José Antonio
La Cal Herrera

Estrategias para la transformación de las industrias del sector oleícola

(almazaras y extractoras de aceite de orujo) en bioindustrias

VII Premio de Investigación
del Consejo Económico y Social
de la provincia de Jaén

ESTRATEGIAS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LAS INDUSTRIAS DEL SECTOR OLEÍCOLA (ALMAZARAS Y EXTRACTORAS DE ACEITE DE ORUJO) EN BIOINDUSTRIAS

José Antonio La Cal Herrera

ESTRATEGIAS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LAS INDUSTRIAS DEL SECTOR OLEÍCOLA (ALMAZARAS Y EXTRACTORAS DE ACEITE DE ORUJO) EN BIOINDUSTRIAS

CES
Consejo Económico y Social
de la provincia de Jaén

Edita: DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE JAÉN
Consejo Económico y Social de la provincia de Jaén

© Del autor
© De la presente edición: Diputación Provincial de Jaén

I.S.B.N.: 978-84-09-19035-5
Depósito Legal: J. 163 - 2020

Impreso en España | Unión Europea

Índice

Página

Listado de figuras 8
Listado de cuadros y tablas 9
Listado de gráficos 10
Listado de fotografías. 11
Capítulo 1. Introducción 13
Capítulo 2. Objetivos 17
Capítulo 3. Metodología 19
Capítulo 4. Subproductos generados por el olivar y sus industrias en la provincia de Jaén. 21
Capítulo 5. Volumen total de subproductos generados por el olivar 37
Capítulo 6. Destino actual de los subproductos del olivar y sus industrias 41
Capítulo 7. Alternativas de valorización 47
Capítulo 8. Las industrias del sector como soporte para el desarrollo de las nuevas actividades (bioindustrias) 53
8.1. La producción de astillas y la obtención de “biochar” 55
8.2. El tratamiento del hueso 60
8.3. La gasificación de biomasa 66
Capítulo 9. proyectos tipo 75
9.1. proyecto tipo: producción de astilla de olivo y hueso tratado 76
9.2. proyecto tipo: planta de gasificación de astilla en almazara.- 78
9.3. proyecto tipo: planta de gasificación de orujillo 81
Capítulo 10. Conclusiones. 83
Referencias bibliográficas 85
Direcciones webs consultadas 87

listado de figuras

Página

Figura 1. Esquema global de la bioeconomía 14
Figura 2. Ejes del modelo integral de valorización de subproductos del olivar 16
Figura 3. Logos biomasud y bica 32
Figura 4. Subproductos generados por el olivar y sus industrias 35
Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de obtención de aceite de oliva y de aceite de orujo de oliva a partir de 1 ha de olivar 40
Figura 6. Destinos actuales de los restos de podas de olivar 42
Figura 7. Destinos actuales del hueso de aceituna 44
Figura 8. Destinos actuales del orujillo 45
Figura 9. Procesos de conversión de la biomasa 48
Figura 10. Evolución de las estufas de biomasa 57
Figura 11. Factores de emisión de co_2 58
Figura 12. Tecnología de torrefacción de biomasa 59
Figura 13. Comparativa entre astillas, pellets de pino y biochar ("black pellets") . . . 60
Figura 14. Requisitos de Ecodiseño para calderas 62
Figura 15. Vista general de un secadero de hueso 63
Figura 16. Evolución precios hueso aceituna con diferentes formatos 64
Figura 17. Representación esquemática del proceso de gasificación 67
Figura 18. Distintos tipos de gasificadores 68
Figura 19. Vista general de una planta de gasificación de biomasa 70
Figura 20. Esquema gasificación almazara 71
Figura 21. Esquema gasificación extractora aceite de orujo 72
Figura 22. Sistema de gasificación en modo secadero 73
Figura 23. Diagrama del flujo de los proyectos piloto 1 y 2 79

listado de cuadros y tablas

Página

Cuadro 1. Ventajas e inconvenientes de los distintos sistemas de gestión de los restos de podas de olivar 28

Cuadro 2. Ratio de generacion de subproductos del olivar 38

Cuadro 3. Subproductos generados por el olivar en la provincia de Jaén 38

Cuadro 4. Destinos actuales de los subproductos del olivar 42

Cuadro 5. Composición típica del syngas. 66

Cuadro 6. Principales propiedades del biochar de gasificación de orujillo 69

Cuadro 7. Proyecto tipo "planta de producción de astillas de olivo y hueso de aceituna en almazara" 77

Cuadro 8. Proyecto tipo "planta de gasificación de astilla de olivo" 79

Cuadro 9. Proyecto tipo "planta de gasificación de orujillo" 81

listado de gráficos

Página

Gráfico 1. Precios de diferentes biocombustibles sólidos 32

Gráfico 2. Distribución porcentual de los subproductos generados por el olivar 39

Listado de fotografías

Página

Fotografía 1. Restos de podas de olivar 21
Fotografía 2. Fracción fina o ramón 22
Fotografía 3. Fracción gruesa o leña 23
Fotografía 4. Quema de restos de podas de olivar en campo 24
Fotografía 5. Astillado de restos de poda de olivar en terreno 25
Fotografía 6. Astillas de restos de podas de olivar en planta de biomasa 26
Fotografía 7. Astillas de leña de olivo 27
Fotografía 8. Orujo graso y húmedo 29
Fotografía 9. Orujillo 30
Fotografía 10. Hueso de aceituna de almazara sin tratar 31
Fotografía 11. Hueso de aceituna de almazara tratado 31
Fotografía 12. Hojas y ramas en patio de almazara 33
Fotografía 13. Compost de orujo y estiércol de vaca 34
Fotografía 14. Aguas residuales en balsa 34
Fotografía 15. Maquinaria de recogida de restos de podas de olivar 43
Fotografía 16. Planta de biomasa del olivar 43
Fotografía 17. Pellets de hueso de aceituna 44
Fotografía 18. Caldera de hueso de aceituna 45
Fotografía 19. Biochar obtenido de la pirólisis de biomasa 46
Fotografía 20. Centro de producción de astilla de pino 50
Fotografía 21. Pellets de pino normalizados 51

Página

Fotografía 22. Sistema de gasificación de biomasa 52
Fotografía 23. Vista general de patio de almazara 54
Fotografía 24. Vista general de extractora 54
Fotografía 25. Instalación de producción de astilla forestal 56
Fotografía 26. Separador pulpa-hueso en extractora de aceite de orujo. 61
Fotografía 27. Secadero de hueso en almazara. 62
Fotografía 28. Saco de hueso de aceituna 65
Fotografía 29. Camión para el reparto neumático de hueso a domicilio 65

Capítulo 1

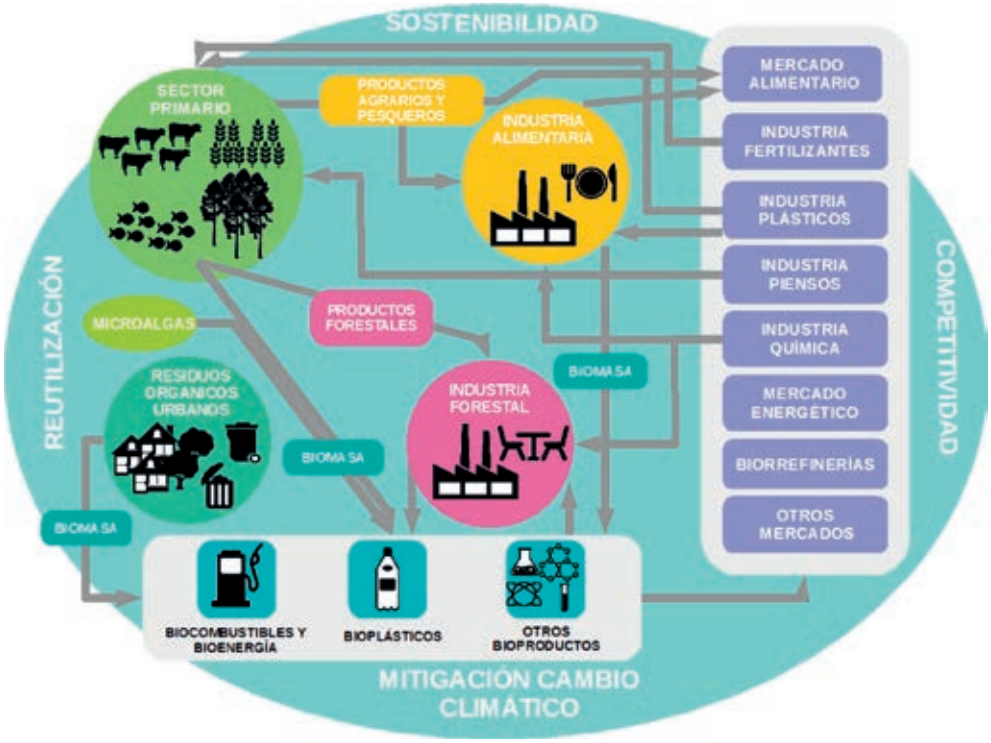
Introducción

La provincia de Jaén, al igual que otras zonas de España, está abocada a transformar su modelo productivo para contrarrestar los problemas de despoblamiento y desempleo que presenta, especialmente en las zonas rurales. Y este cambio tiene que basarse en los paradigmas actuales de la **bioeconomía**, puesto que posee un elevado potencial de recursos de origen biomásico, en su mayor parte procedentes del cultivo del olivar y de sus industrias conexas, susceptibles de ser transformados en bioproductos y energía, generando nuevas actividades económicas y oportunidades de negocio en los municipios, fijando así la población y contribuyendo de una manera directa a la preservación de su vasto patrimonio natural.

El término bioeconomía significa una economía derivada de la producción de recursos biológicos renovables y la conversión de estos recursos y los flujos de residuos en productos con valor añadido, como piensos, bioproductos o bioenergía. La bioeconomía se ha convertido en un concepto clave para marcar las prioridades de un desarrollo sostenible, y surge como respuesta a los diferentes retos a los que la sociedad actual debe hacer frente, como son la garantía de suministro y reparto justo de los alimentos, la mitigación de los efectos del cambio climático y la reducción de la utilización de combustibles fósiles. En ese entorno, la ciencia, la investigación y la innovación son imprescindibles para marcar la dirección hacia un uso más eficiente de los recursos. La bioeconomía, por tanto, se presenta como una auténtica oportunidad para la economía provincial.

Figura 1

ESQUEMA GLOBAL DE LA BIOECONOMÍA



Fuente: Estrategia Andaluza de Bioeconomía. Junta de Andalucía.

En este sentido, uno de los mayores potenciales de recursos renovables, y por tanto de origen biológico, susceptible de ser transformado en productos de alto valor añadido para sectores como la farmacia, la agricultura, el transporte o la energía, lo constituyen los subproductos generados por el olivar y sus industrias a lo largo de todo el proceso productivo, es decir, desde el olivo hasta las industrias extractoras de aceite de orujo u orujeras, pasando por las almazaras.

El aprovechamiento integral de los diferentes subproductos que genera el cultivo del olivar y sus industrias de transformación, principalmente almazaras y extractoras de aceite de orujo u orujeras, debe contribuir a mejorar la competitividad del sector oleícola en su conjunto como consecuencia de la generación de nuevos ingresos o de una reducción de costes operacionales, las cuales pueden ser llevadas a cabo en las propias industrias, aprovechando recursos existentes (patios, instalaciones, maquinaria, personal, …) e incrementando la eficiencia productiva de las mismas, para que funcionen todo el años, si es posible. Se trata,

además, de nuevos modelos de negocio vinculados al olivar y basados tanto en la **bioeconomía**, como ya se ha citado, como en la **economía circular**, en la que los residuos, en este caso subproductos, de la actividad industrial asociada a la producción del aceite de oliva y de extracción de aceite de orujo crudo, se reintroducen de nuevo en la cadena de valor.

Para ello, es necesario desarrollar nuevas estrategias de valorización para los subproductos, que no residuos, las cuales han de pasar por la introducción de nuevas tecnologías en el sector que permitan obtener bio-productos de alto valor añadido tales como fertilizantes, biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos o nuevos materiales, entre otros; además de energía de origen renovable como es la **biomasa**, algo que ya se viene haciendo pero que se podría incrementar por el elevado potencial existente en la región, cifrado en más de 20 millones de toneladas anuales, de las cuales el olivar solamente aporta más de un 37% según datos de la Agencia Andaluza de la Energía recogidos en el informe titulado "La bioenergía en Andalucía".

Estas nuevas actividades se podrían llevar a cabo en las propias **almazaras**, por tratarse de industrias que están presentes en la mayoría de los pueblos de Andalucía y porque solamente trabajan varios meses al año, disponiendo de patios, centros de transformación y maquinaria, incrementando así su eficiencia productiva.

También en las extractoras de aceite de orujo u **orujeras**, las cuales se encargan de valorizar el principal subproducto del sector oleícola, el orujo graso y húmedo, también llamado alpeorujo. Si bien suelen estar operativas un mayor número de meses al año que las almazaras, también constituyen un excelente emplazamiento para el desarrollo de nuevas actividades productivas vinculadas al olivar.

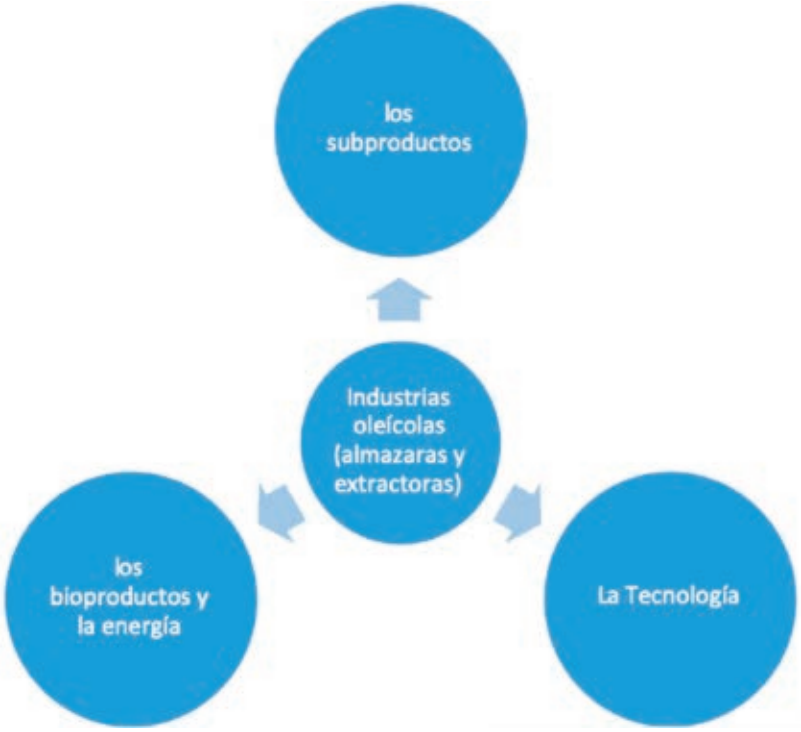
Por tanto, los ejes sobre los que debe pivotar la investigación en torno al aprovechamiento integral de los subproductos del olivar, para que generen un mayor impacto socioeconómico en la provincia se muestran en la figura siguiente. Son las **industrias** del sector como espacio físico soporte para albergar las nuevas actividades, los **subproductos** como materia prima, la **tecnología** como elemento clave de transformación y los **bioproductos** y la **bioenergía** como outputs del sistema generadores de valor añadido, complementado al aceite de oliva virgen y al aceite de orujo de oliva, productos estrella del olivar.

