Uso Energético de Biomasa de Podas Agrarias y Renovación de Plantaciones (PARP)

UNA PRÁCTICA FACTIBLE PROMOCIONADO POR EL PROYECTO UP_RUNNING

Autores:
D. García-Galindo & A. Rezeau
CIRCE – Centro de Investigación en Recursos y Consumos Energéticos, Zaragoza, España

M. Karampinis & M. Kougioumtzis
CERTH – Centre for Research & Technology Hellas, Athens, Grecia

uP_running

CONTENIDO

1 Introducción 5

2 Estado de la biomasa de PARP en Europa 7

2.1 El hecho: el uso energético de la biomasa de PARP es posible 7

2.2 Si es posible… ¿por qué no se expande más? Barreras y fuerzas impulsoras detectadas 9

3 Entendiendo las cadenas de valor de PARP 13

3.1 Dispersión y productividad de biomasa PARP 13

3.2 Biomasa de PARP como combustible 14

3.3 Como recoger y movilizar la madera de poda 15

3.3.1 Preparar la madera de poda antes de la recolección 15

3.3.2 Arrastrar las ramas y triturar/astillar/empacar a la orilla del campo 16

3.3.3 Recogida con triturado/astillado/empacado integrado 17

3.3.4 Prepoda con astillado/triturado integrado 19

3.3.5 Pros y contras de los diferentes métodos de recolección 20

3.4 Como recoger y movilizar la madera de los arranques 21

3.4.1 Arranque del árbol entero, triturado y procesado 22

3.4.2 Apeo y posterior triturado/picado/astillado 22

3.4.3 Apeo integrado con triturado/astillado 23

3.4.4 Manejo de los tocones 24

3.4.5 Pros y contras de los distintos métodos de recogida para madera de arranques 25

3.5 Transformar la biomasa de PARP en energía 26

3.6 Uso de las podas y sostenibilidad 30

3.6.1 Calidad del aire y contaminantes de la biomasa de PARP 30

3.6.2 Uso como enmienda orgánica 31

3.6.3 Emisiones de gases de efecto invernadero 32

3.6.4 Observaciones finales para la toma de decisiones 33

4 Recomendaciones para empezar una nueva cadena basada en biomasa de PARP 35

4.1 Organización de los actores de la cadena de valor: fomentar relaciones colaborativas y beneficios mutuos 35

4.2 El valor intangible, un ingrediente típico para el éxito 36

4.3 ¿Cuál es el valor de mercado para la biomasa de PARP? Todo depende de su calidad 36

4.4 Hechos y recomendaciones en la implementación de nuevas cadenas de biomasa de PARP 39

4.4.1 Organizar el suministro de la biomasa de PARP 39

4.4.2 Recoger y tratar en el campo: seleccionar la máquina más apropiada, no “la mejor” 39

4.4.3 Transportar y almacenar biomasa de PARP: cuidado con mantener la calidad del producto 40

4.4.4 Transformar energía: sistemas de conversión adaptados a la biomasa de PARP 41

5 Conclusiones 45

6 Referencias 47

Este es el primero de una serie de tres monográficos producidos por uP_running. Este monográfico da una visión del actual estado del uso de la biomasa de PARP, sus dificultades, las posibles alternativas para organizar una cadena de valor y algunas recomendaciones prácticas para hacerlo. Aún se producirán dos monográficos más. El segundo tratará las condiciones del suelo para que se pueda retirar la poda y dará una serie de recomendaciones para aumentar la materia orgánica en el suelo. En cuanto al tercer monográfico, resumirá las claves del éxito para desarrollar una nueva iniciativa de biomasa de APPR, basada en el análisis de múltiples casos existentes, y en las lecciones aprendidas de los emprendedores acompañados por uP_running.

Proyecto uP_running “puesta en marcha de cadenas sostenibles de biomasa leñosa procedente de podas agrícolas y renovación de plantaciones” ha recibido fondos del Horizonte 2020 del programa de investigación e innovación de la Unión Europea bajo el acuerdo concedido Nº 691748.

1. Introducción

1 INTRODUCCIÓN

La utilización de agro-residuos como fuente de biomasa es una oportunidad para apoyar la expansión de la bioeconomía en Europa. Entre los múltiples agro-residuos, aquellos producidos en viñedos, olivares y frutales representan un potencial importante para muchos países de la UE. Especialmente, la biomasa proveniente de los residuos leñosos de **P**oda **A**grícolas y **R**enovación de **P**lantaciones (**PARP** desde ahora) es un paradigma de los agro-residuos producidos año tras año, y, en la amplia mayoría de casos, no utilizada como recurso para actividades de valor añadido como la producción de energía, bioquímicos u otros bioproductos.

El uso de PARP es posible. Es un hecho. Hay múltiples ejemplos por toda Europa que demuestran que puede ser utilizada. No obstante, aunque hay un gran potencial en Europa para ser explotado (estimados unos 20 Mt de materia seca por año [1]), los casos de éxito en establecer una cadena de valor para biomasa de PARP son escasos y aislados. En este momento, el amplio uso de la biomasa de PARP parece atascado. Hay muchas razones para ello, las cuales están relacionadas a barreras técnicas, pero también – y con más importancia – a condiciones de contorno no técnicas como actitudes culturales, marco regulatorio y precios de mercado de combustibles fósiles u otras biomasas.

El proyecto uP_running (www.up-running.eu) es una iniciativa del Horizonte 2020 uniendo 11 socios de 7 países europeos, unidos con el mismo objetivo: promover el despegue de la biomasa de PARP. uP_running ilustra la colaboración entre centros técnicos y de investigación, universidades, organizaciones agrarias, clústeres agrarios y cámaras agrarias para dirigir un cambio real hacia el aumento del uso de la biomasa de PARP, promoviendo el comienzo de nuevas iniciativas, pero también promoviendo un marco y una percepción social más favorables.

El presente documento es el primer monográfico producido por el proyecto uP_running. Su objetivo es dar al lector una visión general de las dificultades para empezar nuevas iniciativas con un análisis de la organización de las operaciones de la cadena de valor: cómo las diferentes etapas de la cadena de valor pueden ser llevadas a cabo, como preservar el valor y características de la biomasa de PARP, y qué debería ser considerado cuando se enfrenta a su utilización para producir calor y/o electricidad.

2. Estado de la Biomasa de PARP en Europa

2.1. El hecho: la utilización energética de la biomasa PARP es posible

2.2. Si es posible... ¿por qué no se expande más? Barreras y fuerzas impulsoras detectadas

2 ESTADO DE LA BIOMASA DE PARP EN EUROPA

2.1 El hecho: el uso energético de la biomasa de PARP es posible

El grado de penetración de la biomasa de PARP en el mercado europeo es, en general, mucho más bajo que el de biomasa convencional como la madera forestal o como otros agro-residuos como la paja, a pesar del hecho que la madera de PARP está siendo producida periódicamente y está sujeta a prácticas agrícolas para su uso o disponibilidad.

El caso de podas anuales, bianuales o periódicas, el uso energético de la poda agrícola es más bien bajo en Europa [2]. El uso energético de la biomasa de PARP en sistemas modernos de conversión de energía (ej. quemadores, calderas o gasificadores eficientes) normalmente corresponde a menos del 5% de las prácticas de manejo. El uso de leña puede ser relevante localmente en algunas áreas rurales donde las partes más gruesas de la madera de poda son valorizados por parte de los habitantes locales, generalmente no es una práctica muy extendida, en general menos del 20% de utilización final, pero en general su uso puede ser considerado pequeño a escala Europea. El manejo principal de la biomasa de poda es la quema, dejarla abandonada a la orilla del campo o su uso en forma de astillas esparcidas por el suelo de la plantación (ver sección 3.6.2 para más detalles).

Sobre la madera procedente de los arranques, es normalmente producida cuando las cepas, olivos o frutales son arrancados al final de la vida de la plantación. En algunos casos, el final de una plantación se debe a cambios en el mercado alimentario (para cultivar nuevas variedades), por políticas agrarias (para modernización y reconversión de plantaciones) o por otras razones particulares (plagas/enfermedades, manejo de explotación). Como en las podas, la madera de los arranques está infrautilizada en Europa [3,4], aunque el uso tradicional como leña de las partes aéreas del árbol puede ser usual en algunas zonas. En estos casos, el tocón y las raíces, así como las ramas delgadas se desaprovechan. En muchos casos, el árbol entero solo es arrancado, apilado y quemado al aire abierto.

A pesar de esta situación general, hay casos exitosos de cadenas de valor modernas a nivel local o regional basadas totalmente o parcialmente en biomasa de PARP. Más de 20 casos han sido identificados por el proyecto uP_running y han sido registradas en el “Observatorio” uP_running, la herramienta web desarrollada para registrar experiencias de PARP [5] (ver imagen de pantalla en la Figura 1).

Figura 1 Imagen de pantalla del Observatorio uP_running [5] mostrando cadenas de valor identificadas y casos de éxito (hasta Abril 2018) - http://www.up-running-observatory.eu/.

En todas las cadenas de valor registradas, el mayor problema que se ha identificado consiste en el cambio necesario para el manejo de los residuos. Esta es la clave cuando nos enfrentamos al uso de cualquier tipo de PARP: el productor del residuo (que puede ser un agricultor, una cooperativa o empresa productora) debe hacer un cambio en el actual método agronómico y sus tiempos de actuación. Este cambio no siempre es fácil y requiere coordinación con los otros actores de la cadena de valor (ver Figura 2). Por otra parte, los actores de la cadena de valor, como los suministradores de biomasa, gestores de residuos u otros intermediarios, no son conscientes de las necesidades de los agricultores o empresas productoras, y ven la biomasa de PARP como un producto de mercado, sin tener en cuenta el esfuerzo necesario para llevar a cabo el cambio en la gestión de residuos.

Por lo tanto, aunque hay múltiples barreras y dificultades que retienen el despegue del uso de dicha agrobiomasa de residuos leñosos, el primer problema al que dirigirse es encontrar una vía para modificar el manejo actual del residuo de tal forma que sea beneficioso para todos los actores de la cadena de valores, desde el agricultor hasta al consumidor. El dialogo y el entendimiento mutuo es necesario, especialmente donde una nueva cadena de valores no está todavía establecida. Este hecho está remarcado en la Figura 2, donde los papeles principales de los diferentes participantes de la cadena de valor están especificados.

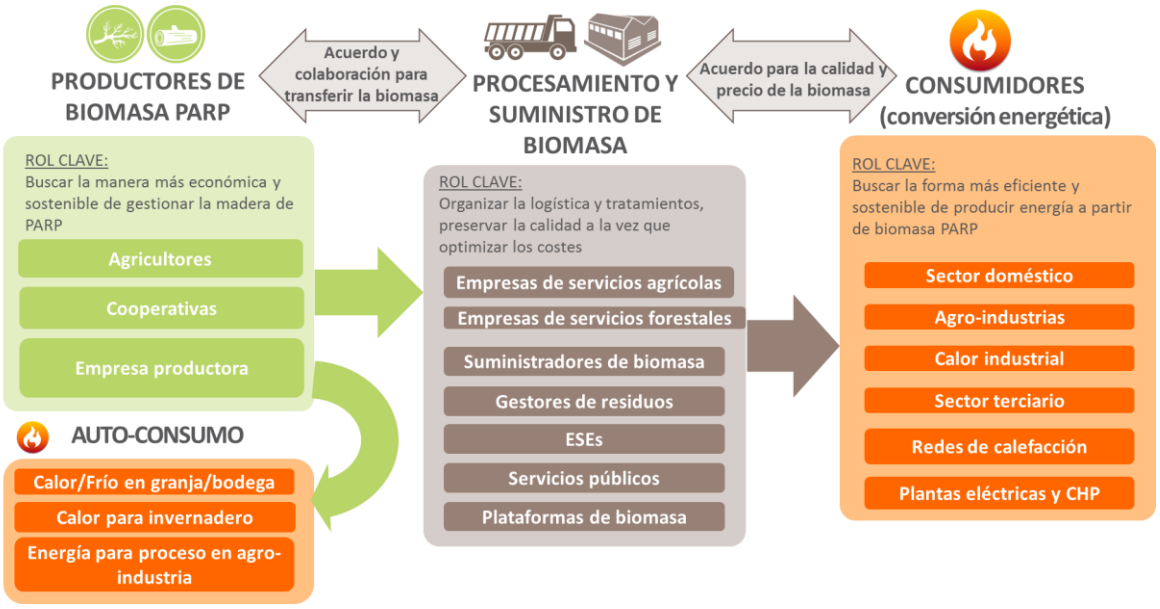

Figura 2: Los tres grupos de actores clave participando en la cadena de valor del PARP: tipos de actores, interrelaciones y roles principales.

Derivado de este hecho, una parte importante del uso actual de la biomasa de PARP todavía está en prácticas de autoconsumo (mostrado en la Figura 2 con una flecha verde curvada), o como leña de PARP producida y consumida localmente en estufas tradicionales o calderas. Ambos casos representan el mayor volumen de biomasa PARP consumido en Europa. Las cadenas de valor modernas, como esas representadas en la Fig. 1 (*ej*., centrales eléctricas funcionando con biomasa de PARP), están mucho menos extendidas. Las siguientes secciones quieren enfatizar las barreras habituales y las lecciones aprendidas, especialmente respecto a la organización de las operaciones de la cadena de valor.

2.2 Si es posible… ¿por qué no se expande más? Barreras y fuerzas impulsoras detectadas

Es verdad que hay algunos casos exitosos del uso de biomasa de PARP para generar energía, aunque también es verdad que promover nuevas cadenas de valor basadas en biomasa de PARP es mucho más difícil que empezar nuevas cadenas de valor basadas en la biomasa forestal u otros tipos de biomasa. Por una parte, hay diferentes factores técnicos que pueden limitar o generar dificultades cuando se empieza una nueva iniciativa para utilizar biomasa de PARP, por ejemplo: disponibilidad de materia, maquinaria eficiente y adaptada, sistema de logística preparados para la dispersión de fuentes de biomasa de PARP o disponibilidad de calderas preparadas para utilizar madera de PARP. No obstante, bajo la visión del proyecto uP_running más allá de estos problemas técnicos **lo que realmente retiene el gran potencial inexplotado de la biomasa de PARP en Europa no son las barreras técnicas.**

Esas barreras no técnicas fueron detectadas mediante **consultas directas con más de 600 representantes** en talleres celebrados en España, Italia, Grecia y Ucrania. UP_running ha ganado mucho conocimiento sobre las barreras frenando el desarrollo del sector de la biomasa de PARP, pero también sobre las fuerzas impulsoras capaces de desbloquear la situación actual. El análisis empezó desde la dimensión local del problema llevando a cabo 19 talleres y 36 entrevistas directas que tuvieron lugar en varias regiones europeas: Aragón (España), Apulia (Italia), Macedonia y Trace

(Grecia), Peloponneso (Greecia) y Vinnytsia (Ucrania). La diferente información y visión recogida se integró en forma de 4 Planes de Acción Regionales, acompañados por un documento agregado desde una perspectiva europea más amplia [3]. Adicionalmente, uP_running ha hecho 7 análisis nacionales basados en información adquirida y visiones de numerosos actores nacionales, finalmente llegando a 7 planes estratégicos nacionales y un plan europeo integrado para la promoción de la biomasa de PARP [4].

