



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO
SOBRE EL POTENCIAL
MERCADO DE LOS
SUBPRODUCTOS DE LA
INDUSTRIA OLEÍCOLA EN LA
PROVINCIA DE JAÉN.**

Alumno: Miguel Lozano Suárez

Tutor: Prof. Dr. José Antonio La Cal Herrera

Tutora: Prof. Dra. M^a de los Ángeles Medina
Quesada

Dpto: Ingeniería Eléctrica

Febrero, 2020



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén
GRADO EN INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

Doña. M^a de los Ángeles Medina y D. José Antonio La Cal Herrera, tutores del Trabajo Fin de Grado titulado: Estudio técnico-económico sobre el potencial mercado de los subproductos de la industria oleícola en la provincia de Jaén, que presenta el alumno Miguel Lozano Suárez, autorizan su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, a 7 de Abril de 2020.

El alumno:

Los tutores:

Trabajo Fin de Grado
Ingeniería de Organización Industrial

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO SOBRE EL POTENCIAL MERCADO DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA OLEÍCOLA EN LA PROVINCIA DE JAÉN.

Autor:
Miguel Lozano Suárez



Tutor/es:

Dra. M^a de los Ángeles Medina Quesada

Dr. José Antonio La Cal Herrera

Departamento de Ingeniería Eléctrica
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Universidad de Jaén
Jaén, 2020

MIGUEL LOZANO SUÁREZ

4

Trabajo Fin de Grado: **Estudio técnico-económico sobre el potencial mercado de los subproductos de la industria oleícola en la provincia de Jaén.**

Autor: Miguel Lozano Suárez

Tutor/es: Dra. M^a de los Ángeles Medina Quesada

Dr. José Antonio La Cal Herrera

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Jaén, 2020

El secretario del Tribunal

*A mi pareja siempre apoyándome.
A mi padre siempre orgulloso de él por sus consejos.
A mis profesores por aportar su granito de arena, en especial a Jose Antonio La Cal
Herrera por su capacidad para sacar lo mejor de mí.*

ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN	13
1.1	PRINCIPALES SUBPRODUCTOS GENERADOS EN LA PRODUCCIÓN DEL ACEITE DE OLIVA.....	14
2.	OBJETIVOS	16
3.	INDUSTRIA OLEÍCOLA EN LA PROVINCIA DE JAÉN	18
3.1	POSICIONAMIENTO NACIONAL.....	18
3.2	SECTOR OLIVARERO ANDALUZ.....	19
3.3	SECTOR OLIVARERO DE JAÉN PROVINCIA	20
4.	PRINCIPALES SUBPRODUCTOS GENERADOS POR EL SECTOR OLEÍCOLA ..	22
5.	PRINCIPALES ALTERNATIVAS DE VALORIZACIÓN	22
5.1	RESTOS DE PODAS	22
5.1.1	BIOCHAR (PIRÓLISIS)	25
5.1.2	ASTILLAS NORMALIZADAS.....	27
5.1.2.1	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA CON ASTILLAS NORMALIZADAS.....	30
5.1.2.2	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON ASTILLAS NORMALIZADAS.....	32
5.2	HUESO DE ACEITUNA	33
5.2.1	BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO (PELLETS)	35
5.2.2	ENERGÍA TÉRMICA	36
5.3	ORUJILLO	39
5.3.1	ENERGÍA TÉRMICA (USOS INDUSTRIALES)	40
5.3.2	ENERGÍA ELÉCTRICA (COMBUSTIÓN + GASIFICACIÓN)	41
5.3.3	BIOCHAR.....	46
6.	MERCADOS PARA LOS SUBPRODUCTOS Y ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO 48	
6.1	BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS	50
6.1.1	ASTILLAS.....	51
6.1.1.1	CASO ORIENTATIVO PARA AGRICULTORES:.....	56
6.1.2	HUESO	59
6.1.3	ORUJILLO	61
6.1.4	BIOCHAR PARA REALIMENTACIÓN DEL SUELO	63
6.1.4	TABLAS COMPARATIVAS	64
7.	CONCLUSIONES	66
8.	BIBLIOGRAFÍA	68
9.	PAGINAS WEBS CONSULTADAS:.....	70

ÍNDICE IMÁGENES:

Imagen 1: Alperujo.

Imagen 2: Orujillo.

Imagen 3: Hueso de aceituna.

Imagen 4: Aprovechamiento de los subproductos del olivar:

Imagen 5: Variedad de olivos característica según la zona de España.

Imagen 6: Distribución de las parcelas del olivar en Andalucía.

Imagen 7: Distribución de las parcelas del olivar en Jaén provincia.

Imagen 8: Leña de Olivo.

Imagen 9: Fracción fina de la poda del olivar (localmente denominado Ramón).

Imagen 10: Aspecto Astilla.

Imagen 11: Diferentes tipos de biocarbón (BIOCHAR).

Imagen 12: Astilla estandarizada de leña de olivo.

Imagen 13: Caldera de biomasa ejemplo.

Imagen 14: Hueso triturado para obtención del aceite de oliva y orujo

Imagen 15: Hueso con su tapín procedente industria de aderezo.

Imagen 16: Pellets de hueso de aceituna.

Imagen 17: Planta de pélets de SunWood en Aldeaquemada.

Imagen 18: Orujillo en parque de almacenamiento de central de biomasa.

Imagen 19: Gasificador de biomasa con unidad de generación de energía

Imagen 20: Tipos de gasificadores de lecho fijo.

Imagen 21: Tipos de gasificadores de lecho fluidizado.

Imagen 22: Planta de gasificación de biomasa integrada en Almazara.

Imagen 23: Vista provincial del estudio

Imagen 24: Producción de aceite y aceituna Nacional.

Imagen 25: Superficie de cultivos leñosos de secano.

Imagen 26: Superficie de cultivos leñosos de regadío.

Imagen 27: Características Técnicas del Hueso.

Imagen 28: Características Técnicas del Orujillo.

INDICE TABLAS:

Tabla 1: Características de los principales procesos pirolíticos. Elaboración propia.

Tabla 2: Plantas de generación de energía eléctrica con biomasa en funcionamiento en nuestra provincia. Elaboración propia.

Tabla 3: Capacidad de producción de fabricas de pélets en Andalucía

Tabla 4: Fábricas de pélets en la provincia de Jaén.

Tabla 5: Precio bajo.

Tabla 6: Precio medio.

Tabla 7: Precio alto.

Tabla 8: Tabla comparativa de los subproductos del olivar.

INDICE FIGURAS:

Figura 1: Balance de masas del proceso de la industria del aceite.

Figura 2: Modelo de utilización en cascada o economía circular del olivar.

Figura 3: Matriz DAFO del aprovechamiento de la poda del olivar en Jaén.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del olivar es fuente de numerosos subproductos con un contenido energético importante, como por ejemplo la leña procedente de la poda, el hueso de aceituna o el orujillo. La valorización energética de los mismos puede contribuir a mejorar e incrementar la rentabilidad de las industrias del sector. Andalucía cuenta con un importante potencial de estos subproductos, procedentes del cultivo del olivar y de sus industrias derivadas, siendo líder en la producción mundial de aceite de oliva con una estimación del 40% del total de producción mundial.

El aprovechamiento energético de esta biomasa permite la sustitución de combustibles fósiles, un mayor grado de autoabastecimiento energético y una diversificación hacia fuentes de energía limpias, renovables y además autóctonas.

A través de la tecnología adecuada, puede obtenerse a partir de ellos no sólo energía eléctrica, térmica o el uso mixto de las dos energías, sino que también se obtienen biocarburantes para el transporte o bioproductos para la industria en general.

En la siguiente figura se muestran los principales subproductos obtenidos de 1 Tm de aceituna.

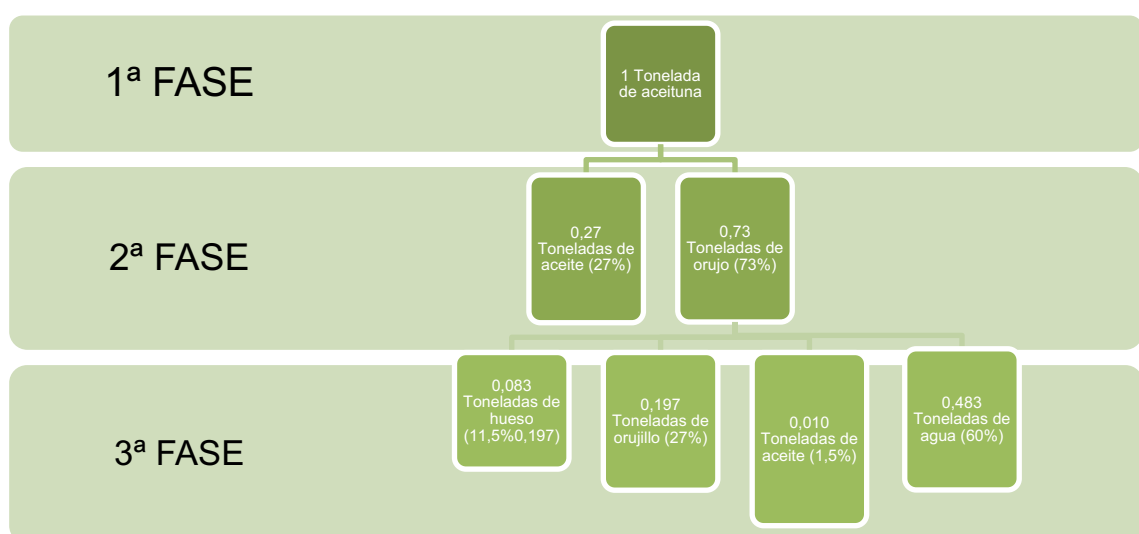


FIGURA1: Balance de masas del proceso de la industria del aceite.

FUENTE: Elaboración propia.

Como puede observarse en el esquema anterior a partir de una tonelada de aceituna se pueden obtener un 27% de aceite y un 73% de orujo.

A su vez del orujo contiene un 11,5% de hueso, un 27% de orujillo, un 1,5% de aceite y un 60% de agua.

1.1 PRINCIPALES SUBPRODUCTOS GENERADOS EN LA PRODUCCIÓN DEL ACEITE DE OLIVA

En este apartado se describe de forma sencilla y clara, con visualización real de las propias plantas industriales, los principales subproductos generados en la producción del aceite de oliva, citados en el apartado anterior (orujo, hueso de aceituna y orujillo).

En primer lugar, el principal subproducto es el **orujo** graso y húmedo o, también llamado, alpeorujo, el cual se compone de la parte sólida de las aceitunas, compuesto de huesos, pieles y la pulpa del fruto.

En su salida de la centrifugadora, el subproducto aún contiene parte de aceite, parte del cual se extrae de nuevo a través del centrifugado (repaso) y de la extracción con disolventes químicos (hexano).

Cuando dicho subproducto se ha secado, puede ser utilizado como combustible para calderas, hornos o plantas de generación de energía eléctrica mediante tecnologías como la combustión. En este caso ya se le conoce como **orujillo**. Presenta también usos secundarios como por ejemplo la obtención de compost, mezclado con otras materias tales como estiércol o restos de poda.



IMAGEN 1: Alperujo.

Fuente: La Cal Herrera, J.A.



IMAGEN 2: Orujillo.

FUENTE: Compañía Energética Linares S.L SACYR

MIGUEL LOZANO SUÁREZ

El **hueso de aceituna** es uno de los componentes sólidos que contiene el orujo generado en las almazaras, pudiéndose extraer del mismo mediante procedimientos físicos.

Su combustión es muy eficiente en términos de energía, coste e impacto ambiental debido a su bajo contenido en cenizas y elevado PCI.



IMAGEN 3: Hueso de aceituna.

Fuente: La Cal Herrera, J.A.

2. OBJETIVOS

Los principales objetivos del presente Trabajo Fin de Grado son los siguientes:

- Cuantificar los principales subproductos generados por la industria oleícola según su naturaleza.
- Identificar alternativas de aprovechamiento según la zona de actuación, los costes asociados a la logística, el emplazamiento y la legislación vigente en España.
- Demostrar o acreditar las ventajas que conlleva la valorización de los subproductos o su integración en la cadena de valor, además de concienciar a

los agricultores de los múltiples beneficios que conllevaría el aprovechamiento de estos.

La siguiente figura muestra de forma esquematizada los puntos anteriormente expuestos:



IMAGEN 4: Aprovechamiento de los subproductos del olivar:

FUENTE: Recursos Estratégicos de Biomasa, S.L.

PARTE I: INDUSTRIA.

3. INDUSTRIA OLEÍCOLA EN LA PROVINCIA DE JAÉN

3.1 POSICIONAMIENTO NACIONAL

En España se cultivan más de 100 variedades de olivo, la mayoría autóctonas, siendo las variedades más típicas las siguientes: arbequina, cornicabra, empeltre, hojiblanca, picual, blanqueta, cacereña, verdial de Badajoz, carrasqueña, lechín de Sevilla, manzanilla y gordal.