La pregunta que hay que formularse sería ¿qué volumen de negocio puede generar la transformación de los subproductos del olivar en productos de alto valor añadido en la actualidad en la provincia de Jaén? y ¿cuánto podrían generar si se mejorasen estos procesos a través de una gestión más eficiente? Por último, ¿qué impacto tendría en la creación de riqueza en un territorio amenazado por la despoblación y con elevadas tasas de desempleo, más acuciantes si cabe en los entornos rurales?

El presente trabajo de investigación trata de dar respuesta a estas cuestiones.

Figura 2

EJES DEL MODELO INTEGRAL DE VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DEL OLIVAR



Fuente. Elaboración propia.

Capítulo 2

Objetivos

El principal objetivo del presente trabajo de investigación es demostrar o poner de manifiesto el enorme potencial de recursos de origen biomásico que tiene la provincia de Jaén, cuyo aprovechamiento, integral, racional y equilibrado, podría transformar la economía de la provincia; además, mediante modelos de negocio basados en la llamada **bioeconomía**, y por tanto más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.

Por tanto, la provincia de Jaén tiene un **reto** en los próximos años y es generar el caldo de cultivo para que se desarrollen un conjunto de actividades relacionadas con la valorización de los subproductos del olivar, para lo que es necesario la colaboración e implicación de todos los agentes implicados: Administraciones, empresas, organizaciones sociales, Universidad de Jaén, sector oleícola, etc.

Como objetivos secundarios se pueden citar los siguientes:

- Llamar la atención de los actores del sector (gerentes, presidentes de cooperativas, directivos, Universidad, políticos, etc.) sobre este tema, el cual constituye una **oportunidad** que no se puede desaprovechar.
- Estudiar el impacto económico que podría suponer para la provincia el aprovechamiento integral de los subproductos. No existe ningún documento, informe o publicación que refleje el volumen de negocio que podría suponer la valorización integral de los subproductos, lo que podría denominarse la "**industrialización**" de los subproductos del olivar.
- Trasladar al sector oleícola la importancia que tienen los subproductos que genera su actividad de cara a mejorar su **competitividad**, porque puede suponer un complemento de renta, más si cabe en estos tiempos difíciles con precios del aceite de oliva y de orujo bajos.
- Seguir apostando por una imagen de la provincia de Jaén basada en la **sostenibilidad**, no solamente por sus parques y zonas naturales de extraordinario valor, sino además por desarrollar nuevos modelos productivos sostenibles y competitivos.

- Aprovechar todo el potencial de **conocimiento** de la Universidad de Jaén y de los centros de investigación de la provincia para desarrollar nuevas tecnologías para la valorización de los subproductos.

Todo ello, además, coadyuvará a fijar a la población en el territorio y a vivir de los recursos autóctonos que, sin duda alguna, constituye la mejor forma de preservar el medio ambiente.

Capítulo 3

Metodología

La metodología a desarrollar en el presente trabajo consiste en lo siguiente:

- Estimar, a partir de datos teóricos contrastados con el sector, la cantidad teórica subproductos que se generan tanto en el olivar como en las industrias.
- Restar los porcentajes correspondientes de autoconsumo, en los casos del hueso y del orujillo, para procesos térmicos (agua y aire caliente fundamentalmente).
- Establecer unos factores limitantes de tipo técnico y económico para los restos de poda (costes, accesos, cultura del agricultor, …).
- Cuantificar el volumen "real" de subproductos generados anualmente expresado en t/a.
- A partir de esa producción, diseñar diferentes estrategias de valorización que permitan generar un mayor valor añadido al actual, es decir, diferentes a lo que actualmente se hace.
- Desarrollar proyectos tipo para cada alternativa con las principales magnitudes técnicas y económicas.

Se trata, por tanto, de una metodología empírica, habiendo sido obtenidos los datos en base a consultas realizadas por el Autor a agricultores, empresas de servicios agrícolas, gestores de almazaras y de orujeras.

Para el caso de los restos de poda se han consultado fuentes bibliográficas de Autores que han escrito libros y manuales sobre el olivar en general y sobre elaiotecnia; así como de publicaciones específicas sobre agronomía y poda de olivar.

Capítulo 4

Subproductos generados por el olivar y sus industrias en la provincia de Jaén

Actualmente, el cultivo del olivar genera dos tipos principales de residuos, si bien tienen la consideración legal[1] de "residuo", su denominación más apropiada sería subproducto. Se trata de los **restos de poda**, los cuales se generan una vez concluida la recolección de la aceituna, allá por los meses de marzo a mayo-junio, como muy tarde.

Fotografía 1

RESTOS DE PODAS DE OLIVAR

Fuente: El Autor.

Estos restos vegetales, por ramas de distinto diámetro (50%), leñas (25%) y hojas (25%), están compuestos por dos fracciones, una fina o **ramón**, formada por hojas y ramas de hasta unos 10 cm de diámetro; y, otra gruesa o **leña**, formada por troncos de mayor diámetro, tal y como se puede apreciar en las imágenes.

Fotografía 2

FRACCIÓN FINA O RAMÓN

Fuente: El Autor.

Fotografía 3

FRACCIÓN GRUESA O LEÑA

Fuente: El Autor.

Las alternativas que se le presentan al agricultor para gestionar de la forma más rápida y económica los restos de poda son las siguientes:

1. **Quema (Q)** de todos los restos de podas, tanto la fracción fina como la gruesa. Práctica que conlleva un coste para el agricultor, un riesgo para los olivos cercanos al fuego y una emisión incontrolada de partículas y CO_2 a la atmósfera.

Fotografía 4

QUEMA DE RESTOS DE PODAS DE OLIVAR EN CAMPO

Fuente: El Autor.

2. **Astillado de la fracción fina (AFF)** para deposición en el terreno como aporte orgánico y aprovechamiento de la leña para autoconsumo o para venta a precios bajos (panaderías, restaurantes,…). Esta opción también conlleva un coste para el agricultor, superior al caso anterior, si bien al menos se deja un aporte de materia orgánica sobre el suelo. Si el proceso no se desarrolla adecuadamente también presenta inconvenientes por las dificultades de asimilación del terreno (trozos de leña). También puede dificultar la mecanización posterior.
3. **Astillado de la fracción fina y gruesa (AFFG)** con fines de producción de astillas mezcladas con hoja de baja calidad, las cuales son vendidas como combustible de origen biomásico en las plantas de biomasa. Está opción está limitada por la existencia de plantas de biomasa en las cercanías de la explotación (no más de 15-20 km).

Fotografía 5

ASTILLADO DE RESTOS DE PODA DE OLIVAR EN TERRENO

Fuente: El Autor.

Fotografía 6

ASTILLAS DE RESTOS DE PODAS DE OLIVAR EN PLANTA DE BIOMASA

Fuente: El Autor

4. Igual que la 2 pero el astillado de la fracción gruesa es para la **producción de astillas (AFG)**, normalmente estandarizadas, para usos finales térmicos, es decir, calefacción, producción de agua caliente, etc., en las llamadas calderas de biomasa. En Europa, el estándar para la fabricación de astillas normalizadas está recogido en la Norma **UNE-EN ISO 17225-4**. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 4, clases de astilla de madera.

Fotografía 7

ASTILLAS DE LEÑA DE OLIVO

Fuente: El Autor.

Cada alternativa presenta una serie de ventajas e inconvenientes para el agricultor, las cuales se resumen en el siguiente cuadro. No obstante, optar por una u otra depende de varios factores tales como:

- El **coste** para el agricultor (€/ha),
- El **impacto/beneficio** para la explotación (positivo o negativo), y
- La existencia o no de **demanda** cerca de la explotación, dado que el coste de transporte condiciona la viabilidad económica de cualquier aprovechamiento.

Es previsible que la legislación vigente, incluso la propia PAC prohíba o limite la realización de determinadas práctica, como la quema.

Cuadro 1

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LOS RESTOS DE PODAS DE OLIVAR

OPCIÓN	VENTAJAS	INCONVENIENTES
1, Q	Ninguna	Coste del orden de 50 €/ha, riesgo de incendio de algún olivo y emisiones descontroladas de partículas a la atmósfera
2, AFF	Mejora de las propiedades físicas del suelo (porosidad, retención de agua, etc.) y obtención de algún ingreso por la venta de la leña	Coste para el agricultor del orden de 75 €/ha y dificultades para comercializar la leña, sobre todo en grandes explotaciones. Según el tamaño de la astilla, se pueden producir procesos lentos de degradación en suelo.
3, AFFG	Obtención de ingresos por la venta de la biomasa, del orden de 35-38 €/t según humedad y granulometría	Necesidad de disponer de maquinaria adecuada para las operaciones de astillado, carga en remolque y traslado hasta planta de biomasa
4, AFG	Igual que la 2 más los ingresos por la venta de la astilla, la cual puede llegar a alcanzar precios del orden de 60-65 €/t en función de su calidad	Necesidad de maquinaria y equipos de astillado y cribado, además de terreno

Elaboración propia.

Por otro lado, en la **almazara** se generan varios tipos de subproductos susceptibles de ser valorizados: orujo graso y húmedo, hueso de aceituna, restos de hojas y ramas y aguas residuales. A continuación, se describe cada uno de ellos.

1. El **orujo graso y húmedo (alperujo)**, que supone del orden del 80% de la masa total de la aceituna, es decir, todo lo que no es aceite. El orujo, formado por una mezcla de agua, aceite, piel, pulpa y hueso, suele ser enviado a la extractora de aceite de orujo, en la cual se somete a varios procesos: deshuesado, repaso, secado y extracción química con hexano. Al final se obtiene un subproducto llamado **orujillo** y un aceite de orujo de oliva crudo, el cual debe ser refinado para su consumo. Uno de los principales problemas que presenta la gestión del es su elevado contenido en agua (65-70%), además de su cada vez menor riqueza grasa (< 3.0%), factores que generan problemas en las orujeras a la hora de abordar su gestión, la cual es más compleja y costosa. Además de lo anterior, también contiene poco hueso debido a la generalización de la instalación de

deshuesadoras en las almazaras. En cambio, el orujillo, que es obtenido en la extractora, es una excelente biomasa debido a su baja humedad (< 12%) y su elevado PCI (<3.800 kcal/kg). Parte se suele autoconsumir en la extractora como combustible para generar el aire caliente necesario para el secado, parte se comercializa como biomasa para generación de energía eléctrica. En cualquier caso, es un subproducto del que no se está obteniendo todo el valor añadido que se podría obtener.

Fotografía 8

ORUJO GRASO Y HÚMEDO

Fuente: El Autor.

2. El **hueso** de aceituna extraído directamente de la corriente de orujo. Parte del hueso es autoconsumido en la propia almazara para la generación del agua caliente para el proceso de elaboración del aceite de oliva (15-20%), y el resto es comercializado como biomasa para fines térmicos. Algunas almazaras están acometiendo inversiones en secaderos y separadores pulpa-hueso para obtener un producto de más valor añadido, sin embargo, no es una práctica muy generalizada. Los pre-

cios pueden duplicarse según sea en origen (sobre 55-60 €/t) o tratado (Hasta 125-130 €/t según calidad y si está o no certificado de acuerdo a los estándares de **AENOR[2] (UNE 164003:2014)** o **BIOMASUD[3]** (http://biomasud.eu/es/).

Fotografía nº 9

ORUJILLO

Fuente: El Autor.

Fotografía 10

HUESO DE ACEITUNA DE ALMAZARA SIN TRATAR

Fuente: El Autor

Fotografía 11

HUESO DE ACEITUNA DE ALMAZARA TRATADO

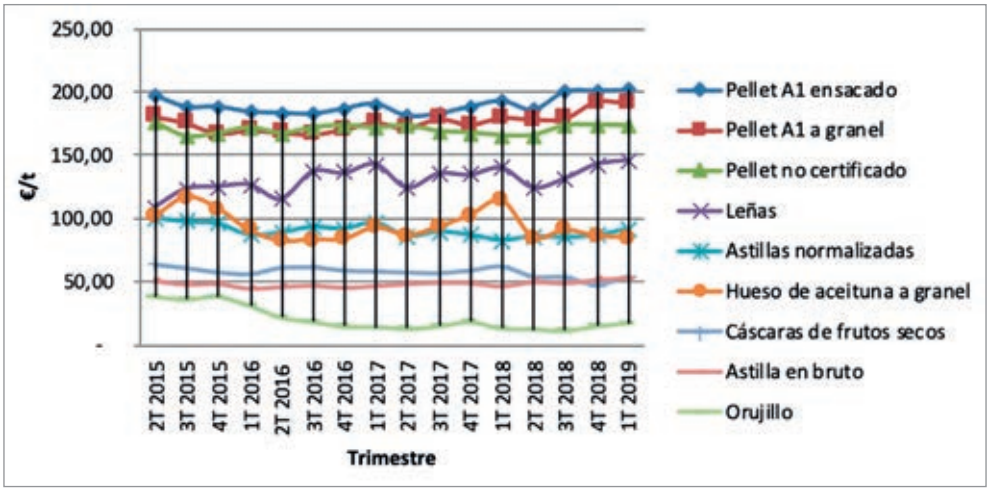
Fuente: El Autor

En la gráfica siguiente se pueden apreciar los precios actualizados de diferentes biocombustibles sólidos, entre ellos el **hueso de aceituna a granel**, donde se puede apreciar que su precio se sitúa en el entorno de los **100 €/t**, lo que significa que existe una gran oportunidad de negocio en el ámbito del tratamiento del hueso para fines térmicos, dado que actualmente las almazaras lo están comercializando sin tratar a precios que oscilan entre los **50** y **60 €/t**.

Existen experiencias en almazaras que consisten en secados naturales y separaciones de pulpa mediante la instalación de ventiladores, sin embargo están alejadas de cualquier proceso de industrialización que permita generar un producto normalizado apto para competir en el mercado de los biocombustibles sólidos.

Gráfico 1

PRECIOS DE DIFERENTES BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS



Fuente: I.D.A.E. Ministerio para la Transición Ecológica. Gobierno de España.