En principio, cuando se considera el sector (ver tipos de actores en la Figura 2) con respecto el uso de la biomasa de PARP, se observa que hay **muchas más debilidades que fortalezas**, o en otras palabras, que la posición de los actores de la cadena de valor a participar en nuevas cadenas de valor no está bien desarrollada, y que el sector tiene más déficits que capacidades (oportunidades y amenazas), las **oportunidades se mantuvieron por encima de las amenazas**. Esto habla de muchas historias de éxito y de fracaso. A la luz de múltiples oportunidades un emprendedor en un área debe actuar guiado por su intuición. Luego los emprendedores mirarán otros casos para replicar o deberán pedir consultoría técnica. Prosperar o no depende de la capacidad de diseñar con éxito y poner en marcha la nueva cadena de valor y negocio de biomasa de PARP. Si las decisiones son adecuadas, y si se tiene cura al dirigir la iniciativa y adaptarla a los cambios, entonces la nueva cadena de valor prosperará. La nueva cadena de valor traerá los beneficios esperados a los actores involucrados, generalmente tangibles (ahorro económico, ingresos) e intangibles (marca, imagen, reforzar posición), y así la oportunidad que guio al emprendedor, se materializará.

Desde un punto de vista global, barreras y fuerzas impulsoras pueden estar relacionadas a (a) actitud cultural, (b) conocimiento y tecnología, (c) económico e financiero, o (d) gobierno y política. La Figura 3 representa algunas de las barreras más importantes y fuerzas impulsoras identificadas en el marco nacional de varios países europeos. Lo que se puede encontrar en muchos países es un interés general en algunas de las fuerzas impulsoras representadas mientras que en términos prácticos no hay mecanismos o instrumentos que favorezcan el uso de PARP en línea con dichos intereses. Algunas de las fuerzas impulsoras pueden disparar por sí solas un cambio repentino en los paradigmas nacionales, ej., un crecimiento sostenido de los precios de los combustibles fósiles o una iniciativa pública para utilizar la biomasa de PARP.

Figura 3: Sumario del potencial de fuerzas impulsoras y barreras que afectan el desarrollo del uso de la biomasa de PARP en el marco nacional [3]

Bajo la ausencia de fuerzas impulsoras relevantes. Rompiendo la situación a escala nacional puede llegar a ser complejo, la situación está atascada en un círculo vicioso como muestra la Figura 4. A escala local, cuando se trata de empezar una nueva cadena de valor, el problema del huevo y la gallina también se debe resolver: un consumidor que está interesado en biomasa de PARP no encontrará proveedores y tendrá muchas incertidumbres y riesgos. Cuando un productor de biomasa decide recoger madera de PARP no tiene fácil encontrar consumidores y variabilidad en la calidad y propiedades de la biomasa de PARP. Adicionalmente, no encuentran modelos a seguir, mientras que es difícil de obtener un consejo informado.

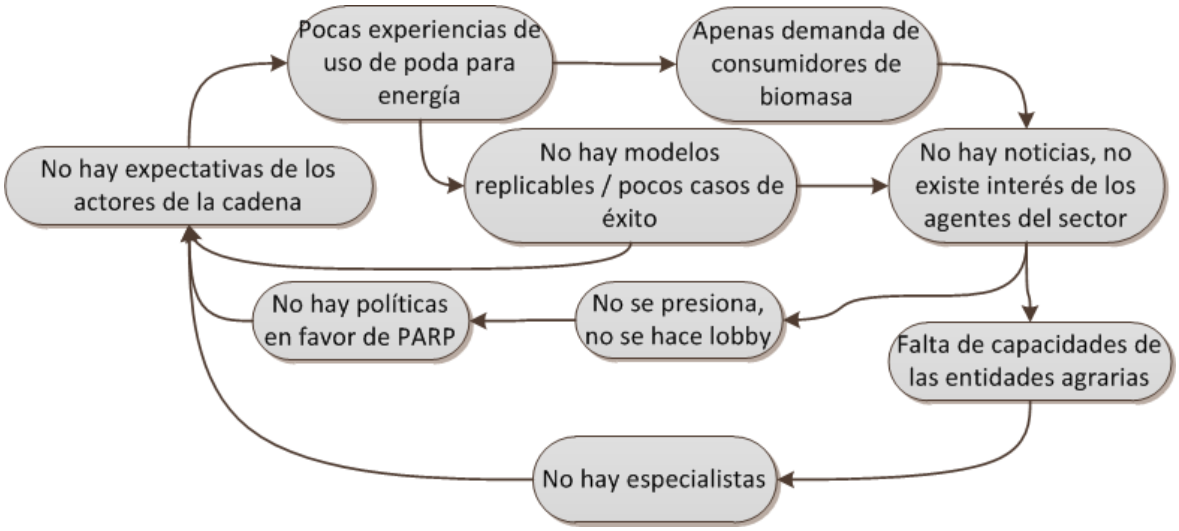

Figura 4: El problema circular encontrado a escala nacional cuando la biomasa de PARP se intenta promover (basado en [1])

3. Entendiendo las cadenas de valor de PARP

3.1 Dispersión y productividad de biomasa PARP
3.2 La biomasa PARP como combustible
3.3 Cómo recoger y movilizar la madera de poda
- 3.3.1 Preparar la madera de poda antes de la recolección
- 3.3.2 Arrastrar las ramas y triturar / astillar / empacar en la orilla del campo
- 3.3.3 Recogida con triturado / astillado / empacado integrado
- 3.3.4 Pre-poda con triturado / astillado integrado
- 3.3.5 Pros y contras de los diferentes métodos de recolección

3.4 Cómo recoger y movilizar la madera de los arranques
- 3.4.1 Arranque del árbol entero, triturado y procesado
- 3.4.2 Apeo y posterior triturado / picado / astillado
- 3.4.3 Apeo con triturado / astillado integrado
- 3.4.4 Manejo de tocones
- 3.4.5 Pros y contras de los distintos métodos de recogida para madera de arranques

3.5 Transformar la biomasa PARP en energía
3.6 Uso de la poda y sostenibilidad
- 3.6.1 Calidad del aire y contaminantes de la biomasa PARP
- 3.6.2 Uso como enmienda orgánica del suelo
- 3.6.3 Emisiones de gases de efecto invernadero
- 3.6.4 Comentarios finales para la toma de decisiones

3 ENTENDIENDO LAS CADENAS DE VALOR DE PARP

3.1 Dispersión y productividad de biomasa PARP

Recoger la madera de la poda de los árboles de las plantaciones pone una serie de dificultades a la logística debidas a varios factores:

1) su dispersión en el territorio,

2) la medida y diseño de las plantaciones;

El tamaño y diseño de las plantaciones así como su dispersión territorial son los dos primeros factores a ser considerados. En muchos casos, las viñas, olivares y frutales están organizadas en pequeñas parcelas esparcidas en el territorio. En varios casos (por ejemplo, olivares y viñedos del sur de Europa) el terreno tiene fuertes pendientes y características que pueden limitar la capacidad de la maquinaria para operar. Puede haber un excesivo tiempo de maniobra debido al simple hecho que la maquinaria debe operar en un campo con la presencia de árboles que no deben ser dañados. Finalmente, mover maquinaria de campo a campo requiere un tiempo adicional. Además, para movilizar grandes volúmenes de biomasa, es necesario involucrar un gran número de agricultores y plantaciones, que incrementa los costes de coordinación y logística. Los agricultores normalmente quieren retirar rápidamente los residuos del campo; el riesgo es el siguiente, cuando hay retrasos debidos al tiempo o a la falta de disponibilidad para recoger la biomasa de PARP, los agricultores o directores de plantaciones pueden optar en retirar los residuos de manera habitual, por ejemplo, quemándola al aire libre o picándola, etc.

Un tercer factor que condiciona la organización del suministro de biomasa de PARP es el hecho que la producción de biomasa por hectárea es muy baja en comparación a la biomasa forestal, y así los costes de extracción, transporte y procesado aumentan. La productividad de la biomasa de PARP tiene un rango entre 0,5 y 10 t/ha en materia seca. Las producciones más bajas corresponden a podas anuales de cultivos en zonas secas sin riego. La poda anual de cultivos en zonas de buenas condiciones climáticas y agronómicas pueden normalmente producir entre 0,5 a 2 t/ha (de materia seca). La poda bianual, en caso de olivares puede producir entre 2 y 4 t/ha (materia seca), mientras las operaciones como reformas de árboles pueden producir incluso más cantidad. La productividad producida por arranques puede llegar a las 5 o 10 t/ha de materia seca o incluso superar dichas cantidades. En comparación, los aprovechamientos forestales pueden fácilmente llegar por encima de las 40 t/ha de materia seca de madera.

La productividad de PARP depende de múltiples factores, como describe García et al. 2016 [6]: tipo de cultivo, variedad y edad, forma del árbol, densidad, tipo de poda (prepoda, poda de injerto, mantenimiento, etc.), el clima y condiciones de suelo, y otras operaciones agronómicas relevantes. Como resultado, es desaconsejable utilizar los valores de la literatura estándar cuando se busca una nueva iniciativa. Se recomienda la evaluación mediante medidas directas y un manual está disponible en el Observatorio uP_running [5]. Alternativamente, los datos de la herramienta del Observatorio pueden ser útiles para una aproximación ya que esta plataforma de *google maps* recoge valores productividades de biomasa de centenares de medidas de campo relacionadas con los factores mencionados anteriormente.

3.2 Biomasa de PARP como combustible

PARP de los viñedos, olivares y frutales son unas buenas biomasas leñosas con un buen contenido energético pero con algunas diferencias particulares en comparación a las biomasas forestales. Vale la pena mencionar que varios proyectos han evidenciado dichas particularidades. Por ejemplo, de acuerdo a los resultados de EuroPrunning [7], un kilogramo de biomasa de PARP es equivalente 1,03 kg de biomasa forestal, al mismo contenido de humedad (ver Tabla 1). La diferencia más importante reside en la homogeneidad del tamaño de partícula y forma, así como en el contenido de cenizas.

La astilla forestal de tronco, que representa la de mayor calidad y es un combustible de referencia para varias instalaciones, normalmente tienen un contenido de cenizas alrededor de un 1% de base seca. Este tipo de biomasa no está contaminada con tierra, polvo o piedras, no contiene largos, trocos de rama, hojas ni corteza, que tienen un contenido de cenizas superior que la astilla forestal de tronco. Así la biomasa de PARP necesita calderas con especificaciones superiores con sistemas para retirar las cenizas y para limpiar los gases de escape.

De acuerdo con EuroPruning [7], S2Biom [8] and Biomasud Plus [9] La madera de PARP contiene entre un 3 y un 5% de cenizas (en base seca). No obstante, dependiendo del manejo, este contenido de cenizas puede llegar al 10% o más (en base seca). Este es el caso de las podas que se sacan de los campos con tractores equipados con horquillas delanteras. Entonces, el contenido de materia inorgánica debida a la incorporación de piedras y tierra puede generar problemas en los sistemas de combustión (ej. bloqueos de parrillas, incremento de emisiones de partículas, etc.).

Tabla 1 Características de diferentes tipos de PARP después de la recolección mecánica (recolectado con triturador integrado) y procesamiento (datos de EuroPruning [7]). Comparación con astillas de pino clase B (norma EN-ISO 17225). bh: base húmeda. bs: base seca.

COMBUSTIBLE	Astillas de pino Class B	Poda almendro	Poda Melocotonero	Poda Olivo	Poda Viñedo
Agua (% wt, bh)	**≤ 35.0**	34.4	37.5	27.6	41.5
Cenizas (% , bs)	**≤ 3.0**	4.6	3.7	4.8	3.5
PCI (MJ/kg, bh)	**-**	10.6	10.5	12.5	9.2
PCI (MJ/kg,bs)	**18.2**	17.4	18.3	18.2	17.4

bh. Base húmeda. bs: base seca.

3.3 Como recoger y movilizar la madera de poda

Uno de los retos principales para utilizar la biomasa de los restos de poda para uso energético consiste en encontrar el sistema de recolección más apropiado para dicha biomasa. Los sistemas de recolección afectan a su calidad y así su valor, pero además tiene una influencia directa en la organización de la logística y las siguientes operaciones de manejo. Además, la recolección es una etapa crítica porque puede tener un impacto del 60% de los costes totales para la movilización de los PARP, según en algunos análisis preliminares hechos por el proyecto uP_running.

Para la recolección de la madera producida por las operaciones de poda, se proponen tres configuraciones principales:

1. Transportar ramas y triturarlas/picarlas/embalarlas a la orilla del campo
2. Recolección integrada con el picado/triturado/embalado
3. Prepoda con triturado/astillado integrado

En los dos primeros métodos, la madera de poda se recoge del suelo, mientras en el tercer caso, permite la recolección directa del árbol durante las operaciones mecánicas de poda, en las secciones siguientes, se dan más detalles por cada uno de los métodos de recolección descritos.

3.3.1 Preparar la madera de poda antes de la recolección

Cuando se llevan a cabo operaciones de poda, las ramas retiradas caen al suelo en un círculo alrededor del tronco del árbol. Existen tres escenarios principales, dependiendo en cómo se disponen las podas:

1. Hilerar los restos en el centro entre las hileras de árboles; esta es la opción ideal en casos que se recojan los restos de poda o cuando se pican los restos ya que se minimizaría el trabajo realizado por el tractor.

2. Dejarlos como están y pasar cerca con la máquina de procesado, aunque esto pueda necesitar que la maquinaria tenga que pasar dos o tres veces por cada hilera. Esta opción es también más complicada ya que la presencia de los árboles puede limitar los movimientos de la maquinaria.

3. Recogerlos en pilas en medio de las hileras; esta opción podría ser aceptable si una astilladora estática se emplea.

La preparación de las podas no es técnicamente compleja. Puede llevarse a cabo manualmente o mecánicamente (mediante hileradores). Los hileradores o barredoras de poda están usualmente acoplados al circuito hidráulico de los tractores, montado en la parte frontal o trasera en un lado o en ambos dependiendo (respectivamente) si llevan toda la poda al centro o solo de un lado. Las barredoras normalmente están fabricadas con barras de plástico flexible y resistente, hojas de goma o cables. Algunos ejemplos se muestran en la Figura 5.

Barredora con barras de plástico [11]

Barredora con cuchillas de goma (imagen del proyecto EuroPruning)

Barredora con cables (*acordonador-girolivo.blogspot.com*)

Figura 5: Diferentes tipos de barredoras

La preparación de las podas es una parte crucial del trabajo. Primero de todo, esta operación puede ser facilitada por el agricultor o el director de la plantación. La preparación de la poda puede diferir un poco de los métodos tradicionales del agricultor, así que se puede requerir negociación del manejo de la poda. La correcta preparación de los restos (alineación, ancho de las hileras) tiene un impacto directo en el rendimiento en ha/h (y por consiguiente económico) y en las pérdidas de material no recogido. Hay que recalcar que estas pérdidas tienen un doble impacto en la viabilidad en la recolección de biomasa: Primero de todo, los costes por tonelada son superiores; y en segundo lugar, puede ser que se tengan que hacer operaciones adicionales, probablemente manuales, para retirar los restos que quedan. Esto causa un coste adicional al propietario de la plantación y poner en peligro el ahorro económico del productor de biomasa. O puede resultar en una solución que no está en acuerdo con el agricultor.

3.3.2 Arrastrar las ramas y triturar/astillar/empacar a la orilla del campo

Este método consiste en transportar las ramas fuera del campo, donde se apilan temporalmente. Las ramas pueden moverse manualmente en caso de pequeñas parcelas. En estos casos, las ramas se contaminan parcialmente con tierra y piedras. Cuando el transporte se realiza mecánicamente (tractores equipados con aperos para sacar rama o con un rastrillo), hay presencia de más materiales inorgánicos. En el caso de la viña, puede haber una gran cantidad de piedras. Figura 6 proporciona un ejemplo de este problema.