En el siguiente mapa podemos encontrar las anteriormente mencionadas clases de olivos distinguiendo por zonas:

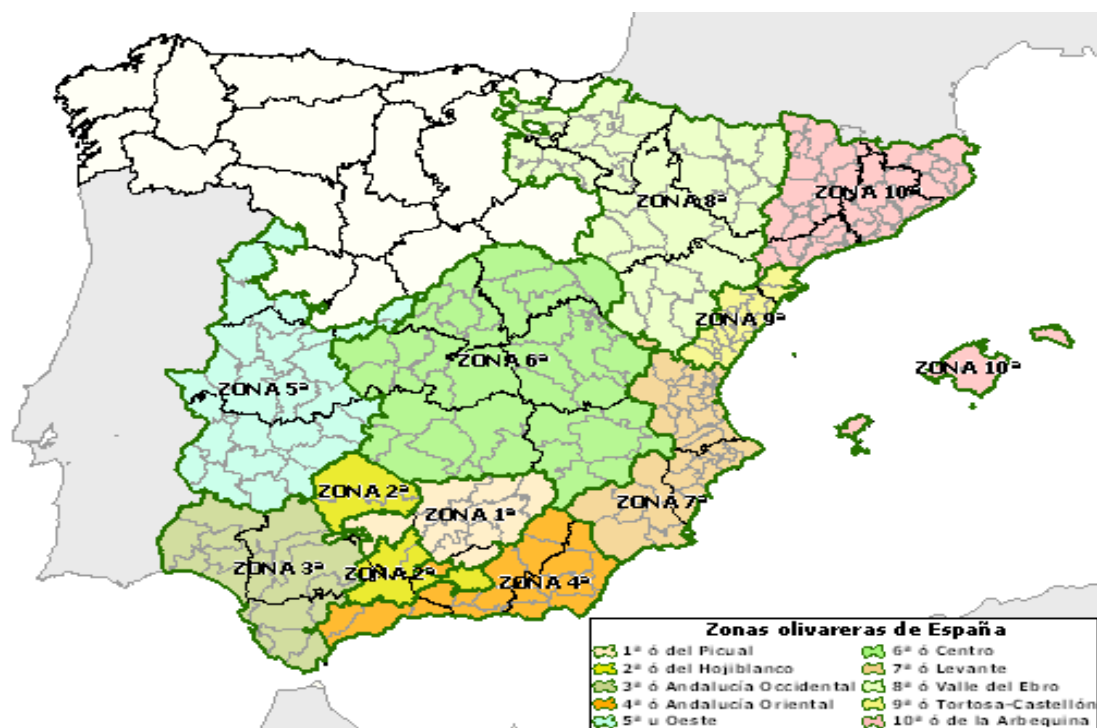


IMAGEN 5: Variedad de olivos característica según la zona de España.¹

FUENTE: elaceite.net

¹ Variedad de olivos característica según la zona de España consultado en el siguiente link:
<http://www.elaceite.net/2010/06/18/aceite-de-oliva/zonas-olivareras-de-espana/>

Siendo la Picual la dominante en la provincia de Jaén, su aceite cuenta con las características de una gran estabilidad y fuerza además de un amargor intenso.

El cultivo del olivo se encuentra en 34 provincias de 13 Comunidades Autónomas. El número total de olivos asciende a 282.696.000 distribuidos principalmente en Andalucía (61,83%), Castilla-La Mancha (12,83%) y Extremadura (10,47%).

El consumo de aceite en el mundo está aumentando en los últimos años y esta tendencia seguirá creciendo puesto que aporta grandes beneficios para la salud y países como Argentina, Chile, Marruecos, Túnez o Argelia están incrementando sus producciones.

3.2 SECTOR OLIVARERO ANDALUZ

La industria olivarera tiene una gran relevancia en Andalucía, tanto por el número de instalaciones que existen como por su gran capacidad de producción; en Andalucía se encuentra representado la mayor parte del sector existente a nivel nacional.

El objetivo principal es estimar y caracterizar territorialmente el potencial de producción de subproductos de las industrias del olivar. Su alcance comprende por tanto a las almazaras, las extractoras de aceite de orujo de oliva y las entamadoras, incluyendo los siguientes subproductos: restos de hojas y ramas finas (hojín), hueso de aceituna y orujillo.

- Su producción: Andalucía mantiene una superficie de cultivo de olivar prácticamente constante y que alcanza aproximadamente las 1.500.000 hectáreas de olivar.

Concretamente en Andalucía se procesan actualmente en torno a 4.700.000 toneladas de aceitunas al año en 821 almazaras (el 47% del total nacional) y 223 entamadoras (55% de las que hay en

España), existiendo además 33 extractoras de aceite de orujo (el 60% del total nacional).

- Distribución geográfica: Andalucía cuenta con aproximadamente el 60% de las hectáreas de olivo de la península, con algo más de 1,52 millones de hectáreas, en el que el cultivo del olivo ocupa más del 30% de la superficie agraria de Andalucía, adquiriendo una importancia relevante en la provincia de Jaén, el sur de Córdoba, el noroeste de Granada, el norte de Málaga y el sudeste de Sevilla. La distribución del olivar queda recogida en la siguiente imagen:

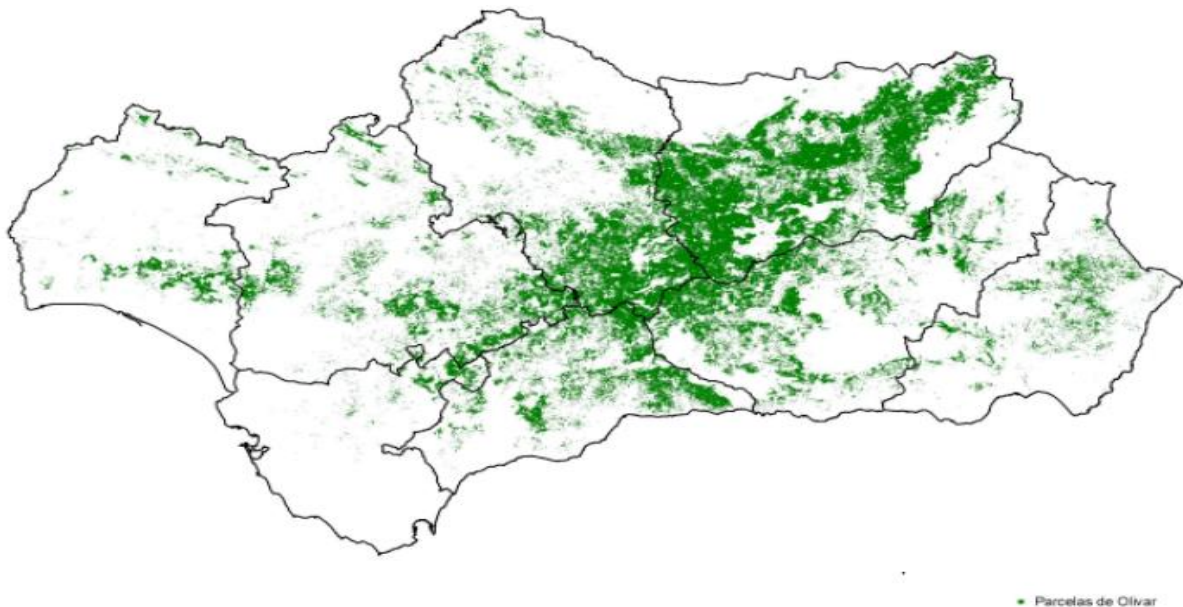


IMAGEN 6: Distribución de las parcelas del olivar en Andalucía.

FUENTE: JuntadeAndalucia.es

3.3 SECTOR OLIVARERO DE JAÉN PROVINCIA

Como resultado sinérgico de las favorables condiciones edafo-climáticas y políticoeconómicas, en la provincia de Jaén se ha conformado durante las últimas décadas el que puede ser el ejemplo más exagerado de especialización productiva regional de toda la Unión Europea. En el

momento presente este monocultivo olivarero ha avanzado hasta ocupar el 91% de la superficie agrícola.

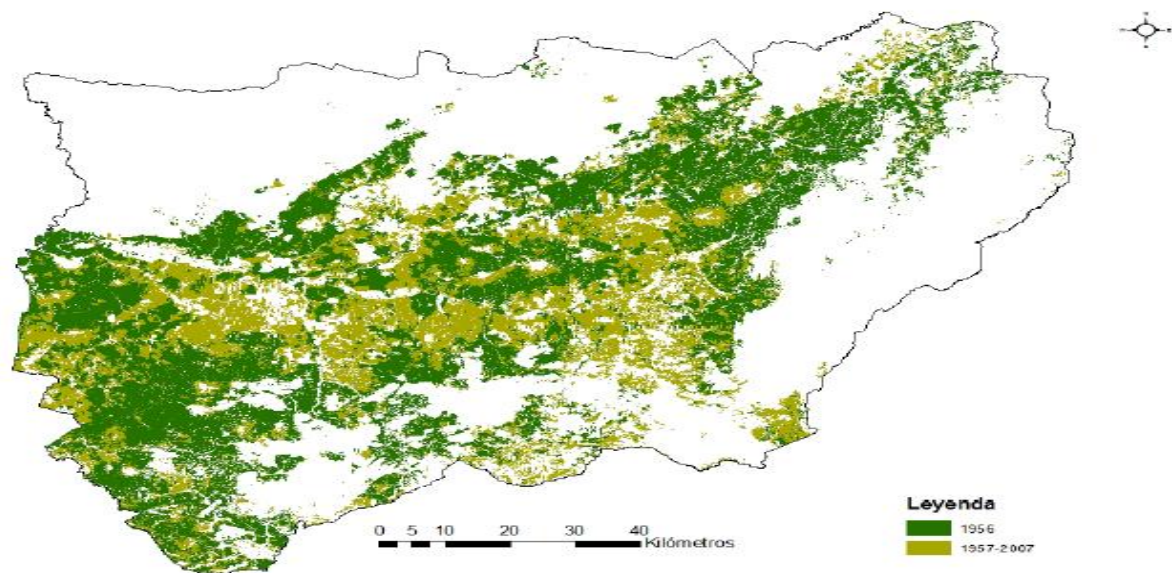


IMAGEN 7: Distribución de las parcelas del olivar en Jaén provincia.

FUENTE: JuntadeAndalucia.es

PARTE II: TECNOLOGÍAS

4. PRINCIPALES SUBPRODUCTOS GENERADOS POR EL SECTOR OLEÍCOLA

En este apartado se va a proceder a dar una descripción básica de los principales subproductos generados por el sector oleícola, diferenciando entre cada uno de ellos su parte conceptual, sus características individuales, además de conocer de primer grado y de forma esquematizada todos ellos, para poder ofrecer una visión y diferenciación clara actual.

5. PRINCIPALES ALTERNATIVAS DE VALORIZACIÓN

5.1 RESTOS DE PODAS

Tomamos por concepto de **poda**, la serie de operaciones de corte de ramas o ramón realizadas en los árboles, en este caso en particular, del olivo. Por las que se va modificando la forma natural de dicho olivo, haciendo de éste, que sea más vigoroso o retractando el desarrollo de ramas que no van a obtener fruto, para conseguir darles la forma adecuada y conseguir la mayor eficiencia y productividad del olivo, además sirve para restaurar total o parcialmente dicho olivo. Su **finalidad principal** es potenciar la producción de más aceituna por cada olivo, para este fin se suelen usar diferentes clases de podas, adaptadas a las diferentes necesidades a lo largo de la vida de cada olivo. Dependiendo de la edad del olivo se suelen hacer dos tipos de podas:

- Podas normales de producción: Éstas se realizan de forma anual o bianualmente.
- Podas severas o de renovación: Se suelen realizar habitualmente cada diez años.

Para hablar de **productos obtenidos de las podas del olivar**, tenemos que ceñirnos a tener en cuenta que se puede obtener varios subproductos de la poda, que se obtienen a través de diferentes formas de proceso, como por ejemplo:

- Escamujado: En la cuál, después de obtener los restos de poda se separan de la poda de mayor diámetro, llamados **fracción gruesa o leña** que constituyen un 23 %, como troncos; los cuáles se limpian de ramón con hojas y se utilizan como leña para combustible.



Imagen 8: Leña de Olivo.

Fuente: Bioliza, Estrategias en Biomasa. José A. La Cal Herrera.

- Hilerado: Dichos restos, llamados **fracción fina o ramón** que constituyen el 77% y que están distribuidos de forma arbitraria conforme van cayendo alrededor del olivo podado, se van recogiendo de forma manual o con maquinaria para dejarlo en forma de hileras entre las líneas del olivar para su posterior recogida o utilización.



Imagen 9: *Fracción fina de la poda del olivar (localmente denominado Ramón).*

Fuente: Bioliza, Estrategias en Biomasa. José A. La Cal Herrera.

- Astillado: Dicha poda hilerada en el campo se pica con trituradoras agrícolas, que dan lugar a leña en proporción variable, hojas enteras o fragmentos, también llamada comúnmente **astilla**, dependiendo del grosor de picado que tenga nuestra trituradora.



Imagen 10: Aspecto Astilla.

Fuente: Bioliza, Estrategias en Biomasa. José A. La Cal Herrera.

Hay dos formas de categorizar dicha astilla dependiendo de su función final:

Tradicionalmente, dicho astillado se dejaba en el mismo terreno donde se trituraba para aporte orgánico al suelo del olivar, pero la problemática que puede conllevar dicha práctica es que si su procedencia era de olivos enfermos con algún tipo de parásito o bacteria que produzca daños, al realizar dicha práctica podemos extender dicha enfermedad por el suelo de nuestro olivar haciendo que se vaya esparciendo y contagiando a otros olivos, mientras tenga vida útil el agente parásito. Además, la descomposición del astillado en el suelo directamente hace grandes aportaciones de CO_2 al terreno.

Lo más importante sería el astillado y valorización de dicho producto, a través de un elemento muy importante para los suelos del olivar:

El Biochar.

5.1.1 BIOCHAR (PIRÓLISIS)

El Biochar es un carbón obtenido a través del proceso de **pirólisis**, aporta muchos beneficios para la salud del suelo, muchos de ellos vienen dados por su acabado poroso, ya que dicha estructura permite retener agua y productos hidrosolubles, además de reducir el filtrado de la bacteria E-coli dependiendo del suelo de la aplicación y de la temperatura a la que se realice la pirolisis del biochar. En definitiva, es capaz de convertir suelos dependientes de la acidez (con bajo pH), irrigación y la necesidad de fertilización. Por eso, se podría diseñar de diferente forma dependiendo del suelo a tratar.



Imagen 11: *Diferentes tipos de biocarbón (BIOCHAR).*

Fuente: Biochar. UC DAVIS

En la pirólisis, una partícula de biomasa en ausencia de oxígeno, se calienta a una velocidad definida desde la temperatura ambiente hasta una temperatura máxima, denominada temperatura de pirólisis. La biomasa permanece a dicha temperatura hasta finalizar el proceso, lo que afectará a la composición del producto. Cambiando la temperatura del proceso y la velocidad de calentamiento se varía la proporción de los productos sólidos, líquidos y gaseosos de la pirólisis. La cantidad de char producido también depende de la temperatura de la pirólisis.

La pirolisis para la obtención del biochar se produce de igual manera que para cualquier otro producto, con la diferencia que en el Biochar el proceso de Pirolisis llevado a cabo se llama Carbonización y llega durar días, está comprendido en unos valores de temperatura entre 450-550 °C pero en este caso en especial su temperatura final máxima será de 400°C y su velocidad de calentamiento es muy baja del orden de los 0,01-2,0 °C/s.

Como se ha mencionado anteriormente, al variar el tiempo de espera, la temperatura y la velocidad de calentamiento se obtiene un proceso pirolítico distinto que dará lugar a un producto diferente (ver Tabla 1).