Figura 3

LOGOS BIOMASUD Y BICA

Fuente: http://biomasud.eu/es/

Fuente: CLANER http://claner.es/bica/

3. **Hojas y ramas finas** del proceso de limpieza del fruto. Estas suelen ser extraídas de la almazara para su uso como alimento para ganado o para mezcla con el orujo y otros materiales como estiércol de ganado para la producción de **compost**. En la actualidad son cada vez las almazaras interesadas en la producción de este bioproducto utilizado como aporte orgánico al terreno. El **compostaje** se define como un proceso controlado de transformación biológica aeróbica y termófila de materiales orgánicos biodegradables que da lugar a los tipos de abonos o enmiendas orgánicos, cuyas características se detallan en los grupos 2 y 6 del anexo I del **RD 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes**[4]. En el caso del olivar, se define como el producto obtenido por descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica procedente del **alperujo**, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas.

Fotografía 12

HOJAS Y RAMAS EN PATIO DE ALMAZARA

Fuente: El Autor

En la almazara también se genera un residuo líquido (**aguas residuales**) con una elevada carga orgánica el cual suele ser evaporado en la propia almazara o, en el caso de plantas de compostaje, irrigado sobre el material para favorecer y acelerar los procesos de fermentación. Suelen estar formadas por las propias aguas de vegetación del fruto más las procedentes de la limpieza y lavado de patios y de las propias aceitunas al llegar a la almazara.

Fotografía 13

COMPOST DE ORUJO Y ESTIÉRCOL DE VACA

Fuente: OLIPE.

Fotografía 14

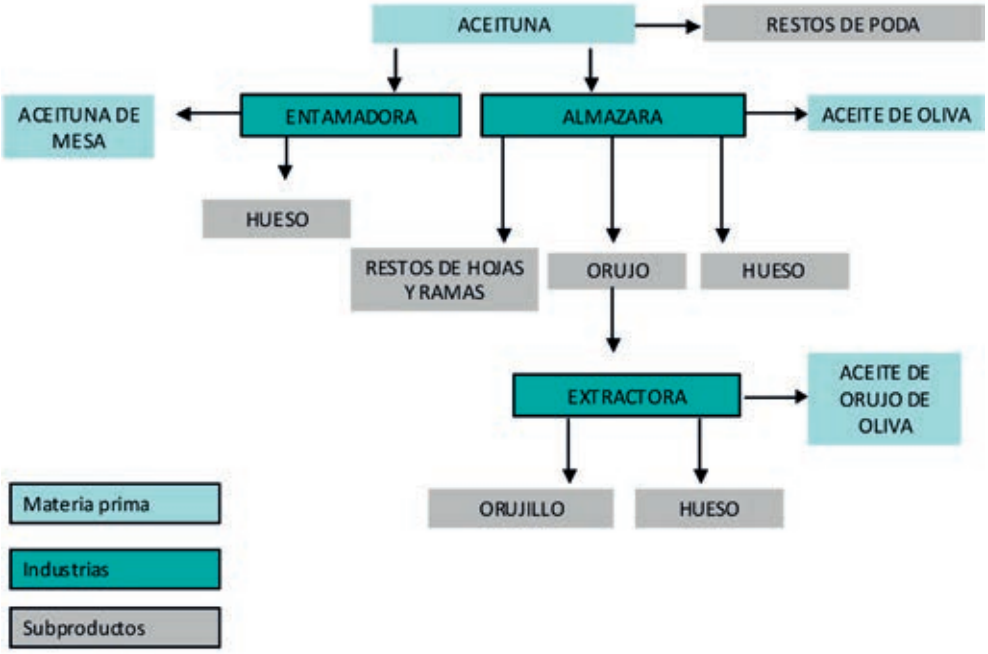
AGUAS RESIDUALES EN BALSA

Fuente: El Autor.

En la figura siguiente se muestra un resumen esquematizado de todos los subproductos generados por el olivar y anteriormente descritos

Figura 4

SUBPRODUCTOS GENERADOS POR EL OLIVAR Y SUS INDUSTRIAS



Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 5

Volumen total de subproductos generados por el olivar

Una vez realizada una descripción cualitativa de los principales subproductos generados por el olivar y sus industrias, el siguiente paso es determinar con el mayor rigor posible el potencial real disponible, es decir, una vez descontado el autoconsumido y tenidos en cuentas algunos factores limitantes de tipo técnico o de mercado.

Los datos que a continuación se muestran han sido expresados por hectárea para así poder determinar la cantidad de subproductos generada en base a la superficie de olivar considerada.

Para la estimación del volumen de generación de **restos de podas** se tendrán en cuenta las siguientes premisas:

- Ratio de producción anual de restos de poda: **1,75 t/ha** (1,25 t/ha de ramón y 0,50 t/ha de leña)
- Coeficiente de aprovechamiento para el ramón: **25%**, es decir, se supone que un 75% o se quema o se pica y se deposita en el terreno como aporte orgánico.
- Coeficiente de aprovechamiento para la leña: 50%. Es decir, se considera que el otro **50%** bien no se aprovecha, bien se aprovecha para otros fines de tipo culinario o para autoconsumo del propio agricultor.

Para el caso del **hueso** de aceituna de almazara se tendrán en cuenta las siguientes hipótesis:

- Hueso bruto extraído del orujo: **0,37 t/ha** (7% del orujo)
- Porcentaje de hueso autoconsumido en almazara: **20%**
- Hueso restante para venta al mercado: **0,29 t/ha**

En la extractora se obtienen dos fuentes de biomasa:

- Hueso: **0,189 t/ha** (5% del contenido en el orujo)
- Orujillo: **0,90 t/ha**

En el cuadro siguiente se muestra, a modo de resumen, lo recogido anteriormente. La información ha sido obtenida en base a consultas a expertos y profesionales del sector oleícola, en base a su experiencia de gestión directa.

Cuadro 2

RATIO DE GENERACION DE SUBPRODUCTOS DEL OLIVAR

Hueso bruto (almazara + extractora)	0,48	t/ha
Orujillo	0,90	t/ha
Fracción final o ramón	0,31	t/ha
Fracción gruesa o leña	0,25	t/ha

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro siguiente se muestran las cantidades anuales de estos subproductos que se generan anualmente en la provincia de Jaén. Los datos han sido obtenidos suponiendo una superficie de olivar de 577.745 ha (Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía).

Cuadro 3

SUBPRODUCTOS GENERADOS POR EL OLIVAR EN LA PROVINCIA DE JAÉN

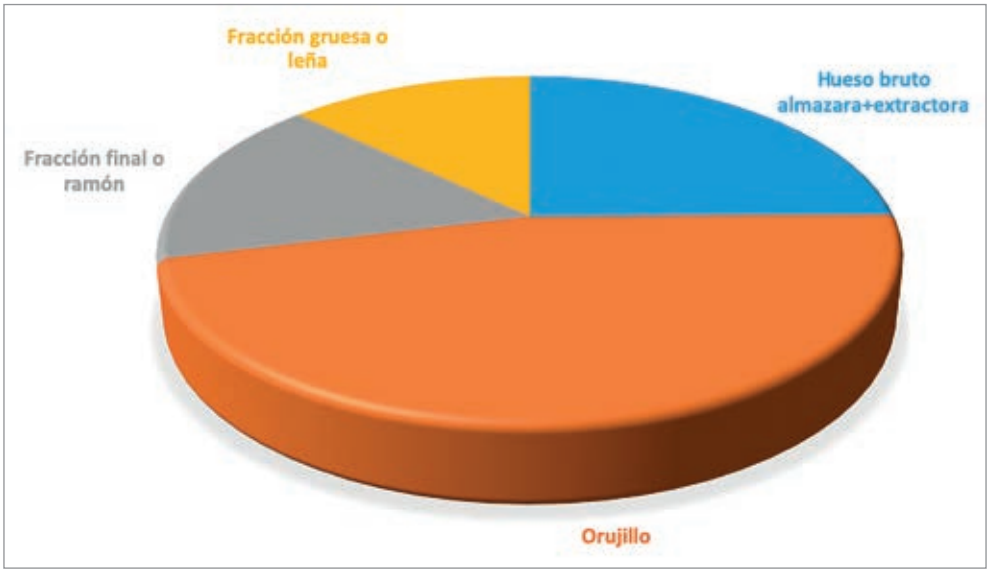
Hueso bruto (almazara + extractora)	0,48	t/ha	283.179,00	t/a
Orujillo	0,90	t/ha	527.794,17	t/a
Fracción final o ramón	0,31	t/ha	183.179,06	t/a
Fracción gruesa o leña	0,25	t/ha	146.543,25	t/a
			1.140.695,48	**t/a**

Fuente: Elaboración propia.

Gráficamente se puede apreciar la distribución de cada uno de los subproductos en el siguiente gráfico.

Gráfico nº 2

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS SUBPRODUCTOS GENERADOS POR EL OLIVAR



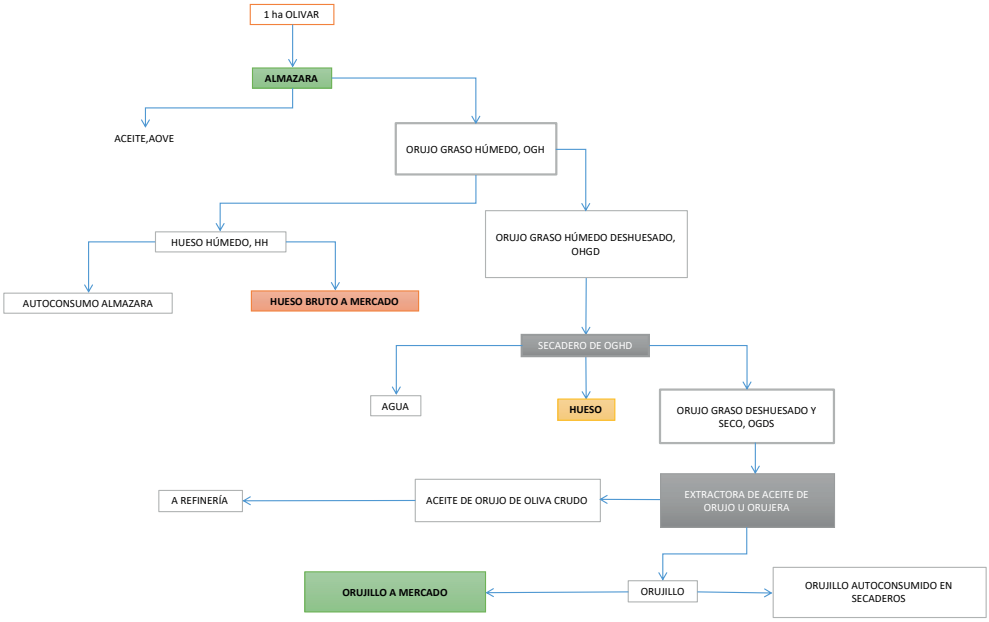
Elaboración propia.

De acuerdo al gráfico anterior, el **orujillo** es el subproducto más abundante en la provincia de Jaén (46%), seguido del **hueso** (25%), del **ramón** (16%) y de la **leña** (13%).

En la gráfica siguiente se resumen el proceso global que tiene lugar desde el olivar hasta la obtención de aceite de oliva y aceite de orujo, indicando todos los subproductos generados durante el proceso.

Figura 5

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ACEITE DE OLIVA Y DE ACEITE DE ORUJO DE OLIVA A PARTIR DE 1 HA DE OLIVAR



Elaboración propia.

Capítulo 6

Destino actual de los subproductos del olivar y sus industrias

Actualmente, los subproductos generados por el olivar y sus industrias de transformación son aprovechados para distintos fines, fundamentalmente energéticos, aunque en menor medida también son usados para compostaje o alimento para ganado, entre otros.

De todos los subproductos citados en el apartado anterior, solamente se aprovechan o valorizan al 100% el hueso y el orujillo, el primero para autoconsumo y venta como biomasa para usos térmicos; y el orujo seco y extractado u orujillo generado en las extractoras para autoconsumo y venta como biomasa para generación de energía eléctrica. También y hasta hace poco tiempo ha sido exportado a países de la UE como Italia o Reino Unido para ser utilizado en centrales térmicas de carbón (co-combustión).

Otros subproductos, tales como los restos de podas no son suficientemente valorizados o lo son pero en condiciones manifiestamente mejorables, sobre todo lo que concierne a la fracción gruesa o leña, que supone un 23,33 % en peso del total de los restos de podas. Suelen ser eliminados mediante quema o astillado y deposición en el terreno como aporte orgánico, o bien aprovechados como biomasa en plantas de generación de energía eléctrica, en aquellas explotaciones cercanas a dichas plantas. En algunos casos también son destinados a la producción de astillas de calidad para fines térmicos o culinarios, sobre todo la fracción gruesa o leña o los troncos procedentes de arranques.

En el cuadro siguiente se resumen los principales destinos de los subproductos del olivar.

En los gráficos siguientes se muestra de manera gráfica el conjunto de destinos actuales para cada uno de los subproductos del olivar y sus industrias analizados.

Figura 6

DESTINOS ACTUALES DE LOS RESTOS DE PODAS DE OLIVAR

Fuente: Elaboración propia

Cuadro nº 4

DESTINOS ACTUALES DE LOS SUBPRODUCTOS DEL OLIVAR

SUBPRODUCTO	DESTINO ACTUAL
Hueso de aceituna	• Autoconsumo • Biomasa para usos térmicos • Otras (biochar, pellets, …)
Orujillo	• Autoconsumo • Biomasa para generación eléctrica • Exportación (co-combustión)
Restos de podas: • **Fracción fina o ramón** • **Fracción gruesa o leña** • **Troncos (arranques)**	• Quema • Picado y deposición en el terreno • Biomasa para generación eléctrica • Producción de astillas • Fines culinarios (barbacoas)

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar una de las aplicaciones más innovadoras y que consiste en recoger, astillar y cargar los restos de poda, tanto fracción fina como gruesa, para su comercialización a las centrales de biomasa. En el caso de la fotografía, la biomasa generada (astilla + hoja) es consumida por la planta de biomasa de la empresa SACYR INDUSTRIAL en la localidad de la Estación de Linares-Baeza (Jaén).

Fotografía 15

MAQUINARIA DE RECOGIDA DE RESTOS DE PODAS DE OLIVAR

Fuente: Hermanos Bolívar, Torreblascopedro (Jaén).

Fotografía 16

PLANTA DE BIOMASA DEL OLIVAR

Fuente: El Autor.

Figura 7

DESTINOS ACTUALES DEL HUESO DE ACEITUNA

Elaboración propia.

Cabe citar una experiencia innovadora que se está desarrollando en la provincia de Jaén y que consiste en producir un pellet a partir de hueso de aceituna, tal y como se muestra en la siguiente imagen.

También existe algún proyecto en marcha para la obtención de carbón vegetal o biochar a través de la pirólisis de orujillo. Este proceso consiste en someter a la biomasa a una descomposición térmica a temperatura de entre 300 y 400 ºC en atmósfera pobre de oxígeno, dando como resultado una fracción sólida con un elevado poder calorífico.

Fotografía 17

PELLETS DE HUESO DE ACEITUNA

Fuente: ECOLOMA BIOCOMBUSTIBLES.

