979-2020.*

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Patent Inspiration.

Como se puede contemplar en el gráfico, hay presencia de patentes relacionadas a los pellets ya desde el año 1979. En los últimos años se observa un incremento de patentes que podría responder al aumento de la contaminación en la zona urbana de las ciudades y la creciente importancia de tecnologías para mejorar la combustión destinada a calefacción y a la industria. Igualmente, valiosa es la tendencia a la conversión de sistemas de calefacción.

Los países que han invertido más en el desarrollo y protección de innovaciones tecnológicas son Estados Unidos, China, Corea del Sur e Inglaterra.

Por otra parte, las organizaciones involucradas en estas actividades de patentamiento incluyen empresas con mucha experiencia que están involucrados en la generación industrial, la transformación energética y el uso de biomasa como reemplazo del carbón (Rivera Basin Energy Inc., EEUU), así como startups dedicadas a desarrollar tecnologías de combustión limpia a partir de biosólidos y otros desechos orgánicos (EnerTech Environmental). El Gráfico 4, muestra el comportamiento de las instituciones en el tiempo.

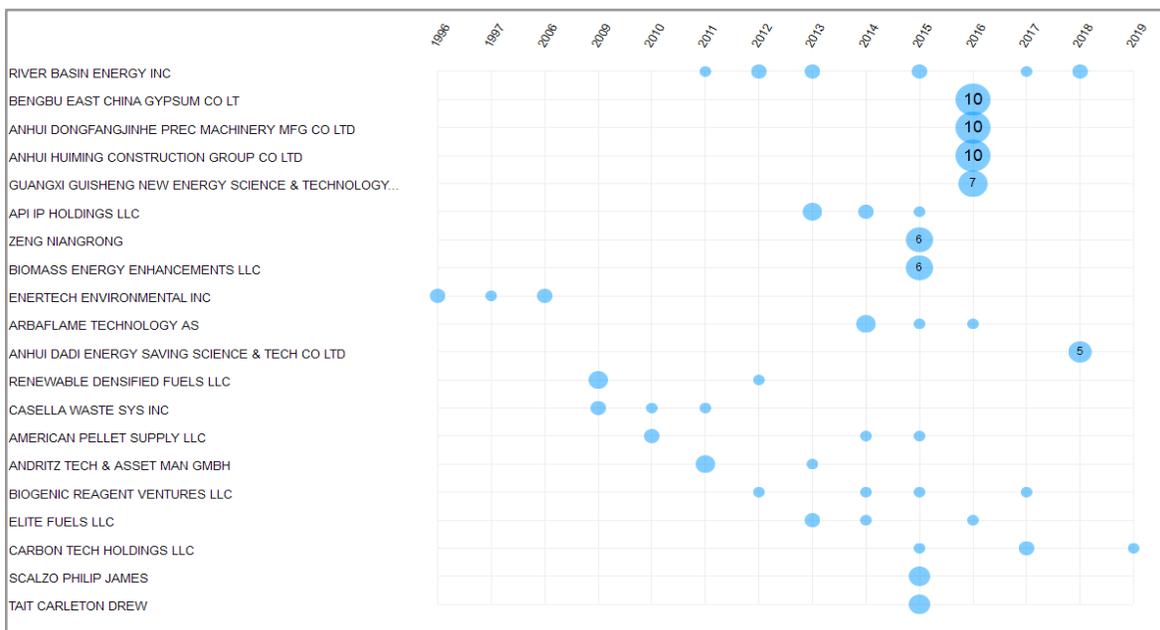


GRÁFICO 4: Comportamiento de las Instituciones en el Tiempo.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Patent Inspiration.

Estos resultados permitieron identificar un número importante de documentos relevantes. Existen 25 patentes destacadas que representan innovaciones destacadas y vinculadas cercanamente con el tema en estudio. La Tabla 9 presenta un resumen de los documentos más relevantes.

TABLA 9: Documentos de Tecnologías Identificadas.

Nombre, número de publicación y enlace	Descripción
Novel biomass briquetting high-calorific-value fuel CN111996056A	Briqueta de alto poder calórico que utiliza cascarilla en su composición junto a material de la industria forestal y de papel
Preparation method of high-quality low-emission straw briquette fuel	Briquetas de paja de baja con etapas de preparación de la materia prima, trituración, secado, mezcla, compresión, corte, cribado, envasado y similares. La calidad y las características de combustión se mejoran