Tabla 1: Características de los principales procesos pirolíticos. Elaboración propia.

Procesos	Tiempo de espera	Temperatura Final (°C)	Velocidad de calentamiento	Producto
Carbonización	Días	400	Muy Baja (0.01-2.0 °C/s)	Char
Convencional	5-30 min	600	Baja	Char, bio-oil, gas
Rápida	< 2 s	~500	Muy Alta	Bio-oil
Flash	< 1 s	<650	Alta	Bio-oil, químicos, gas
Ultra-Rápida	< 0.5 s	~1000	Muy Alta	Químicos, gas
Vacuum	2-30 s	400	Media	Bio-oil
Hidropirólisis	< 10 s	<500	Alta	Bio-oil
Metano-Pirolisis	< 10 s	>700	Alta	Químicos

5.1.2 ASTILLAS NORMALIZADAS

En la poda del olivar en Andalucía, se considera que por 1 Ha de olivar se generan 3 toneladas de poda, por lo que de media se generan más de 2.000.000 de toneladas de poda al año y en la provincia de Jaén se podría hacer la misma estimación, ya que las estimaciones dicen que Jaén provincia tiene más de 550.000 hectáreas de olivar y más de 66 millones de olivos, por lo tanto, Jaén ostenta unas 1.650.000 de toneladas de poda anuales.



Imagen 12: Astilla estandarizada de leña de olivo.

Fuente: mercacei.com

El uso energético de la poda ha estado ligado tradicionalmente al empleo de la leña como combustible doméstico. Sin embargo, durante la última década, el uso de la astilla de poda de olivo como combustible para generación eléctrica ha experimentado un importante incremento debido a la mejora de la rentabilidad a las empresas de servicio que la comercializan derivada de la retribución económica del RD 661/2007 y a la necesidad de introducir nuevas fuentes de biomasa en plantas de generación eléctrica existentes y en previsión de nueva construcción. Ello motivó que numerosos proyectos de generación eléctrica con biomasa se diseñaran para consumir astilla, tanto forestal como agrícola.

En la actualidad, la retribución a las renovables, cogeneración y residuos se regula por el **Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos**; que establece el nuevo régimen retributivo de las renovables, basado en la percepción de unos ingresos obtenidos por la venta de la electricidad al mercado, más una retribución adicional que se calcula mediante una serie de parámetros estandarizados conforme a las tecnologías existentes en el

mercado (**estos parámetros los contempla la Orden IET/1045/2014, de 16 de junio**).

Bajo este marco, la rentabilidad a la generación eléctrica con biomasa está muy limitada, sin embargo, en aquellas plantas diseñadas para trabajar con astilla y que precisan de ese combustible, regulado por el **Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia**, se da la circunstancia que en determinadas zonas, ya sea por la existencia de empresas de servicio, ya sea por la abundancia del recurso de poda de olivar en relación a la biomasa forestal, es más asequible la adquisición de poda de olivo frente a biomasa forestal, lo que ha incidido en un aumento de su autoconsumo.

En España el autoconsumo de energía eléctrica para instalaciones que estén conectadas a la red de distribución eléctrica de su zona está regulado por el **Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica y el Real Decreto-Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de consumidores**, que deroga muchos puntos de la anterior normativa, establecida por el **Real Decreto-Ley 900/2015**.

Las instalaciones de autoconsumo aisladas de la red son aquellas en las que en ningún momento existe posibilidad física de conexión con la red y quedan fuera del ámbito de aplicación del Real Decreto.

Todo ello ha contribuyó a desarrollar este incipiente sector, que incluye a empresas de fabricación y distribución de maquinaria agrícola, adaptada y/o específica al procesado y acopio de biomasa en campo, a las empresas de servicio agrícola, a empresas comercializadoras de biomasa, y por supuesto a promotores y consultores energéticos.

Aun así, el uso actual de este tipo de biomasa solo alcanza el 20% de todo su potencial, y hay además grandes diferencias en cuanto a zonas geográficas, que determina que en algunas comarcas su aprovechamiento sea inexistente.

Esto se debe a que su desarrollo depende de la demanda y el consumo que de ella se realice, y en la actualidad este consumo está ligado casi exclusivamente de las plantas de generación eléctrica con biomasa, por lo que en aquellas zonas donde no hay posibilidad de venta, la quema y el aporte al suelo siguen siendo las únicas opciones del agricultor.

Para dar un buen uso a la poda del olivar se debe de realizar una normalización del astillado de dicha poda sobretodo para aquellos usos térmicos convencionales, no necesario en aplicaciones industriales.

5.1.2.1 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA CON ASTILLAS NORMALIZADAS

Los principales combustibles obtenidos a partir de la biomasa son leñas, astillas, pellets, huesos de aceituna y cáscaras de frutos. La leña de madera cortada y troceada, lista para utilizarse en los aparatos domésticos de combustión como estufas o chimeneas, es el producto menos elaborado de los cinco, y tradicionalmente se han empleado en viviendas unifamiliares. Por lo general, sus dimensiones se encuentran entre los 15 y los 100 cms. **Las astillas** son el producto resultante de la trituración de la biomasa de origen leñoso, tanto agrícola como forestal, y tienen un tamaño variable en función del grado de trituración al que se hayan visto sometidas. Los pellets son el producto más elaborado, y son pequeños cilindros de 6 a 12 mm de diámetro y de 10 a 30 mm de longitud hechos con serrín, astillas u otros residuos comprimidos que pueden utilizarse como combustibles. Los huesos de aceituna y las cáscaras de frutos, si bien usados en menores cantidades que las leñas, astillas y pellets, también suponen un combustible cada vez más empleado.

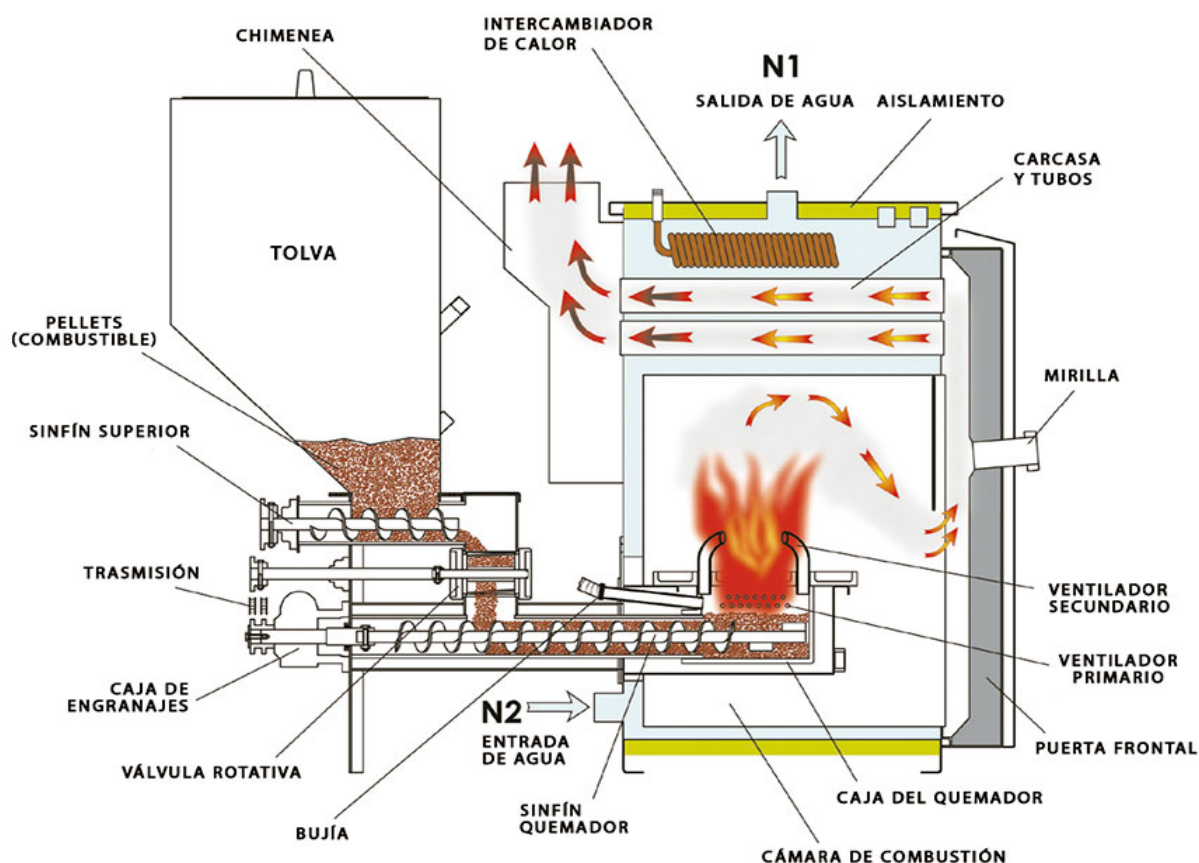


Imagen 13: Caldera de biomasa ejemplo.

Fuente: Solenergy IEDES

En los últimos años, a medida que ha ido aumentando la explotación del inmenso potencial disponible y se ha ido consolidando un mercado para la biomasa, aumentando los agentes implicados y los volúmenes comercializados, se han acrecentado los esfuerzos por estandarizar y certificar la calidad de este tipo de combustibles, principalmente las astillas y los pellets (normas ISO 17225), habiendo incluso estudios recientes (BIOMASUD) y normas específicas que también se dirigen a residuos como los huesos de aceituna y las cáscaras de frutos (normas UNE-164003 y UNE-164004, respectivamente).

Las aplicaciones térmicas de la biomasa se pueden realizar principalmente a través de calderas, estufas o chimeneas. **Las calderas** son los únicos equipos capaces de dar al mismo tiempo calefacción y agua caliente sanitaria, mientras que las estufas y chimeneas permiten calentar la estancia en la que se encuentran ubicadas. Las calderas pueden instalarse tanto en viviendas unifamiliares como en

comunidades de vecinos de cualquier tamaño, ya que se pueden encontrar calderas desde 20 kW hasta más de 1 MW (y tamaños mucho mayores para las redes de calor y las aplicaciones industriales o de generación eléctrica). Por ejemplo, una comunidad de vecinos de 40 viviendas localizada en el centro-norte de España, podría satisfacer sus necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria con una caldera de 400-500 kW (la potencia adecuada será necesario estimarla caso por caso, en base a los históricos de consumos de la comunidad en cuestión). Estas instalaciones suelen ir acompañadas de depósitos de inercia que permiten compaginar un funcionamiento estable de la caldera y una demanda de calor que varía a lo largo del día. Además, las calderas se pueden usar también en el sector industrial, bien para la producción de agua caliente o de vapor de proceso. Por otro lado, las estufas y chimeneas suelen instalarse en viviendas unifamiliares o locales comerciales, siendo las potencias más habituales de las estufas entre 8 y 15 kW.

El desarrollo tecnológico en los últimos años de calderas y estufas hace que se puedan encontrar en el mercado equipos con un alto grado de automatización (por ejemplo, para la alimentación del combustible o la retirada de las cenizas) y unos niveles de emisiones muy inferiores a los equipos existentes hace unos años.

5.1.2.2 PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON ASTILLAS NORMALIZADAS

La producción de energía eléctrica está muy limitada, ya que normalmente la distancia desde donde se obtiene hasta las plantas normalmente suele ser bastante distante, como para que se rentable a nivel de producción. Por eso hay tan pocas en la provincia, ya que la mayor parte de la potencia instalada procede de instalaciones ubicadas en industrias que tienen asegurado el combustible con su propia producción. En esta tabla, se enumeran las plantas de generación de energía eléctrica con biomasa en funcionamiento en nuestra provincia (ver Tabla 2).

Tabla 2: Plantas de generación de energía eléctrica con biomasa en funcionamiento en nuestra provincia. Elaboración propia.

Central biomasa/cogeneración con biomasa	Potencia (MW)	Tipo Biomasa	Municipio	Puesta Servicio	Tipo de Central
Tradema	2	Astilla	Linares	2001 Parada	Cogeneración con biomasa
Bioenergética de Linares	15	Orujillo, Astilla	Linares	2009	Generación
La Loma	16	Orujillo, Astilla	Villanueva del Arzobispo	2002	Generación
Aldebarán Energía del Guadalquivir	6	Poda de olivo, Astilla	Andújar	2010	Generación
Total en MW		39			

5.2 HUESO DE ACEITUNA

Para dar una visión completa sobre el hueso de aceituna, podemos decir que se compone de un **15% de hueso y un 85% restante de pulpa**. Aunque, cabe destacar que hay que diferenciar entre dos tipos de hueso principalmente dependiendo del tipo de deshuesado pueden ser:

- Hueso obtenido en procesos de obtención de aceite de oliva y orujo.
- Hueso generado por la industria de aderezo para aceituna de mesa.



Imagen 14: Hueso triturado para
Obtención del aceite de oliva y orujo.

Fuente: BiomasaToledo.net



Imagen 15: Hueso con su tapín
Procedente industria de aderezo.

Fuente: deprado.eu

En éste primer caso, la aceituna destinada a la obtención de aceite de oliva, se procesa mediante la separación de pulpa-hueso, en almazaras o extractoras, en las que el 70% del orujo que se procesa tras la molturación es deshuesado. En este caso se obtiene hueso triturado, con cantidades de unas 360.000 t/año en Andalucía.

En cambio, para el segundo caso, las industrias de aderezo deshuesan en torno al 80% de la aceituna procasada para vender dicha aceituna sin hueso, el hueso con su “tapín” se vende a extractoras para incorporarlo en la cadena del orujo y por aprovechar la cantidad de aceite que contenga dicho tapín.

El hueso de aceituna, es un combustible de unas características perfectas, ya que su **poder calorífico** es de **4.500 kcal/kg** y su granulometría es uniforme, con una **humedad del 15%** en base seca. Un producto perfecto para usos térmicos, ya sea en el sector doméstico como industrial y residencial, por su buen manejo, su condición inodora y las bajas emisiones de partículas en su combustión.

Sus aplicaciones tradicionales fueron como combustible para las propias almazaras y extractoras. Aunque, actualmente se va incorporando más en aplicaciones térmicas en el sector residencial y en servicios. La innovación en los equipos de combustión mejorando su eficiencia, manejo y control de emisiones ha

proporcionado cada vez más decisiones de compra e instalación por el cliente común.