Figura 6: El transporte de rama puede causar una incorporación relevante de tierra y piedras. Ejemplo de poda de viña después de la retirada con piedras (demostraciones uP_running en España).

Después del transporte a la orilla del campo, las ramas pueden ser cargadas directamente a un camión para ser transportadas al consumidor final o a un centro de gestión o a una plataforma logística. Esta alternativa es viable en usos locales y distancias cortas, ya que las ramas en un camión ocupan un importante volumen[1] y el peso final transportado es bajo en comparación a las astillas o a las pacas (la densidad de los cuales es mucho mayor). Una alternativa es hacer el procesado a la orilla del

[1] Densidad aparente de las ramas 90-120 kg/m^3 (base seca), mientras la densidad aparente de las astillas está entre 200-300 kg/m^3 (base seca).

campo con diferentes equipos de diferente tamaño y potencia, dependiendo de los volúmenes a ser procesado y de la disponibilidad de máquinas o empresas para dar el servicio. El material puede ser triturado en grandes trozos (*ej.*, G150 o G300), puede ser triturado en forma de material heterogéneo (G100 o más pequeño), o puede ser empacado. Las diferentes opciones se muestran en la Figura 7.

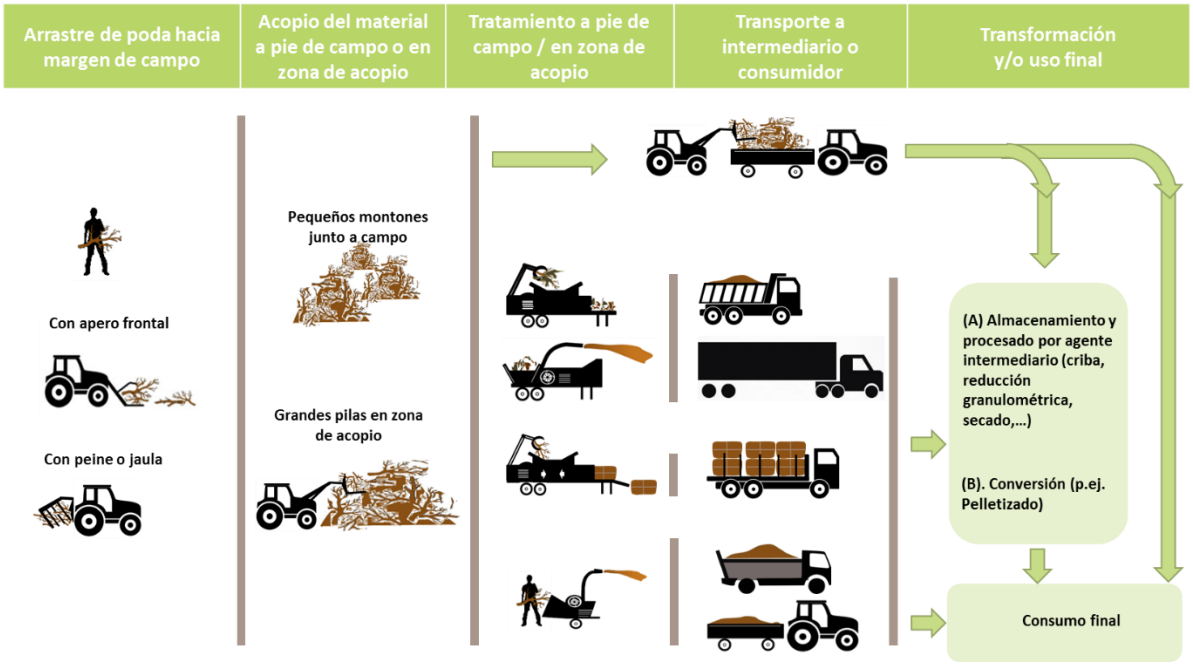

Figura 7: Alternativas para implementar la cadena de valores cuanto las podas se transportan a la orilla del campo

La maquinaria de astillado incluye hojas o cuchillas que se pueden deteriorar rápidamente si procesan madera con inorgánicos abrasivos, como piedras y partículas de tierra. Ya que las ramas están normalmente contaminadas con estas partículas, la aplicación de astillado no es típica para el manejo de podas. Las trituradoras de martillos son las más adecuadas para este tipo de material.

Como ejemplo, uP_running ha hecho varias demostraciones de recolección de podas, mostrando que el transporte se puede hacer apropiadamente. En España hubieron ambos casos de buen y mal transporte. Podas de grandes ramas de melocotoneros fueron transportadas con tractor, apiladas manualmente y su contenido de cenizas fue de un 1,5% (b.s). Este porcentaje es bajo en comparación a la Tabla 1. No obstante en otra experiencia en viña, la cantidad de piedra dentro de las pilas era tan grande, que se necesitaron varias operaciones de limpieza para poder procesar el material con una gran trituradora capaz de gestionarlo.

De acuerdo a la experiencia de uP_running, Los agricultores prefieren este método porque implica menores costes para ellos, no se requieren inversiones, y no tienen que negociar o coordinar con una empresa externa para entrar en el campo (ya que el material está apilado fuera del campo). No obstante, cuando el transporte incorpora grandes cantidades de impurezas, el material que se obtiene no es de buena calidad y necesita operaciones complementarias para separar las piedras, gravas o tierra. Es aconsejable dejar secar la biomasa en pilas antes de tratarla para facilitar su manejo, adicionalmente las lluvias contribuyen a la limpieza de las impurezas recogidas.

3.3.3 Recogida con triturado/astillado/empacado integrado

En este caso, las ramas se recogen del suelo en cada fila del campo. Una operación efectiva para este tipo de aperos es alinear los restos de poda en hileras (tanto manual como mecánicamente, como se

muestra en el apartado3.3.1). Esta maquinaria integra la recogida y tratamiento de la biomasa, puede ser picada, astillada o empacada. El sistema se puede montar en la parte frontal del tractor y así se evita pasar por encima de las ramas (ver Figura 8 casos 'a' y 'b'). No obstante, cuando se monta en la parte trasera, el tractor pasa por encima de las ramas (ver Figura 8 casos 'c' al 'f'). En los dos últimos casos, es recomendable montar protecciones inferiores para no dañar el tractor. Existen algunas máquinas autopropulsada pero no son habituales y no están reflejadas en la Figura 8.

El material recogido y transformado en madera triturada o astillas se envía tanto a un remolque (casos 'a' al 'c'), a un big-bag (caso 'd') o a un deposito integrado (que puede voltear para descargar, casos 'e' y 'f'). en estos casos es importante no descargar en el suelo i (caso 'e'): Afecta negativamente la calidad y los costes del material, ya que se añade la operación de carga desde el suelo. La mejor práctica es la descarga directa a un remolque, contenedor o camión

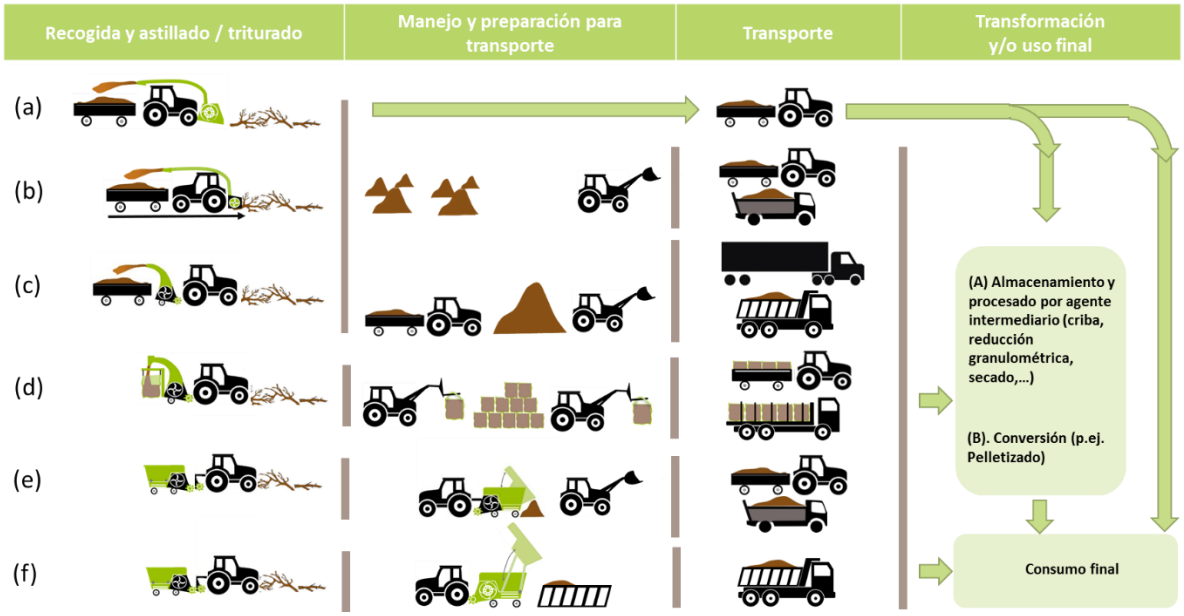

Figura 8: Caminos alternativos para implementar la cadena de suministro con procesamiento en la hilera

Los diferentes implementos mostrados en la Figura 8 están disponibles por diferentes fabricantes y diferentes tecnologías de picado. Los sistemas de picado más simples utilizan martillos sin cribas, y entonces se produce un material heterogéneo que consiste en trozos de rama parcialmente desfibradas. Trituradoras más evolucionadas combinan martillos con cribas y otros sistemas de corte produciendo un material triturado muy fino. Este tipo de sistema es menos común y normalmente más sensible a las piedras y con más costes de mantenimiento. Como positivo, el material producido es más fino que las astillas y es más apropiado para el consumidor final.

Otra opción de sistemas integrados es recoger las ramas del suelo y empacarlas en forma de pacas redondas o rectangulares como se puede ver en la Figura 9. La operación de empacado es tan efectiva como el picado o astillado (permite una velocidad similar de avance). Existen empacadoras comerciales. En la Figura 9, las empacadoras para restos de poda están pintadas en verde. En algunos casos, las podas se pueden empacar con empacadoras convencionales de paja incorporando algunas modificaciones. Estos implementos están pintados en negro en la Figura 9, normalmente las pacas son más irregulares, menos compactadas y más inestables que con las empacadoras específicas para poda.

Respecto a la Figura 9 , como se puede ver, las principales diferencias son el tamaño y la forma de la paca ya sea redonda o rectangular. En el caso de las pacas pequeñas, la carga, el transporte, almacenaje consumen mayor tiempo de manejo. Los sistemas (a) son pequeñas pacas redondas preparadas para podas, especialmente para viñedos. Su uso es apropiado para consumo propio y consumo local (con la ventaja que pueden ser manejadas manualmente). Las pequeñas pacas cuadradas (b) también son apropiadas para podas de viña. Las grandes empacadoras que producen pacas cuadradas (e) o redondas (c) son más apropiadas para producir mayores volúmenes de biomasa o en granjas donde ya hay una caldera que pueda quemar grandes pacas.

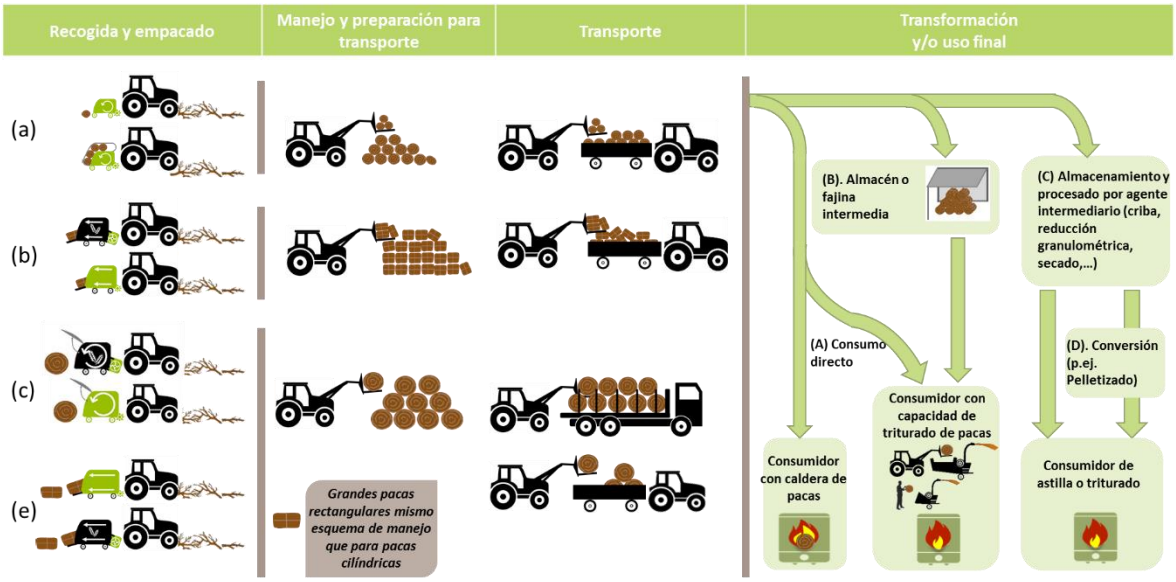

Figura 9: Caminos alternativos para implementar la cadena de suministro con empacadoras

La ventaja de las pacas reside en el mejor almacenamiento y la menor tendencia de la madera a descomponerse cuando se almacena. No obstante, incluye una serie de desventajas que hay que tener en cuenta. Después de producir las pacas, tienen que ser recogidas y transportadas a la orilla del campo; cargas y descargar incluye más tiempo y costes que con la madera triturada o astillada; las pacas de poda se deben picar antes de consumirse. Empacar es una práctica llevada a cabo en algunos casos de éxito como en Domaine Muller (Francia), Cantine Giorgio Lungarotti (Italia) o Wiwnawia (Poland). Para más detalles ver el Observatorio uP_running.

3.3.4 Prepoda con astillado/triturado integrado

Aunque esta última opción no se ha implementado hasta ahora en cadenas existentes, se ha introducido en este monográfico debido a su gran potencial para reducir costes de recolección y sus prestaciones. Cuanto más se modernizan las plantaciones, se incrementa la mecanización y se incorpora en más prácticas económicas [2]. La poda mecanizada es un método extendido en los viñedos, lo que permite cortar una gran parte de los sarmientos. Un intento de implementar un prepodador con el recolector de biomasa ha sido llevado a cabo en el marco proyecto Life+ Vinyards4heat [10].

Otra máquina disponible es una cosechadora autopropulsada capaz de podar y recoger los residuos en una sola pasada en árboles alineados y que se puede aplicar en plantaciones de olivos intensivas. Una barra con sierras de discos está montada en un brazo hidráulico en la parte lateral de la máquina, los discos cortan las ramas y caen sobre una cinta transportadora que alimenta la picadora.

Los implementos mencionados y brevemente descritos en la Figura 10, son soluciones que están en desarrollo y que no están extendidas todavía (aunque comercialmente disponibles como en el caso de Favaretto). Así que por el momento, no hay ninguna cadena de valor basada en este tipo de recolección.