CN111944574A	<p>por un aditivo compuesto a base de calcio para controlar los contaminantes y con carbón pulverizado que aumenta el poder calorífico de la briqueta y se mejora la característica de fusión de las cenizas.</p>
<p>Biofuel</p> US2020270539A1	<p>Una composición de biocombustible, en el que la carga se selecciona de aserrín, desperdicio de cebada, desperdicio de lúpulo, cáscara de cacao, remolacha azucarera, paja, madera, cáscaras de nueces, cañas, desperdicios de pan, maíz, cáscara de trigo y cáscara de cebada.</p>
<p>Biomass briquette fuel</p> CN111218315A	<p>Combustible de briquetas de biomasa, aumenta el contenido de carbono del combustible, aumenta el valor calorífico y se cumplen plenamente los requisitos de uso de los usuarios y los equipos de combustión; y biomasa de difícil uso, como paja de cultivos, residuos forestales y agrícolas.</p>
<p>Clean briquette fuel, and preparation method and application</p> CN111187648A	<p>Combustible de briquetas limpio y un método de preparación y aplicación del mismo. El combustible de briquetas limpio comprende las siguientes materias primas: cenizas volantes de biomasa , corteza y uno o más aditivos seleccionados entre acetato de calcio, dihidrogenofosfato de amonio, carboximetilcelulosa, almidón y alquitrán.</p>
<p>Method for Producing Agglomerates from a Biomass Stream</p> US2020102517A1	<p>Método para producir aglomerados a partir de una materia prima que comprende al menos una corriente de biomasa , comprendiendo el método las etapas de: combinar la materia prima con uno o más reactivos de unión; e introducir la materia prima en un aparato de aglomeración en presencia de un activador de polimerización para producir los aglomerados.</p>
<p>Biomass briquette fuel and preparation</p>	<p>Combustible de briquetas de biomasa y un método de preparación del mismo, y pertenece al campo técnico de</p>

method thereof CN110923033A	los combustibles energéticos.
Biomass pellet fuel produced from tobacco leaf waste and preparation method thereof CN110903875A	Se refiere a un combustible de pellets de biomasa producido a partir de residuos de hojas de tabaco.
System and method for production of a renewable liquid fuel US2020056098A1	Método para fabricar un biocombustible ecológico basado en materia prima de biomasa renovable.
Device and process for producing high-calorific-value pellet fuel through low-temperature pyrolysis of agricultural and forestry waste CN110229707A	Descripción de un dispositivo y un proceso para producir un combustible en pellets de alto poder calorífico mediante pirólisis a baja temperatura de desechos agrícolas y forestales.
Preparation and application of iron-calcium composite auxiliary agent for inhibiting escape of biomass fuel smoke dust CN109749807A	Preparación y aplicación de un agente auxiliar compuesto de hierro-calcio para inhibir el escape de polvo de humo de combustible de biomasa.
Biomass pellet fuel CN109294676A	El combustible de biomasa presentado aquí, tiene las características de alto poder calorífico, baja densidad, bajo costo, protección ambiental y alta eficiencia de combustión , reduce la contaminación ambiental y tiene

	amplias perspectivas de aplicación.
Green biomass pellet fuel CN108753402A	El combustible de pellets de biomasa verde se prepara a partir de agujas de pino, hojas de ave fénix, madera muerta de árbol de té, paja de maíz, polvo de grafito, paja de trigo y polvo de madera de paulownia.
Method for removing chlorine and inorganic components from gramineae or poaceae for the production of solid biofuels in the form of pellets or the like WO2018112580A1	Eliminación de cloro y otras sustancias inorgánicas, mediante procesos de pretratamiento mecánico y químico, que comprenden trituración, y lixiviación, antes de producir los biocombustibles en forma de pellets o similares.
Agriculture and forestry biomass briquette fuel and preparation method thereof CN107880965A	La biomasa agrícola y forestal se muele en polvo y se trata previamente con materia de saponificación de sulfato para preparar el combustible de briquetas .
Biofuel WO2017093757A1	Biocombustible sólido avanzado, que comprende posos de café de desecho.
Production technology of energy-saving and environment-friendly biomass solid briquette fuel CN106398797A	Campo técnico del combustible de biomasa y describe una tecnología de producción de combustible de briquetas sólidas de biomasa que ahorra energía y es respetuoso con el medio ambiente.
Biomass pellet manufacturing method using and Biomass pellet manufacturing	Método de fabricación de una pastilla preparada mediante secado y recubrimiento por pulverización de biomasa utilizando aceite de desecho y aceite de búnker.