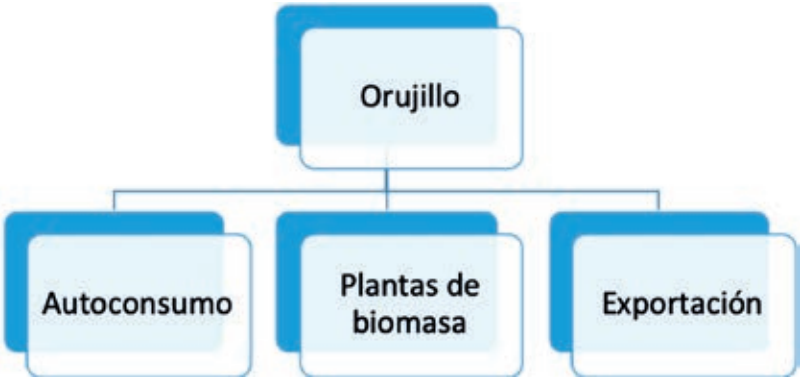
Fotografía 18

CALDERA DE HUESO DE ACEITUNA

Fuente: El Autor.

Figura 8

DESTINOS ACTUALES DEL ORUJILLO



Elaboración propia.

Fotografía 19

BIOCHAR OBTENIDO DE LA PIRÓLISIS DE BIOMASA

Fuente: El Autor.

Capítulo 7

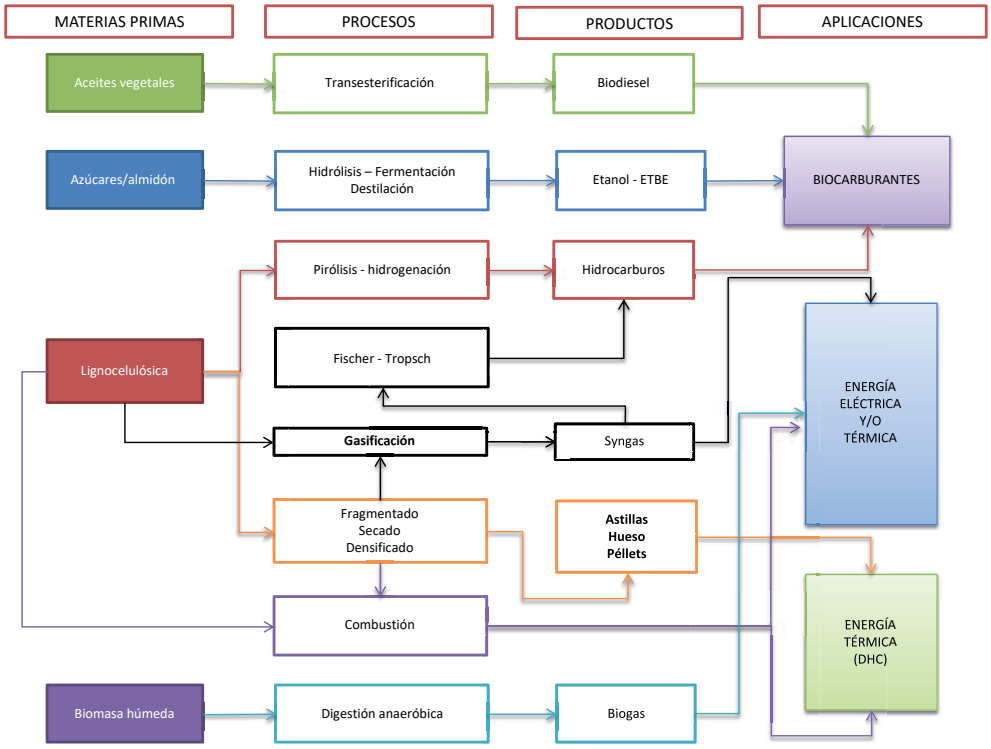
Alternativas de valorización

A pesar de todo lo anteriormente expuesto y de que, como se ha comentado, ya se está valorizando la biomasa del olivar para fines energéticos fundamentalmente, sería posible por un lado valorizar el resto de biomasa que aún no lo está, como el caso de los restos de podas, especialmente la leña; y, por otro, mejorar los procesos actuales de valorización con la finalidad de obtener un mayor valor añadido para los productos obtenidos, generando así mayores rentas para los agricultores, que son al fin y a la postre los dueños y poseedores de la biomasa.

A nivel general, la biomasa puede ser sometida a un conjunto muy variado de procesos de conversión, tal y como se muestra en la siguiente figura. En función del tipo de material de partida, se pueden desarrollar un conjunto muy variado de procesos tanto físicos, como químicos, a partir de los cuales se pueden obtener un conjunto amplio de productos tales como biocarburantes, biocombustibles sólidos, biogás, syngas, etc., susceptibles de encontrar aplicaciones en sectores como el transporte o la generación de energía, entre otros.

Figura 9

PROCESOS DE CONVERSIÓN DE LA BIOMASA



Elaboración propia.

En el presente trabajo de investigación se contemplan 2 procesos de los contenidos en la gráfica:

A La **producción de biocombustibles sólidos** (astillas y hueso de aceituna normalizado)

B La **gasificación** integrada en las industrias del sector (bioindustrias) para la producción combinada de energía eléctrica y térmica.

Probablemente en etapas posteriores, y según avance el desarrollo de las bioindustrias en la provincia, se lleguen a implementar nuevos procesos que generen productos de más valor añadido. Las dos líneas propuestas son, a juicio del Autor, las que presentan un mayor nivel de proyección real, es decir, que pueden ser implantadas en las industrias del sector; así como las que poseen un mayor grado de penetración en el mercado. La primera por el crecimiento de los sistemas de calefacción con biomasa, y la segunda por la legislación favorable en materia de autoconsumo.

Otras alternativas, como la combustión en centrales de biomasa, presentan un futuro más incierto por las siguientes razones:

- La gran cantidad de biomasa que demandan, del orden de **7.000 t/MW** instalado. Esto dificulta enormemente la gestión de un proyecto de más de 10 MW de potencia. En la provincia de Jaén existe un proyecto en marcha promovido por la Cooperativa de 2º grado San Miguel Arcángel de Villanueva del Arzobispo, de 50 MW de potencia instalada. Es decir, esta planta demandaría del orden de 350.000 toneladas anuales de biomasa, orujillo fundamentalmente.
- La dificultad para evacuar la energía generada debido a la carencia de infraestructura eléctrica en la mayor parte de la provincia de Jaén. La mayor parte de la provincia se encuentra con enormes carencias de redes para evacuar la energía, y también para el desarrollo de actividades industriales. Este problema queda parcialmente resuelto con los modelos de autoconsumo propuestos en el presente trabajo.
- Los riesgos financieros asociados a las elevadas inversiones (aproximadamente 3 M€/MW). Una planta como la anterior podría costar del orden de 150 M€.
- La inexistencia de un marco retributivo favorable, es decir, la producción con biomasa tiene que ir a precio pool, por lo que la rentabilidad de las inversiones es baja con los actuales valores, de media unos 45 €/ MWh. Más información en http://www.omie.es/inicio. Hasta ahora lo que han hecho los diferentes Gobiernos es subastas de potencia con energía renovable, sin discriminar tecnologías. Esta cuestión también quedaría soslayada con el modelo de autoconsumo, debido a la mayor eficiencia energética que con las actuales tecnologías de combustión, las cuales no pasan del 30%. Con la gasificación, como se verá más adelante, se puede superar el umbral del 70%.

Por tanto, se proponen los siguientes escenarios a partir de los cuales se podría incrementar el volumen de negocio procedente de la valorización de los subproductos en la provincia de Jaén:

- Valorizar la leña procedente de la poda del olivar para la producción de **astilla normalizada**. Para ello, será necesario desarrollar una red logística de acopio de leña de olivo hasta un centro de tratamiento, en el cual se pueda someter a dos procesos de tipo físico: astillado (+cribado en función del tamaño final requerido) y secado, normalmente natural, sin ser necesario a priori instalar un sistema de secado industrial. Este tipo de instalaciones se pueden ejecutar en el patio de las almazaras, salvo que no dispongan de espacio para ello. En ese caso, se pueden buscar emplazamientos próximos con la finalidad de compartir recursos, tal y como se ha comentado con anterioridad.

Fotografía 20

CENTRO DE PRODUCCIÓN DE ASTILLA DE PINO

Fuente: El Autor.

- Incrementar el valor añadido del **hueso** de almazara sometiéndolo a procesos de limpieza y reducción de humedad con la finalidad de **normalizarlo** o **estandarizarlo**, para que así pueda competir con el resto de biocombustibles sólidos, como los pellets, y también con los fósiles. Para ello, sería necesario instalar un sistema de secado industrial de hueso húmedo, más un sistema de separación pulpa-finos. Este tipo de instalaciones se pueden llevar a cabo en el patio de almazaras o bien, en caso de no disponer de espacio, en instalaciones conexas.

Fotografía 21

PELLETS DE PINO NORMALIZADOS

Fuente: El Autor.

- Someter el **orujillo** a procesos de **gasificación** en las extractoras para la producción combinada de energía térmica y eléctrica, para autoconsumo, y también para la obtención de **biochar**, como co-producto del proceso. La gasificación es un proceso similar a la pirólisis, pero con mayores temperaturas de trabajo (del orden de 1.100 ºC) y menores tiempos de residencia para la biomasa. Como resultado se obtiene un gas, llamado syngas o gas sintético, compuesto básicamente por H_2, CO, CO_2, CH_4, agua e hidrocarburos, el cual, una vez tratado, puede ser introducido en un grupo moto-generador (cogeneración termoeléctrica). La actual legislación vigente en España en materia de autoconsumo (RD 1699/2011) permite el desarrollo de este tipo de proyectos para transformar las actuales industrias en auténticas **bioindustrias**. Además de o anterior, este tipo de proyectos están sometidos a la normativa urbanística correspondiente según el municipio en el que se vayan a implantar y a la llamada Ley GICA[5], mediante la cual son objeto de AAU, Autorización Ambiental Unificada.

Fotografía 22

SISTEMA DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 8

Las industrias del sector como soporte para el desarrollo de las nuevas actividades (bioindustrias)

La almazara actual se configura como una industria que no solo produce aceite de oliva virgen de excepcional calidad, sino un conjunto de co-productos destinados a mercados como el energético, tales como biocombustibles sólidos (astillas y hueso normalizados) y energía (térmica y eléctrica), el químico o el agrícola, entre otros. Es decir, debe ampliar su función tradicional con el objeto de incrementar la renta de los agricultores a través de la generación de nuevas actividades económicas vinculadas con el olivar y capaces de generar mayor valor añadido.

Entre las razones para lo expuesto en el párrafo anterior, cabe citar lo siguiente:

- Espacio suficiente en patios en la mayoría de los casos.
- Creciente peso del coste de la energía eléctrica en los costes totales de producción de la almazara, situándose por encima del 60%.
- Adecuada ubicación en el entorno urbano y espacio suficiente en patios para abordar y desarrollar nuevas actividades productivas.
- Infraestructuras eléctricas suficientes para inyectar potencia renovable (centros de transformación, líneas, etc.)
- Periodo de utilización de 3 a 5 meses, lo que supone una baja eficiencia industrial que es necesario incrementar.
- Personal cualificado (maestro de almazara, gerente, técnicos, …)
- Capacidad para gestionar aspectos relacionados con los aspectos vinculados con el olivar (tratamientos, combustibles fósiles, maquinaria agrícola, etc.) pudiendo ampliarse a otros (subproductos).

La **almazara**, como industria, también ha de contribuir a la llamada "bioeconomía", la cual abarca la producción de recursos biológicamente renovables y la conversión de éstos en otros de mayor valor añadido tales como pienso, alimentos, productos de base biológica y bioenergía.

Igual sucede con las **extractoras** de aceite de orujo, son industrias capaces de albergar nuevas actividades productivas porque suelen disponer de espacio suficiente además de contar con equipamiento e instalaciones las cuales se pueden compartir con las nuevas actividades propuestas.

Fotografía 23

VISTA GENERAL DE PATIO DE ALMAZARA

Fuente: El Autor.

Fotografía 24

VISTA GENERAL DE EXTRACTORA

Fuente: BIOLAND ENERGY, S.L. (Grupo OLEÍCOLA JAÉN).

A continuación se describe cada una de las tres alternativas de valorización propuestas para la biomasa del olivar en la provincia de Jaén, las cuales han de ser llevadas a cabo en las industrias del sector, convirtiéndose en "BIOINDUSTRIAS".

8.1. LA PRODUCCIÓN DE ASTILLAS Y LA OBTENCIÓN DE "BIOCHAR"

Una de las fuentes de biomasa de la provincia de Jaén menos valorizada y con mayor potencial es la leña procedente de los restos de podas de olivar. Además, su actual gestión conlleva un problema para muchos agricultores debido a que ha descendido notablemente el mercado doméstico y que ha aumentado año tras año la superficie de olivar y, por tanto, la cantidad de leña generada.

Por tanto, es necesario encontrar mercados para esta fuente de biomasa, la cual ha sido sometida a experiencias previas de fabricación de muebles, incluso de obtención de pellets, entre otras. Sin embargo, las alternativas más prometedoras pasan por lo siguiente:

a) La producción de **astilla normalizada** para usos finales térmicos.

b) La obtención de **carbón vegetal,** también llamado **"biochar"** mediante procesos de pirólisis lenta, también llamados de torrefacción. Este producto presenta un conjunto de ventajas que le auguran un futuro muy esperanzador, puesto que puede comercializarse como biocombustible de elevado PCI (≈ 6.000 kcal/kg), como fertilizante, para la fabricación de envases de frutas y otros productos, debido a que retrasa su biodegradabilidad, etc.

c) La obtención de **fibras** para materiales como el composite, aptos para la fabricación de elementos y piezas para industrias como la automoción, entre otras.

En el presente trabajo de investigación se describirán las dos primeras opciones, por ser las más factibles desde el punto de vista de industrialización y de aplicación en las industrias del sector.

Para el caso de la producción de astilla normalizada se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El agricultor debe realizar la operación de poda y el llamado escamujado o separación de fracciones, fina y gruesa.
- La fracción gruesa debe ser apilada en puntos estratégicos de la explotación agrícola para ser extraída lo más rápido posible antes de que se pueda propagar el "barrenillo", por tanto antes de los meses de mayo-junio, como muy tarde.

- Esta leña debe ser transportada hasta el patio de aquellas almazaras que dispongan de espacio suficiente para ser sometida a dos procesos de conversión física: el astillado (incluido el cribado al tamaño deseado) y el secado natural.
- Una vez obtenida una astilla normalizada, los gestores de la almazara, la comercializarán para usos finales térmicos a los precios antes citados de acuerdo al mercado existente. Normalmente, la astilla se suele vender a granel, aunque también se podrían estudiar otros formatos en función del mercado, como por ejemplo sacos de 5 kg para ser vendidos en grandes superficies comerciales. También se podrían comercializar otros tipos de astilla en función de la demanda, como por ejemplo con fines culinarios y de restauración.