	Prepoda de Viña integrada con recolección y triturado Se ha desarrollado y probado un prototipo probado en el marco del proyecto Vineyards4heat Fuente: Vineyard4heat [10]	
	Prepoda integrada con recolección y triturado con máquina autopropulsada Se comercializa una máquina (Speedy cut) por el fabricante Favaretto. Fuente: EuroPruning [11]	

Figura 10: Ejemplos de maquinara diseñada para realizar la prepoda , recolección y picado de la biomasa

3.3.5 Pros y contras de los diferentes métodos de recolección

La Tabla 2 se da para tener una mejor visión general de los diferentes métodos disponibles para recolectar y tratar la madera de poda de olivo, viña y frutales. Es una comparación ilustrada de las ventajas y desventajas de los sistemas, así como algunos ejemplos existentes de cadenas de valor aplicando cada método de recolección.

Tabla 2 Comparación de los tres métodos de recolección de poda

	Transportar ramas y triturar a la orilla del campo	Cosechadora con trituración/astillado integrados	Empacadora	Prepodadora con triturador integrado
Máquinas auxiliares	• Grapa en pala frontal, cepillo, rastrillo. • Trituradora/astilladora estática (alimentada manualmente o con grúa).	• Trituradora o astilladora enganchada al tractor (montada delante o detrás)	• Empacadora enganchada al tractor • Tractor con pala para el manejo de las pacas	Prepodadora preparada para recoger la poda
Pros	• Facilidad para el agricultor • Las ramas se pueden secar sin fermentar • Una empresa local puede dar el servicio de astillado.	• Contaminación contenida de elementos extraños (piedras, tierra) • Material ya procesados (algunos consumidores pueden ser capaces de utilizarlo directamente)	• Almacenamiento simple • Las ramas húmedas se secan bien en forma de pacas	• Sin costes adicionales (prepoda y recolección integradas) • Sin contaminación (la biomasa no toca el suelo)
Cons	• Contaminación de la biomasa durante el transporte (piedras y tierra).	• Es necesario el barrido o hilerado de los restos de poda • El tiempo de recolección largo • Protección en el tractor para pasar encima de las ramas • La mayoría del triturado entra en degradación • astillado sensible a las piedras • triturado no fino y necesita más procesamiento • En el caso de bigbags, coste adicional de transporte	• Las pacas cambian de forma • menos densidad que las pacas de paja • Pérdida de tiempo en transporte • Necesita picado si el consumidor final no las puede quemar	• Cadenas de valor inexistentes, pocos prototipos y máquinas disponibles • Alto porcentaje de pérdidas durante la recolección
Cadenas de valor existentes[2]	• Pellets la Mancha (ES) • Acciona Miajadas (ES)	• Vilafranca del Penedés (ES) • Fiusis (IT) • La loma (ES), • Sacyr Energía (ES)	• Domaine Xavier Muller (FR) • Cantine Giorgio Lungarotti (IT) • Wienawia (PL)	• Vilafranca del Penedés (ES)

[2] Más información de cada caso en el Observatorio (http://www.up-running-observatory.eu)

3.4 Como recoger y movilizar la madera de los arranques

Los viñedos, olivares y frutales tienen que ser renovado con cierta frecuencia. Ya que las plantaciones de árboles están sujetas a un ciclo de vida corto (10 a 20 años en plantaciones orientadas al mercado), viñas y olivos normalmente tienen un ciclo de vida más largo (alrededor de 30 años para viñas modernas, 40 años para olivos intensivos, o sobre 15 para olivos en plantaciones super-intensivas)

Desde un punto de vista global, los métodos para recoger y movilizar madera de arranques se pueden clasificar en tres aproximaciones diferentes:

1. Arranque de árbol entero, triturado y procesado posterior
2. Cortar los árboles para procesarlos para romperlos, triturarlos o astillarlos
3. Cortado y triturado/astillado integrado

En todos ellos la piedra angular es equipo de triturado o astillado, ya que estos sistemas deben procesar el árbol entero, son sistemas con grande potencia, tanto las astilladoras forestales como las trituradoras industriales. Cuando se selecciona un sistema es fundamental tener en cuenta los siguientes temas:

(1) Transportar el árbol entero no es eficiente, y por eso, exceptuando para distancias cortas, la solución es hacer una primera agrupación del material a un lado del campo. Por otra parte, la logística de las astilladoras y trituradoras de gran capacidad no es siempre posible o simple y los costes son elevados. Así pues, la primera decisión es si proceder al apilado al lado del campo o transportar los árboles enteros a una campa intermediaria donde se pueden procesar de forma óptima

(2) El grado de contaminación con tierra y piedras: Las astilladoras son solo adecuadas cuando se procesa la parte aérea del árbol. Si sus raíces y tocones son incluidas, entonces se debe utilizar un triturador lento o un triturador de martillos

(3) El equilibrio entre el tamaño de partícula y el rendimiento de procesado: Aunque sea interesante realizar los menos pasos posibles, procesar los árboles enteros en materiales finos y regulares, implican más tiempo y costes de procesado. Por lo tanto, aunque el material se tenga que almacenar en algún punto logístico, lo mejor es procesar la madera en campo.

(4) Alimentación de la máquina de procesado: la forma de los frutales u olivos, con ramas abiertas en forma de vaso o ventilador, y con un tronco corto (en comparación a los árboles forestales) dificulta la alimentación de las maquinas. La alimentación es usualmente el cuello de botella de la operación. Una boca de alimentación que no es efectiva puede hacer que el rendimiento sea muy bajo e incremente los costes de la biomasa procesada.

(5) Sistema de salida: idealmente la mejor solución es descargar directamente a un contenedor o a un camión. Al ser lento el procesado, el coste asociado al tiempo de espera del transporte, se debe tener en cuenta. Descargar en el suelo implica dos problemas: el material se debe cargar después (se necesita más maquinaria) así como la contaminación del material por tierra y piedras.

En la siguiente sección se dan más detalles para cada tipo de recolección.

3.4.1 Arranque del árbol entero, triturado y procesado

La operación típica que se realiza durante el arranque de una plantación, consiste en utilizar buldóceres o excavadoras. Los residuos normalmente se apilan para ser desechados o quemados al aire libre para ser eliminados.

Esta práctica obtiene la madera del árbol entero (ambas la parte aérea, el tocón y parte de las raíces). El material se debe apilar en campo, y luego ser transportado a granel a la planta de proceso (Figura 11.a) o tratada "in situ" (Figura 11.b). Como el material contiene elevadas cantidades de tierra y piedras enganchadas en la madera y por el apilado, se recomienda sacudir los árboles antes de triturarlos.

Exceptuando en el caso que el material procesado es directamente es enviado al consumidor final con capacidad de usarlo directamente o de procesarlo (Figura 11.c) el material debe ser transportado a un punto intermediario (centro logístico de biomasa) dónde se puede cribar y refinar. En general la madera producida con este esquema es de mala calidad en comparación a los métodos donde se separa la parte aérea del árbol está tratada separadamente.

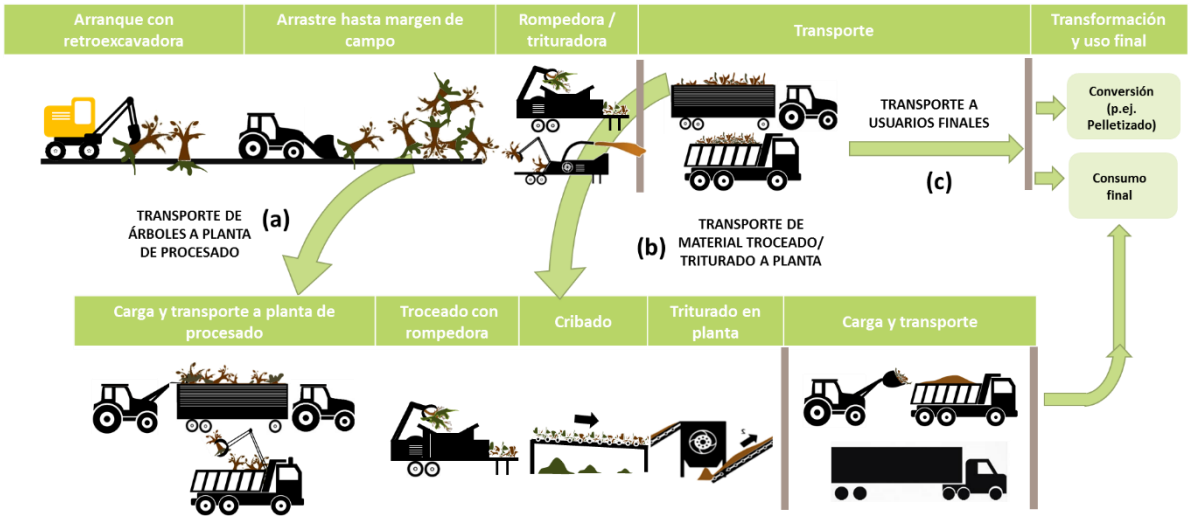

Figura 11: Caminos alternativos para implementar una cadena de suministro de madera de arranques cuando se arranca el árbol entero.

3.4.2 Apeo y posterior triturado/picado/astillado

Una opción para reducir la necesidad de hacer más procesos a parte de las realizadas en el campo, mejora la calidad de la biomasa, y así, se puede tener un producto más competitivo, consiste en procesar la parte aérea del árbol. Los árboles se pueden cortar manualmente por los agricultores o trabajadores con motosierras, o mecánicamente con discos de corte o cizallar montadas en un brazo hidráulico (ver Figura 12). Este método deja los tocones en el campo. Tiene la desventaja de la operación de roete, que añade un coste comparado con el arranque descrito en la sección anterior.

Como se muestra en la Figura 12 se disciernen las tres principales alternativas:

(a) Una vez los árboles se han cortado, pueden ser procesados directamente sin transporte. La ventaja principal es la mejor calidad de la madera, ya que no ha sido transportada por el campo. La opción (a.1) consiste es una picadora/astilladora de gran potencia acoplada a la toma de fuerza del tractor. El sistema puede necesitar en algunos casos el alineado de los árboles, que incluye un aumento de costes de preparación. El caso (a.2) consiste en un tipo

de tren de procesado, donde un tractor tira de la picadora forestal y un remolque grande, el tren se mueve a lo largo de la fila y se alimenta la trituradora con una grúa. El principal problema es encontrar una picadora capaz de alimentar el árbol entero. Si la grúa tiene que empujar el árbol para que la picadora lo pueda procesar, el rendimiento productivo baja en picado. Los dos sistemas producen una biomasa que puede ser directamente enviado al consumidor final; la alternativa es enviarlo a un almacén por si se quiere darle algún tratamiento más.

(b) Otra opción es el transporte directo de la parte aérea entera de los árboles a la planta de procesamiento. Esta práctica es posible en distancias cortas. Normalmente los árboles enteros están parcialmente rotos y pierden su forma original cuando son arrancados con buldóceres y excavadoras, esto permite que se pueda reducir el volumen y aumentar la cantidad transportada en remolques y contenedores. No se requiere cribado si no se han apilado mal los árboles.

(c) Una tercera opción es astillar o triturar (c.1) o machacar (c.2) en campo. El astillado solo se puede considerar cuando el apilado se realiza con cuidado y no hay ni piedras ni tierra. El material puede ser enviado a los consumidores finales o a un centro logístico en caso que se quiera refinar.

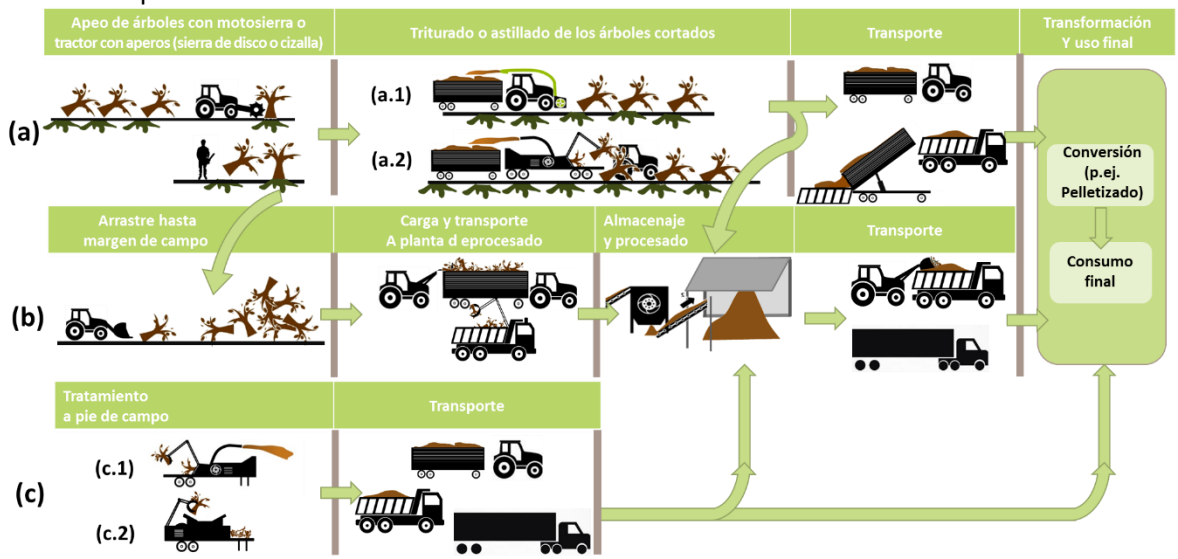

Figura 12: Caminos alternativos para implementar cadenas de suministro de maderas de arranque cuando se cortan los árboles para obtener la parte aérea del árbol

3.4.3 Apeo integrado con triturado/astillado

Una alternativa para optimizar el procesado es llevar las operaciones a una sola etapa (ver Figura 13). El proceso requiere un tractor de alta potencia con una trituradora de alta potencia instalada en la parte frontal. Mientras el tractor avanza en la línea de árboles, estos se doblan o se rompen y la trituradora lo tritura entero. De forma similar a la operación con las astilladoras forestales o grandes trituradoras, requieren una gran inversión. La diferencia más importante es que en el proceso de dos etapas, los actores de la cadena de valores del entorno puede que ya tengan las máquinas necesarias y para el uso en arranques y se puede utilizar la maquinaria más horas y amortizarlas antes. En el caso de un solo paso, es extraño encontrar un actor local que tenga la maquinaria disponible para el trabajo, es el mayor cuello de botella del proceso.

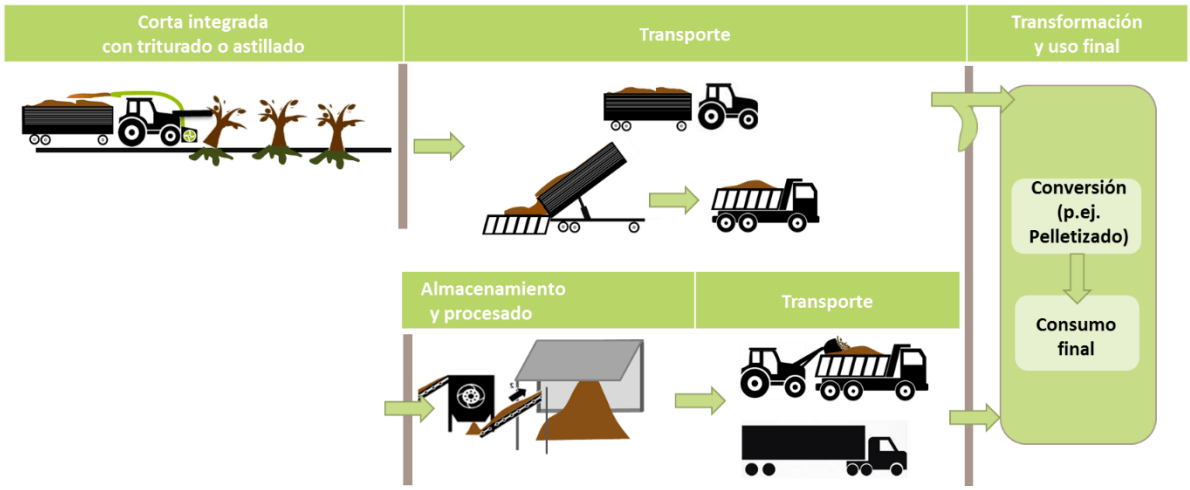

Figura 13: Caminos alternativos para implementar la cadena de suministro de la madera de arranque cuando se utiliza un sistema integrado de apeo y triturado.