equipment make use of waste oil and bunker fuel oil KR101662439B1	
Antibacterial biomass briquette with high calorific value and manufacturing method thereof CN105969446A	La briqueta de biomasa tiene características antibacterianas, de ahorro de energía y respetuosas con el medio ambiente, así como características de alto poder calorífico y alta tasa de utilización de biomasa , y especialmente cumple con los requisitos de combustión de los equipos de curado del establo de curado a granel.
Ignition smokeless biomass briquette and manufacturing method thereof CN10596944	La briqueta de biomasa tiene las ventajas de alta tasa de utilización de biomasa, conservación de energía y protección ambiental, combustión suficiente y alto poder calorífico, y es inflamable y sin humo. Además, se ahorra energía y el costo es bajo.
High-combustion-value biomass briquette fuel CN105950247A	El combustible de briquetas de biomasa de alto valor de combustión tiene las características de alto rendimiento de combustión, alta seguridad y bajo costo, y es conveniente para la producción a gran escala.
Method And Apparatus For Processing Biomass Material US2013067806A1	Un conjunto para procesar material de biomasa verde para peletizar en un pellet de combustible incluye un conjunto de calefacción, un conjunto de secado y un conjunto de refrigeración.
Biomass fuel pellet using recycled rubber and bitumen CA2709316A1	Se produce un producto de combustible sólido que incluye un material de biomasa , material bituminoso, material de caucho reciclado derivado de neumáticos y coque de petróleo.
Apparatus and method for making fuel using forest residue CA2686853A1	Aparato para la producción de combustible a partir de residuos forestales, en el cual se envían una variedad de residuos forestales.

Device for continuously producing combustibles in the form of pellets WO0018572A1	Dispositivo para la producción continua de combustibles en forma de gránulos a partir de biomasa mediante la compresión de la biomasa.
--	--

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Patent Inspiration.

Finalmente, los proyectos identificados en la base de datos CORDIS entregan un importante volumen de información pertinente.

La Tabla 10 muestra los resultados de la búsqueda realizada.

TABLA 10: Términos de búsqueda para proyectos (CORDIS) y resultados.

Ecuación de búsqueda	Resultados
'project' AND (('briquette' OR 'pellet' OR 'pelletizing') AND ('vegetal residue' OR 'biomass' OR 'Agroindustrial waste'))	82 resultados encontrados

Fuente: Elaboración propia utilizando la base de datos CORDIS

Las iniciativas más destacadas que han sido apoyadas por la Comisión Europea, se presentan en la Tabla 11.

TABLA 11: Proyectos Destacados.

Proyecto	Detalle
<p>Res2Pel Proceso de tratamiento innovador de residuos biogénicos y materiales residuales para la fabricación de combustibles compactados como pellets o briquetas Desde 1 febrero 2015 hasta: 31 Julio 2015 Coordinado por: HJXW Holding GMBH Alemania Financiado: H2020-EU.3.3., H2020-EU.2.3.1. Presupuesto total € 71 429 Sitio web del proyecto http://www.florafuel.de/</p>	<p>El proyecto abordó el uso de madera u otros cultivos energéticos, especialmente residuos de biomasa, dado el gran potencial de aplicación en la fabricación de combustibles de biomasa neutros en CO2. Se desarrolló un innovador proceso de tratamiento “florafuel” para convertir corrientes de biomasa húmeda en gránulos o briquetas de combustible de biomasa de alta calidad. Varios tipos de biomasa, como la hierba y el follaje, se han convertido con éxito en combustibles con un poder calorífico de aprox. 18 MJ/kg y todas las demás propiedades exigen de la DIN EN 1496-6 en un proceso rentable.</p>
<p>ENERCOM Poligeneración de energía, combustibles y fertilizantes a partir de residuos de biomasa y lodos Desde 3 noviembre 2008 hasta el 2 noviembre 2013 Coordinado por: Hochschule Trier Alemania Financiamiento: FP7-ENERGY Presupuesto total: € 5.212.017</p>	<p>El proyecto apuntó a la poligeneración de alta eficiencia de electricidad, calor, combustibles sólidos y compost/fertilizantes de alto valor a partir de lodos y residuos vegetales mezclados con residuos de biomasa, ofreciendo así una nueva, segura, ecológica y rentable ruta para la eliminación de lodos.</p>
<p>HarvPel Mejora y rediseño de una máquina todo en uno disruptiva de recolección y peletización móvil Desde 1 de marzo 2017 hasta el 30</p>	<p>El proyecto busca ofrecer una máquina todo en uno autónoma, que unifica todos los pasos del proceso necesarios para la elaboración de pellet: cosecha y la granulación</p>