Para el desarrollo de estas operaciones, las cuales serán llevadas a cabo una vez finalice la campaña de recolección de la aceituna, de manera que no interfieran con la misma, se debe realizar lo siguiente:

- Alquilar o comprar una **máquina astilladora** con criba.
- Disponer de una **superficie lisa** (o cubierta si existe) para el secado natural. En el caso de que exista una fuente de calor residual, como en el caso tercero descrito en el presente trabajo, se podría instalar un secadero para acelerar el proceso de secado de la astilla, si bien no es necesario.
- Disponer de una **superficie cubierta** para evitar que la astilla se moje cuando llueve.

Fotografía 25

INSTALACIÓN DE PRODUCCIÓN DE ASTILLA FORESTAL

Fuente: El Autor.

La rentabilidad de esta nueva actividad para la almazara se calcularía en base a lo siguiente:

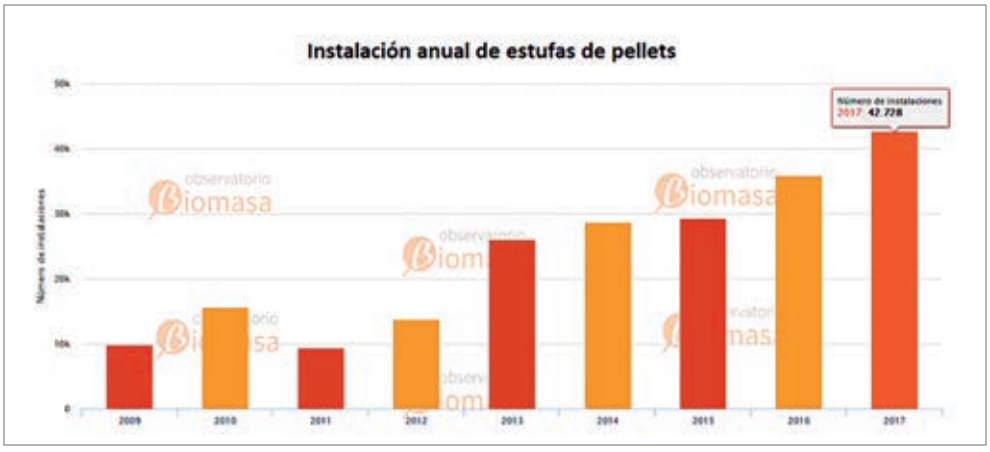
- **Inversiones** requeridas: maquinaria, equipos, obra civil,…
- **Costes** fijos y variables: leña, personal, alquiler, suministros, etc.
- **Ingresos** obtenidos por la venta de la astilla, de acuerdo a los precios de mercado.

Los **riesgos** para esta actividad, si se comparten recursos con la almazara, son bajos, y la expectativas de mercado para las astillas elevados, puesto que se está experimentando un crecimiento importante en el número de instalaciones de biomasa en las diferentes comunidades autónomas, debido, entre otros aspectos, a los incentivos existentes en casi todas ellas para fomentar una economía baja en carbono.

Casi **245.000 instalaciones** de calefacción se alimentaban con biomasa al cierre del ejercicio 2017, según los datos ofrecidos por el Observatorio de la Biomasa, que gestiona la Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa, AVEBIOM. Una cifra que supone un incremento del 23,15% con respecto al año anterior, 46.027 instalaciones más. La potencia instalada alcanza ya los **1.106 MW**.

Figura 10

EVOLUCIÓN DE LAS ESTUFAS DE BIOMASA



Fuente: AVEBIOM.

Esta es una de las principales ventajas de la biomasa, la cual se considera que emite por término medio **0,018 kg CO_2/kWh de energía final**, además de presentar un balance neutro en términos de emisiones a la atmósfera.

Figura 11

FACTORES DE EMISIÓN DE CO2

Factores de emisiones de CO2			
	Fuente	Valores aprobados	Valores previos (****)
		kg CO2 /kWh E. final	kg CO2 /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,357	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,331	0,649
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,833	0,981
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,932	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,776	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,721	
Gasóleo calefacción	(***)	0,311	0,287
GLP	(***)	0,254	0,244
Gas natural	(***)	0,252	0,204
Carbón	(***)	0,472	0,347
Biomasa no densificada	(***)	0,018	neutro
Biomasa densificada (pelets)	(***)	0,018	neutro

FUENTE: Tabla extraída del documento reconocido "Factores de emisión de CO_2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España".

El caso de la producción de **biochar**, la cual podría llevarse a cabo en la industria de extracción de aceite de orujo por tratarse de mayores necesidades de espacio y de inversión, los aspectos a tener en consideración serían los siguientes:

- Acopio de leña en la extractora.
- Instalación de un sistema de astillado, el cual no tiene que ser muy preciso porque en este caso la astilla va a ser introducida en un reactor de pirólisis.
- Planta de pirólisis para la obtención de biochar, con todos los elementos auxiliares necesarios, de acuerdo al esquema de la figura adjunta, proporcionada por la firma holandesa YILKINS. En este caso, además del sistema de torrefacción, se incluye una instalación de secado de astilla y otra de densificado, para poder producir directamente "black pellets" o pellets negros, por diferenciarlos de los de madera de pino normales.

Como se puede apreciar en la comparativa, el biochar presenta unas mejores propiedades físico-químicas en relación a las astillas y a los pellets (humedad, contenido en cenizas, PCI,…), lo que redunda en lo siguiente:

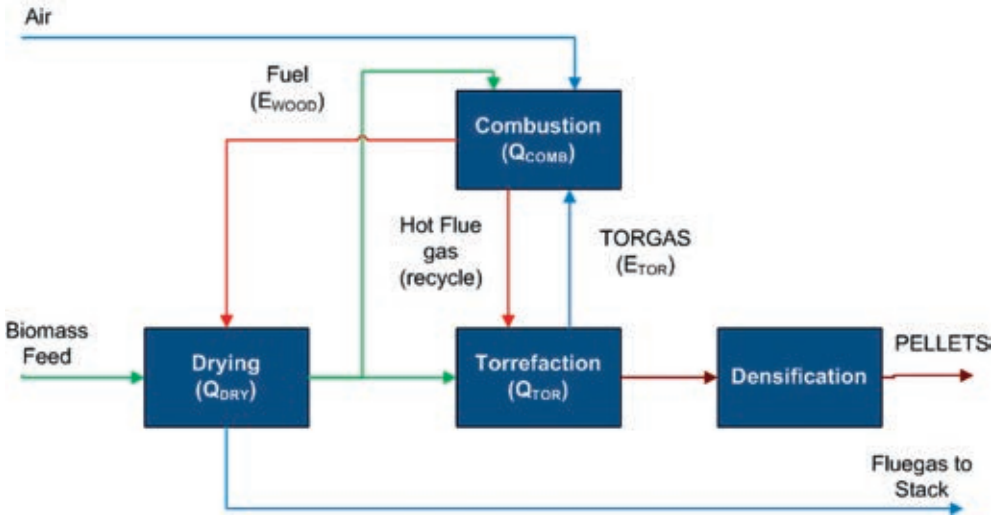
a) Una menores emisiones a la atmósfera.

b) Un mantenimiento de los equipos más sencillo y, por lo tanto, más económico,

c) Un ahorro de combustible, lo que también redunda en un período menor de amortización de los equipos, debido a una mayor eficiencia energética.

Figura 12

TECNOLOGÍA DE TORREFACCIÓN DE BIOMASA



Fuente: YILKINS.

En general, los denominados "black pellets" presentan una mayor densidad energética en relación a los pellets normales de madera de pino (un 33% más), así como un mayor contenido en carbono fijo (un 20% más), lo que hace de los mismos un extraordinario biocombustible.

Figura 13

*COMPARATIVA ENTRE ASTILLAS, PELLETS DE PINO Y BIOCHAR ("***BLACK PELLETS***")*

		Untreated	White Pellets	Black Pellets	
Properties					
Moisture content	% mass	50%	8%	4%	drier
GCV	GJ/ton (db)	19,3	19,3	22,6	
NCV	GJ/ton (ar)	7,8	16,4	20,5	
bulk density	kg/m3	250	670	720	
Energy density	GJ/m3	1,9	11,0	14,7	Energy dense
Proximate composition					
Ash	%mass (db)	0,26%	0,26%	0,33%	
Volatile matter	%mass (db)	81%	81%	67%	
Fixed Carbon	%mass (db)	19%	19%	32%	
Ultimate Composition					
C	% mass (daf)	49,12%	49,12%	59,36%	Carbon dense
H	% mass (daf)	5,59%	5,59%	5,40%	
N	% mass (daf)	0,16%	0,16%	0,21%	
O	% mass (daf)	45,09%	45,09%	34,85%	
Cl	% mass (daf)	0,00%	0,00%	0,00%	
S	% mass (daf)	0,04%	0,04%	0,00%	

Fuente: YILKINS.

8.2. EL TRATAMIENTO DEL HUESO

El hueso normalizado es un biocombustible de excelentes propiedades físico-químicas, el cual puede competir con el pellet de pino, el cual está considerado el mejor de los biocombustibles sólidos en el mercado actual de la biomasa para usos finales térmicos.

Para ello es necesario someter al hueso bruto generado en las almazaras y en las extractoras, con los actuales sistemas de separación pulpa-hueso, a dos procesos:

a) **Secado**, normalmente forzado en trómel rotativo.

b) **Separación de la pulpa y los finos**, mediante ventiladores y ciclones.

Desde un punto de vista técnico, la instalación de los sistemas de secado en las industrias del sector no son complejos, más allá del espacio físico requerido y del consumo de energía que puedan conllevar los motores eléctricos que utilizan. En la alternativa tercera, de gasificación, se puede obtener el calor de manera residual a partir de los motores, de lo contrario estos sistemas requieren de un sistema de combustión para generar el aire caliente que necesitan. El combustible utilizado puede ser el propio hueso de peor calidad o bien orujillo directamente.

Fotografía 26

SEPARADOR PULPA-HUESO EN EXTRACTORA DE ACEITE DE ORUJO

Fuente: El Autor.

A nivel de inversiones y de costes, los aspectos a tener en consideración serán los siguientes:

- Inversión en secadero, incluido el sistema de retención de finos.
- Costes de operación: energéticos y mantenimiento, fundamentalmente.
- Ingresos por la venta del hueso normalizado, el cual puede alcanzar valores del orden de 120 €/t.

Los **riesgos**, al igual que en el caso de la astilla, son **bajos** debido a que el hueso normalizado es un combustible con una expectativas de mercado excelentes, y además, el hecho de que esté tratado hace que **disminuyan los niveles de partículas a la atmósfera**, lo que le otorga un mayor valor añadido si cabe en relación con otras biomasa y con los combustibles de origen fósil.

A partir del 1 de enero de 2020, de acuerdo al Reglamento 2015/1189 de ECODISEÑO, las calderas de biomasa de potencia inferior a 500 kW, es decir, la gran mayoría, deben emitir partículas por debajo de **60 mg/Nm^3**, según se muestra en el cuadro adjunto.

Figura 14

Requisitos de ECODISEÑO para calderas

Parámetro	Valores a cumplir (valores correspondientes a la clase 5 de la norma UNE 303-5) (1)	
	Calderas automáticas	Calderas manuales
Eficiencia energética estacional (%)	≥ 77 (≥ 75 para <20 kW)	
Partículas (mg/Nm^3)	≤ 40	≤ 60
CO (mg/Nm^3)	≤ 500	≤ 700
OCG (mg/Nm^3)	≤ 20	≤ 30
NO_x (mg/Nm^3)	≤ 200 para biomasa y ≤ 350 para combustibles sólidos fósiles	
(1) Todos los valores de emisiones están referidos a un contenido de oxígeno del 10%		

Fuente: REGLAMENTO 2015/1189.

Este tipo de sistemas de secado son muy comunes en el mercado, existiendo en todas las extractoras de aceite de orujo y en las plantas de pellets, por citar algunos ejemplos. En este caso y en función del producto (hueso húmedo) y los requerimientos finales de humedad así como la original, se diseñan ad hoc.

Incluso, existen sistemas de pequeña capacidad (1.000-1.200 kg/h) los cuales podrían instalarse directamente en las almazaras, justo al lado de la caldera que produce el agua caliente para el proceso y la calefacción. Se trata de inversiones no muy elevadas, las cuales se pueden recuperar en cortos períodos de tiempo.

Fotografía 27

SECADERO DE HUESO EN ALMAZARA

Fuente: El Autor.

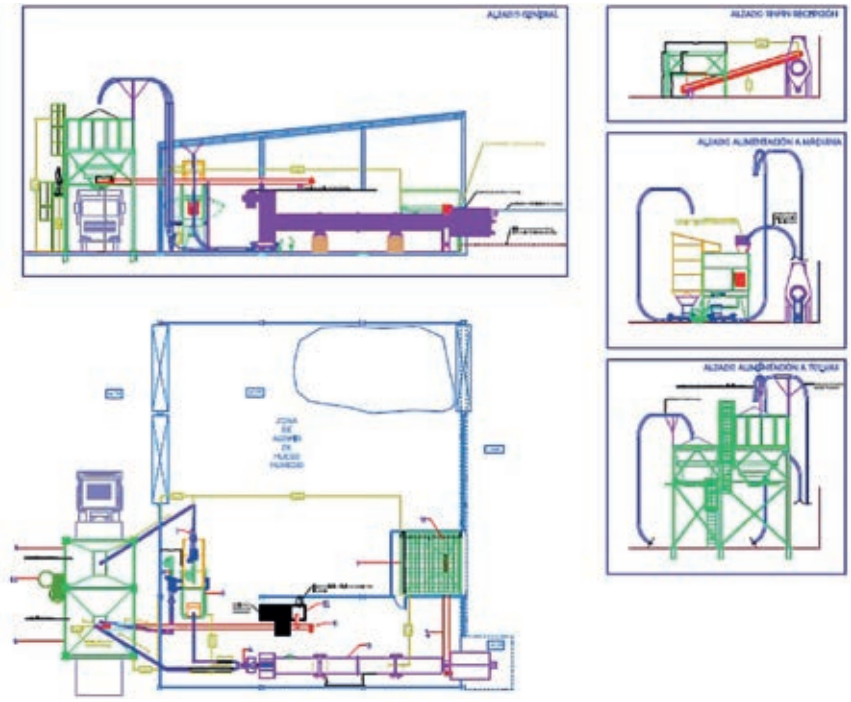
Este tipo de equipos de baja capacidad presenta las siguientes características técnicas según el fabricante:

- Sistema de mando y control automáticos mediante PLC y terminal táctil
- Sistema de ensacado, con capacidad para 20 kg/m (saco valvulado)
- Sistema de aspiración
- Tolva pulmón de 600 kg de capacidad
- Consumo eléctrico: 4 kWh
- Producción máxima: 1.000 kg/h
- Sistema de cribado intercambiable según necesidades durante la campaña
- Sinfín alimentación hueso
- Plataforma de pesaje para sacos de rafia

Existen otros sistemas en el mercado de más capacidad, tal y como el que se muestra en la imagen siguiente, el cual tiene una capacidad de tratamiento superior a 2.000 kg/h y unas dimensiones máximas de 2 m de ancho, 4,93 de alto y 5 m de largo.