3.4.4 Manejo de los tocones

Los tocones y las raíces se quedan en el campo cuando solo se retira la parte aérea del árbol. Los agricultores normalmente tienen que retirar estas partes del árbol que restan en el suelo para realizar una nueva plantación. Actualmente se queman en los campos y los agricultores prefieren que sea el árbol entero porque si no hay madera limpia, los tocones solos cuestan de quemar.

Una opción es integrar un servicio de corta y tratamiento de la parte superior con el destoconado y limpieza del suelo. En este caso, el agricultor se libera de las operaciones descritas anteriormente. Los costes de dicho trabajo aumentan por el servicio prestado, y puede ser que tenga un pequeño coste para el agricultor que todavía seguiría ahorrando costes comparado con el sistema actual de arranque.

El diagrama es similar al caso de arranque de árbol entero como se explica en la sección 3.4.1. La Figura 14 muestra la organización de la cadena de valor.

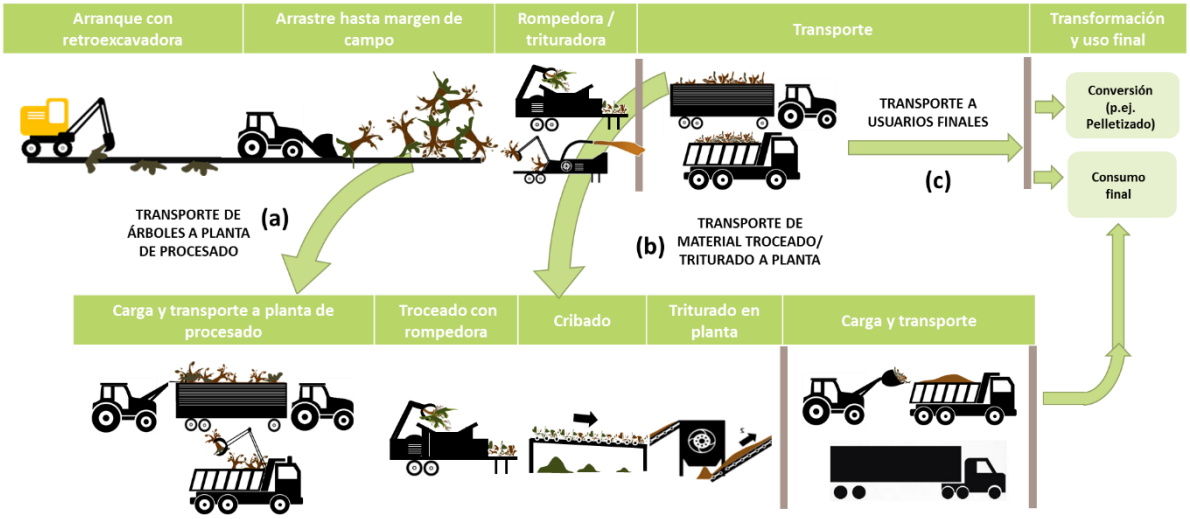

Figura 14: Caminos alternativos para la obtención de madera de raíces y tocones

3.4.5 Pros y contras de los distintos métodos de recogida para madera de arranques

Las ventajas e inconvenientes de los diferentes métodos se han presentado en las secciones previas. En la Tabla 3 se resumen las técnicas anteriormente descritas. Tal y como se observa desde la Figura 11 a la Figura 13, hay varias opciones para llevar a cabo el suministro. La Tabla 3 presenta las ventajas e inconvenientes generales, excluyendo la opción específica de transportar los árboles enteros a una planta de procesamiento local.

Tabla 3: Comparación de los métodos de recolección para la madera de arranques

	Arranque, triturado y procesado de árbol entero	Cortar el árbol para ser procesado por triturado o astillado		Corta y triturado integrado
		(a) Astillado/triturado sin transporte previo	(c) Procesado en campo con astilladora o trituradora	
Maquinaria necesaria	• Retroexcavadora/ giratoria/buldócer para arrancar y apilar • Gran trituradora para operar en campo	• Corta: con motosierra (manual) o tractor o máquina (discos de corte o tenazas hidráulicas. • (a.1): Tractor de gran potencia y gran trituradora o astilladora frontal • (a.2): Tractor y astilladora forestal con brazo hidráulico	• Buldócer o excavadora par arranque y apilado • gran trituradora o astilladora en campo	• Tractor de alta potencia and gran trituradora montada delante
Pros	• Arrancado y apilado con las maquinas utilizadas actualmente • Fácil de llevar a cabo	• Árboles no contaminados con tierra/piedras • (a.1) No necesita telescópica para alimentar la trituradora • (a.2) Puede usar trituradoras/astilladoras para trabajos forestales disponibles en la zona	• Se pueden utilizar astilladoras y trituradoras disponibles en la zona • Operación en campo alimentando de una gran pila optimizando el rendimiento (t/h) • Si los tocones se deben eliminar, deben ser procesados al lado del campo	• Sólo se lleva a cabo una operación • El rendimiento en t/h es elevado • El material obtenido no está contaminado con piedra/tierra
Contras	• Biomasa contaminada con piedras y tierras • Un proceso de cribado o limpieza es necesario, usualmente se necesita un triturado de refinado • Procesar la madera con elementos extraños acelera el deterioro de cuchillas y martillos • Si el apilado se hace con cuidado aumentan los costes	• La corta significa un coste importante • Los tocones se dejan en campo. El propietario puede exigir su retirada • (a.1) requiere una gran inversión en una trituradora o astilladora • (a.1) puede necesitar un alineado de los árboles antes de procesar • (a.2) la astilladora o picadora no están bien preparadas para ser alimentadas con frutales • (a.2) el tren de procesado puede ser demasiado largo • Si se deben procesar los tocones, es necesaria otro tipo de maquinaria	• La biomasa apilada no de puede procesar con astilladora porque daña las cuchillas • El material requiere más procesado (cribado, retriturado) • El proceso de material con tierra y piedras aumenta el desgaste de cuchillas y martillos • En caso de triturar la biomasa al suelo se necesita una operación adicional de carga	• Se dejan los tocones al suelo, el propietario puede pedir su retirada • Gran inversión en picadora I tractor • No es un sistema disponible comercialmente, puede requerir otras operaciones previas
Cadenas de valor existentes[3]	• ENCE (ES) • SOLAMUR (ES)	• EuroPruning demo [19]	• NUFRI (ES)	
uP_running demos	• GRUYSER-ECOADESO (ES)		• GRUYSER-ECOADESO (ES)	

Resumiendo, la opción de transportar el árbol entero o la parte aérea a la planta de proceso tiene como ventajas: evitar el transporte de maquinaria cara al campo, simplificación de las operaciones en el campo, fácil manejo (agricultores y empresas locales pueden hacer el trabajo). Pero también tiene una serie de restricciones: transporte no eficiente y costes más elevados. Esta práctica puede

[3] Se puede encontrar más información en el Observatorio (http://www.up-running-observatory.eu).

ser considerada como una alternativa posible para un suministro local de biomasa a un centro de procesamiento en la zona.

El proceso de tocones también se debe tener en cuenta. Los métodos para recoger las partes aéreas, como se observa en la

Tabla 3, tiene como desventaja la falta de retirada y tratamiento de tocones. Agricultores o propietarios necesitan eliminar toda la plantación, no sólo la parte aérea. En este caso, arrancar los tocones, transporte, procesado o eliminación, suponen un sobre coste. Si no se obtiene beneficio vendiendo el producto, se tendría que suplementar con una aportación del agricultor por los servicios prestados.

3.5 Transformar la biomasa de PARP en energía

El último paso para producir energía de la biomasa de PARP es la transformación final del combustible a calor y/o energía eléctrica. La energía química contenida en la biomasa de PARP se obtiene normalmente por una conversión termo-química en sistemas como quemadores, calderas, gasificadores, etc. El uso tradicional de la biomasa de PARP estaba limitado al consumo propio en pequeños aparatos de calefacción. Aunque aún es relevante, hay nuevas aplicaciones modernas y nichos de mercado que han emergido en algunos lugares: Calefactar edificios municipales, calefacción de granjas o procesos industriales. Además, la biomasa de PARP puede también ser mezclada en grandes plantas termoeléctricas para reemplazar parte de la biomasa o del combustible fósil normalmente utilizado, como se puede ver con más detalle en las cadenas de valor registradas por el proyecto uP_running [12-13]. Normalmente se utilizan sistemas de parrilla o sistemas de lecho fluidizado en algunos casos.

Estas instalaciones de combustión típicamente tienen los componentes siguientes como se muestra la Figura 15: suministro de biomasa; almacenamiento de biomasa; sistema de alimentación; sistema de conversión de energía (quemador e intercambiador de calor); sistema de retirada de cenizas; depurador de gases; chimenea; control de sistema y sistemas de seguridad. Comparado con las instalaciones basadas en biomasa de pellets o astilla forestal como combustible, las instalaciones de biomasa de PARP son diferentes en los tres aspectos siguientes: el sistema de alimentación, la tecnología del quemador y el sistema de retirada de cenizas. Más detalles se dan en el apartado Transformar energía:

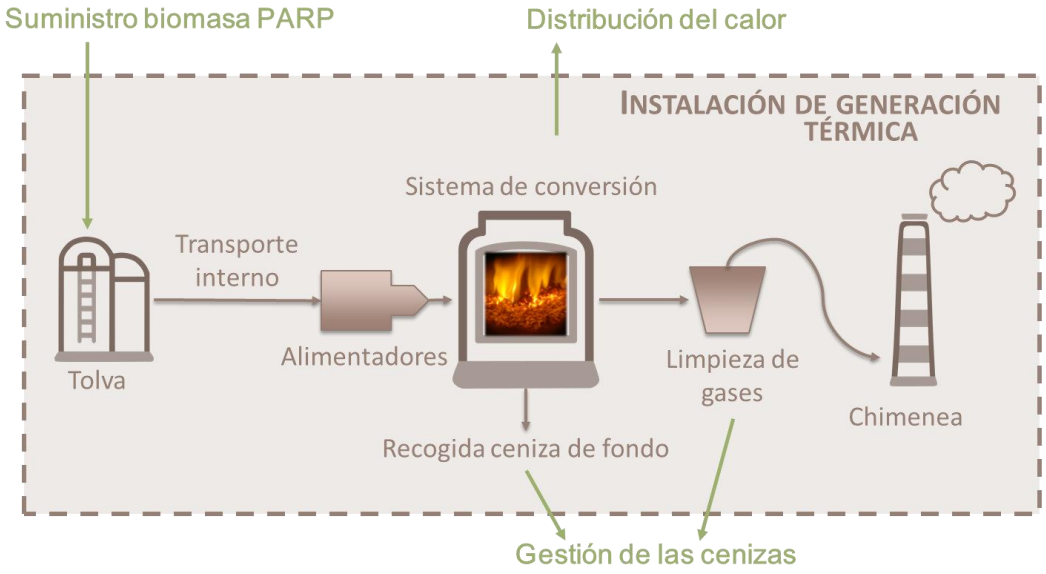

Figura 15: Esquema de una planta de generación de calor con biomasa

Como resumen de los sistemas de conversión utilizados en iniciativas descritas por los proyectos EuroPruning y uP_running, Las diferentes tecnologías que se han aplicado hasta ahora de resumen aquí abajo:

- Pequeñas calderas, con parrilla fija de acero inoxidable: un ejemplo es la caldera de 45 kW Guntamatic POWERCORN que funciona con poda de viña en "Domaine Xavier Muller" (Francia).
- Calderas de tamaño medio, con parrilla fija y un sistema de alimentación robusto: varias calderas Heizomat funcionan con restos de poda municipal en Calpe (ver Figura 16), podas de viñedos en Vilafranca del Penedés (España) u otros residuos de poda en Alemania.
- Calderas de tamaño medio, con parrilla móvil y completamente automática: un ejemplo es la caldera de 130 kW_{th} HERZ Firematic, funcionando con una mezcla de astilla forestal y astillas de restos de poda en las Cavas Vilarnau. Como se puede ver en la Figura 17, la instalación está realizada dentro de un contenedor marítimo, al lado de la bodega. En Ucrania, la empresa ITC Shabo produce vapor de la poda de viña en una caldera de 1,16 MW del fabricante ucraniano Kriger.
- Grandes calderas con parrillas móviles: diferentes ejemplos surgen, como los de L.Solé con una caldera de vapor de 4 MW_{th} instalada a Bodegas Torres (Espña), que opera con una mezcla de astilla forestal y podas de viña; El ORC (Organic Rankine Cycle) instalado en la planta eléctrica en Fiusis (Italy) que quema podas de olivo en una caldera Uniconfort (ver Figure 18) genera 1 MW_e en una turbina Turboden; y las calderas Standardkessel operando en las plantas eléctricas de Sacyr Energía que funcionan con orujillo de oliva y poda de olivo (España).
- Otros fabricantes de calderas como OKO-THERM, LASIAN, Hargassner o Fröhling (a pequeña y media escala) y BINDER, Compte-R, SUGIMAT o LIN-KA (a media y gran escala) también dicen que están preparados para construir calderas que aprovechen la biomasa de PARP.

- Finalmente, la biomasa de PARP se puede quemar mezclada con otras biomasas en lechos fluidizados, como por ejemplo en la planta de ENCE (Huelva, España).

Las tecnologías de combustión diseñados para funcionar con biomasas convencionales (pellets o astillas forestales) han sido modificados para funcionar con un mayor contenido de cenizas y biocombustibles heterogéneos, pero estos cambios no han comprometido la viabilidad tecno-económica de dichas instalaciones, como se demuestra por la existencia de las iniciativas ya mencionadas.

Figura 16: Calefacción de una piscina en Calpe (España) con PARP. Modelo de la caldera RHK AK300 de HEIZOMAT

Figura 17: Contenedor con una caldera HERZ Firematic (130 kW) instalada en las Cavas Vilarnau para suministrar calor

Figure 18 Caldera UNICONFORT instalada en la central de Fiusis (Italia) que quema poda de olivo para producir CHP

3.6 Uso de las podas y sostenibilidad

La utilización de la biomasa de PARP para energía incluye una serie de ventajas respecto el uso de combustibles fósiles que son evidentes: reducción de la presión sobre las reservas de combustibles fósiles, reducción de la dependencia de la energía y un impacto positivo en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

No obstante, el uso actual de la biomasa de PARP para energía puede estar sujeta al descrédito por algunos problemas ambientales como: generación de emisiones de gases y polución local, desplazar el uso de los PARP para enmienda orgánica para el suelo, o capacidad insuficiente para suprimir las emisiones de CO_2. Aunque estos problemas están basados en argumentos fundados, su generalización es normalmente incorrecta. Las secciones siguientes tratan de dar claridad en la sostenibilidad del uso de biomasa de PARP para energía.