<p>de junio de 2017 Coordinado por SCM Produktions- Und Vertriebs Gmbh, Austria Financiamiento H2020 SMEInst Presupuesto total: € 71.429 Sitio web del proyecto https://www.schaidler-group.com/</p>	<p>Reduce el costo de transporte para la pre peletización, llegando a un costo de peletización específico inferior a 25 €/t. Consta de control remoto, alto nivel de automatización y software avanzado de machine learning. La cosechadora móvil permite la producción de pellets rentable en una sola operación directamente en el campo.</p>
<p>MOBILE FLIP Procesamiento industrial móvil y flexible de biomasa Desde 1 de enero de 2015 hasta el 31 de diciembre de 2018 Coordinado por TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT OY, Finlandia Financiamiento: H2020 Presupuesto total: 9.698.843 € Sitio web: http://www.mobileflip.eu/</p>	<p>El proyecto transforma recursos de biomasa agrícola y forestal subexplotados en productos intermedios. Se probaron con éxito cuatro tecnologías potenciales: tratamiento hidrotermal, torrefacción, pirólisis lenta para la producción de biocarbón y fracción líquida y peletización.</p>
<p>Proxipel Unidad de peletización móvil Proxipel Desde 1 de diciembre 2019 hasta el 30 de abril 2020 Coordinado por PROXIPEL SA Switzerland Financiamiento: H2020 Presupuesto total: € 71 429 Sitio web del proyecto http://www.proxipel.com/</p>	<p>El proyecto ha desarrollado una unidad de peletización móvil que puede procesar una variedad de tipos de biomasa, incluida la biomasa húmeda, en el lugar donde se genera. Busca recuperar la biomasa que de otro modo se desperdiciaría al tiempo que reduce los impactos ambientales asociados con la transformación de la biomasa.</p>

<p>BioPellets</p> <p>Integración de residuos de alimentos en pellets de madera para convertir la grasa residual en un biocombustible útil.</p> <p>Desde 1 agosto 2016 hasta el 30 noviembre de 2016</p> <p>Coordinado por FUEL PELLETS TECHNOLOGIES EUROPE AB Sweden</p> <p>Financiamiento: H2020</p> <p>Presupuesto total: € 71.429</p> <p>Sitio web del proyecto http://winwater.se/fuel-pellet-technologies/</p>	<p>El proyecto abordó tres problemas: el bajo rendimiento de los biocombustibles, la existencia de grasa de desperdicio de alimentos y el debilitamiento de la industria de pellets de combustible de la UE en Europa. Se propuso la integración de grasa de desperdicio de alimentos en biopellets, en una mezcla de biomasa-grasa 80-20. Esto mejora el contenido de energía de los pellets en un 27%, superando al carbón y reduce el costo de producción hasta en un 50%. Además, pueden evitar que 20.000 toneladas de residuos vayan al vertedero cada año al asociarse con una sola planta de pellets de madera.</p>
<p>ASHMELT</p> <p>Desarrollo de una prueba de fusión de cenizas práctica y fiable para combustibles de biomasa, en particular para pellets de madera.</p> <p>Desde 1 de enero de 2012 a 31 de diciembre de 2014</p> <p>Coordinado por BEST - BIOENERGY AND SUSTAINABLE TECHNOLOGIES GMBH Austria</p> <p>Financiamiento: FP7-SME</p> <p>Presupuesto total: € 2 021 975,40</p> <p>Sitio web del proyecto http://www.ashmelt.eu/</p>	<p>Los objetivos del proyecto AshMeIT son</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar un método de prueba para la evaluación de las características de fusión de cenizas de biocombustibles sólidos - Especificar clases de fusión de cenizas para biocombustibles sólidos - Elaborar una propuesta para una norma europea para el método de prueba desarrollado - Desarrollar una propuesta para la implementación del procedimiento desarrollado como una referencia de prueba en la etiqueta de pellets de madera ENplus®
<p>CHP</p> <p>Ampliación y comercialización de una máquina de vapor de alta eficiencia de pellets de madera de</p>	<p>El objetivo de este proyecto es la ampliación y comercialización de un sistema de generación de energía y calor combinado (CHP, por sus siglas en inglés)</p>

<p>cogeneración para generación de calor y energía</p> <p>Desde 1 de enero de 2015 a 31 de mayo de 2015</p> <p>Coordinado por AROSS 3D GMBH Alemania</p> <p>Financiamiento: H2020-EU.3.3 y H2020-EU.2.3.1.</p> <p>Presupuesto total: 71 429 €</p>	<p>desarrollado que comprende una máquina de vapor alimentada con pellets de madera de alta eficiencia. La potencia de salida de la cogeneración es de 50 kW eléctrica y de 175 kW térmica con un 20% de eficiencia eléctrica y un 90% de eficiencia general basada en pellets de madera. Se logran estos parámetros probados en el banco de pruebas mediante el desarrollo de una tecnología de motor de vapor con un nuevo enfoque.</p>
---	---

Fuente: Elaborado a partir de información de las bases de datos CORDIS.

A nivel nacional se identifica el proyecto Biobío Pellet cuyo objetivo es potenciar la producción de pellet para combustión a partir del manejo forestal sustentable para disminuir la contaminación atmosférica producida por el uso de leña húmeda, es el objetivo del proyecto Biobío Pellet, alineado con las actuales necesidades del país.