Además, tomo una clara importancia la calidad del producto gracias al desarrollo de la **norma de calidad UNE 164003 de Biocombustibles sólidos**. Especificaciones y clases de biocombustibles. Huesos de aceituna establecida para optimizar su uso en combustión y optimizando las emisiones a la atmósfera. Otra diferencia actual en su distribución de este combustible en los sectores doméstico y residencial, se comercializa en sacos de 15 kg, de fácil manejo y óptimo para su uso en el sector doméstico, y con un precio generalmente menor al de otros combustibles de prestaciones similares, como el pellet de madera.

En los siguientes apartados, describiremos los diferentes formatos y su consumo en energía térmica.

5.2.1 BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO (PELLETS)

Los pellets de biomasa son un biocombustible sólido densificado **estandarizado** a nivel internacional. Consisten en pequeños cilindros (**de 5-12 mm de diámetro y de 10-30 mm de largo**) procedentes de la compactación de serrines y virutas molturadas y secas, provenientes de serrerías, de industrias de la madera, de astillas y otras biomasas como las podas de cultivos arbóreos y residuos forestales. En el proceso de peletización no se utilizan productos químicos sino simplemente presión y vapor, aunque es posible encontrar también un porcentaje reducido de aditivos biológicos.

Su uso principal es como combustible para usos térmicos en el sector residencial y terciarios. Se presenta con un contenido medio de **humedad del 8-10%**. Su **poder calorífico medio es de 4.000 kcal/kg** en base húmeda.



Imagen 16: Pellets de hueso de aceituna.²

Fuente: Energías Renovables Juntasol S.L.

5.2.2 ENERGÍA TÉRMICA

El uso de dichos pélets para generar energía térmica está bastante extendido en toda Europa y en la actualidad se está consolidando su producción y consumo en España, pero sobretodo en Andalucía, ya que contamos con un número importante de fábricas de producción de pélets, en total son 12 fábricas, que emplean como materia prima para su producción, además, residuos forestales y de industrias forestales.

Actualmente la capacidad de producción de pellet en Andalucía asciende a 50,49 ktep anuales y hay varios proyectos en promoción que aumentaran dicha capacidad. Desde que se puso en marcha la primera fábrica en el año 2004, el sector ha evolucionado hacia instalaciones de calidad, de hecho, Andalucía es la comunidad autónoma con mayor número de plantas de pélet con la certificación En-Plus, 9 de las 12 activas.

² Pellets de hueso de aceituna consultado en el siguiente link: www.juntasol.es



Imagen 17: Planta de pélets de SunWood en Aldeaquemada.

Fuente: energías-renovables.com

El incremento de las instalaciones de pélets ha motivado la necesidad de incrementar la producción Andaluza. Una evolución muy creciente en pocos años con cifras de 600.000 toneladas en 2018, frente a las 175.000 toneladas de 2012 a nivel nacional y unas cifras de consumo en Andalucía de 60.576 toneladas, pero todavía estamos lejos de consumir tanto pélets como se produce, una tendencia que tiene que cambiar cada vez más ya que estas cifras sólo suponen el 57,5% de la producción Andaluza.

Andalucía cuenta con un número importante de proyectos de fabricación de este biocombustible, empleando como materia prima residuos de industrias forestales, poda de olivo y residuos forestales. (ver Tabla 3).

Tabla 3: Capacidad de producción de fabricas de pélets en Andalucía Fuente: agenciaandaluzadelaenergia.es - Elaboración propia

PROVINCIA	Nº DE PLANTAS	Ktep/año
Córdoba	2	18,00
Jaén	5	15,40
Granada	2	10,69
Huelva	2	4,8
Sevilla	1	1,6
TOTAL	12	50,89

Y en particular en la provincia de Jaén, a nivel de toda Andalucía a pesar de que somos la provincia con mayor numero de plantas aún no tienen rendimientos altos ya que una provincia como es Córdoba con solo 2 plantas nos supera en ktep/año. Pero vamos a ver en la siguiente tabla las diferentes fábricas de pelets y su producción. (ver Tabla 4).

Tabla 4: Fábricas de pélets en la provincia de Jaén. Fuente: agenciaandaluzadelaenergia.es - Elaboración propia

NOMBRE	MUNICIPIO	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (ktep/año)
SCA Ntro Padre Jesús	Jabalquinto	2,40
SunWood Biomasa Energía	Aldeaquemada	6,00
SunWood Biomasa Energía (Superpellet)	Bailén	4,00
Maderas Campos	Alcalá la Real	2,00
Futurpelet	Úbeda	1
TOTAL		15,40

5.3 ORUJILLO

El orujo una vez procesado para extraer el aceite y secado, se transforma en orujillo. Este producto tiene un **poder calorífico de 4.200 kcal/kg** en base seca, con una **humedad del 10%** que nos proporciona unas características perfectas para la generación de energía térmica en industrias y para generar energía eléctrica.



Imagen 18: Orujillo en parque de almacenamiento de central de biomasa.

Fuente: grupooleicolajaen.com- Artículo: Valorización de los subproductos del Olivar.

Entrevista a Pepe La Cal.

De media en Andalucía se suele generar una cantidad entre los 1.450.000 y 1.550.000 t/año de orujillo. Los consumos de orujillo en plantas andaluzas de producción eléctrica en el año 2018, ascendió a 630.054 toneladas y el autoconsumo térmico en la propia industria supuso más de 650.000 toneladas, que varían dependiendo de las campañas, lo que nos da una disponibilidad aproximada de 200.000-350.000 t/año, que se pueden utilizar para otros usos como exportación o usos térmicos.

Además, parte de dicho orujillo que se genera en las extractoras se suele consumir por la propia instalación, para medidas de secado del orujo como en calderas para generación de vapor para el proceso. El secado en las extractoras se realiza mediante cogeneración con gas natural y supone una fuente de ingresos por la venta de energía eléctrica producida en exceso. Este hecho implica menor autoconsumo de orujillo en la extractora, quedando el exceso disponible para otros usos, como hemos comentado anteriormente.

En los siguientes puntos haremos una retrospectiva extensa en base a dichos usos industriales para la obtención de energía térmica y ahondaremos en los procesos de combustión y gasificación para la obtención de energía eléctrica, además de hablar en profundidad sobre el Biochar obtenido de dicho orujillo y sus propiedades.

5.3.1 ENERGÍA TÉRMICA (USOS INDUSTRIALES)

La provincia de Jaén es líder destacado en el uso de la biomasa para uso térmico, es decir, utilizada para la calefacción y usos industriales. Según los datos incluidos en el estudio «La biomasa en Andalucía», elaborado por la Agencia Andaluza de la Energía, **Jaén consumió**, en 2018, **214 de las 645 ktep** (toneladas equivalentes de petróleo) del total de biomasa en Andalucía, es decir, **el 32% de toda la comunidad**.

El motivo de este liderazgo está bastante claro: el bosque de 60 millones de olivos que atesora la provincia de Jaén, que constituye una enorme fuente de energía limpia y con un coste mucho menor que otras fuentes energéticas.

Además, en Jaén existe una gran tradición de uso térmico de la biomasa en el sector industrial, especialmente en las almazaras, ya que en el proceso de elaboración del aceite de oliva da lugar a productos como el orujillo, la hoja o el hueso de aceituna. La mayor parte del consumo de biomasa para usos térmicos se realiza en las mismas industrias en las que se genera. Así, el grueso de la biomasa consumida en la provincia de Jaén procede del orujillo (71 ktep), seguido por el hueso de aceituna (71 ktep), la leña y los pellets.

El 57% de la biomasa jiennense se consume en el sector industrial, mientras que el 30 por ciento se destina a un uso residencial, es decir, para la calefacción de viviendas o bloques de pisos. Poco más de un 10 por ciento se consume en el sector servicios. Andalucía tiene un potencial de producción de biomasa de 3.958 kilotoneladas equivalentes de petróleo (ktep) al año, un recurso con el que podría cubrirse el 22,5% del total del consumo de energía primaria en la comunidad, el equivalente a lo que consumirían energéticamente más de 834.000 habitantes.

El gran reto de la provincia para el futuro, en el que Jaén podría convertirse en un gran yacimiento de “energía verde” para crear empleo y riqueza, además de reducir los consumos provinciales al mínimo en combustibles fósiles contaminantes.

5.3.2 ENERGÍA ELÉCTRICA (COMBUSTIÓN + GASIFICACIÓN)

Jaén ocupa el tercer puesto de Andalucía en instalaciones de generación de energía eléctrica con biomasa. Existen 3 plantas con una potencia total instalada de 37 MW, que es el 16,23% del total de la región. Utilizan principalmente como combustible distintas biombrasas del olivar: orujo y orujillo, hoja y poda de olivo.

Basándome en los diversos estudios y entrevistas realizadas en los últimos años a José Antonio La Cal Herrera³, puedo decir que después de todo lo tratado en todos los puntos anteriores ya podemos hablar con propiedad de acuerdo a los diversos subproductos del olivar, toda esta biomasa disponible, o energía limpia potencial que tenemos en la provincia de Jaén se le podría usar de un modo más efectivo. Ya que en la provincia trabajamos dos tipos de industria en sector olivarero, son las grandes conocidas Almazaras y las extractoras de orujo, pero lo más importante que tienen en común estas dos industrias, es que las dos

³ Así, las entrevistas y estudios realizados por José Antonio La Cal Herrera, serían: Recogida de podas y arranques agrícolas como biomasa (2018), Valorización de los Subproductos del Olivar, Entrevista a Pepe La Cal (2019) y La tecnología de gasificación aplicada al Olivar, Entrevista a José A. La Cal Herrera (2018).

consumen de forma equitativa energía eléctrica y energía térmica de forma elevada.

Esta forma de consumo tan alto para dichas industrias se puede sintetizar y unificar, ya que tenemos un elevado potencial de biomasa disponible para poder transformarla en energía y además se pueden optimizar los costes energéticos en dichas industrias.

La forma de conseguirlo es la **gasificación** de la astilla del olivo o del orujillo, que consiste en transformar dicha astilla y prujillo en un gas combustible mediante un agente gasificante que normalmente se utiliza aire en ambientes pobres de oxígeno. De esta forma, se obtiene **energía térmica**, que se puede usar para secar el hueso de orujo y **energía eléctrica** para el autoconsumo de nuestra industria, con esto conseguimos grandes ahorros energéticos, medioambientales y económicos, que permiten la reducción de la cantidad de CO_2 que producen nuestras industrias. Lo importante de este proceso no es sólo lo ya comentado, sino que se obtienen 3 tipos de productos en su proceso, una fracción sólida llamada “char” junto con las cenizas, otra fracción líquida, de la que se obtienen hidrocarburos que se deben de eliminar de la corriente de gases internos; y la fracción gaseosa llamada “syngas” que es la aprovechable para generar energía renovable en una máquina térmica.

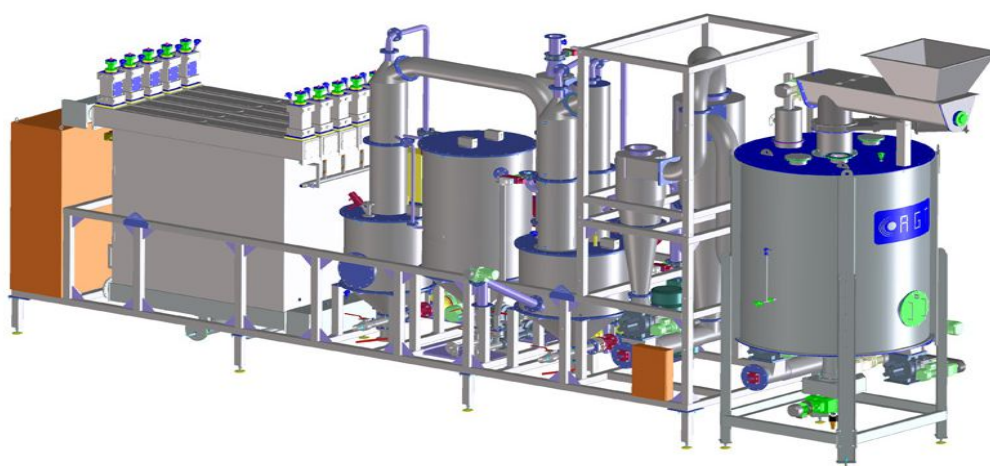


Imagen 19: Gasificador de biomasa con unidad de generación de energía

Fuente: slideplayer.es

Dependiendo del tipo de gasificador instalado en la industria se procede de igual forma, se introduce la biomasa en el gasificador por un lado y el agente gasificante por el otro, de forma que durante el proceso la biomasa sufre inicialmente un proceso de secado, otro de pirólisis, oxidación y reducción. Aunque suele haber 3 tipos de requerimientos para dicha biomasa, que tenga una humedad inferior al 20%, que el tamaño sea del orden de 5-10 mm y sobretodo que la biomasa no contenga ningún tipo de impureza.

Tenemos dos tipos de gasificadores dependiendo la forma en la que se transforma y añaden los elementos a la tolva de quemado, pueden ser de **lecho fijo** (ver Imagen 20) o de **lecho fluidizado** (ver Imagen 21):

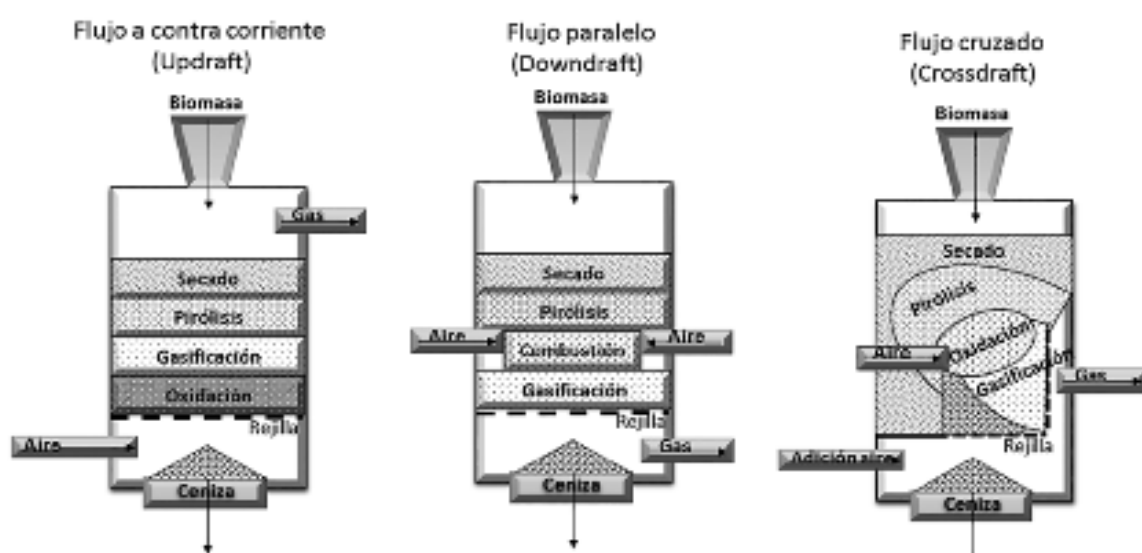


Imagen 20: Tipos de gasificadores de lecho fijo.