3.6.1 Calidad del aire y contaminantes de la biomasa de PARP

La biomasa puede ser una fuente de contaminación si se utilizan sistemas de combustión obsoletos y rudimentarios. Por ejemplo, el uso tradicional de biomasa de PARP como leña puede ser origen de polución. Lo que es más, calderas obsoletas o sistemas de calefacción no regulados y no monitorizados pueden ser fuente de contaminación. No obstante, los modernos sistemas de combustión, están desarrollados para hacer una combustión apropiada de la biomasa y así la biomasa de PARP puede ser quemada en equipos preparados para ella. En sistemas de gran escala, las emisiones de aire están monitoreadas y las unidades están equipados con sistemas de limpieza de gases.

También se discute que, debido a los productos fitosanitarios, la madera de PARP está contaminada con elementos peligrosos, y por eso no debería ser quemada. Hallazgos del proyecto Biomasud Plus [9], En el cual se realizó un extenso muestreo de restos de poda de olivos y viña, verifican que el único elemento encontrado en grandes cantidades en la biomasa de PARP comparado con la biomasa forestal es el cobre[4], que proviene de los fungicidas utilizados en los cultivos permanentes. No obstante, se puede discutir si la mayor presencia de cobre no tiene un impacto significante en las emisiones de aire por las razones siguientes:

- El cobre es un elemento no volátil, así que no se espera que contribuya al aumento de las emisiones de Partículas (PM) (en particular PM1 o PM2.5).
- El cobre generalmente facilita la transformación de dioxinas en presencia de cloro. No obstante, en las calderas de biomasa modernas, la temperatura que alcanzan los gases de escape es suficiente para destruir cualquier dioxina formada.
- Finalmente, el contenido de cenizas de la biomasa de PARP es más elevado que el de la biomasa forestal. Por lo tanto, el porcentaje de cobre en las cenizas no sería tan elevado como se podría pensar.

El contenido de cobre en la biomasa de PARP puede ser reducido si el material es lavado mediante lluvias cuando se deja en el campo.

[4] La concentración media de cobre en las muestras de podas de olivo y viña se encontró entre 20 y 16 mg/kg en base seca, comparado con los 10 mg/kg que son el límite establecido en las normas ISO para pellets y astillas de madera.

3.6.2 Uso como enmienda orgánica

La utilización de la madera de podas como una enmienda orgánica para mejorar las propiedades del suelo es una práctica extendida en muchas áreas en Europa, principalmente en países no Mediterráneos por ejemplo Alemania, Francia, Eslovenia, Eslovaquia, Polonia o Ucrania [2]. Un cambio de práctica de la poda al suelo o la poda por energía puede parecer insostenible desde la perspectiva de la preservación de la calidad del suelo. Para esclarecer el tema, los hechos siguientes deben ser considerados:

- La madera de PARP está desequilibrada en su composición de C/N: los suelos son ecosistemas vivos, añadir materia orgánica implica una activación del suelo. La materia orgánica es asimilada por los organismos vivos del suelo y transformados en nuevos productos; parte del carbono es liberado a la atmosfera mientras otra parte es estabilizado y contribuye al humus y mejora la estructura y fertilidad del suelo. No obstante, debido al desequilibrio C/N, integrar madera de PARP puede causar un bloqueo temporal del nitrógeno disponible del suelo, que es utilizado por los microorganismos en vez de asimilar la materia orgánica añadida.

- La madera de PARP transformada causa emisiones de CO_2 y N_2O a la atmosfera: La madera de PARP integrada en el suelo se descompone y causa emisiones (ver más detalles en la sección Emisiones de gases de efecto invernadero). De toda la materia seca, alrededor del 15% puede llegar a ser humus (de acuerdo a los coeficientes de humificación).

- Añadiendo biomasa como cobertura del suelo, sin integrarla en el suelo, solo tiene un efecto residual a la materia orgánica del suelo.

- La utilización de la biomasa de PARP como enmienda del suelo no es por si sola la solución para aumentar la materia orgánica del suelo, o para mejorar su calidad. Hoy otras prácticas agronómicas complementarias y más relevantes: aplicación de estiércol o compost, mantenimiento de cobertura verde segada varias veces por año, o reducción de laboreo.

- El uso de biomasa de PARP como enmienda del suelo sólo es posible si no hay riesgo de enfermedades y propagación de plagas. Si el área bajo consideración está amenazada por el barrenillo del olivo, *Xylella fastidiosa* (que afecta almendro y olivo), o enfermedades fúngicas de la viña (mildiu, botrytis, oidio) entonces sacar los PARP del campo es la única salida para los agricultores.

Viendo los argumentos anteriores la biomasa de PARP puede jugar un papel importante en la preservación y la mejora de los suelos agrícolas. Algunas indicaciones que pueden seguirse han sido dadas por el proyecto EuroPruning [14-15] como se expresa en la Tabla 4.

Tabla 4: Recomendaciones de EuroPrunning dónde la madera de poda se debería dejar en el suelo de acuerdo con los resultados obtenidos en su investigación en suelos de España, Francia y Alemania.

Las podas no se deben retirar si:	• No hay cobertura vegetal > 80 % entre árboles (inter-filas) puede establecerse y (a) la estructura del suelo es pobre y tiende a la compactación o eliminación de la superficie (b) Los suelos son propensos a la erosión y no hay alternativas para evitar la erosión (c) La tierra con mal drenaje / condiciones anóxicas
	• Sin cubierta vegetal > 15 t/ha-1 año-1 biomasa fresca (3 t/ha-1 año-1 masa seca) se puede establecer y el contenido en carbono es bajo.
Medidas específicas	• caso (a) o (b): Las podas deben ser trituradas y utilizadas como capa superior. • Case (c): Las podas deben ser trituradas y incorporadas en el suelo.

Se debe hacer una mención especial a los países Mediterráneos donde en áreas de bajas precipitaciones anuales la cobertura vegetal espontánea es ausente o parcial, y donde los suelos agrícolas se laborean (para evitar competencia hídrica entre la hierba y el cultivo). Este hecho hace que los suelos estén más expuestos a la erosión y a un descenso en su materia orgánica. Así pues, esas áreas deberían ser objeto de un cuidado especial. EuroPruning [16] en colaboración con el proyecto S2Biom [17] y sus estudios en sostenibilidad del suelo a escala europea, establecieron que los suelos Mediterráneos en cultivos permanentes presentaban unos bajos contenidos de carbón orgánicos. En estos casos, la cobertura vegetal puede ser un método muy efectivo para preservar y aumentar la materia orgánica en los suelos.

3.6.3 Emisiones de gases de efecto invernadero

El uso de la biomasa de PARP para energía lleva una cuestión en comparación para su uso como enmienda orgánica: ¿es una práctica realmente amigable con el medio ambiente considerando el efecto actual en gases de efecto invernadero desde una perspectiva de ciclo de vida? Normalmente se dice que el uso de PARP como enmienda recicla los nutrientes con la materia orgánica; así, se puede reducir el uso de fertilizantes sintéticos. Por eso se puede decir que si se utiliza la biomasa para energía, se pierde la oportunidad de reducir el uso de fertilizantes.

El Análisis de Ciclo de vida (ACV) es una metodología desarrollada para comparar los impactos ambientales de varios productos o servicios, contando toda su vida útil: desde la extracción de la materia prima, pasando por el procesamiento del material, manufactura, distribución, uso, mantenimiento y reparación, desecho o reciclado. En el caso de la madera de podas, se hizo un estudio realizado por el proyecto EuroPrunning [16], comparando el ACV de la poda para energía y la poda como enmienda del suelo.

Los resultados de EuroPruning (ver Figura 19) revelan que en términos de impactos de cambio climático, fue mejor el camino poda para energía. En el caso de la poda como enmienda incluye una serie de emisiones (como se midió en parcelas EuroPruning en 3 países). En el caso del camino de poda para energía es necesario compensar los efectos que se habrían obtenido mediante la alternativa poda al suelo. Como se observa, el impacto es bajo, ya que la contribución de los nutrientes al suelo es muy baja, y así que la sustitución de fertilizantes sintéticos también es baja. En cambio, la poda para energía lidera la reducción de consumo de combustibles fósiles, y por eso se produce una reducción directa y grande de Gases de Efecto Invernadero. En el caso de las podas de olio, el uso de energía es 6 veces más efectivo que su uso como enmienda del suelo. En otras palabras, desde el punto de vista de emisiones globales, el uso de poda para energía es muy efectivo.

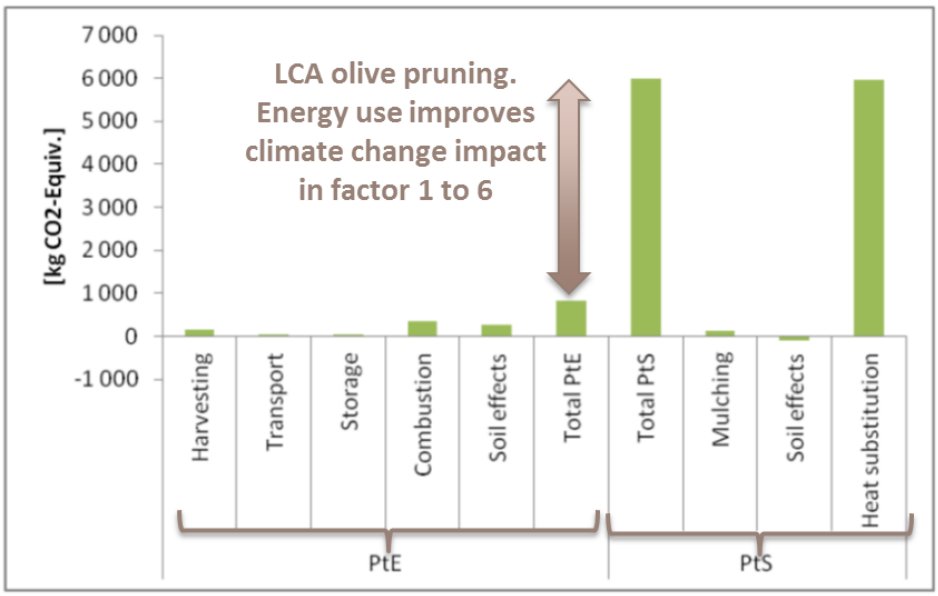

Figura 19: Resultados del impacto sobre el cambio climático obtenidos por EuroPrunning para podas de olivo mediante la metodología LCA (adaptado de [16]). PtE: Poda para energía. PtS: Poda para el suelo.

3.6.4 Observaciones finales para la toma de decisiones

La sostenibilidad en el uso de madera de PARP no se puede simplificar empezando por que lo mejor sea su uso como enmienda orgánica para los suelos. Un incremento efectivo de Materia Orgánica del Suelo requiere más prácticas I no es neutral en CO_2. Debe ser realizado donde sea una mejor práctica desde un punto de vista agronómico y no se tenga riesgo en términos de propagaciones de enfermedades.

uP_running ha desarrollado una metodología simple para enmarcar el uso de PARP para energía. El documento describe un simple estudio de las condiciones sostenibles para retirar los residuos de poda y arranques de frutales, un método utilizando un semáforo para la toma de decisiones [18][5]. Este método considera cuatro parámetros (contenido en materia orgánica, pendiente, textura y condiciones climáticas) y da como salida una categorización mediante un semáforo para el potencial del uso de poda para energía (rojo, amarillo, verde), así como recomendaciones para preservar las condiciones del suelo en cada caso. Este método será descrito en el segundo monográfico.

En términos de disponibilidad de biomasa, se debe tener en cuenta que triturar la biomasa de poda para enmienda orgánica para el suelo, en varios casos se lleva a cabo para los agricultores solo porque es el sistema más simple para manejar y retirar la biomasa de PARP. En otras palabras, no siempre se realiza como mejor práctica, sino como práctica más económica. Así, en áreas de Europa donde se utiliza madera de PARP para la integración en el suelo, el **cambio de técnicas agronómicas desde la poda al suelo al cambio de poda a energía es posible**. No utilizar biomasa de PARP para energía solo se debería dar en los casos dónde las condiciones del suelo son pobres, donde los agricultores están convencidos de la práctica o zonas donde la normativa obliga a incorporar las podas en el suelo.

[5] Este método ha sido utilizado en uP_running durante la selección de beneficiarios para ser acompañados por uP_running. El método fue útil para detectar casos de iniciativas donde la sostenibilidad del suelo estaba comprometida.

4. Recomendaciones para empezar una nueva cadena basada en biomasa de PARP

4.1 Organización de los actores de la cadena de valor: fomentar relaciones colaborativas y beneficios mutuos

4.2 El valor intangible, un ingrediente típico para el éxito

4.3 ¿Cuál es el valor de mercado de la biomasa PARP? Todo depende de su calidad

4.4 Hechos y recomendaciones en la implementación de nuevas cadenas de valor de biomasa PARP

4.4.1 Organizar el suministro de biomasa PARP

4.4.2 Recoger y tratar en el campo: seleccione la máquina adecuada, no la "mejor"

4.4.3 Transportar y almacenar biomasa PARP: cuidado con mantener la calidad del producto

4.4.4 Transformar a energía: sistemas de conversión adaptados a la biomasa de PARP

4 RECOMENDACIONES PARA EMPEZAR UNA NUEVA CADENA BASADA EN BIOMASA DE PARP

Gracias a proyectos anteriores, a la identificación de casos Existentes en Europa, y en el conocimiento práctico ganado haciendo demostraciones piloto de cadenas de valor de PARP, el consorcio uP_running ha sido capaz de detectar algunas claves de éxito para el desarrollo de nuevas iniciativas basadas en madera de PARP. En los párrafos siguientes, se introducirán recomendaciones y claves específicas para entender los pasos más críticos a tener en cuenta cuando se empieza una nueva cadena de valor basada en biomasa de PARP.

4.1 Organización de los actores de la cadena de valor: fomentar relaciones colaborativas y beneficios mutuos

Una clave básica es reconocer que el manejo de los residuos de PARP incluye costes y que en algunos casos implica un problema para el agricultor. Cuando este hecho es conocido por el productor del residuo, entonces este actor es más propenso **a colaborar y cubrir parte de los costes o esfuerzos para facilitar su extracción**. Una segunda premisa es que tanto el proveedor como los otros agentes de la cadena de valor deben saber que **el margen de beneficio global es muy ajustado**. Contrariamente a los productos convencionales los mecanismos de compraventa (para adquirir zapatos, ordenadores o comida), las cadenas de valor de PARP requieren **acuerdos de colaboración entre los actores**, especialmente para la organización de las operaciones de poda y arranque por un lado y las operaciones de recogida por otra parte.

Hay múltiples vías para organizar una cadena de valor de PARP, pero en todos ellos hay un **aspecto ganar-ganar** entre el suministrador de madera de PARP (el agricultor o cooperativa) y la empresa intermediaria o el consumidor **relación de beneficio mutuo** no implica siempre una transacción económica.

Es por eso que la **replicabilidad es más compleja**. Crear la demanda de biomasa de PARP no asegura su movilización efectiva. Es necesario coordinar a todos los agentes involucrados en aquellos pasos entre la recolección y el consumo, que requiere una intensa labor local y reuniones bilaterales.

Ejemplo

Plantas existentes como “Pellets La Mancha” o las de “Valoriza Energía” en Andalucía ejemplarizan la necesidad de fomentar relaciones colaborativas. No hay una sola cadena de suministro de biomasa, porque cada agricultor, propietario o cooperativa puede encontrar un otro camino para gestionar sus residuos de PARP, dependiendo de sus intereses, maquinaria disponible, personal, recursos, etc. Esas plantas de conversión, que consumen miles de toneladas de poda anuales, se suministran mediante empresas de agro-servicios que ya están establecidas. Esas extienden sus servicios para ofrecer la recolección de la poda a los agricultores que ahorran en tiempo y costes. No obstante, los agricultores deben adaptar la manera en la que dejan las podas en el suelo para facilitar su recolección. En paralelo, las plantas de biomasa también se ofrecen a recibir lotes individuales de biomasa, previamente triturada, astillada o en bruto, sin tratar apilada en el campo con tractores y transportadas por los agricultores en sus remolques, sin necesidad de comprar maquinaria. **Cada cadena implica diferentes transacciones, algunas veces e forma de pagos, y a veces en forma de contribuciones**.