6.2. Evaluación y recomendaciones para la industria

Las innovaciones y avances tecnológicos encontrados utilizando la base de datos Scopus, Patent Inspiration y CORDIS, pueden presentarse en 6 áreas. Estos desarrollos cumplen adecuadamente con los criterios considerados.

6.2.1. Nuevos componentes desde la producción agrícola

El uso de material agrícola y su alto potencial como materia prima para pellet, ha sido evaluada en numerosos estudios. Algunos trabajos abordan la caracterización de residuos agrícolas (Soto, 2010) para evaluar su potencial como materia prima. En otros casos se fabrica pellet con diferentes materiales y se evalúa su desempeño. Xu et al (2018) desarrollaron pellets para combustibles a partir de los tallos de maíz. En este caso, se estudiaron cuatro aglutinantes diferentes para fabricar un nuevo tipo de pellets. Entre los aglutinantes seleccionados, la diatomita y la carboximetilcelulosa

(CMC) permitieron fabricar pellets con mejor rendimiento.

Por otra parte, se han estudiado mezclas de biomasa agroforestal como materia prima para la peletización y la forma en que se mejora la calidad física, química y mecánica de los pellets. Tal es el caso de pellets fabricados a partir de mezclas de desechos de soja, desechos de sorgo, agujas de pino, polvo de arroz, aserrín de eucalipto y finos de carbón (Santana et al, 2021). Igualmente, se han elaborado briquetas de paja con distintas etapas de preparación de la materia prima, seguidas de los procesos de trituración, secado, mezcla, compresión, corte, cribado, envasado y similares (CN111944574A). Asimismo, existe una innovación sobre la composición del biocombustible, que se basa en la selección de aserrín, subproductos de cebada, lúpulo, cáscara de cacao, remolacha azucarera, paja, madera, cáscaras de nueces, cañas, desperdicios de pan, maíz, cáscara de trigo y cáscara de cebada (US2020270539A1). La combinación de desechos forestales y polvo de cáscara de arroz ha arrojado también buenos resultados (CN110923033A), así como el uso de mazorca de maíz y paja de arroz (CN109294676A). Estos desarrollos tienen las características de alto poder calorífico, baja densidad, bajo costo, protección ambiental y alta eficiencia de combustión. Además, reducen la contaminación ambiental y tienen amplias perspectivas de aplicación.

También los pellets de biomasa verde se han preparado a partir de partes de una muy variada combinación de desechos y subproductos. Se ha usado pino, hojas de phoenix, madera muerta de árbol de té, paja de maíz, polvo de grafito, paja de trigo y polvo de madera de paulownia (CN108753402A). También se han elaborado pellets a partir de residuos de hojas de tabaco (CN110903875A), utilizando los desechos del café (posos) (WO2017093757A1) y reuniendo leña pequeña, tallos de cultivos y cáscaras de maní como materias primas de biomasa (CN106398797A).

La transformación de recursos de biomasa agrícola y forestal subexplotados en productos intermedios, mediante técnicas como la peletización, es un campo de estudio e innovación actual. Ejemplos como el proyecto europeo MOBILE FLIP muestran este esfuerzo, de procesamiento industrial móvil y flexible de biomasa. En tal proyecto se probaron con éxito cuatro tecnologías potenciales: tratamiento hidrotermal, torrefacción, pirólisis lenta para la producción de biocarbón y fracción líquida y peletización.

6.2.2. Nuevos componentes y materias primas forestales

Existe numerosa investigación en torno al uso de nuevo material vegetal y forestal, para la elaboración de pellet. Andersone (2019) estudió con éxito la materia prima obtenida por descortezado de árboles de madera blanda destinada a la fabricación de celulosa en términos de viabilidad de producción de pellets de combustible. De igual modo, Gaitán-Álvarez y Moya (2016) estudiaron las características y propiedades de pellets de biomasa proveniente de las especies arbóreas *Gmelina arborea* y *Dipterix panamensis*. Por su parte, Liu (2014) fabricó y evaluó pellets a base de bambú, los que exhibieron mejores propiedades de combustión, aunque peores propiedades físicas generales que los pellets de pino. Mustelier (2012) se planteó el uso de la maleza común y sotobosque para la fabricación de pellets con propiedades estándar y parámetros mínimos de desempeño de estos. Los resultados del estudio mostraron que es posible producir pellets de sotobosque con características físicas y termoquímicas similares a las existentes en el mercado en la actualidad. Relacionado a lo anterior, Pradhan (2018) mostró que los pellets de desechos de jardín pueden usarse convenientemente en una estufa residencial.