Fuente: pdfs.semanticscholar.org

En los de **lecho fijo** podemos ver que el fondo del cilindro es fijo donde cae la ceniza y la parte superior también siempre es igual por donde tiene la tolva de entrada de biomasa, pero lo cambia es que en los de **flujo a contracorriente** el aire pasa desde la parte baja en el lado opuesto a la salida de gas en la parte superior; el de **flujo paralelo** el gas sale desde la parte baja y el aire va entrando de forma paralela en la zona intermedia del cilindro, por último el de **flujo cruzado**

se mezclan las partes en el interior del cilindro y se adiciona aire en la parte central, en la parte baja se insufla aire para provocar la salida del gas.

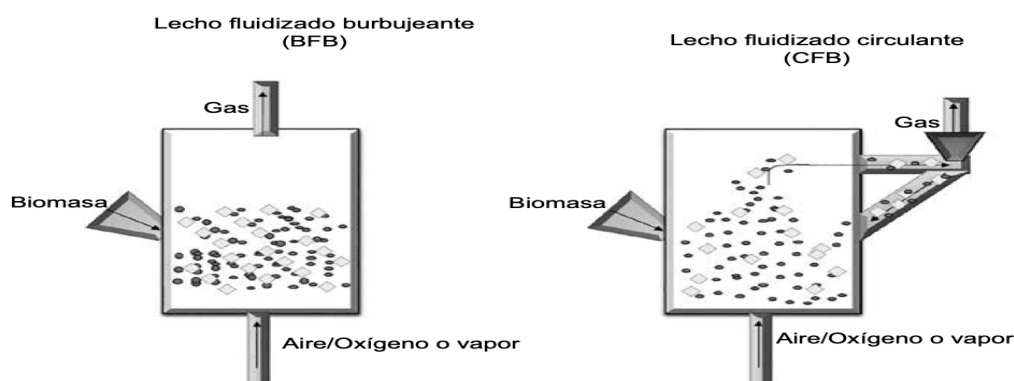


Imagen 21: Tipos de gasificadores de lecho fluidizado.

Fuente: pdfs.semanticscholar.org

En los de **lecho fluidizado** hay dos tipos, pero funcionan de forma muy similar, ya que en los de **lecho fluidizado burbujeante** por la parte baja entra aire, por la parte alta sale el gas y en el lateral por la tolva vaya entrando la biomasa. Y los de **lecho fluidizado circulante** funcionan igual solo que en la parte superior es cerrada y el gas sale por el lateral por varias fases para que circule tanto el gas como los pequeños restos volátiles de la combustión con un filtro que deje escapar el gas, pero vaya recogiendo dichos restos volátiles del proceso.

El **syngas** obtenido, tiene un poder calorífico de unas 1000 kcal/Nm³, que puede ser utilizado en una caldera de gas o en una turbina o motor para la producción combinada de energía térmica y/o eléctrica.

La gasificación puede ser una alternativa a medio plazo para la provincia, aunque será también necesario identificar demandas alternativas a las actuales. Como veremos a continuación (ver Imagen 22), utilizando un esquema de cómo se podrían intercalar estas dos formas de obtener tanto energía eléctrica y térmica, con la combustión y gasificación anexionadas en la fábrica. Además, las inversiones requeridas son bastantes menores que en la combustión, también los costes de explotación. El aprovechamiento de la energía para la autoproducción puede

repercutirnos ahorros incluso ingresos en los excedentes, de forma que según apunta Bioliza en estrategias de biomasa, los periodos de **recuperación de la inversión** se pueden situar, sin considerar los incentivos, **por debajo de los 6 años**.

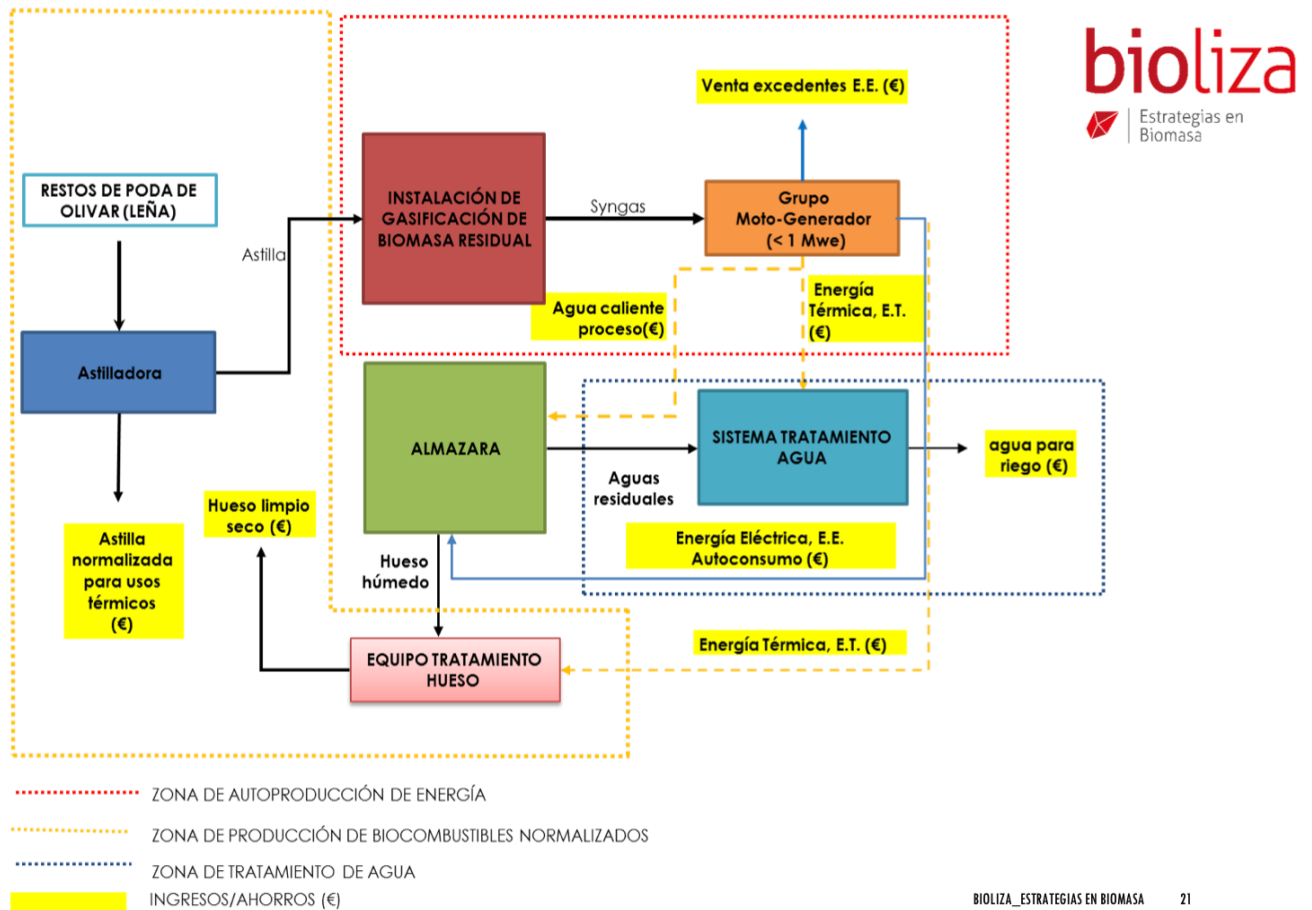


Imagen 22: Planta de gasificación de biomasa integrada en Almazara.

Fuente: grupooleicolajaen.com – BIOLIZA

Ésta es la solución que **BIOLIZA** con el impulso creativo y funcional de José Antonio La Cal Herrera, han desarrollado para mejorar la competitividad del sector oleícola teniendo en cuenta 2 aspectos de suma importancia: la valorización de los subproductos y la optimización de consumos energéticos.

Desde un punto de vista indirecto también conlleva ventajas, tanto para el agricultor en tanto evita costes de eliminación de restos de podas, como para las industrias, las cuales se convierten en “**autoproductoras**” de su propia energía. Todo ello, además,

reforzando la imagen de sector comprometido con el medio ambiente y la sostenibilidad.

5.3.3 BIOCHAR

El biochar como ya hemos presentado conceptualmente de donde proviene, ahora podemos decir que tras la pirolisis al obtener el Biochar, palabra que formamos por dos conceptos básicos: “Bio” proviene de la biomasa y “char” es el carbono sin restos de aceites después dicha pirolisis. Pero, lo más importante del BIOCHAR no es solamente lo perfectamente ideal que es para nuestros suelos, sino habría que preguntarse, ¿Qué hacer después con el Biochar? Pues lo que podemos hacer con él son una sucesión de procesos para apagarlo, activarlo y cargarlo, comúnmente dicho, pero comenzaré dando unas nociones básicas de que hacer con él:

- **TEMPLE**: Después de que el Biochar se haya formado en el reactor de pirolisis, es extremadamente caliente y no se puede manejar, entonces se pasa por un proceso de templado con agua, su enfriamiento disminuye dicha temperatura y además le da un aporte extra de agua a la mezcla, que ayuda a su manejabilidad y a su peso en transporte para que no sea muy ligero y pueda volar con facilidad.
- **ACTIVACIÓN**: Después del temple que ya podría ser usado perfectamente, podemos activarlo, se puede continuar limpiándolo con procesos químicos o térmicos, y produciríamos un “carbón activado o puro” llegaría al orden del (60-90%) de contenido real en carbono.

El término "activado" significa que la superficie del carbono tiene un gran número de poros con el fin de adsorber los gases y los solutos de la solución. Los carbones activados pueden tener una superficie de 1500 a 3000 m² / g de material. Puede haber razones muy útiles e importantes para usar el carbón activado en la purificación y otros procesos comerciales. Biochar se activa una vez que termina con el proceso de pirólisis y tiene una gran superficie para interactuar con el aire, el agua y el suelo.

- CARGADO: El término “cargado” significa que el biochar está listo para proporcionar al suelo agua y nutrientes para sustentar la vida microbiana y aumentar el crecimiento de las raíces de las plantas. los biochar se cargará con nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y otros micronutrientes. De esta forma hacemos que nuestro Biochar en el suelo en cuestión ponga de forma más disponible nutrientes para los microbios y las plantas, además se demuestra en diferentes estudios que este Biochar cargado requiere de 40-60% menos de fertilizante que el inicial sin modificar y recién sacado del proceso de pirólisis.

PARTE III: ANÁLISIS Y ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO.

6. MERCADOS PARA LOS SUBPRODUCTOS Y ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO

En este apartado veremos los posibles mercados para los subproductos segregados de los mercados oleícolas de nuestra provincia, además de una descripción bastante amplia relativa a dichos mercados actuales que más se están utilizando en dicha industria y poder dar unas posibles salidas aún más productivas a dichos subproductos que actualmente no cuentan con la mejor salida al mercado. Estudiaremos nuevas posibilidades y por otro lado, una diversificación que pueda suponer ampliar el abanico de posibilidades para dichos subproductos ampliando nuevas ofertas en las que poder tener y obtener buenas cuotas de mercado.

El objetivo general de este estudio es evaluar la producción y usos de los subproductos de las agroindustrias del olivar en Jaén, desde el punto de vista de un modelo de economía circular, así como caracterizar geográficamente la generación de sus subproductos.

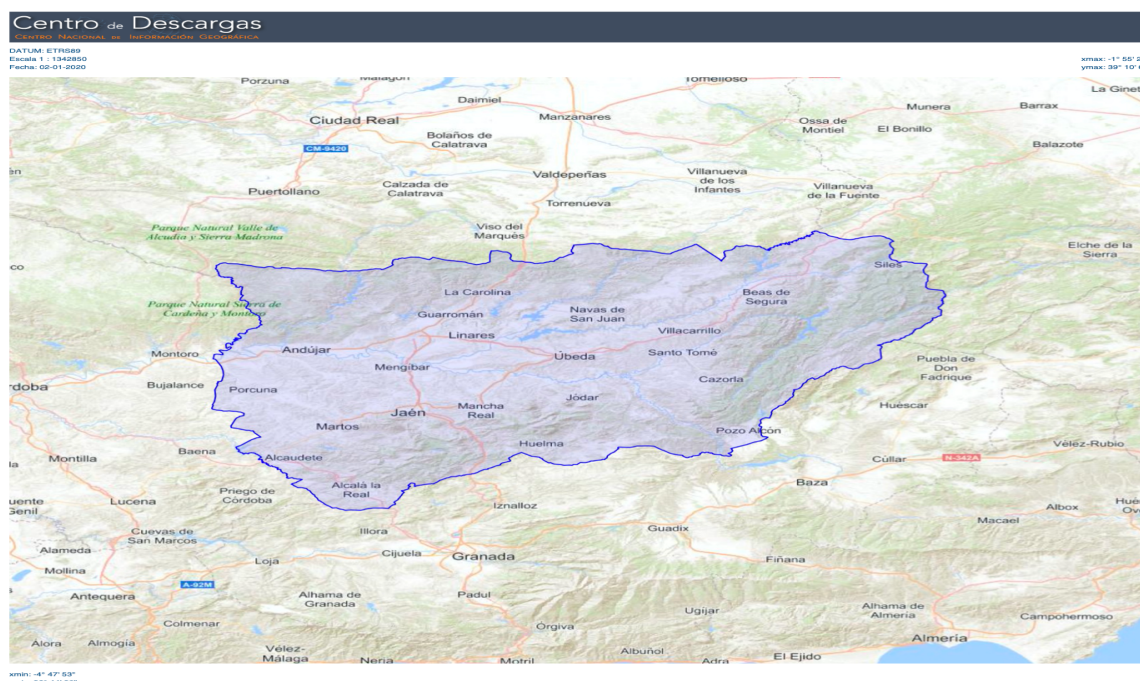


Imagen 23: Vista provincial del estudio.