4.2 El valor intangible, un ingrediente típico para el éxito

El reducido margen de beneficio para cadenas de valor de PARP se ve normalmente como un riesgo para los emprendedores, una débil fuerza impulsora para empezar una nueva cadena de valor. ¿Por qué apostar por la biomasa de PARP si otras fuentes de biomasa, con mejor calidad, están disponibles a un mejor o razonable precio? Más allá de los aspectos económicos básicos **el valor intangible de la biomasa de PARP** puede ser la clave para activar la implementación de una nueva cadena de valor. No todo es dinero, y algunos actores pueden encontrar más valor en ahorrar tiempo, evitando operaciones para el manejo del residuo, apelando a que son más respetuosos con el medio ambiente.

Los valores intangibles son muy variados, pero una lección aprendida mediante uP_running es que en todos los casos analizados las ganancias intangibles son una fuerza impulsora esencial para algunos actores, y llevan a un uso sostenido de la biomasa de PARP. También se ha observado que algunas iniciativas basadas en lo económico, se pararon y se convirtieron a fuentes de biomasa alternativas cuando las condiciones de mercado cambiaron. En estos casos los beneficios intangibles eran coyunturales. Algunos de esos factores claves son presentados en la Figura 20.

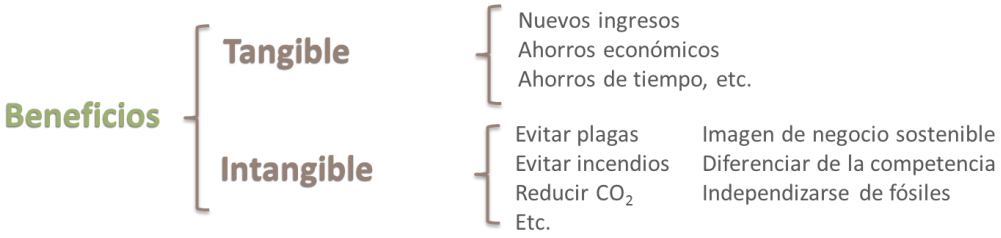

Figura 20: Ejemplos de beneficios tangibles e intangibles que pueden jugar un papel para impulsar nuevas iniciativas de biomasa de PARP

4.3 ¿Cuál es el valor de mercado para la biomasa de PARP? Todo depende de su calidad

Entender las necesidades del consumidor final en términos de calidad de combustible, es fundamental cuando se diseñan sistemas de suministro de biomasa de PARP. En el caso ideal, los futuros consumidores invierten en equipos de combustión que sean capaces de utilizar este tipo de biomasa. No obstante, cuando se intenta poner biomasa de PARP como un combustible alternativo en un mercado existente, el valor de la biomasa de PARP puede alcanzar en el mercado precios de biomasas utilizadas normalmente (astillas de madera, paja, cáscara de almendra). Cada segmento de mercado es particular, y en cambio las propiedades de la biomasa de PARP a veces son malas, su precio puede ser ajustado para llegar a ser competitivo. Encontrar compradores para la biomasa de PARP puede ser complejo ya que muchas de las instalaciones de biomasas están preparadas para consumir el combustible para las cuales están preparadas y pueden fallar en el intento de quemar madera de PARP (ver sección Transformar energía:), generando la creencia errónea de que este tipo de biomasa no puede ser utilizado para energía.

El reto es encontrar **un buen encaje entre las características de la biomasa de PARP generados y la calidad pedida por el consumidor final.** En otros términos, que el camino logístico en el que la biomasa de PARP es recolectada, tratada y transportada debe ser hecho teniendo en cuenta los requisitos del equipo energético que va a convertir la biomasa de PARP a energía. Dos parámetros son los más complejos: el tamaño máximo de partícula y el contenido máximo de cenizas que la caldera o el gasificador es capaz de manejar. El contenido de humedad de la biomasa de PARP también

puede poner limitaciones; no obstante, hay más posibilidades para encontrar alternativas más baratas o sin coste de reducir el contenido de agua del combustible p.ej. Dejando las pilas de madera de poda en el campo para secarla antes de la recogida.

Ejemplo

Mediante el proyecto EuroPruning D6.2 [19], un total de 570 toneladas de podas de frutal, viñedo y olivo se recogieron en varias demostraciones que se llevaron a cabo en España, Francia y Alemania. En España se recogieron un total de 380 toneladas con cuatro sistemas diferentes, y después de un almacenamiento de 6 meses, se distribuyó a 7 consumidores. **El mayor problema que se identificó fue la distribución de la medida de partícula**. Muchos de los potenciales consumidores descartaron el uso de biomasa de PARP producida porque había presencia de trozos largos en los lotes que podían bloquear los sistemas de alimentación, sus tamices o tolvas. Los problemas se evidenciaron incluso cuando algunas de las demostraciones tenían operaciones de retriturado o cribado.

Es importante subrayar que existen varios caminos logísticos y maneras de recolectar la biomasa de PARP y ninguna de ellas es "la mejor". Cada camino tiene sus propios pros y contras, costes específicos y diferentes niveles de calidad del producto final (como se presenta en las sección Como recoger y movilizar la madera de poda and Como recoger y movilizar la madera de los arranques). El **tratamiento correcto es aquel que permite optimizar los costes de operación y generar un producto que sea aceptado por el consumidor final** o los intermediarios. En este sentido, para algunas iniciativas puede ser más apropiado de realizar operaciones de campo más costosas para evitar problemas luego en la cadena de valor (fermentación de la biomasa, cribado adicional, desgaste o fuegos en los molinos debido a las piedras, etc.); en otros casos, puede ser mejor trabajar rápido y al menor coste posible y luego tratar la biomasa en un paso intermedio.

En el caso de la biomasa de PARP, será puesta en el mercado de la biomasa convencional, la biomasa de PARP producida debe cumplir algunos criterios de calidad que permita la combustión en calderas convencionales de biomasa (ver Figura 21). El problema es que los sistemas actuales de recogida de poda, son principalmente picadoras, las cuales fueron inicialmente diseñadas para otros propósitos, generalmente para dejar la poda en la plantación en forma de trozos o de virutas.

Figura 21 Izquierda: combustible procedente de la poda de viña (obtenido por la picadora Cobra Colina [10]); Derecha: astillas de madera procedentes de tronco de pino.

En los últimos años, esas máquinas han sido adaptadas por los fabricantes para impulsar el material triturado a un depósito, big-bag o a un remolque agrícola, en vez de dejarlo en el suelo. El trabajo, que puede ser satisfactorio en términos de rendimiento por hectárea, sin embargo obtiene un tipo de biomasa incompatible con la mayoría de instalaciones de combustión, incluso en grandes plantas de más de 10MW (como se probó en tres demostraciones de EuroPrunning en España y Francia). Un caso similar es el de las trituradoras en los arranques. Están preparadas para unos grandes trozos de

madera, y así el material producido de las viñas, olivos o frutales tienden a tener un tamaño de partícula heterogéneo. Tratar esta biomasa puede añadir unos costes de entre 5 y 10 €/tonelada, que puede ser una vía muerta para la viabilidad de la cadena.

Es por esto, que cuando el objetivo es poner la biomasa de PARP directamente al mercado, una alternativa puede ser el uso de máquinas capaces de producir una biomasa más homogénea en un solo paso. Una posibilidad puede ser hecha con trituradoras combinando martillos con un segundo sistema de corte y tamices (algunos modelos ya están disponibles en el mercado). **Otra alternativa es el astillado.** El corte limpio producido por las afiladas cuchillas de la astilladora mejora la forma de las partículas de biomasa. La homogeneidad puede mejorar sustancialmente, aunque esto también depende del sistema de cribado a la salida del sistema de astillado y los espacios entre las cuchillas I la criba. Las astilladoras estáticas están disponibles en forma de pequeñas unidades (acopladas a la T.d.F. Del tractor o impulsadas por su propio motor), donde las ramas pueden ser alimentadas manualmente, o grandes astilladoras preparadas para manejar grandes troncos producidos en los trabajos forestales. Astilladoras móviles integradas que almacenen la poda son raras y solo unas pocas marcas comerciales están disponibles. Dos fabricantes italianos han desarrollado recientemente algunas: Nazzareno (Marev Alba) y ONG-SNC (PC-50); los dos modelos fueron implementados como resultado de programas nacionales y europeos de R&D, como EuroPrunning [11], ilustrando su grado de innovación comparado a las trituradoras convencionales.

Finalmente**, Otra opción que puede mejorar la calidad de la biomasa de PARP es el empacacado** (ver Figure 22). Hasta nueve modelos están en venta en Europa, aunque las más recientes innovaciones consisten en las empacadoras cilíndricas Wolagri (Italia) y PIMR (Polonia) que permiten obtener pacas estándar (1,2m de diámetro y de ancho). También el cabezal T2400 de SERRAT (España) acoplado a empacadoras convencionales permiten tener pacas de alta densidad. Las pacas después de almacenarlas pueden ser trituradas o astilladas para ser utilizadas como combustible.

Figure 22: Dos ejemplos de nuevas soluciones desarrolladas por los proyectos EuroPruning: La astilladora ONG-SNC (izq.); Empacadora cilíndricaPIMR PC50 (derecha).

4.4 Hechos y recomendaciones en la implementación de nuevas cadenas de biomasa de PARP

4.4.1 Organizar el suministro de la biomasa de PARP

La organización de la cadena de valor es crucial, incluyendo no solamente los medios prácticos y operaciones (ver las secciones siguientes) sino también el acuerdo entre actores. Respecto a esto, la Tabla 5 resume las principales lecciones aprendidas en uP_running.

Tabla 5: Hechos y recomendaciones para organizar las cadenas de valor de biomasa

	HECHOS Y RIESGOS	RECOMENDACIONES
1	Actualmente la biomasa de PARP se trata como residuo. Utilizándola para la producción de energía incluye un cambio.	Es importante establecer un diálogo con los agricultores para encontrar la manera de gestionar la biomasa de PARP de manera que beneficie a los agricultores (reducir costes, simplificar trabajo,...)
2	El principal producto del agricultor es el fruto. El residuo no es un producto y la principal necesidad es un adecuado manejo y la retirada del mismo.	El nuevo manejo del residuo debe permitir que el agricultor pueda hacer sus tareas normalmente. El diálogo es crucial para organizar la cadena de valor
3	Cuando se organice una cadena de suministro de varias plantaciones, cada agricultor encuentra la mejor manera de retirar las podas: p.ej. Algunos pueden preferir que una empresa haga la recogida y otros prefieran hacerlo ellos mismos.	Comprobar las opciones preferidas, negociar e involucrar a los agricultores cuanto más mejor, permitiendo varios métodos de recogida. Permitiendo varios métodos pueden incrementar la flexibilidad del suministro.
4	Coordinar los tiempos de recolección I/o operaciones en campo es el mayor problema. Durante las podas o arranques la maquinaria de recolección puede estar saturada.	Es crucial organizar la recolección en una zona con suficientes medios para absorber los picos. Permitir varios métodos de recolección trae más flexibilización en los tiempos y organización del suministro.
5	La biomasa de PARP de plantaciones dispersas en una área y diferentes propietarios, hace la organización difícil.	Para cadenas de valor a gran escala, el uso de sistemas avanzados de registro de proveedores, recogen el estado de su PARP, y registrar los pedidos de la recogida, puede facilitar la organización de la recolección de PARP en un área.
6	Los beneficios de cada factor involucrado en la cadena de valor son diferentes. Cuando se empieza un nuevo negocio de biomasa de PARP desconfianzas entre el productor de poda y otros actores pueden ocurrir	El modelo de negocio, las dificultades y una comunicación transparente sobre los beneficios de cada actor permiten un mejor entendimiento y confianza.
7	El margen de beneficio de la biomasa de PARP es muy estrecho, las inversiones son arriesgadas.	Se deben evitar operaciones innecesarias: cuantos menos pasos haya en la cadena de valor, menores costes. Aunque un actor local pueda dar un servicio con una maquina existente, puede ser mejor que establecer un nuevo servicio y hacer una inversión.
8	Las cadenas de biomasa de biomasa de PARP son casi inexistentes y sujetas a incertidumbres en términos de costes, calidad de biomasa y transporte.	Ensayos piloto para diferentes operaciones se recomienda antes de iniciar cualquier inversión.

4.4.2 Recoger y tratar en el campo: seleccionar la máquina más apropiada, no “la mejor”

Las diferentes maneras de recoger PARP se han descrito en las secciones Como recoger y movilizar la madera de poda y Como recoger y movilizar la madera de los arranques, respectivamente. En esta

sección, Tabla 6 basadas en las lecciones aprendidas en el proyecto uP_running y basado en resultados de experiencias y proyectos previos.

Tabla 6: Hechos y recomendaciones para operaciones de recogida de poda en campo

	HECHOS Y RIESGOS	RECOMENDACIONES
1	Tratar la biomasa de PARP con nueva maquinaria trae incertidumbres. Cada tipo de madera es diferente así como la forma de podar y de los árboles.	**Utilizar tecnología probada** cuando se empiece un nuevo negocio en biomasa de podas.
2	Rendimiento de los tratamientos (t/h o Ha/h) y la calidad de la madera obtenida depende de múltiples factores. En particular para la recogida de poda integrada y el diseño del tratamiento del cultivo, cantidades de poda, forma, prealineamiento de la poda y espacios en las cabeceras.	**No hay una máquina perfecta para todo**. Escoger la solución que mejor se adapte a los PARP y/o al campo. Tener en cuenta la inversión necesaria como la logística que se requiere aguas abajo.
3	Operaciones de recolección de podas, o tratar la madera en campo pueden incrementar los costes un 50%	**Llevar a cabo ensayos con la maquinaria seleccionada** antes de cualquier inversión. Considerar los resultados y variabilidad, reducciones de rendimiento (tiempos de espera, reparaciones) para ajustar el plan de negocio. No hacer planes propios basados en estimaciones o datos generados (normalmente facilitados por los vendedores)
4	Las cuchillas y martillos de la maquinaria de procesado se deterioran, sobre todo cuando la madera de PARP tiene arena y piedras. Eso afecta el rendimiento y vida útil de otros sistemas (o la TdF)	**Mantenimiento operativo** y un correcto manejo reducen a largo y medio término costes y evitan averías e interrupciones durante la campaña de recolección de PARP.
5	Preparar la madera de PARP antes de la recolección, el tratamiento en campo es crucial para mejorar la recolección, esta operación puede acarrear costes adicionales.	Es esencial un **acuerdo entre la empresa de recolección/tratamiento de madera de PARP y el agricultor.** Si los agricultores ahorran en costes de gestión de su poda, es crucial involucrarlos en dichas operaciones.
6	En pérdidas de campo (% de madera de PARP no recogidos) incluyen pérdidas económicas. Además, los agricultores pueden considerar que el servicio no ha estado bien realizado y tendrían que invertir tiempo en retirar los restos del campo.	Es esencial acordar las perdidas máximas. En caso de recolección de podas, se sugiere el uso de **recolectoras capaces de adaptar las revoluciones y altura de trabajo**. En caso de arranques, se sugiere utilizar sistemas capaces de recoger toda la madera, pero sin piedras ni tierra.
7	Finos y largos normalmente causan problemas in el manejo, almacenamiento y uso final. En las operaciones de campo no siempre se puede procesar la biomasa con la calidad exigida.	Seleccionar el modo de **operación** capaz de **producir la calidad demandada o alternativamente hacer una operación económica** en campo hacer un segundo proceso en una planta de procesamiento.
8	Producir pacas (de madera de poda) lleva ventajas para manejo y almacenamiento. Pero no obstante, incluye mayores costes de manejo y proceso.	Seleccionar **empacado especialmente cuando el consumidor final tiene una caldera de pacas**. Alternativamente, cuando la biomasa tiene que almacenada a la orilla del campo por un largo tiempo.
9	La calidad puede ser afectada dependiendo en las condiciones en las que la biomasa de PARP es recogida o transportada	Seleccionar el transporte de la madera de PARP con sistemas capaces de reducir la incorporación de tierra. Trabajar en suelo compactada o con cobertura vegetal. Evitar trabajar durante y después de las lluvias.