Se han elaborado briquetas de alto poder calórico utilizando cascarilla de grano en su composición, junto a material de la industria forestal y de papel (CN111996056A). La biomasa de difícil uso, como paja de cultivos, residuos forestales y agrícolas, ha sido utilizada para aumentar el contenido de carbono del combustible, aumentando el valor calórico y cumpliendo los requisitos de los equipos de combustión (CN111218315A).

Por otra parte, el proyecto europeo Res2Pel desarrolló un innovador proceso de tratamiento, denominado FloraFuel, para convertir corrientes de biomasa húmeda en pellets o briquetas de combustible de biomasa de alta calidad. Varios tipos de biomasa, como la hierba y el follaje, se han convertido con éxito en combustibles con un poder calórico.

6.2.3. Uso de material animal como componente

Durante 2016 se desarrolló el proyecto europeo BioPellets, que abordó tres problemas relevantes: el bajo rendimiento de los biocombustibles, la existencia de grasa de desperdicio de alimentos y el debilitamiento de la industria de pellets de combustible en la Unión Europea. De este modo, se propuso la integración de grasa de desperdicio de alimentos en biopellets. De este modo, el proyecto se planteó la integración de residuos de alimentos en pellets de madera para convertir la grasa residual en un biocombustible útil. La mezcla de biomasa-grasa 80-20 mejora el contenido de energía de los pellets en un 27%, superando al carbón y reduciendo el costo de producción hasta en un 50%.

6.2.4. Uso de residuos agroindustriales

El uso de residuos agroindustriales representa una alternativa con potencial para la fabricación de biocombustibles sólidos. Se han evaluado diferentes residuos agroindustriales para la elaboración de pellet, incluyendo la experiencia en Chile del uso de desechos de la industria olivícola (Hernández, D. 2019). Por su parte, Ruiz Celma (2020) se planteó la fabricación de pellets a partir de muestras de residuos de tomate obtenidos de plantas de procesamiento industrial. En este caso, la densidad aparente y de partículas, la dureza y la durabilidad de los pellets se vieron significativamente influenciadas por el contenido de humedad inicial de la biomasa, así como en las subsiguientes reducciones de dicho contenido de humedad después del peletizado y en los periodos de almacenamiento.

6.2.5. Equipos de peletización móvil

El proyecto europeo HarvPell busca ofrecer una solución al traslado de la materia prima, desarrollando una máquina todo en uno, autónoma, que unifica todos los pasos del proceso necesarios para la elaboración de pellet, es decir, cosecha y la peletizado. Este desarrollo reduce el costo de transporte para la pre-peletización y

consta de control remoto, alto nivel de automatización y software avanzado usando machine learning. La cosechadora móvil permite la producción de pellets rentable en una sola operación directamente en el campo. El proyecto PROXIPELL, concluido en 2020 y apoyado por la Comisión Europea ha desarrollado una unidad de peletización móvil que puede procesar una variedad de tipos de biomasa, incluida la biomasa húmeda, en el lugar donde se genera. La iniciativa busca recuperar la biomasa que de otro modo se desperdiciaría al tiempo que reduce los impactos ambientales asociados con la transformación de la biomasa.

Ya desde el año 2000 se han desarrollado tecnologías para la producción continua de combustibles en forma de pellets mediante la compresión de la biomasa (WO0018572A1). Durante el segundo semestre de 2019 se solicitó una patente para un dispositivo móvil para producir pellets de alto poder calorífico de desechos agrícolas y forestales (CN110229707A) mediante pirólisis a baja temperatura.

6.2.6. Aditivos y compuestos para mejorar el desempeño

La industria del pellet ha tenido avances significativos los últimos 20 años respecto a búsquedas de mejores tecnologías para emplearlas en la elaboración de pellet y así poder ofrecer un producto de alto poder calorífico a condiciones normales y baja humedad. De igual manera, hay esfuerzos para que la presentación final entregue piezas compactas, de la misma forma y calibre. Para facilitar la manufactura y el desempeño final, la industria aplica diferentes agentes externos denominados aditivos. En caso de que la materia prima empleada no contenga lignina, este aditivo se puede utilizar (2-5% de la masa de la materia prima) para crear densidad y durabilidad del pellet (CN112111311A).

También se han desarrollado numerosos compuestos que mejoran la eficiencia y combustión del pellet. Un aditivo compuesto de hierro-calcio se ha propuesto para inhibir el escape de humo en la combustión de biomasa (CN109749807A). Se ha propuesto un método de elaboración de briquetas con propiedades antibacterianas y de alto poder calorífico (CN105969446A).