Fuente: centrodedescargas.cnig.es

El modelo de economía circular o de utilización en cascada del sector de la agroindustria del olivar se puede subdividir en dos líneas según el producto principal sea aceite de oliva o aceituna de mesa (ver Figura 2).

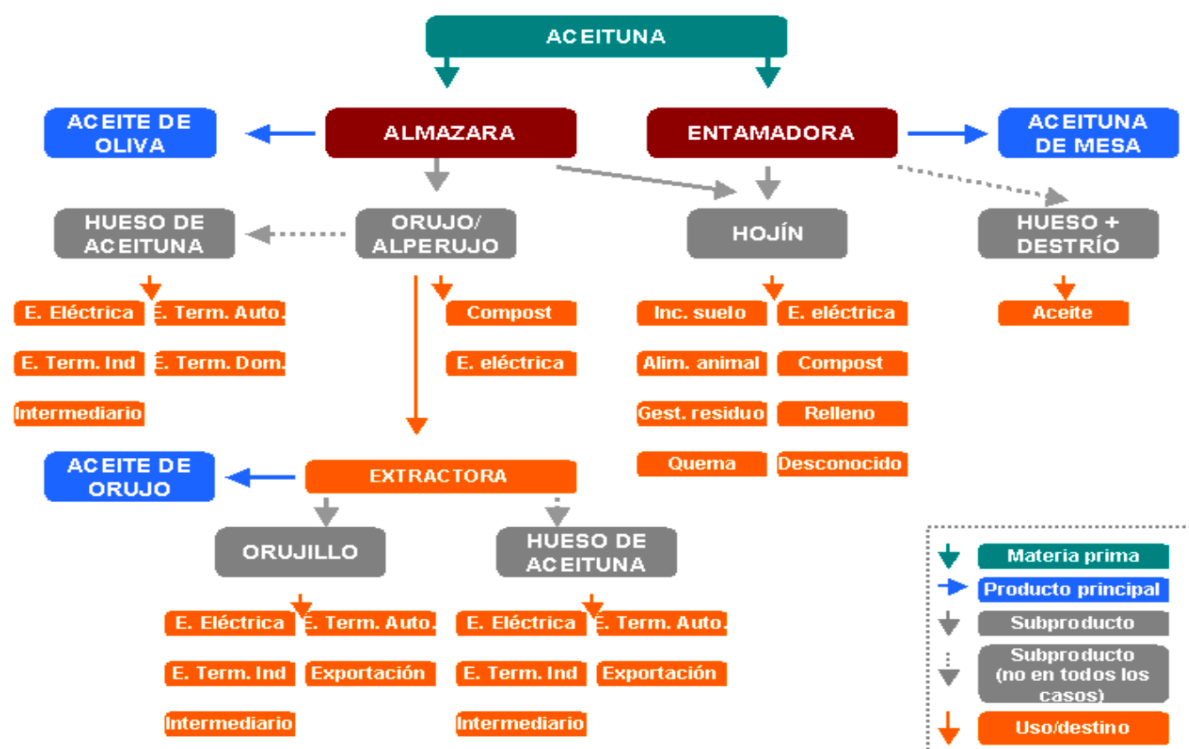


Figura 2: Modelo de utilización en cascada o economía circular del olivar.

Fuente: www.juntadeandalucia.es

Según los datos obtenidos en Andalucía por la Junta de Andalucía, podemos conocer un promedio de la utilización de dichos subproductos del olivar del total de toneladas obtenidas de media anualmente son, de las 5.834.128 toneladas de aceituna que se procesan de media anualmente en las agroindustrias del olivar, se producen como subproductos 514.345 toneladas de hojín (37,46% de humedad), 4.340.360 toneladas de alperujo (65,0%), 515.705 toneladas de hueso de aceituna (13,0%) y 912.857 toneladas de orujillo (10,0%), estos dos últimos obtenidos a partir del alperujo.

Los principales usos de estos subproductos son los energéticos; en concreto, el 47,0% de la cantidad total generada de los mismos se emplea para generación eléctrica o cogeneración, y el 32,9% para usos térmicos (en conjunto los usos

energéticos suponen el 79,9%). La incorporación como materia orgánica del suelo representa el 14,3%, y el resto de usos como la alimentación animal, gestión como residuo, etc. suponen el 5,9%.

Pero lo más importante de estos porcentajes es no poder entender como ha día de hoy aún un 14,3% de los subproductos son repartidos en el suelo como materia orgánica, que como ya vimos anteriormente en los usos del biochar, ese 14,3% si no es valorizado en forma de biochar es casi más perjudicial al suelo que beneficioso por sus incrementados valores de CO₂ que se incorporan y al no estar convertido en Biochar los beneficios al suelo son minimos.

Por eso, esta parte estará más centrada en analizar tanto técnicamente como económicamente, los biocombustibles sólidos y su aplicación para generar energía térmica y eléctrica, además de otros posibles mercados o aplicaciones.

6.1 BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS

Dentro de los biocombustibles sólidos del estudio nos vamos a centrar en las astillas, el hueso, pellets y el biochar generados en la provincia para realizar dicho estudio técnico-económico haciendo una breve descripción de cada uno y analizando económicamente los datos que podamos conseguir más actuales.

Como podemos comprobar en la siguiente imagen, nuestra provincia ocupa uno de los enclaves de producción de aceite y aceituna más grandes de toda España (ver Imagen 24).

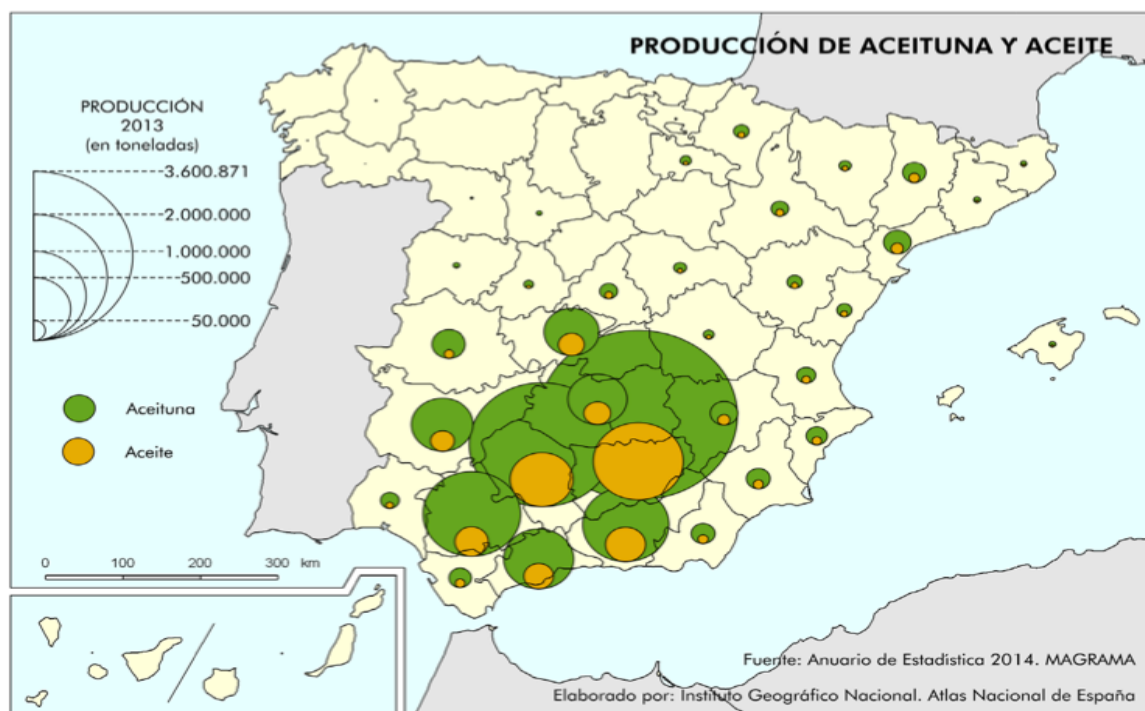


Imagen 24: Producción de aceite y aceituna Nacional.

Fuente: Anueario de Estadística 2014. MAGRAMA. IGN.

Por lo tanto, deberíamos de ser la provincia con mayor producción de biocombustibles sólidos si fuésemos capaces de convertir todos estos subproductos del olivar en beneficios económicos o de ahorro de energía para nuestras industrias, además de proporcionar a la provincia la menor contribución de emisiones de CO₂ a nivel nacional.

6.1.1 ASTILLAS

Las astillas como biocombustible, ya vimos en apartados anteriores de las astillas normalizadas que el gran problema de esta industria en la provincia es que las pocas industrias que tenemos en la provincia que generan unos 39 MW, no sólo es que generemos poco sino que además parte de esta energía se utiliza exclusivamente por la misma industria para su abastecimiento, ya que mayoritariamente los desplazamientos de las zonas de obtención de leña,

ramón y hojín que pueden componer este tipo de astillas están bastante lejos de las industrias de procesamiento y conversión a energía, haciendo que los costes de transporte sean mayores que los beneficios. Pero, el problema general es que la desinformación de los dueños de las plantaciones de olivar de la provincia ya sea de secano o de regadío, hace que desconozcan la mayoría que hay empresas en la provincia que se encargan de dicha recogida en el olivar para su traslado y procesado, sin generar esa tradicional quema en el mismo olivar perdiendo toneladas y toneladas de de posible astilla normalizada, además del grandísimo aporte de CO₂ a la atmósfera por parte de los agricultores en la época de la quema de ramón en el olivar.

Como se puede apreciar en las imágenes siguientes somos la provincia con más superficie de España de cultivos leñosos de secano (ver Imagen 25) y de regadío (ver Imagen 26), entonces la pregunta principal es: ¿Por qué seguimos desperdiciando tantísimo potencial en la provincia?

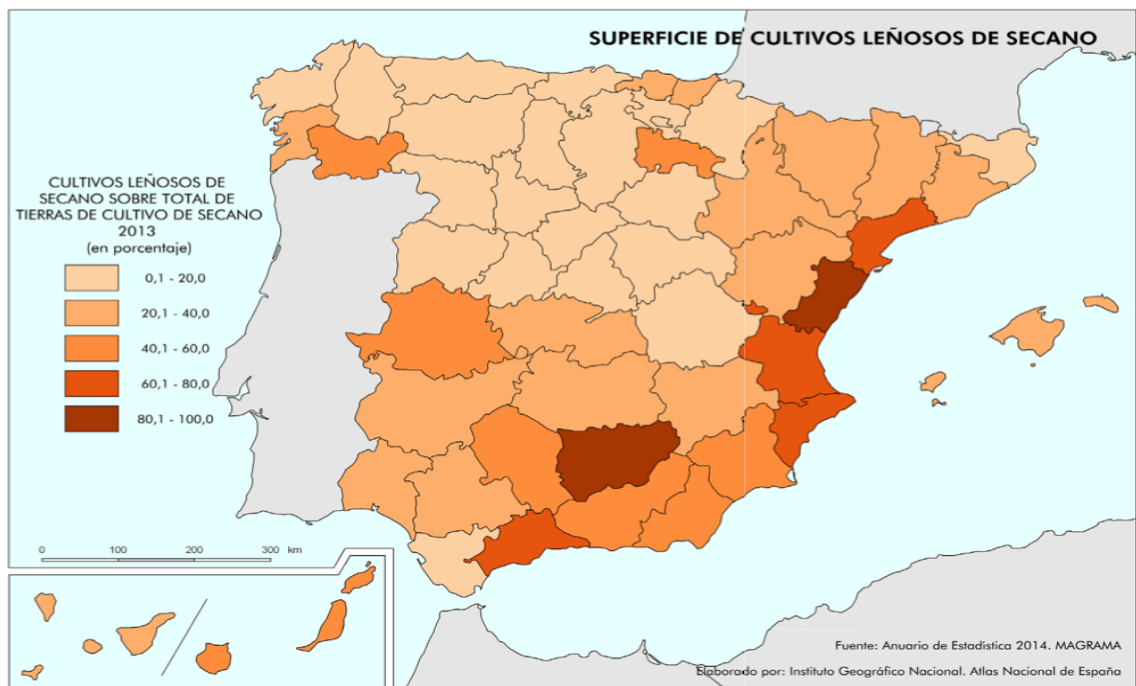


Imagen 25: Superficie de cultivos leñosos de secano.

Fuente: ign.es

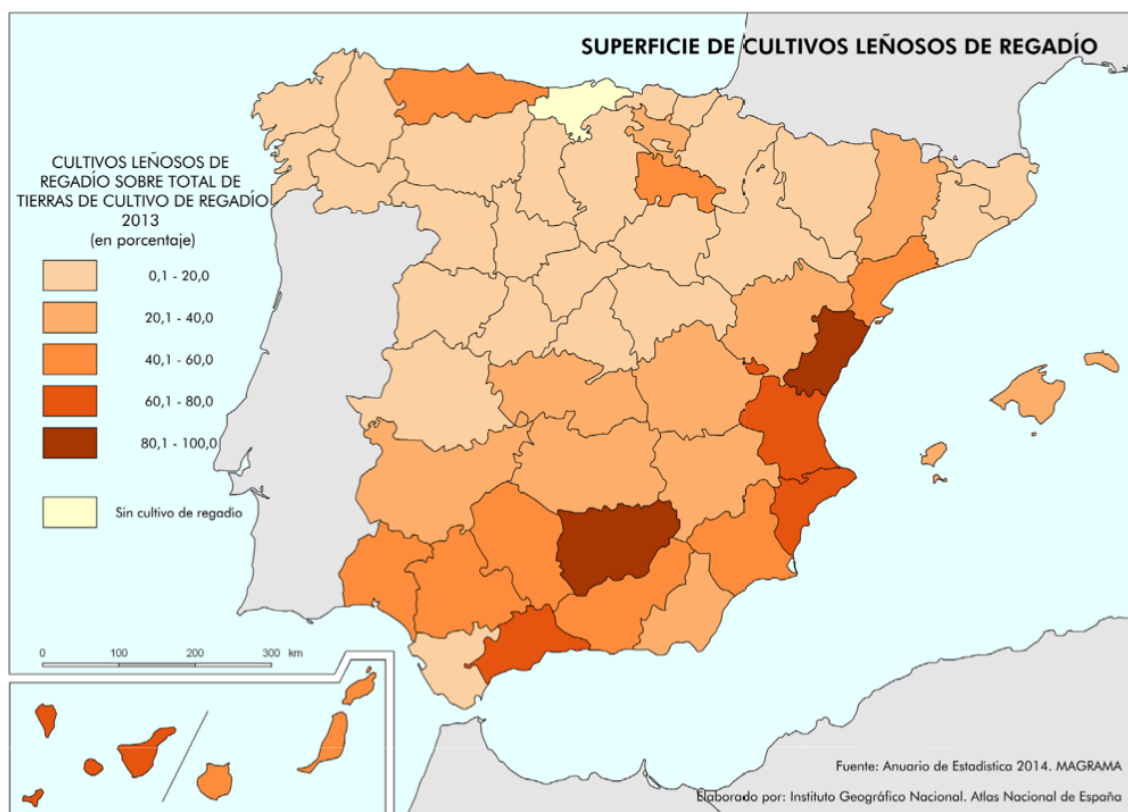


Imagen 26: Superficie de cultivos leñosos de regadío.