4.4.3 Transportar y almacenar biomasa de PARP: cuidado con mantener la calidad del producto

Durante el transporte y almacenamiento de la biomasa de la PARP, existe un riesgo importante de degradación o contaminación de biomasa debido a cargas y descargas impropias, tamaño de partícula inadecuado durante el almacenaje, etc. Esto puede conllevar un **fuerte impacto en la calidad de la biomasa** y, consecuentemente, un **efecto sustancial en la viabilidad** de la cadena de valor. En algunos casos, la degradación y/o contaminación de la biomasa puede incluso agotar el beneficio económico de la iniciativa. En la Tabla 7, se resumen algunas recomendaciones y lecciones sobre el

almacenamiento y el transporte basadas en la experiencia ganada durante uP_runing y otros proyectos anteriores como EuroPrunning [19-21].

Particularmente, las lecciones aprendidas nos muestran que la cadena de valor basada en biomasa de PARP no puede tener éxito al menos que todos los actores estén bien involucrados I entienden su papel y responsabilidad. En el lado de los agricultores, deben entender que puede ser que hagan algunas operaciones de manera diferente de los métodos usuales, en caso contrario puede tender a la contaminación de la biomasa. Aguas abajo, si la logística no está bien organizada o los actores no hacen bien su trabajo, la calidad de la biomasa de PARP puede decaer. Y entonces se puede comprometer el valor de mercado, o la satisfacción de cliente pueden quedar comprometidas.

Tabla 7: Hechos y recomendaciones sobre el transporte o almacenamiento de biomasa de PARP

	HECHOS Y RIESGOS	RECOMENDACIONES
1	Los costes de transporte están directamente relacionados con el formato de la biomasa de PARP producida a la orilla del campo. Cada carga/descarga y operación de almacenamiento incluye costes.	Utilizar el formato de granel para el manejo a gran escala y así se reducen los costes de transporte. Big-bags para consumo propio y pacas para almacenaje a largo tiempo.
2	Descargar biomasa de PARP en el suelo puede causar una pérdida de un 10% de materia seca y introduce partículas de tierra y piedras (el efecto en el contenido de cenizas puede variar entre un 1% en base seca a un 10% o más).	Promover la descarga de la biomasa directamente en contenedores o remolques o en suelos pavimentados para reducir manejo, tiempo y contaminación.
3	La biomasa húmeda en forma de astilla tiende a degradarse durante su almacenamiento. Cuanto más seca esté la biomasa mejor se van las hojas y el polvo durante el manejo y el procesado.	Dejar madera de PARP sin tratar en el suelo del campo o al lado del campo para secar antes de procesar en el campo.
4	Las pilas de biomasa de PARP húmedas que contienen finos y trozos irregulares tienden a compactarse y reduciendo la aireación interna causando degradación.	Evitar el almacenamiento de biomasa de PARP triturada, promover la reducción de humedad o airear las pilas.
5	La madera de PARP almacenada al aire libre está sujeta a las lluvias y a la exposición del sol y aire que causan degradación y pérdida de madera.	Se recomienda el almacenamiento en cubiertas sin paredes. Al aire libre hacer grandes pilas ya que la capa externa protege la interna.
6	A lo largo de la cadena de valor la biomasa puede contaminarse con plástico, alambres, basura, etc. si los vehículos y los almacenes han sido utilizados para otras cosas.	Cada actor que participa debe controlar que los métodos utilizados sean los correctos, sobretodo que los camiones no hayan sido utilizados para otros usos.
7	Mezclar biomasa de PARP con otros tipos de biomasa (como madera forestal) puede mejorar la calidad del material.	Cuando se prepara el suministro, se debe considerar que mezclarla con otra biomasa puede facilitar la entrada en el mercado.
8	La madera de PARP es madera natural, aunque la calidad es usualmente más baja. Pero puede ser mejor que otros combustibles de bajo coste	Mezclar la biomasa de PARP con otros combustibles mara mejorar la calidad es una buena estrategia pero debe ser controlada para evitar la mezcla de residuos extraños.

4.4.4 Transformar energía: sistemas de conversión adaptados a la biomasa de PARP

El uso de la biomasa de PARP puede ser utilizado en instalaciones que no estuvieron inicialmente diseñadas para este fin; alternativamente, puede ser utilizado para instalaciones diseñadas y preparadas para este combustible. Penetrar en el mercado de la biomasa convencional normalmente no es fácil, ya que las características de la biomasa de PARP son diferentes de la biomasa actualmente en uso. Mezclar la biomasa de PARP con otros tipos de biomasa es una alternativa. Otra alternativa es ofrecer una reducción del precio del suministro de biomasa de PARP que equilibre los costes de

cualquier inversión de mejora que el consumidor final tenga que hacer. Adicionalmente, el fabricante de calderas o servicio de mantenimiento debería estar de acuerdo de mantener el servicio y garantía.

Cuando un nuevo consumidor adopta la biomasa de PARP se sugiere adoptar tecnologías probadas y maduras capaces de utilizar la biomasa de PARP en forma de material heterogéneo, así se conseguirá reducir las operaciones de tratamiento en campo, y así reducir el coste final del suministro de biomasa de PARP. Es relevante darse cuenta de los diferentes tipos de propiedades que determinen el comportamiento de la biomasa, como se resume en la Tabla 8. Como se ha mostrado en secciones anteriores, la biomasa de los residuos de PARP se caracteriza por tener una amplia distribución del tamaño de partícula, con la presencia de largos y con un contenido superior de cenizas, Para adaptarse a esas propiedades, por lo tanto los sistemas de combustión adaptados a la biomasa de PARP normalmente incluye mejoras en tres aspectos esenciales: : un **sistema de alimentación** capaz de romper los trozos largos, un **sistema de combustión** (normalmente una **parrilla** fija o móvil) que puede manejar los largos, y un sistema de **limpieza de cenizas** que puede trabajar con altos contenidos de biomasa.

Tabla 8: Parámetros termoquímicos y físicos de biomasa y su influencia en la conversión de energía

Parámetro de biomasa	Características	Efecto
Parámetros químicos	Análisis último	Determina el comportamiento de la biomasa durante la combustión/gasificación
	Análisis aproximado	
	Composición de cenizas	
	Temperatura de fusión de cenizas	
Parámetros energéticos	Valor energético	Determina la máxima energía utilizable
Parámetros físicos	Densidad aparente y de partícula	Determina la selección de los sistemas de alimentación, la necesidad de pretratamientos y el comportamiento de la conversión
	Contenido en agua	
	Tamaño y forma	

Primeramente, es crucial que el sistema de alimentación pueda trabajar continuamente con astillas heterogéneas sin atascarse. Por eso los transportadores y las válvulas rotativas deben ser más robustas que los convencionales y específicamente diseñados para romper las piezas más largas. Segundo, la cámara de combustión debe tener un ajuste automático del aire secundario y primario y un sistema de combustión capaz de quemar los largos (en caso de parrillas, suficientemente área y tiempo de residencia). Finalmente, el sistema de retirada de cenizas del hogar debe permitir la evacuación de la gran cantidad de cenizas que también puede presentar materiales agregados o piedras. El depósito de cenizas debe tener suficiente volumen para asegurar la autonomía del sistema.

Basado en experiencias de uP_running, en resultados de EuroPrunning [18] y en CIRCE y CERTH (autores), experiencias y algunas recomendaciones se dan en la Tabla 9.

Tabla 9: Hechos y recomendaciones en la calidad y uso de la biomasa de PARP

	HECHOS Y RIESGOS	RECOMENDACIONES
1	La madera de PARP puede tener contenidos bajos en cenizas entre el 1-2% por ejemplo en caso de grandes ramas obtenidas de la poda de reconversión. Pero la la mayoría de biomasa se encuentra por encima del 4% (peso en materia seca).	ISO17225-4 da los límites del 3% para las astillas con menos restricciones clase (B2). La madera de podas no debe intentar llegar a dichos niveles de calidad.
2	Los sistemas de alimentación son normalmente los cuellos de botella para el uso de biomasa de PARP en las instalaciones existentes.	Una cadena de valor debe ser diseñada teniendo en cuenta que van a alimentar con un tipo de astillas más irregulares de lo normal.
3	La biomasa heterogénea normalmente hace difícil el transporte el sistema de alimentación puede fallar	Utilizar alimentadores de sinfín más robustos (más resistentes y gruesos), transportadores de cadena, empujadores hidráulicos en vez de los sinfines convencionales.
4	Los consumidores finales normalmente pagarían menos por las astillas de PARP que por la astilla forestal. Instalaciones medias normalmente pueden pagar más que las grandes instalaciones	Buscar consumidores de tamaño medio que quieran rebajar la factura en biomasa o para consumir biomasa local puede ser una buena estrategia para hacer viable la cadena de valor en términos económicos.
5	El peletizado convierte los PARP en una biomasa más homogénea, aunque no se puede utilizar en calderas pequeñas o medianas preparadas para pellets EN-Plus.	Producir pellets deben ser considerado solamente cuando las calderas están preparadas para pellets industriales. En este caso el precio de mercado que se pueda conseguir depende en los precios de la biomasa actual.
6	La madera de PARP presenta un gran contenido de cenizas que se puede sinterizar en las parrillas	El uso de parrillas refrigeradas con agua y parrillas móviles, la inversión es más alto, pero la operación y mantenimiento pueden ser más económicos y la parrilla puede durar más.
7	La madera de PARP tiene un alto contenido de cenizas, que causa atascos de intercambiadores (y decrecimiento del rendimiento)	Seleccionar tecnologías que puedan incrementar la frecuencia de limpieza de los turbuladores hacia el contenedor de cenizas.

5. Conclusiones

5 CONCLUSIONES

Este documento ha presentado el estado de las cadenas de valor basadas en la biomasa de PARP a nivel europeo y ha descrito las principales operaciones que son necesarias para extraer la biomasa de PARP y utilizarla para producir energía. Además, de recomendaciones específicas para implementar nuevas cadenas de valor, con especial atención en las operaciones de la cadena de suministro, los aspectos organizativos, el diálogo y las necesidades de los diferentes actores de la cadena y la importancia de recordar los temas de calidad durante cada paso de la cadena.

Además, las barreras existentes que bloquean la expansión de cadenas que usan la biomasa de PARP para energía han sido presentadas brevemente; estas son principalmente no técnicas, son relacionadas con aspectos sociales, marco económico, normativa actual y políticas ambientales.

Más allá de este artículo, el proyecto uP_running continua llevando a cabo una serie de acciones para superar las barreras no técnicas y desbloquear el potencial de biomasa de PARP en Europa (hay más información disponible en la web de uP_running, http://www.up-running.eu/). Dos monográficos adicionales serán producidos por el proyecto para dar analizar las condiciones del suelo que permiten la retirada de la poda, y en los casos de éxito existentes y las lecciones aprendidas de ellos.

6. Referencias

6 REFERENCIAS

[1] García-Galindo, D., Rezeau, A. et al. 2016. "Setting up and running sustainable supply of woody biomass from agrarian pruning". European Biomass Conference and Exhibition. Pages: 1760 – 1765. Amsterdam: 6-9 June 2016.

[2] EuroPruning, "Mapping and analysis of the pruning biomass potential in Europe", Deliverable report D3.1, 2014, Available at: www.europruning.eu

[3] uP_running deliverable D2.1, "Sector Analysis and Action Plan for the Demo Regions", 2017, available at: http://www.up-running.eu/project-materials/

[4] uP_running deliverable D2.2, "Sector Analysis and Strategic Plan at national and EU level", 2018, available at: http://www.up-running.eu/project-materials/

[5] uP_running, "Observatory map of biomass from agrarian pruning and plantation removal", 2017, available at: http://www.up-running-observatory.eu/

[6] García-Galindo, D., Gómez-Palmero, M., et al. 2016. "Agricultural pruning as biomass resource: generation, potentials and current fates. An approach to its state in Europe". European Biomass Conference and Exhibition. Pages: 1579 – 1595. Amsterdam: 6-9 June 2016.

[7] EuroPruning, 2016. Internal results. Unpublished data.

[8] S2biom, 2016. "Explanatory note accompanying the database for standardized biomass characterization (and minimal biomass quality requirement for each biomass conversion technology)". Annexes. Deliverable D2.4 report. Available at: http://www.s2biom.eu/

[9] Biomasud Plus, 2018. "Selected biofuels characterization results and quality assessment report". Deliverable report D3.2. Available at: http://biomasudplus.eu

[10] Life project Vineyard4heat, 2015-2017. Available at: http://vineyards4heat.eu/

[11] EuroPruning, 2015. "Current and innovative technologies for harvesting agricultural pruning wood". Deliverable report D3.4. Available at: www.europruning.eu

[12] uP_running, 2017. "Report on collected Observatory data". Deliverable report D6.2. Available at: http://www.up-running.eu/project-materials/

[13] uP_running, 2017. "Flagship success cases update (first release)". Deliverable report D6.3. Available at: http://www.up-running.eu/project-materials/

[14] EuroPruning, 2016. "Report with recommendation for wood prunings utilisation for sustainable soil management". Deliverable report D7.3. Available at: www.europruning.eu

[15] EuroPruning, 2016. "Best practice brochure for a sustainable and sound utilization of wood prunings as biomass feedstock". Deliverable report D8.4. Available at: www.europruning.eu

[16] EuroPruning, 2016. "Report on environmental evaluation of the supply chain". Deliverable report D8.1. Available at: www.europruning.eu

[17] S2biom, 2017. "A spatial data base on sustainable biomass cost-supply of lignocellulosic biomass in Europe - methods & data sources". Deliverable report D1.6. Available at: http://www.s2biom.eu/

[18] uP_running, 2016. “Sustainable soil conditions to remove fruit tree residues from pruning and uprooting operations”. Available at: http://www.up-running.eu

[19] EuroPruning, 2016. “Results with conclusions of each demonstration (by zone and step)”. Deliverable report D6.2. Available at: www.europruning.eu

[20] EuroPruning, 2016. “Characterization results of biomass after demo”. Deliverable report D2.3. Available at: www.europruning.eu

[21] EuroPruning, 2016. “Scientific report with the analysis of results and conclusions of the storage process”. Deliverable report D4.3. No publicado (acceso restringido).

Este proyecto ha recibido financiación del programa de I+D+i Horizonte 2020 de la Unión Europea, bajo el acuerdo Nº 691748.

Proyecto uP_running:
Puesta en marcha de cadenas sostenibles de biomasa leñosa procedente de podas agrícolas y renovación de plantaciones

www.up-running.eu