7. CONCLUSIONES

Existe un creciente interés por el uso de biomasa sólida, particularmente en forma de pellet, para su uso en calefacción. Durante los últimos 15 años han aumentado, tanto las publicaciones científicas como las patentes. Este fenómeno puede deberse a las actuales estrategias globales y regionales por el desarrollo sustentable, incluyendo en ellas los objetivos de desarrollo sustentable (ODS), las campañas por la eficiencia energética y los modelos de desarrollo basados en la economía circular.

El uso de biomasa para la elaboración de pellet de calefacción es un tema de investigación de gran importancia, considerando el amplio espectro de posibles materias primas para la peletización. Dado lo anterior, durante la última década, un importante número de artículos científicos publicados, se refieren a evaluaciones del desempeño de pellets con nuevas composiciones y a mejoras en su calidad. Los hallazgos de la revisión incluyen temas como la influencia de diferentes sistemas de manejo agroforestal en la calidad del pellet, el análisis de pellet a partir de materias primas puras o en mezcla con aglutinantes.

La utilización del pellet como biocombustible ecológico puede ayudar a enfrentar los problemas de contaminación en ciudades. Sin embargo, la disponibilidad de pellet se puede ver comprometida por el factor limitante de materias primas. Por ello, el desarrollo de las innovaciones mencionadas en este informe, incluyendo el uso de nuevos componentes, puede aportar a disponer de pellet a la población, con mayor seguridad y aportar, a su vez, a un modelo más circular de producción.

Los proyectos identificados tienen un amplio espectro de temas, desde los más estratégicos, que buscan el procesamiento industrial y flexible de biomasa, hasta aquellos más particulares, como la peletizadora móvil o la incorporación de materia grasa animal al proceso de peletizado.

Por su parte, las actividades de patentamiento en torno al pellet han aumentado desde el 2005 y se orientan al desarrollo de nuevas formulaciones y usos de diferentes componentes, a fin de obtener un alto poder calorífico y alta tasa de utilización de biomasa.

Las tecnologías más apropiadas para la industria apuntan a la incorporación de diferentes materiales vegetales al proceso de peletizado, que pueden ser derivados desde la actividad agrícola y forestal, como agroindustrial. El desarrollo de prototipos de peletizadoras móviles, es también un hallazgo que puede guiar a la industria regional a un mejor uso de los residuos y subproductos vegetales de la actividad agrícola y silvícola.

La búsqueda de información sobre tecnologías se ha orientado a las fuentes de publicaciones científicas, patentes y proyectos, las que presentan separadamente, características y formatos diferentes. Este aspecto representa un desafío a la hora de establecer relaciones y derivar propuestas.

En los escenarios globales cambiantes, la oportuna información de nuevas tecnologías cobra importancia como apoyo a la innovación e incentivo para el desarrollo de proyectos de I+D. Por ello, el monitoreo de cambios tecnológicos y la frecuencia en que estos se comuniquen a las partes interesadas, resulta crucial. Por lo anterior, es importante para la región y la industria, contar con sistemas de alerta y vigilancia tecnológica, que provean información estratégica.

Serían muy recomendables profundizar las medidas de política de incentivo al recambio de estufas a leña y el uso de calefacción a pellet por parte de las instituciones públicas. De igual modo el Estado puede apoyar a la empresa privada con diferentes incentivos económicos para el uso de biomasa para energía y calefacción.

8. BIBLIOGRAFÍA

Alemán-Nava, G.S., Casiano-Flores, V.H., Cárdenas-Chávez, D.L., Díaz-Chavez, R., Scarlat N., Mahlknecht, J., Dallemand, J.F., y Parra, R., (2014), Renewable energy research progress in Mexico: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 140-153.

Andersone, A., Arshanitsa, A., Solodovniks, V., Kampars, V., (2018), Pelletizing of bark residue resulting from debarking of softwood trees, *Key Engineering Materials*, 762, 115-120.

DIPRES y CSP (2019). Evaluación Programa de Recambio de Calefactores a Leña del Ministerio del Medio Ambiente. Informe Final. Enero 2019. Santiago de Chile: CSP, Universidad de Chile

Escorsa, P., y Maspons, R. (2001). De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva. Madrid: Prentice-Hall.

Gaitán-Álvarez, J. & Moya, R. (2016). Characteristics and properties of torrefied biomass pellets from *Gmelina arborea* and *Dipterix panamensis* at different times. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 22(3), 325-337.

Gaitán-Alvarez, J., Moya, R., Puente-Urbina, A. y Rodríguez-Zuñiga, A. (2017). Physical and compression properties of pellets manufactured with the biomass of five woody tropical species of Costa Rica torrefied at different temperatures and times. *Energies*. 10(8), 1205.