Figura 15

VISTA GENERAL DE UN SECADERO DE HUESO



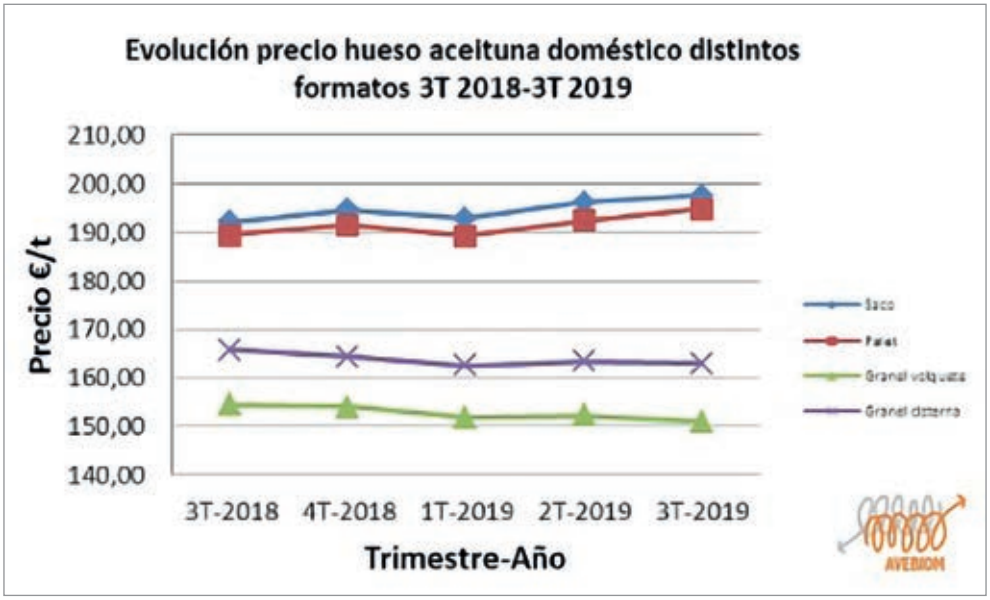
Fuente: ASIGRAN (www.asigran.com).

La **norma UNE 16400. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de biocombustibles. Hueso de aceituna**, clasifica el hueso en 3 categorías (A1, A2 y B) y regula, entre otros parámetros, el contenido en cenizas, el cual no debe sobrepasar el 1,5% en la clase B, así como el PCI, el cual debe ser superior a 4**,4 kWh/kg**. Su densidad debe ser superior a **600 kg/m³**.

Según AVEBIIOM, ya citada en el presente documento, la evolución de los precios del hueso los últimos años se muestran en la siguiente gráfica. Los precios incluyen el IVA (21%) y tienen en cuenta los costes de transporte para unas distancias medias de unos 200 km de radio.

Figura 16

EVOLUCIÓN PRECIOS HUESO ACEITUNA CON DIFERENTES FORMATOS



Fuente: AVEBIOM.

Según la citada fuente, los precios de mercado se sitúan en la horquilla 150-200 €/t, suficientemente atractiva como para plantearse cualquier iniciativa que permita dar valor añadido al hueso bruto de almazara.

Fotografía 28

SACO DE HUESO DE ACEITUNA

Fuente: El Autor.

Fotografía 29

CAMIÓN PARA EL REPARTO NEUMÁTICO DE HUESO A DOMICILIO

Fuente: El Autor.

8.3. LA GASIFICACIÓN DE BIOMASA

La gasificación es un proceso de conversión termoquímica de la biomasa que consiste en someterla a un proceso de descomposición térmica a elevada temperatura (del orden de 1.100 ºC) en un reactor con defecto de oxígeno. Como resultado del proceso se generan dos fracciones:

- Una sólida o **char**, que puede ser valorizada como fertilizante o combustible, con características similares al biochar descrito con anterioridad.
- Una mezcla de gases, conocida como **syngas**, formada por H_2, CO, CO_2, CH_4, N_2, agua e hidrocarburos, los cuales han de ser eliminados de la corriente de gas, si como en este caso, el gas va a ser utilizado como combustible en un motor de combustión interna alternativo para la producción combinada de energía eléctrica y térmica (cogeneración).

También se generan **cenizas**, que son retenidas en los sistemas de retención de partículas (ciclones y filtros de mangas) y **alquitranes** o tars, los cuales son reintroducidos en el gasificador.

Cuadro 5

COMPOSICIÓN TÍPICA DEL SYNGAS

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR APROXIMADO
H2	%	19,00
N2	%	49,00
CH4	%	3,00
CO	%	15,00
CO2	5	17,00
PCI	Kcal/Nm3	1.330,00

Fuente: ANKUR SCIENTIFIC.

Las aplicaciones del syngas pueden ser:

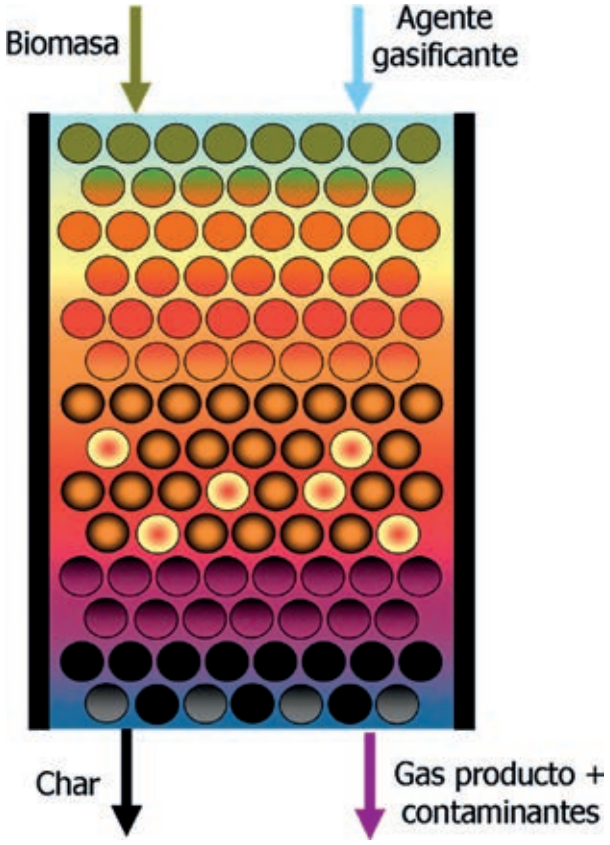
- Generación de energía térmica y/o eléctrica en calderas, motores, ciclos combinados, pilas de combustible, …
- Síntesis de combustibles y productos químicos (biocarburantes Fischer Trops, gas natural sintético, metanol y etanol, …)

Durante la gasificación la biomasa experimenta los siguientes 4 procesos:

a) Secado térmico.
b) Pirólisis.
c) Combustión.
d) Reducción.

Figura 17

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL PROCESO DE GASIFICACIÓN



Fuente: Lapuerta, M. Universidad de Castilla-La Mancha, UCLM.

Los sistemas de gasificación pueden ser de varios tipos:

1. **Lecho fijo/móvil**. Según el movimiento relativo entre la biomasa y el agente gasificante, se clasifican a su vez en: corrientes paralelas o "downdraft" y contra corriente o "updraft". Para pequeñas potencias, como las que se proponen en el presente Estudio de Investigación, se recomienda el primero por generar un gas con menor contenido en alquitranes.
2. **Lecho fluidizado**. Las 4 fases del proceso se desarrollan de manera simultánea en un reactor en el que ciertos sólidos adquieren las propiedades de un fluido debido a la acción sustentadora de un flujo de aire. Pueden ser de dos tipos: circulantes y burbujeantes.

Los tres factores principales de los que depende el proceso de gasificación son los siguientes:

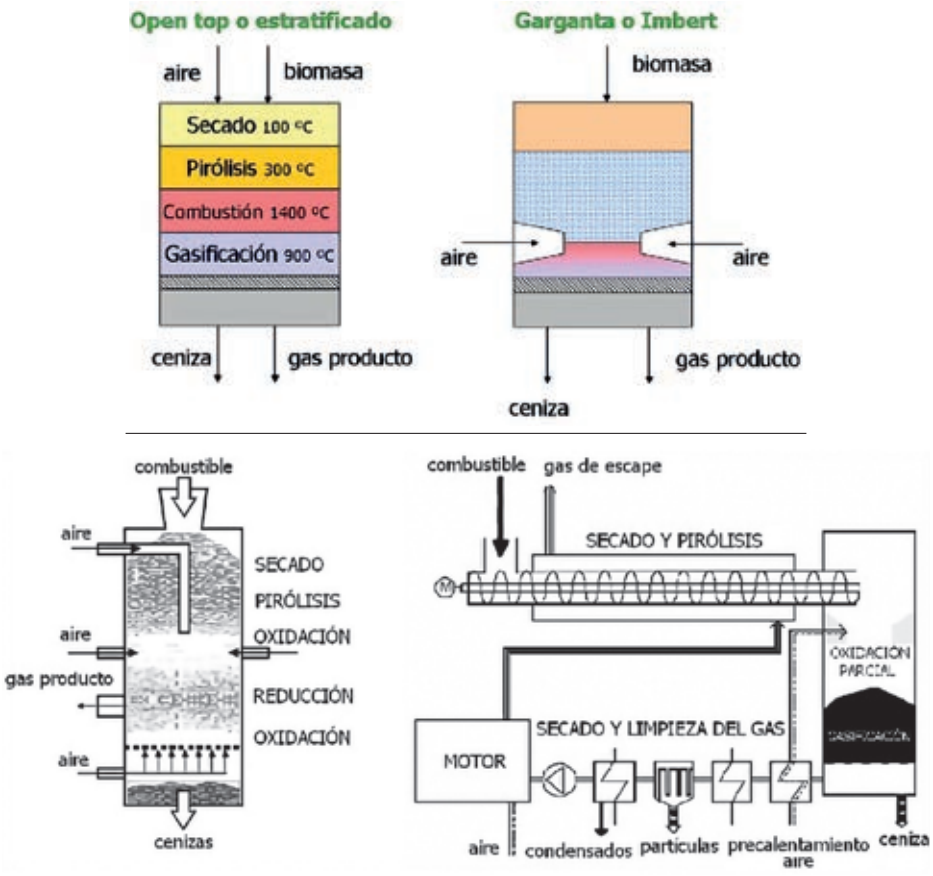
a) Tipo de biomasa utilizada. Es recomendable que sea homogénea y que no tenga una humedad superior al 20%, si bien depende de la tecnología seleccionada, pudiendo gasificar fracción orgánica de residuos domésticos, neumáticos, cascarilla de arroz o, incluso, gallinaza.

b) Agente gasificante: aire, oxígeno, vapor de agua, … El más común es aire atmosférico, también el más económico.

c) El tipo de reactor, de acuerdo a la clasificación y tipologías anteriormente citadas.

Figura 18

DISTINTOS TIPOS DE GASIFICADORES



Fuente: Lapuerta, M. Universidad de Castilla-La Mancha, UCLM.

La gasificación presenta las siguientes ventajas como tecnología frente a otras como la combustión:

a) Es una tecnología **modular** y, por tanto, adaptable a las diversas tipologías de industrias del sector en función de las demandas térmicas y eléctricas simultáneas, así como a las diferentes y variables características de la biomasa.

b) Es **versátil**, puesto que es capaz de producir energía **eléctrica**, la cual puede ser autoconsumida por la propia industria o exportada a la red y comercializada a precios de mercado; y **térmica**, la cual puede ser empleada en la industria para el secado del orujo graso y húmedo o el hueso de aceituna, entre otros.

c) Permitiría genera **valor añadido** para el orujillo o para la astilla de leña de poda, el cual quedaría en manos del propio sector productor, a través de un modelo basado en la llamada "bioeconomía".

d) **Reduce las emisiones de partículas a la atmósfera** que se producen con el actual sistema de secado del orujo graso y húmedo, puesto que con la gasificación la energía utilizada para el secado procede de los gases de escape de los motores. Es decir, el gas ha sido previamente filtrado y tratado.

e) **Presenta una elevada eficiencia energética** al aprovechar tanto la parte térmica como la eléctrica (por encima del 70% frente al 30% de la combustión). Incluso el subproducto sólido generado, biochar, es apto para ser utilizado como combustible por su elevado PCI o como fertilizante.

Cuadro 6

PRINCIPALES PROPIEDADES DEL BIOCHAR DE GASIFICACIÓN DE ORUJILLO

Carbono fijo (%)	66
Densidad (kg/m3)	675
PCI (kcal/kg)	5.840

Elaboración propia.

Un proyecto de gasificación de biomasa de olivar en una industria del sector (bioindustria) constaría de los siguientes elementos:

- Secadero, en caso de que sea necesario
- Peletizadora, para el caso del orujillo debido a su elevado contenido en finos (≈80%). En el caso de la astilla no sería necesario.
- Tolva de almacenamiento.
- Elevador de cangilones para alimentar el gasificador.

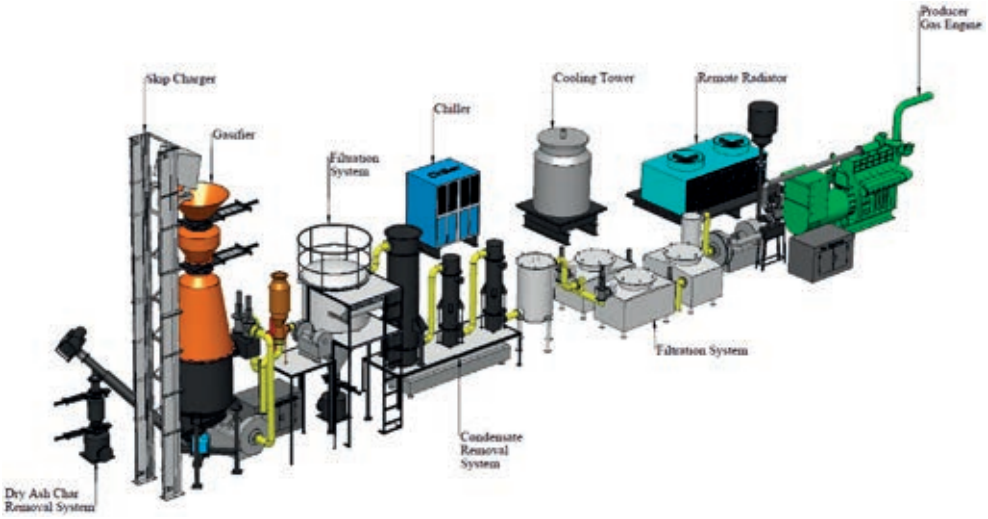
- Gasificador tipo "down draft" porque es el tipo más adecuado para bajas potencias (< 1 MW) debido a la menor formación de alquitranes o tars.
- Sistema de limpieza y tratamiento del syngas compuesto por filtros de mangas, intercambiadores de calor, filtros de alta temperatura, eliminadores de niebla, etc.
- Soplante, para generar la presión suficiente para alimentar los motores.
- Antorcha.
- Grupo moto-generador de potencia inferior a 1 MW en función de las necesidades de la bioindustria.