Fuente: ign.es

Jaén, que es una provincia muy supeditada al monocultivo del olivar, se encuentra en una encrucijada. Siendo una zona privilegiada para este cultivo y teniendo una tradición milenaria en este sector, se está viendo superada por nuevas zonas de producción. La disminución de las ayudas y el probable estancamiento de los precios por el aumento esperado de la producción, sitúan a esta zona frente a una incierta situación de futuro y requieren medidas para poder garantizar la continuidad del cultivo del olivar.

A pesar de que se ha demostrado que la transformación del cultivo hacia su intensificación es una alternativa viable para el olivar, este proceso requiere unas circunstancias previas que, en la mayoría de los casos, no se cumplen en el olivar tradicional jiennense. Entre ellas, la de mayor calado por su acción limitante a la transformación del cultivo es el tamaño de las explotaciones. El olivar tradicional

jiennense se caracteriza por tener explotaciones de reducido tamaño con una estructura fragmentada y dispersa en el territorio.

Por ello, es necesario nuevas formas de cooperación entre olivicultores que permitan incrementar el tamaño de gestión de las parcelas de olivar en aras de reducir los costes de producción y poder acceder, además, a determinados servicios que exigen un adecuado tamaño.

En este sentido, tenemos que implementar estrategias mediante actuaciones de cooperación entre olivareros para ahorrar costes y aumentar la rentabilidad del olivar tradicional. Las primeras actuaciones se van a llevar a cabo como plantas piloto, en los municipios de Arjonilla y Torredelcampo, y servirán para conocer la eficacia real de las mismas, sirviendo de efecto demostrativo a los agricultores tanto de estos municipios, como de otros de la provincia de Jaén. A su vez se perseguirán otros objetivos como son el relevo generacional, el uso más eficiente de la energía y la lucha contra la erosión.

Y para abordar estos problemas y sus posibles soluciones, está trabajando la **“Asociación para el aumento de la rentabilidad y sostenibilidad del olivar de Jaén” – GRUPO OPERATIVO DE LA AIE SUBMEDIDA 16.1 PDR DE ANDALUCÍA 2014-2020**, que ya está adoptando iniciativas para un mejor futuro del olivar y del aceite de oliva en Jaén.

La utilización energética de la poda del olivar representa una interesante alternativa a la eliminación habitual, que comporta numerosos beneficios en los planos medioambiental, social, tecnológico y económico. No obstante, existen algunas barreras que dificultan esta utilización alternativa, algunas de tipo tecnológico, pero otras relacionadas con la percepción social de las energías renovables o con la distribución de la propiedad. En la Figura 3, se muestra la **matriz DAFO** aplicada al aprovechamiento energético de la poda del olivar, con especial atención al campo Jienense, si bien se considera que los elementos que la componen, en su mayor parte, pueden ser de aplicación general, tanto a otros residuos agrícolas como a otras situaciones geográficas.

Las principales barreras que afectan al aprovechamiento masivo de la poda del olivar como recurso energético renovable, en el momento actual, son de carácter logístico.

El proceso de extracción de la biomasa del campo de cultivo y su puesta a disposición en la planta transformadora, sea cual sea el aprovechamiento final a que se destine, necesita ser optimizado.



Figura 3: Matriz DAFO del aprovechamiento de la poda del olivar en Jaén.

Fuente: Elaboración propia.

La principal etapa, que define la **economía del proceso global**, consiste en la recogida del ramón desde el suelo, su compactación y envío a un contenedor provisional, antes del transporte por camión. Todo este proceso se realiza mediante una única máquina, cuyo diseño debe aún ser optimizado para alcanzar una alta producción y, por tanto, un umbral de rentabilidad adecuado. El sistema de compactación admite también varias posibilidades, como la trituración o el empacado, teniendo todas ellas el objetivo de incrementar la ensidad del residuo para, finalmente, reducir los costes de transporte.

Otro aspecto importante a destacar, en relación con la tasa de recogida de poda, tiene que ver con la estructura de la propiedad en el campo jiennense, cuya característica principal, en este aspecto, es la de estar constituida por una multitud de explotaciones agrícolas, redominantemente de pequeño tamaño. Esta estructura puede dificultar la realización de las labores agrícolas, en concreto de la poda, de forma secuencial en

el espacio, lo que a su vez puede incidir en la rentabilidad del proceso de recogida de poda.

Lo deseable sería que la maquinaria adaptada para este fin pudiera trabajar en un amplio sector de terreno, de forma continua. Afortunadamente, los olivareros tienen una amplia experiencia de asociacionismo en cooperativas, por lo que estas estructuras pueden jugar un papel muy importante en el ordenamiento de las labores agrícolas que permitan mejorar los resultados económicos. No obstante, aunque se están dando pasos en este sentido, todavía existen amplias posibilidades de mejora.

Debido a los pocos datos obtenidos de las propias industrias del olivar y de fuentes alternativa como IDAE o internet, aunque es incrompensible ya que según el **Real Decreto 861/2018, de 13 de julio, por el que se establece la normativa básica en materia de declaraciones obligatorias de los sectores del aceite de oliva y las aceitunas de mesa y por el que se modifica el Real Decreto 772/2017, de 28 de julio, por el que se regula el potencial de producción vitícola**, expone la obligación de hacer público el contenido completo de las campañas, me veo en la obligación de hacer una estimación creando **un caso real que podría ser enseñado a los agricultores de forma orientativa**, para cambiar la dinámica y poder concienciar aun más a los agricultores a que abandonen técnicas tan primitivas como la quema de ramón.

6.1.1.1 CASO ORIENTATIVO PARA AGRICULTORES:

- **INTRODUCCIÓN:**

Con lo explicado en el punto anterior sobre los pocos datos obtenidos por parte de la industria del olivar en Jaén referente a este apartado, me veo en la obligación de hacer dicho caso orientativo para los agricultores.

- **EVALUACIÓN O POTENCIAL:**

El potencial que tiene dicho caso práctico, es tener la posibilidad de cambiar la dinámica y poder concienciar aún más a los agricultores a que abandonen técnicas tan primitivas como la que mas de ramón, en el mismo terreno de recogida de

aceituna, sin prestar atención a la salud del suelo de su cultivo dañado por esas cenizas que acaban dañándolo y las posibles pérdidas que pueden perder los agricultores si venden su biomasa disponible en sus terrenos, además del impacto sobre el medioambiente que supone un gran aporte de CO₂ a la atmósfera extra en esa época de quema, que es lo que se pretende evitar con éste caso práctico.

- CASO ESTUDIO:

Para definir el supuesto vamos a dar unas especificaciones basándonos en el terreno que tenemos en la provincia de Jaén, normalmente de difícil acceso y muy distribuido en diferentes dueños, entonces la maquinaria a usar en el mejor caso sería las que tengan método de alimentación manual o autoalimentados, pero que además el depósito o remolque sea independiente a la maquinaria, con un diámetro medio a considerar para los troncos.

- ESTUDIO ECONOMICO:

En lo **económico** vamos a suponer 3 casos distintos dependiendo de la **forma de vender** la biomasa: bajo (33€/ton), medio (48€/ton) y alto(62€/ton).⁴ Los gastos medios del proceso orientativos son: 1. Tractorista + Ayudante (160€/dia), 2. Combustible (15L/h) unos 120 L/dia a 1€/L de gasóleo agrícola, 3. Imprevistos asumibles 9% ingresos, 4. Transporte de 6-9 €/ton (con desplazamiento supuesto a unos 40km), 5. Mantenimiento 50€/dia. Sintener en cuenta el desgaste de los equipos en el tiempo, veremos los 3 casos (ver Tablas 5, 6 y 7) para ver el más óptimo y eficiente:

⁴ Los precios de dicha biomasa son orientativos pero basados en una estimación promedia de los datos consultados en el IDAE a través del siguiente link:
https://www.idae.es/sites/default/files/estudios_informes_y_estadisticas/informe_precios_biomasa_usos_termicos_1t_2019.pdf

Tabla 5: Precio bajo. Fuente: Elaboracion propia.

Precio €/ton	Produccion ton/h	Ingresos €/dia	Total gastos €/dia	Transporte 6€/ton	Transporte 9€/ton	Rendimiento jornada(6€/ton) €/dia	Rendimiento jornada(9€/ton) €/dia
33	11	363	360	66	99	3	-30
	17	561	376	102	153	185	134
	22	726	462	132	198	191,8	125,4
	28	924	498	168	252	333,6	247,6

Tabla 6: Precio medio. Fuente: Elaboracion propia.

Precio €/ton	Produccion ton/h	Ingresos €/dia	Total gastos €/dia	Transporte 6€/ton	Transporte 9€/ton	Rendimiento jornada(6€/ton) €/dia	Rendimiento jornada(9€/ton) €/dia
48	11	528	448,8	66	99	79,2	46,2
	17	816	513,6	102	153	302,4	251,6
	22	1056	567,6	132	198	488,4	422,4
	28	1344	632,4	168	252	711,6	627,6

Tabla 7: Precio alto. Fuente: Elaboracion propia.

Precio €/ton	Produccion ton/h	Ingresos €/dia	Total gastos €/dia	Transporte 6€/ton	Transporte 9€/ton	Rendimiento jornada(6€/ton) €/dia	Rendimiento jornada(9€/ton) €/dia
62	11	682	464,2	66	99	217,8	184,8
	17	1054	537,4	102	153	516,6	465,6
	22	1364	598,4	132	198	765,6	699,6
	28	1736	671,6	168	252	1064,4	980,4

- CONCLUSIONES:

Como puede intuirse en la tabla, con unos precios razonables a la hora de vender la biomasa obtenemos diariamente beneficios y en algunos casos cuantiosos, exceptuando el primer caso con el precio más bajo y con poca producción de biomasa del olivar. Pero, si consideramos la forma de proceder o el acuerdo al que puede llegar la empresa de transporte con el agricultor podemos ampararnos en 3 formas de proceder: 1. Sistema de quema de ramón y leña: Que no se considera ya que es

inviabile por economía y sobretodo por emisiones CO2. 2. Astillado e incorporación al suelo como materia orgánica: con un coste en trono a 90€/hectárea. 3. Astillado y recogida de la biomasa: coste de operación de unos 45€/hectárea. Por lo que reducimos casi al 50% los costes.

6.1.2 HUESO

Este biocombustible es uno de los más utilizados dentro del mercado de biomasa y supone una excelente fuente energética. Posee unas características de elevada densidad, humedad del 15% y alto potencial calorífico de unas 4700 Kcal/Kg y muy poca ceniza en torno al 1,5 %, dejando así una equivalencia de 2 Kg de hueso con 1 L de gasóleo parra combustión. Caraterizado por tener un bajo contenido en carbón, alto contenido de oxígeno y compuestos volátiles. Dicha característica con su bajo contenido en azufre hace que su aporte a la lluvia ácida sea muy bajo, convirtiéndolo en un producto atractivo para aprovecharse energéticamente.

Además, de ser más barato que el pellet, pero más caro que la astilla.

Otro uso interesante del hueso de aceituna es como relleno para la elaboración de almohadas. Una tradición oriental para favorecer el descanso y absorber los malos olores, que algunos empresarios españoles ya están adoptando, al usar las semillas carbonizadas como compuesto natural en el relleno de sus almohadas.

Llama la atención también el uso del hueso de aceituna para la producción de harina. La empresa castillera Elayo fue premiada en la Feria Sial de París 2018 por haber desarrollado una planta industrial para la extracción de semillas de olivo del hueso de la aceituna, las cuales se pueden utilizar en la masa del pan, en productos dulces y salados. Esta harina de semillas de aceituna cuenta con un alto contenido de proteínas, fibra y omega-3. Aparte de estos usos, el hueso de aceituna tiene un largo listado de posibilidades también en la industria cosmética, entre otros sectores.

Desde el punto de vista energético, las 420.000 toneladas de producción media anual de hueso de aceituna, para unos valores de humedad menores del 12% y un poder calorífico inferior (PCI) de 4,48 kWh/Kg (0,386 tep/tm), se estima que podrían generar 1.880,6 GWh/año (162.120 tep). Una cifra equivalente al 0,13% del consumo total de energía primaria de España.

Para encontrar unos valores de características técnicas de del hueso de aceituna (véase Imagen 27).

Nombre Determinación	Valor mínimo	Valor máximo	Valor medio	Unidades
ANÁLISIS BÁSICO				
Humedad (b.h.)	9,01	22,67	15,47	%
Cenizas, (b.h.)	0,50	2,00	1,37	%
Volátiles (b.s.)	76,40	83,31	79,86	%
ANÁLISIS ELEMENTAL				
Carbono (b.s.)	54,71	55,60	55,16	%
Hidrógeno (b.s.)	5,80	5,95	5,88	%
Azufre (b.s.)	0,01	0,05	0,03	%
Cloro (b.s.)	0,02	0,06	0,04	%
Oxígeno	41,55	42,74	42,15	%
PODER CALORÍFICO				
Poder Calorífico Superior (b.s.)	4.778	5.203	4.968	Kcal/kg
Poder Calorífico Inferior (b.s.)	3.806	4.801	4.318	Kcal/kg
Poder Calorífico Superior (b.h.)	4.356	4.632	4.493	Kcal/kg
Poder Calorífico Inferior (b.h.)	3.477	4.064	3.854	Kcal/kg

Nota: b.s.= base seca, b.h.= base húmeda

Imagen 27: Características Técnicas del Hueso.