Badrán, I. M. R., Ocampo, I. L., Cruz, J. S., Trejo, J. F. G., y Antonio, C. G. (2019). Biocombustibles sólidos: una alternativa económica y sostenible para la generación de energía eléctrica en México. *DIGITAL CIENCIA @ UAQRO*, 12(2), 61-66.

Hernández, D., Fernández, H., Furatich, R. Rebolledo-Leiva, Tenreiro, C. (2019). Evaluation of sustainable manufacturing of pellets combining wastes from olive oil and forestry industries. *Industrial Crops and Products*, 134, 338-346.

Instituto Forestal (2020). Programa I+D Biomasa Forestal y Energía. El sector forestal y la industria del pellet en Chile. Recuperado de https://www.infor.cl/?option=com_infor&task=GetPonencia&format=raw&id=153

Liu, Z., Jiang, Z., Fei, B., Cai, Z. y Liu, X. (2014). Comparative properties of bamboo and pine pellets. *Wood and Fiber Science*, 46(4), 510-518.

Ministerio del Medio Ambiente (2012). Informe del Estado del Medio Ambiente. Resumen Ejecutivo. Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente.

MMA (2017). Apoyo recambio multiopción de calefactores para las comunas de Talca, Maule, Linares, y valle central de la provincia de Curicó, región del Maule. Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente.

MMA (2021). Alternativas tecnológicas para calefacción residencial con energías renovables no convencionales aplicables a la realidad chilena. Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente.

Mustelier, N.L., Almeida, M.F., Cavalheiro, J., Castro, F. (2012). Evaluation of pellets produced with undergrowth to be used as biofuel. *Waste and Biomass Valorization*, 3(3), 285-294.

Zacarías A. (2018). ¿Qué es la economía circular y cómo cuida del medio ambiente?. OUN Noticias. Recuperado de <https://news.un.org/es/interview/2018/12/1447801>

OECD (2016). Evaluaciones del desempeño ambiental. Aspectos destacados. Chile 2016. Paris: OECD.

ONU (2021). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. New York: Organización de las Naciones Unidas.

Palop, F. y Vicente, J. (1999). Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva: su potencialidad para la empresa española. Valencia: TRIZ XXI, S.L. y CERES.

Pradhan, P., Arora, A., Mahajani, S.M. (2018). Pilot scale evaluation of fuel pellets production from garden waste biomass. *Energy for Sustainable Development*, 43, 1-14.

Ruiz Celma, A., Cuadros, F., López-Rodríguez, F. (2012). Characterization of pellets from industrial tomato residues. *Food and Bioproducts Processing*, 90(4), 700-706.

Ryu, C., Yang, Y. B., Khor, A., Yates, N. E., Sharifi, V. N., y Swithenbank, J. (2006). Effect of fuel properties on biomass combustion: Part I. Experiments—fuel type, equivalence ratio and particle size, *Fuel*, 8(7-8), 1039-1046.

Santana, D. A. R., Scatolino, M. V., Lima, M. D. R., Junior, U. D. O. B., Garcia, D. P., Andrade, C. R., ... & de Paula Protásio, T. (2021). Pelletizing of lignocellulosic wastes as an environmentally friendly solution for the energy supply: insights on the properties of pellets from Brazilian biomasses. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(9), 11598-11617.

Silva-Martínez, R.D., Sanches-Pereira, A., Ortiz, W., Gómez Galindo, M.F., Coelho, S.T. (2020). The state-of-the-art of organic waste to energy in Latin America and the Caribbean: Challenges and opportunities. *Renewable Energy*, 156, 509-525.

Soto, N. (2017). Generación de pellets y compost a partir de residuos agrícolas. [Tesis de pregrado no publicada] Universidad Técnica Federico Santa María.

Tena J., y Comai A. (2006). Inteligencia Competitiva y Vigilancia Tecnológica. Experiencias de implantación en España y Latinoamérica. Bogotá: EMECOM.

Thek, G., & Obernberger, I. (2004). Wood pellet production costs under Austrian and in comparison to Swedish framework conditions. *Biomass and Bioenergy*, 27(6), 671-693. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2003.07.007>

UCSC (2021). Generación de Bioenergía para Combustión a Partir de Manejo Forestal Sustentable en la Región del Biobío. Proyecto FIC Biobío Pellet. Recuperado de <https://biobiopellets.ucsc.cl/>

Xu, H., Yang, W., Yang, H., Zhu, Y., y Chen, H. (2018). Effect of binders on performance of corn stalk pellets. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 382(2), 022098.

Zhang, W., Tong, Y., Wang, H., Chen, L., Ou, L., Wang, X. y Zhu, Y. (2014). Emission of Metals from Pelletized and Uncompressed Biomass Fuels Combustion in Rural Household Stoves in China. *Scientific Report* 4(5611).