Aparte de lo anterior, es necesario acometer la obra civil y las instalaciones complementarias como conexión eléctrica, agua, etc.

En la imagen siguiente se pueden observar todos los elementos citados.

Figura 19

VISTA GENERAL DE UNA PLANTA DE GASIFICACIÓN DE BIOMASA



Fuente: ANKUR SCIENTIFIC TECHNOLOGIES.

A continuación, se muestran dos esquemas de implantación de esta tecnología, uno en una almazara y otro en una extractora. En el primero se gasifican astillas de leña de olivo y el calor obtenido se emplea en producir agua caliente de proceso en la almazara y energía térmica para el pre-secado del orujo o para el secado del hueso húmedo.

En el caso de la extractora, se utiliza orujillo para gasificar y la energía térmica se aprovecha para el secado del orujo graso previo a su extracción con disolvente.

En ambos casos, la energía eléctrica es autoconsumida por las bioindustrias y los excedentes vendidos a la distribuidora a precios de mercado.

En la siguiente figura se muestra el esquema propuesto para una almazara, diferenciando la zona de producción de biocombustibles sólidos (astilla y hueso) de la de producción de energía eléctrica y térmica a partir de la gasificación.

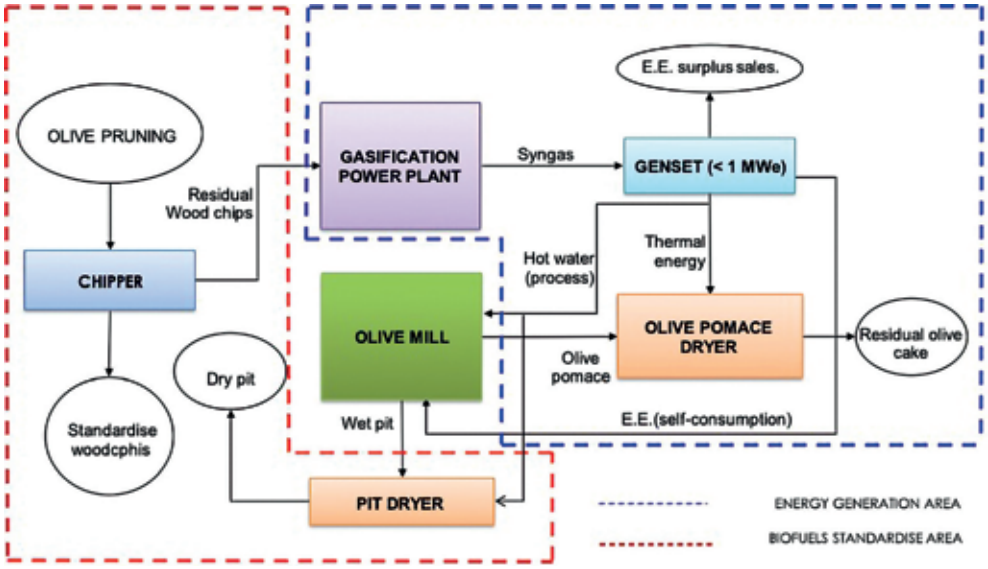
Las potencias eléctricas en la mayor parte de las almazaras pueden situarse en el entorno de los 500 kW eléctricos. Este modelo, además, presenta otra ventaja desde el punto de vista estratégico, y es la reducción de la dependencia de la industria extractora, puesto que al disponer de una fuente de calor en origen, se puede reducir parcialmente la humedad del orujo para enviarlo a la extractora a un menor coste, incluso generando un ingreso.

Otra ventaja importante, ya comentada, es que la almazara puede extender el período productivo una vez concluida la campaña oleícola al resto del año, manteniendo al personal e incrementando el uso de los recursos técnicos y materiales.

Por último, y no por ello menos importante, podría reducir en un principio la potencia contratada con la compañía distribuidora de energía eléctrica, puesto que con este sistema va a disponer del 100% de la energía eléctrica demandada todo el año, incluso, en períodos de no producción de aceite de oliva, previsiblemente tenga que exportar energía a la red.

Figura 20

ESQUEMA GASIFICACIÓN ALMAZARA



Elaboración propia.

En la figura siguiente se muestra el esquema de operación del sistema en una extractora de aceite de orujo, partiendo del orujillo como combustible para gasificar y obteniendo energía térmica para el secado del orujo y eléctrica para autoconsumo de la industria.

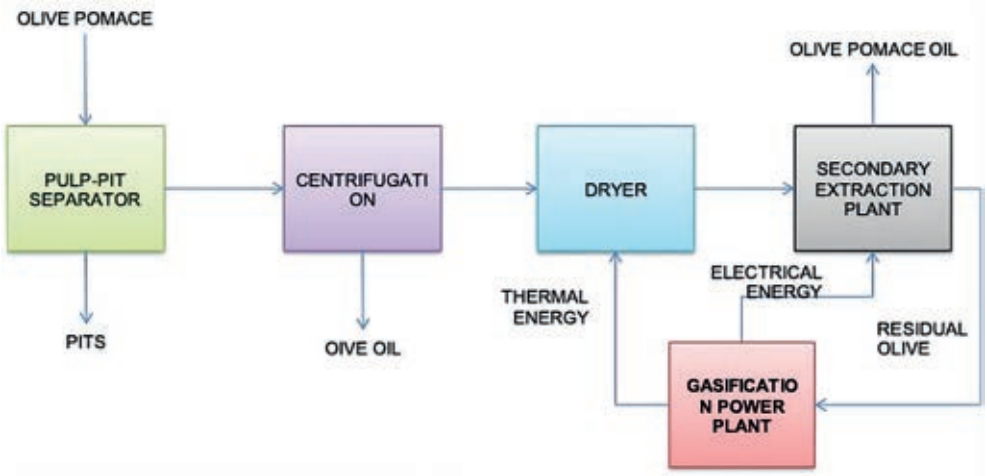
Las ventajas de esta solución para la extractora son las siguientes:

- Reducción total del consumo energético puesto que el sistema se dimensiona para satisfacer la potencia demanda por la industria.
- Reducción parcial del consumo de orujillo para fines térmicos, al ser sustituido por los gases de escape de los motores. Existen dos flujos de energía térmica, uno a 90ºC aproximadamente, procedente del circuito de refrigeración, y otro de los gases de escape a 450 ºC.
- Disminución de las emisiones de partículas debido al secado con gases de escape.

Existe una variante de este proceso en el caso en que solamente se quiera obtener energía térmica para secado, y no eléctrica. La ventaja de esta solución radicaría en que la cantidad de partículas emitidas a la atmósfera podría alcanzar valores inferiores a 150 mg/Nm^3, muy por debajo de los actuales sistemas de secado que se sitúan en valores próximos a 400 mg/Nm^3. Se muestra en la figura 21.

Figura 21

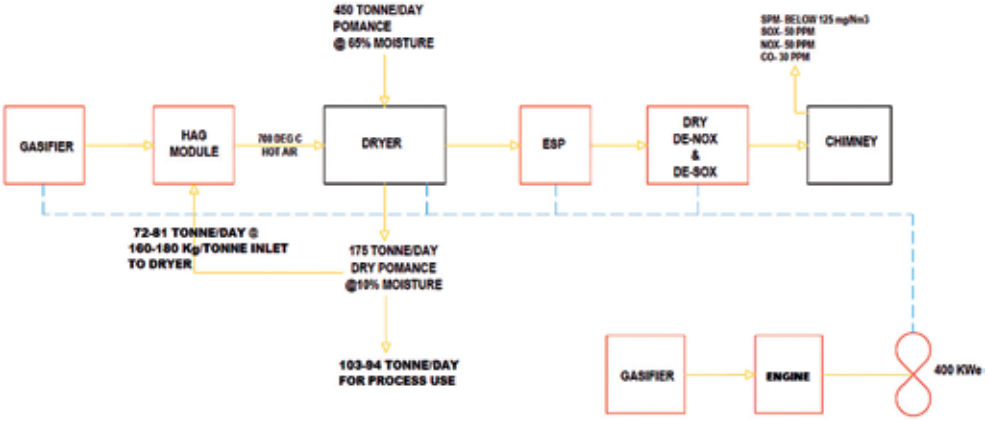
ESQUEMA GASIFICACIÓN EXTRACTORA ACEITE DE ORUJO



Elaboración propia.

Figura 22

SISTEMA DE GASIFICACIÓN EN MODO SECADERO



Fuente: ANKUR SCIENTIFIC.

En los cuadros siguientes se recogen los principales parámetros técnico-económicos para sendos proyectos de gasificación en almazaras y en extractoras de aceite de orujo.

Capítulo 9

Proyectos tipo

Cada una de las tres alternativas de valorización propuestas en el apartado anterior presenta unas características técnicas específicas (consumos, capacidades, potencias, dimensiones, etc.) así como unos parámetros económicos diferentes en cuanto a inversión, costes y rentabilidad.

Para establecer un grado mayor de definición para cada una de las opciones y poder conocer el alcance de cada proyecto, se definen lo que se conoce como "proyectos tipo", los cuales podrían llevarse a cabo en las industrias del sector (almazaras y extractoras) para convertirse en bioindustrias.

Los 4 propuestos son los siguientes:

1. Proyecto tipo 1.- Planta de producción de astilla de leña de olivo en patio de almazara. Opcionalmente se puede compatibilizar con el tratamiento de hueso.
2. Proyecto tipo 2.- Instalación de tratamiento de hueso de almazara.
3. Proyecto tipo 3.- Planta de gasificación de astilla de olivo en almazara
4. Proyecto tipo 4.- Planta de gasificación de orujillo en extractora.

Todos tienen como objetivo principal generar valor añadido para las biomasas de origen, en este caso, leña de olivo, hueso de aceituna de almazara y orujillo. Este valor será la suma del precio de mercado en origen pagado al agricultor (socio de cooperativa, industrial, …) más los beneficios obtenidos por los aprovechamientos obtenidos (ahorro de energía eléctrica, ahorro de hueso para generar energía térmica para agua caliente y secado, venta de energía eléctrica, venta de biochar, etc.).

Los datos de la capacidad nominal de cada proyecto han sido seleccionados en base a experiencias reales del Autor, con la premisa de poder ser actuaciones realizables, es decir, factibles, y con una mínima rentabilidad económica para las inversiones. Incluso, aunque aquí no se ha tenido en cuenta, los proyectos tipo recogidos a continuación son susceptibles de incentivo a través de la Agencia Andaluza de la

Energía, en el marco del Programa para el desarrollo energético de Andalucía 2020. En concreto en la línea denominada "Pyme Sostenible".[6]

A continuación se describe cada uno de los proyectos tipo propuestos.

9.1. Proyecto tipo: PRODUCCIÓN DE ASTILLA DE OLIVO Y HUESO TRATADO

Este proyecto se puede llevar a cabo en el patio de una almazara y puede realizarse conjuntamente con el número 3, es decir, con el tratamiento de hueso, siempre y cuando exista espacio suficiente, tal y como se muestra en el diagrama de flujo de la página siguiente.

No se necesitan ni grandes requerimientos de superficie ni acometer inversiones importantes, es decir, que son actuaciones perfectamente asumidas por las almazaras de la provincia de Jaén, sean sociedades cooperativa, laborales o anónimas.

La ventaja de realizar la actuación en la almazara radica en poder compartir recursos técnicos, humanos, infraestructuras, instalaciones, etc., lo que sin duda alguna redunda en la rentabilidad de las inversiones. Además, se mantiene uno de las premisas básicas del presente trabajo de investigación, que nos es otra que extender y ampliar el período productivo de las almazaras para incrementar su eficiencia productiva.

Otra ventaja importante es la proximidad de la almazara al agricultor, de manera que igual que lleva la aceituna podría establecerse otro proceso para llevar la leña, pesarla y liquidarla de manera similar en función de sus características.

La obra civil necesaria para la puesta en marcha del CCF se divide en dos partes:

- Adecuación terreno para la instalación y montaje del sistema de tratamiento y envasado de hueso.
- Adaptación de la parcela para la zona de procesado de leña de olivo y producción de astilla, así como almacenamiento tanto de astilla como de hueso.

La maquinaria y equipos que se necesitan son los siguientes:

- Astilladora móvil.
- Tractor, para acoplar la máquina astilladora móvil así como para otras tareas requeridas en el CCF.
- Pala cargadora para manipular la biomasa, tanto a nivel de materia prima como de producto terminado.

---

[6] BOJA núm. 249 de 30 de diciembre de 2016. Bases reguladoras del Programa de Incentivos para el Desarrollo Energético Sostenible de Andalucía 2020 "Andalucía es más".

- Sistema compacto para tratamiento y limpieza del hueso.

Todos los equipos se pueden alquilar a excepción del sistema de tratamiento de hueso, lo que reducirá la inversión inicial requerida.

Los costes de operación serían los siguientes:

- Materias primas (leña y hueso)
- Personal
- Combustibles
- Amortización de equipo de tratamiento de hueso
- Suministros: luz, agua, Internet, telefonía, etc.
- Seguros
- Alquileres, en su caso.

Los ingresos proceden de la venta del hueso y la astillada estandarizados, así como las mermas de ambos procesos, las cuales se pueden vender a precios diferentes para otros usos (alimento ganado, combustible de peor calidad,…).

Finalmente, el pay back o período de recuperación de la inversión, en base a los datos recogidos en el Estudio es del orden de 4,5 años sin considerar ningún tipo de incentivo a la inversión. En el cuadro siguiente se muestra las principales magnitudes del proyecto.

Cuadro 7

PROYECTO TIPO "PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ASTILLAS DE OLIVO Y HUESO DE ACEITUNA EN ALMAZARA"

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Capacidad (leña)	t/a	900
Producción (astilla)	t/a	720
Capacidad (hueso)	t/a	700
Producción (hueso)	t/a	500
Superficie necesaria astilla	m2	600
Superficie necesaria hueso	m2	375
Inversión total estimada	€	120.000
Costes totales anuales	€/a	105.000
Ingresos brutos	€/a	130.000
Pay back	Años	4,5

Elaboración propia

Uno de los problemas que podrían plantear este tipo de actuaciones tiene que ver con la explotación de estos nuevos negocios vinculados al olivar. Para ello se proponen dos alternativas:

a) Que sean incorporados a la gestión habitual de la almazara, lo cual puede generar distorsiones en las cuentas y en los modos habituales de operación por tratarse de actividades diferentes, que tienen mercados diferentes. En cualquier caso, el objetivo es que la biomasa producida sea comercializada por los propios socios de la cooperativa o de la sociedad, sea del tipo que sea. La idea es que estos negocios sean llevados a cabo por los propios agentes del sector.

b) Que se creen nuevas sociedades para la explotación de estos negocios, al igual que puede suceder con otras líneas de negocio como el oleoturismo, por ejemplo.