Fuente: pelletsdelsur.com

Sabiendo que el precio promedio de la venta del hueso de aceituna dependiendo de si está tratado o sin tratar, pero oscilan entre:

- Venta de Hueso de Aceituna Seco y Limpio: Granel a 110€/Ton.
- Venta de Hueso de Almazara sin tratar: Granel a 70€/Ton.

Si las 323.500 toneladas de hueso de aceituna que se comercializan anualmente fueran sustituidas por combustible fósil, ello supondría un coste adicional de 145 millones de euros en gasoil de calefacción o de 71,6 millones de euros en gas. Cifras de ahorro asombrosas, pero que aún no representan la totalidad del potencial del hueso de aceituna que tiene la provincia aún escondidas.

Ya que si realizando unas tablas de comparación entre el hueso, el orujillo y lo interesante que resulta el biochar (véase punto 6.1.5) podemos tener una idea económica del impacto que suponen dichos subproductos en nuestros mercados, además de hacer una puesta en marcha para poder focalizar en cada producto y realizar así una búsqueda de nuevos mercados para dichos subproductos del olivar que con cada campaña en la provincia se producen y no se están revalorizando por la poca información en los entornos más cercanos del olivar.

6.1.3 ORUJILLO

El orujillo no es un gasto ya que, al tratarse de un residuo de la extractora, su gestión y transporte por un ente autorizado supone un coste adicional y por tanto se entrega sin coste alguno a la planta de producción misma para su próxima combustión para aprovecharlo y reducir gastos en el proceso de combustión.

En capítulos anteriores definimos los datos técnicos del orujillo y conceptuales para definirlo completamente como subproducto del olivar pero para dar una idea más clara de las características más técnicas de este subproducto (véase Imagen 28).

Orujillo seco y extractado	Valor mínimo	Valor máximo	Valor medio	Unidades
ANÁLISIS BÁSICO				
<i>Humedad(b.h.)</i>	10.5	19.39	14.71	%
<i>Cenizas(b.h.)</i>	4.58	8.11	6.49	%
<i>Volátiles (b.s.)</i>	72.29	73.34	72.82	%
ANÁLISIS ELEMENTAL				
<i>Carbono(b.s.)</i>	49.49	50.54	50.02	%
<i>Hidrógeno(b.s.)</i>	5.86	5.9	5.88	%
<i>Azufre(b.s.)</i>	0.07	0.24	0.14	%
<i>Cloro(b.s.)</i>	0.12	0.4	0.26	%
<i>Potasio(b.s.)</i>	25.45	33.15	29.3	%
<i>Calcio (b.s.)</i>	0.1	0.3	0.2	%
<i>Magnesio (b.s.)</i>	1	2.91	1.96	%
<i>Oxígeno (b.s.)</i>	36.04	42.56	39.3	%
PODER CALORÍFICO				
<i>Poder Calorífico Superior(b.s.)</i>	4500	4819	4644	Kcal/Kg
<i>Poder Calorífico inferior(b.s.)</i>	4119	4513	4361	Kcal/kg
<i>Poder Calorífico superior(b.h.)</i>	3498	4216	3831	Kcal/Kg
<i>Poder Calorífico Inferior (b.h.)</i>	3441	3876	3689	Kcal/Kg

Nota b.s.=base seca, b.h.=base húmeda

Imagen 28: Características Técnicas del Orujillo.

Fuente: pelletsdelsur.com

El orujillo es un combustible excelente y su valorización energética es muy interesante para los productores de aceite de oliva como para los generadores de energía eléctrica a partir de biomasa, no obstante, no es un combustible exento de problemas. No se trata de impedimentos que no se pueden manejar ni que hagan inviable una planta de biomasa basada en orujillo, pues la prueba es España la cual dispone de muchas plantas de orujillo en operación. Pero los problemas derivados de la combustión del orujillo son necesarios entender correctamente y manejarlos para evitar que se conviertan en graves problemas que compliquen la operación, el mantenimiento y en general la explotación de este tipo de instalaciones.

En este sentido destacamos que la **producción media nacional de orujillo es de 1,3 millones de toneladas por campaña**, su comercialización es un pilar fundamental para la rentabilidad de las orujeras.

En la campaña 2011/2012 **el precio del orujillo era de 45 euro/tonelada a la salida de fábrica**, mientras que, en la campaña pasada, 2017/2018 y en la actual, 2018/2019, **el precio del orujillo a la salida de fábrica está entre 12-15 euro/tonelada**. Esto nos advierte de la caída de precios de venta de éste subproducto por lo que merma la rentabilidad de las empresas orujeras de la provincia.

6.1.4 BIOCHAR PARA REALIMENTACIÓN DEL SUELO

Dejando atrás la parte conceptual y técnica del biochar, en éste apartado me centraré en lo que supone el Biochar a un sector comercial emergente, que según algunos cálculos sustentan que la reducción de emisiones puede ser del 12 al 84% mayor si el Biochar es reincorporado en el suelo en lugar de quemarse para uso como combustible fósil.

Por lo tanto, el secuestro con biochar ofrece una oportunidad para poder mover la bioenergía hacia una industria de carbono negativo.

Los actuales proyectos con biochar no generan un impacto significativo sobre el presupuesto global de carbono, aunque en la expansión de ésta técnica se viene fomentando como un enfoque geoingenieril.

De esta forma, las tasas de aplicación entre 2,5 y 20 toneladas por hectárea parecen ser la cantidad requerida para lograr mejoras significativas en los campos con cultivos. Los costos oscilan entre los 400-7500€ por tonelada, generalmente demasiado altos para el agricultor, aunque en España, las restricciones sobre el biochar con fines agrícolas se relacionan más con la disponibilidad de biomasa y el tiempo de producción.

Una alternativa es usar pequeñas cantidades de biochar en complejos de bajo costo para biochar y fertilización.

Porcentaje de mezcla Biochar	Text Tacto	M.O. %	P ppm	pH 1:1	CATIONES meq/100g					CATIONES p.p.m.					
					Al	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
0%	Ar	0,80	1,20	4,8	1,50	0,30	0,01	0,07	0,01	0,02	9,35	1,55	0,05	0,04	5,34
2%	Ar	0,80	2,90	5,0	1,45	0,40	0,05	0,21	0,03	0,25	9,75	1,80	0,65	0,20	5,91
5%	Ar	1,10	2,90	5,3	0,80	0,40	0,30	0,47	0,03	0,40	16,25	2,95	1,50	0,07	7,06
10%	FArA	1,90	10,60	5,4	0,40	0,80	0,20	0,77	0,03	0,70	18,12	3,80	11,00	0,11	13,26
Cal	Ar	0,60	0,80	5,9	0,10	2,50	1,00	0,05	0,02	0,05	6,30	0,85	0,05	0,11	8,84

Imagen 29: Analisis final de suelo con 45 días de incubación.

Fuente: scielo.org.co

El reto actual es conseguir que la producción de biocarbón sea económicamente viable. “Ahora mismo se trabaja en el desarrollo de maquinaria que permita hacer el biocarbón in situ, igual que sucede con las trituradoras. De esa forma lo puedes echar directamente al suelo. Lo que no compensa, y por eso no se hace ahora mismo, es transportar los restos de poda a una incineradora y devolver después el biocarbón al campo”, concluye el investigador.

6.1.4 TABLAS COMPARATIVAS

Para realizar un estudio económicamente completo de los principales subproductos del olivar vistos en apartados anteriores como son las astillas, hueso, orujillo y biochar, veremos en la Tabla 8 una comparativa a líneas generales de lo que supone en Inversión, Costes y rentabilidad de los diferentes subproductos.

Tabla 8: Tabla comparativa de los subproductos del olivar. Fuente: Elaboración propia

SUBPRODUCTO	INVERSION	COSTES	INGRESOS ANUALES	RENTABILIDAD
ASTILLA	BAJA	BAJA	-	BAJA A CORTO PLAZO
HUESO	BAJA	BAJA	11.275.000€	ALTA CORTO PLAZO
ORUJILLO	MEDIA	MEDIA	47.025.000€	ALTA A CORTO PLAZO
BIOCHAR	ALTA	ALTA	-	MUY ALTA A LARGO PLAZO

Como podemos ver en la Tabla de la totalidad en torno a las 110.000.000 € de ingresos que generan el hueso(360.000 ton un 10,25%), el orujillo(1.500.000 ton un 42,75%) y las podas(1.650.000 ton un 53%) de los cuales representados por la astilla y las posibilidades beneficiosas que aportan el biochar al suelo a largo plazo, vemos que los ingresos anuales de hueso son 11.275.000€ y 47.025.000€ de orujillo, también tenemos unos **58.300.000€ del 53% de podas que representan al astillado y al biochar** que no tengo datos económicos para poder verificar los valores concretos que suponen estos subproductos por separado. Pero que tienen un grandísimo potencial en la provincia que no están explotados al máximo de su nivel de producción partiendo de la base que dichas podas no se extraen del campo por culpa de la poca información al agricultor y a la permisividad de la ley aun a la quema de dichas podas en los olivares, que podrían suponer si se aprovecharan un gran beneficio para el agricultor y para una rama emergente como es el Biochar que aún le falta mucho camino por andar en la provincia para aprovechar éste gran recurso que tenemos y no desarrollamos.

7. CONCLUSIONES

La valorización energética de los subproductos procedentes del olivar en la provincia de Jaén, la provincia con mayor producción de Andalucía, debido a su gran extensión, convirtiéndose en las últimas décadas el ejemplo más exagerado de especialización productiva regional de toda la Unión Europea teniendo un monocultivo del 91% de la superficie agrícola. Puede conllevar beneficios sociales, económicos, medio ambientales y energéticos para las empresas del sector oleícola centrándonos en distintos puntos de vista:

- Obteniendo grandes ahorros, ya que actualmente tienen muchos costes tanto en la gestión del orujo o de las podas que aun no se aprovechan o venden como debería de hacerse.
- La generación de nuevos ingresos por la venta de la energía eléctrica generada en exceso.
- La producción de energía en origen, con su consiguiente ventaja estratégica.
- La disminución de sanciones administrativas.
- La aparición de numerosos mercados más concienciados con las cuestiones medio ambientales que tanto nos preocupan.
- La emergente idea del aprovechamiento de dichas podas que aun se están quemando en los olivares y que deberían de aprovecharse para producción de astillas para la generación de energía eléctrica o térmica, además de la gran posibilidad de aprovechar dichas podas en la producción de Biochar para la potenciación de los suelos de la provincia en la mejora del olivar ya en activo para producir una mayor cantidad de producción de aceituna, ya que la gran mayoría de nuestros suelos agrícolas están ocupados de olivar. Haciendo que nuestra producción anual en la provincia no toque techo y siempre dependamos de la meteorología o de si este año habrá o no buena cosecha. La solución más viable que aun no se esta usando de la mejor manera es ese gran desconocido para la provincia “El Biochar”.

En definitiva, lo que se pretende es generar un mayor valor añadido en la industria del aceite de oliva en nuestra provincia, buscando alternativas viables que generen

valor añadido a todos los subproductos del olivar que no se están administrando ni potenciando como deberíamos en nuestra provincia.

Lo más importante que debemos aprender es el gran potencial que tenemos en nuestra provincia para generar valor económico y medio ambiental que aun está dormido dentro de nuestra provincia.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
“Análisis de la incidencia de la supresión de la quema de residuos agrícolas sobre la reducción de emisiones de gases contaminantes en Andalucía”
- Damián, Alain (2010). *“La biomasa: fundamentos, tecnologías y aplicaciones”*.
AMV Ediciones y Mundi-Prensa
- De Juana, José María (2003). *“Energías renovables para el desarrollo”*.
Thompson-Paraninfo.
- Sanz Canadá, Javier et al (2012). *“Investigación e innovación en el sector del aceite de oliva en España. Problemas, oportunidades y prioridades de I+D+i”*.
Instituto de Economía, Geografía y Demografía. Centro de Ciencias Humanas y Sociales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Madrid Vicente, Antonio (2012). *“La biomasa y sus aplicaciones energéticas”*. AMV Ediciones
- Velázquez Martí, Borja (2010). *“Aprovechamiento de los residuos forestales para uso energético”*. Universidad polit cnica de Valencia.
- Serrano Martínez, Francisco (2009). *“Cuadernos de energías renovables n  5- Manual de Biomasa”*. IDEA.
- Agener, Diputación de Jaén, Sodean y Universidad de Jaén. (2000) *“Estudio de análisis de potencial y coste de las podas de olivar en la provincia de Jaén”*

- Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. IDEA. *“Situación actual y perspectivas de la energía de la biomasa en España”*
- Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de empleo y desarrollo tecnológico. Junta de Andalucía. *“Instalaciones de Biomasa: Manual para uso de Instaladores, Fabricantes, Proyectistas e Ingenieros, Instituciones de Enseñanza y de Investigación”*

9. PAGINAS WEBS CONSULTADAS:

- Agencia Andaluza de la Energía.
www.agenciaandaluzadelaenergia.es
<http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/DatosEnergeticos2017/>
https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/documentos/la_bioenergia_en_andalucia_dic_2018.pdf
<https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/es/energia-de-la-biomasa-y-biogas>
- Entrevista Bioliza Jose Antonio La Cal Herrera.
http://es.up-running.eu/wp-content/uploads/sites/13/2018/03/5_Restos-Olivos-Jaen-BIOLIZA.pdf
<https://www.grupooleicolajaen.com/valorizacion-de-los-subproductos-del-olivar-entrevista-a-pepe-lacal/>
- Grupo Oleicola Jaen.
<https://www.grupooleicolajaen.com/la-tecnologia-gasificacion-aplicada-al-olivar-jose-antonio-la-cal-herrera/>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10374_Energia_de_la_biomasa_07_28e17c9c.pdf
- Asociación Agraria de Jovenes Agricultores ASAJA.
<https://www.asajajaen.com/actualidad/restos-de-poda-de-olivo-para-hacer-biocarbon>
- Instituto Geografico Internacional
<http://www.ign.es/web/ign/portal/recursos-educativos>
- Energia de Extremadura.
<https://energiaextremadura.com/2018/10/04/con-los-subproductos-del-olivar-que-se-generan-se-podrian-autoabastecer-de-energia-las-almazaras/>

- Zonas olivareras de España. El Aceite.

<http://www.elaceite.net/2010/06/18/aceite-de-oliva/zonas-olivareras-de-espana/>

- Energías Renovables Juntasol S.L.

www.juntasol.es