En cualquier caso, es fundamental que se desarrollen desde dentro del sector, bajo modelos de explotación compartidos con los actuales de producción y venta de aceite de oliva, abono, seguros, etc. Se trata de diversificar la actividad productiva pero sin desvincularla del olivar y su cultivo.

9.2. Proyecto tipo: PLANTA DE GASIFICACIÓN DE ASTILLA EN ALMAZARA

Este proyecto está concebido para que la almazara pueda generar su propia energía eléctrica con astilla procedente de restos de poda, reduciendo así sus costes energéticos y, lo que es más importante, su dependencia de las compañías eléctricas. La parte térmica, agua caliente a 90 ºC y gases calientes a 450 ºC, puede emplearse para producir el agua caliente que demanda la almazara, liberando así hueso para su venta y prescindiendo de la caldera actual, para pre-secar el orujo previo a su envío a la almazara, lo que sin duda representa una ventaja de tipo estratégico, además de económica; y, en último caso, para utilizarlo en el secadero de hueso de acuerdo al proyecto tipo anterior.

Se trata de proyectos más complejos y que requieren un mayor volumen de inversión que en el caso anterior (balsas, obra civil, secaderos, equipos, instalaciones,…), pero con rentabilidades interesantes como se puede apreciar en el cuadro que resumen las principales magnitudes técnicas y económicas.

En el cuadro siguiente se muestran las principales magnitudes del proyecto para una almazara de tamaño mediano-grande de la provincia de Jaén. Este tipo de proyectos, por tratarse de inversiones elevadas, inicialmente se prevén en industrias de una determinada capacidad. No obstante, una de las ventajas de la gasificación, como ya se ha comentado, es su posibilidad de escalado. Sin embargo, a diferencia del proyecto tipo siguiente, en este caso hay que acometer inversiones en balsas y en secaderos, que encarecen la inversión, aunque el pay back sigue siendo atractivo sin considerar incentivos, que los hay para este tipo de inversiones.

Cuadro 8

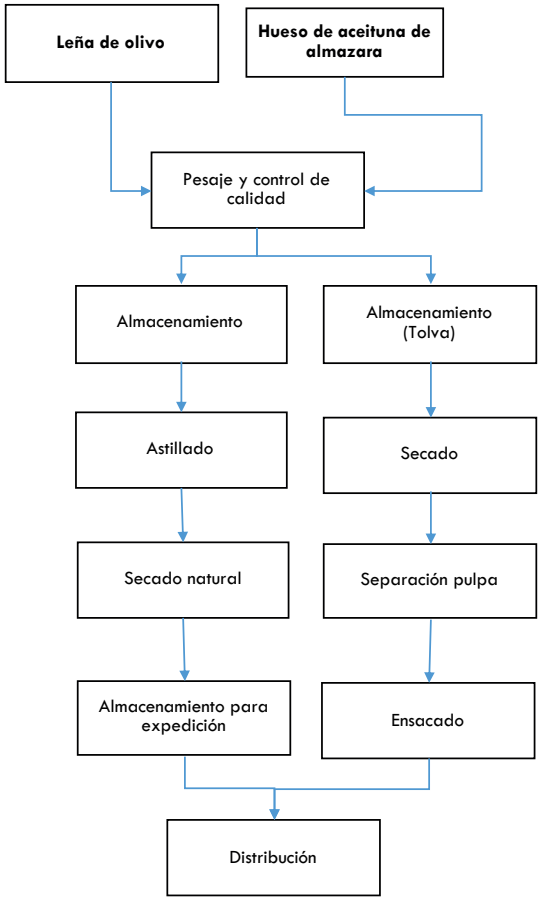
PROYECTO TIPO "PLANTA DE GASIFICACIÓN DE ASTILLA DE OLIVO"

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Potencia eléctrica	kW	500
Consumo astilla leña olivo	t/a	7.500
Capacidad anual secado orujo	t/a	160.000
Energía térmica disponible	MWh/a	3,8
Ahorros energía eléctrica	€/a	210.000
Inversión aproximada	M€	4,5
Pay back	Años	7,5

Elaboración propia.

Figura 23

DIAGRAMA DEL FLUJO DE LOS PROYECTOS PILOTO 1 Y 2



El objetivo de futuras investigaciones es reducir el tamaño de estos sistemas para poder desarrollar proyectos en almazaras más pequeñas, con menores requerimientos de inversión. El principal inconveniente para el desarrollo de este tipo de proyectos en las almazaras es que, en el caso de secado o pre-secado de orujo, necesitan balsas y secaderos. Si solamente secan hueso no haría falta, pero la eficiencia a nivel industrial sería menor.

La gran ventaja de secar el orujo es que reducen su dependencia estratégica de las industrias de extracción, además de los costes de transporte derivados del trasiego de un producto con un 65-70% de agua. Esta situación, tarde o temprano, va a ser limitada por la propia administración debido al enorme impacto ambiental que conlleva. A ello se unen dos factores que hacen que el producto pierda cada vez más interés para la industria orujera:

a) Un mayor grado de agotamiento en la almazara como consecuencia de la mejora de los rendimientos de los equipos de centrifugado principalmente, además del llamado "repaso" o 2ª centrifugación, cada vez más implantado en las almazaras.

b) Un menor contenido en hueso, puesto que este subproducto, como se ha comentado a lo largo del presente Estudio, tiene un valor de mercado muy atractivo lo que hace que prácticamente el 100% de las almazaras dispongan de sistemas de separación pulpa-hueso.

Por tanto, el futuro del sector extractor es complicado, si además se añaden los bajos precios por los que atraviesa el aceite de orujo de oliva refinado (700 €/t según la revista OLIMERCA a 17/10/19) y las caídas en la venta del orujillo (actualmente se comercializa a unos 12-15 €/t según fuentes consultadas del sector y de ANEO[7]).

Además de lo anterior, hay que unir otras dos cuestiones que también afectan negativamente al sector:

a) Los elevados costes de la energía eléctrica, del orden de 12-15 c€/kWh.

b) La normativa futura en materia de reducción de partículas a la atmósfera, que las va a obligar a tomar medidas tales como instalación de filtros, modificaciones del sistema de combustión, etc.

Lo anteriormente comentado debe coadyuvar para convertir estas industrias, cruciales e imprescindibles para el funcionamiento normal del sector extractor, en auténtica bioindustrias, porque reúnen todos los requisitos para ello.

---

[7] ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS DE ACEITE DE ORUJO.

9.3. Proyecto tipo: PLANTA DE GASIFICACIÓN DE ORUJILLO

Este proyecto está diseñado para ser llevado a cabo en la industria de extracción de aceite de orujo, con la finalidad de dar valor añadido al orujillo, el cual no goza de buenas expectativas de mercado, y de autoproducir energía eléctrica para el autoconsumo de la planta, y térmica para cubrir las necesidades parciales del secado, con la consiguiente reducción de partículas, como se ha comentado con anterioridad.

Cuadro 9

PROYECTO TIPO "PLANTA DE GASIFICACIÓN DE ORUJILLO"

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Potencia eléctrica	MWe	1,0
Potencia térmica	MWt	1,2
Consumo orujillo	t/a	14.000
superficie planta	m2	13x57
Inversión aproximada	M€	3,2
Pay back	Años	5,5
Valor añadido para el orujillo	€/t	45

Elaboración propia.

Por tanto, a modo de resumen, con las tres soluciones propuestas y si se valorizasen de una forma integral todos los subproductos generados por el olivar en la provincia, el volumen de negocio podría situarse en el entorno de los **50 millones de €** durante los próximos años solamente en la provincia de Jaén.

Esa cifra incluye los ingresos derivados de la reducción de emisiones de CO_2 a través de los llamados **Proyectos CLIMA**[8], gestionados por el Ministerio para la Transición Ecológica, el valor de mercado sería todavía superior, pues la tonelada de CO_2 en el mercado de derechos de emisión está actualmente a **25.11 €/t**.

Capítulo 10
Conclusiones

A la provincia de Jaén se le presenta una enorme oportunidad en los próximos años de transformar o adaptar su sistema productivo en torno al olivar y sus industrias en otro basado en la bioeconomía, valorizando los subproductos que genera el sector de una manera integral y obteniendo productos de alto valor añadido que permitan diversificar las rentas de los agricultores y mejorar la competitividad del sector. Se trataría de pasar de las industrias actuales a las bioindustrias.

Por tanto, es necesario en los próximos años, con la participación de todos los agentes involucrados, la reconversión de las almazaras y las extractoras de aceite de orujo en **bioindustias**. Las razones son las siguientes:

1. La **baja rentabilidad del sector oleícola** en su conjunto, lo que obliga a desarrollar nuevas estrategias empresariales para incrementar la pérdida de renta de los agricultores (bajos precios del aceite de oliva y campañas crecientes en cuanto a producción).
2. La necesidad de **incrementar la eficiencia productiva de las almazaras**, que están presentes en todos los pueblos de la provincia, siendo en algunos casos, la única industria del municipio en torno a la cual debe girar la actividad industrial del mismo.
3. El **enorme potencial**, en gran medida desaprovechado, **de biomasa** procedente del olivar y sus industrias que hay en la provincia.
4. Los **bajos precios del aceite de orujo**, el mayor agotamiento del orujo graso y húmedo en las almazaras y los menores contenidos en hueso, que hacen que la industria extractora esté obligada a reinventarse puesto que es difícil que pueda sostenerse en este escenario.
5. Los **bajos precios del orujillo** y el escaso mercado que presenta en la actualidad, en gran medida por la caída de las exportaciones.
6. Los **elevados costes de la energía eléctrica** en las industrias del sector, sobre todo en las almazaras como consecuencia de la estacionalidad.

7. El **impacto ambiental negativo** que provoca el **transporte por carretera** de ingentes cantidades de **orujo** graso con humedades que pueden alcanzar el 70%. Hay casos en los que las distancias entre la almazara y la extractora puede alcanzar los 200 km.
8. Le **legislación** futura en materia de reducción de emisiones a la atmósfera, que afecta directamente al sector extractor, especialmente a las industrias que no utilizan gases de escape de motores de gas (cogeneración) para el secado, que todavía son más del 50%.
9. La **lucha contra el cambio climático**, que debe suponer una oportunidad para un sector en el que el olivo actúa desde dos frentes: como fijador natural de CO_2 y como productor de energía 100 % renovable (biomasa).

Ello traería consigo las siguientes ventajas para la provincia:

a) La generación de **empleo directo** en las nuevas actividades a desarrollar en las industrias actuales, e indirecto (logística de biomasa, operación y mantenimiento, ingeniería, etc.).

b) La movilización de un volumen importante de **recursos económicos** (inversiones en los nuevos proyectos).

c) La canalización del **talento** de la provincia hacia nuevas actividades de carácter tecnológico, desarrollo de maquinaria, soluciones de ingeniería, etc.

d) Refuerzo de los valores de la provincia en relación a la **sostenibilidad** debido a la reducción de emisiones de CO_2. El olivar además de ser un fijador[9] natural de CO_2, es generador de un volumen importante de biomasa, una fuente de energía 100% renovable, como se ha podido poner de manifiesto en el presente trabajo.

Referencias bibliográficas

Agencia Andaluza de la Energía (2018) "La bioenergía en Andalucía". Consejería de Empleo, Empresa y Comercio. Junta de Andalucía.

Berbel J. et al. (2018). "Valorización de los subproductos de la cadena del aceite de oliva" . Mediterráneo Económico. Vol. 31 "Bioeconomía y desarrollo sostenible". Fundación Cajamar.

Cárdenas R. et al. (2018). "El fin del sector oleícola tal y como lo conocemos". GEA, Centro de Excelencia de Aceite de Oliva.

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía (2010). "Potencial energético de los subproductos de la industria olivarera en Andalucía"

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía (2008). "Potencial energético de la biomasa residual agrícola y ganadera en Andalucía".

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"

Consejo Oleícola Internacional (2015). "Estudio internacional sobre costes de producción del aceite de oliva".

Damián, Alain (2010). "La biomasa: fundamentos, tecnologías y aplicaciones". AMV Ediciones y Mundi-Prensa.

De Juana, José María (2003). "Energías renovables para el desarrollo". Thomson-Paraninfo.

Fernández Salgado, José María (2010). "Guía completa de la biomasa y los biocombustibles". AMV Ediciones.

García Maraver, A. et al (2012). "Influence of the cellulose, hemi cellulose and lignin content on the thermal behaviour of residual biomass from olive trees".

García Maraver, A. et al (2012). “Analysis of olive grove residual potential biomass for electric and thermal energy generation in Andalusia (Spain)”.

García-Maraver A., et al (2014). "Biomass pelletization: standards and production". Wit Press.

La Cal Herrera, J.A. (2014). “Nuevo modelo de valorización de subproductos del olivar basado en la tecnología de gasificación integrada en almazaras”. Instituto de Estudios Giennenses.

La Cal Herrera, J.A. (2017). “Valorización de subproductos del olivar y sus industrias de transformación”. Fundación Caja Rural de Jaén.

Madrid Vicente, Antonio (2012). “La biomasa y sus aplicaciones energéticas”. AMV Ediciones.

Nogués, Sebastián, Fernando; García Galindo, Daniel y Rezeau Adelina (2010). “Energías renovables. Energía de la biomasa, Volúmenes I y II”. Prensas Universitarias de Zaragoza. Editorial Ochoa.

Pérez Serrano, Víctor M. (2011). Observatorio Económico de la Provincia de Jaén. Boletín número 74 de mayo de 2011. Monografía número 50. “Cadena de valor y viabilidad del olivar andaluza”.

Pastor Muñoz-Cobo, Miguel y Humanes Guillén, José (2010). “La poda del olivo, moderna olivicultura”. 6º edición. Junta de Andalucía.

Sala Lizarraga, José María y López González, Luis María (2002). “Plantas de valorización energética de la biomasa”. Editorial Ochoa.

Sanz Cañada, 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.

“The handbook of biomass, combustión and co-firing”. Sjaak Van Loo y Jaap Kopppejan.

Direcciones webs consultadas

AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación. Norma UNE 164003. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de biocombustibles. Huesos de aceituna. http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp

AVEBIOM, Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa. http://www.avebiom.org/es/

ANEORUJO, Asociación Nacional de Empresas de Aceite de Orujo. http://www.aneorujo.es

Agencia Andaluza de la Energía. https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/EEA/

Agencia para el aceite de oliva. http://www.aica.gob.es/

BIOPLAT, Plataforma Tecnológica de la Biomasa http://bioplat.org/

Consejo Oleícola Internacional. http://www.internationaloliveoil.org/?lang=es_ES

IRENA, Agencia Internacional de Energías Renovables, https://www.irena.org/

ORIVA, Interprofesional del Aceite de Orujo de Oliva https://oriva.es/

ISBN 978-84-09-19035-5