

TABIOL - *Investigación sobre la valorización industrial de residuos de biomasa autóctona y algodón del sector textil mediante un proceso de carbonización hidrotermal para los sectores del mueble y la construcción*

Expediente: *INNEST/2022/80*

Programa: *Proyectos estratégicos en cooperación*

Difusión resultados

1. Resumen ejecutivo

En el proyecto TABIOL se pretende obtener productos de valor industrial para los sectores de la construcción y del mueble con propiedades elevadas a partir del “hydrochar” procedente de la Carbonización Hidrotermal de determinados residuos de la Comunitat Valenciana, elegidos específicamente para el proyecto. Por un lado, se utilizan residuos biomásicos de *Pinus halepensis* (o carrasco), el cual es la especie dominante entre las coníferas, presente en el 72% de la superficie arbolada y considerado taxón fundamental en la Comunitat Valenciana. Esta especie, en particular, se debe tratar en los bosques mediante clareos, podas, etc., con el fin de disminuir el riesgo de incendio asociado. Por otro lado, se utilizan los residuos procedentes de la poda del olivo, la poda del cual se debe realizar necesariamente para que el árbol produzca olivas en cantidad y calidad adecuadas, y cuya gestión actual suele ser la quema en el campo. También se incluye en el proyecto la valorización procedente de los residuos del sector textil, muy presente en la CV, y los cuales tienen un gran potencial para su valorización con una importancia creciente en el futuro próximo por las demandas en el pacto verde europeo lanzado por la Comisión Europea.

Una vez obtenidos y optimizados los productos a escala laboratorio se lleva a cabo el estudio de cambio de escala considerando las variables y capacidades de las máquinas industriales disponibles.

Además, el proyecto TABIOL considera de gran importancia que incluso con los “eco-tableros” de estas características que se pretenden conseguir, se pueda garantizar a su vez, su reciclaje y reutilización con el fin de contribuir, todavía en mayor medida, a la economía circular. Es por ello por lo que también se estudiará el reciclaje y su posible reutilización para la fabricación de nuevos productos, al final de su vida útil.

2. Objeto y finalidad

La finalidad principal del proyecto es conseguir una valorización industrial de residuos, tanto de biomasa autóctona, como de algodón del sector textil de los que es rica la Comunitat Valenciana para los sectores del mueble y de la construcción a partir de su hydrochar, obtenido por Carbonización Hidrotermal.

Con el fin de obtener el objetivo principal del proyecto, se deberán conseguir los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar procesos de Carbonización Hidrotermal para obtener una parte sólida optimizada industrialmente utilizable (hydrochar)
- Desarrollar procesos y materiales de uso en los sectores de mobiliario y construcción.
- Materializar a escala industrial, tanto el hydrochar, como los productos desarrollados a escala laboratorio
- Estudiar el reciclaje de los productos obtenidos

El proyecto centrará su estudio, en especial, en dos especies arbóreas:

- Olivo (agrícola)
- Pino halepensis (forestal)

Así como en algodón (industria textil)

Los materiales a desarrollar serán productos con propiedades mejoradas, útiles para la construcción, pero, a la vez, suficientemente resistentes para estructuras de muebles y con capacidad de ser revestidos, lo que implica que deberán presentar suficiente solidez superficial.

Estos “eco-productos” proporcionarán, tanto al sector de la construcción, como al de la madera y mueble, materiales más sostenibles y biodegradables, de los que, a su vez, se estudiará su reciclaje y reutilización en nuevos productos al final de su vida útil, de manera que puedan incrementarla y contribuir en mayor medida a la economía circular.

3. Contenido y alcance del proyecto. Resultados obtenidos.

3.1 Contenido y alcance

El proyecto se ha desarrollado en las dos primeras anualidades de ejecución de acuerdo con lo programado inicialmente en la memoria de solicitud de éste. Se han realizado todas las tareas del paquete de trabajo PT1. El paquete PT1 es un estudio del estado del arte, para conocer, con una cuantificación aproximada, la disponibilidad de la biomasa residual y residuos textiles, y la naturaleza de su gestión actual, así como la obtención y caracterización de los residuos de biomasa y del sector textil, necesaria como punto de partida del proyecto.

El paquete PT2, Desarrollo y optimización del proceso de Carbonización Hidrotermal y del post-tratamiento, aborda el primer paso para la producción, en el que se pueden diferenciar dos etapas, la carbonización hidrotermal y el acabado del material carbonoso. Las primeras tareas se han realizado con alguna variación respecto a lo inicialmente previsto, propias de la evolución del proyecto, ya que las pruebas iniciales para la obtención de hydrochar pusieron de manifiesto problemas de bombeo inesperados al obstruir la conducción y dar fallos en el caudal. Las biomásas del pino halepensis y del olivo servido a la planta de INGELIA eran más secos de lo habitual, probablemente a causa de la sequía generalizada que se está sufriendo durante los últimos meses, ocasionando que la biomasa fuera más seca de lo acostumbrado. A ello hay que añadir la forma de la fibra que provoca retenciones de agua y amalgamas con ella que perjudica a su fluidez.

Por esto, y hasta que esta situación fuera solucionada, con el fin de continuar con el plan de trabajo y avanzar en el conocimiento, se eligió otro hydrochar como materia prima. Este hydrochar se utilizó y estudió como prueba previa mientras se estaba a la espera de la recepción del nuevo hydrochar procedente de la biomasa del pino halepensis y de olivo. Con ella se obtuvo el hydrochar refinado con el que se pudo comenzar el trabajo del paquete de trabajo PT3.

Por otro lado, las tareas correspondientes al estudio del post-tratamiento en presencia de agua y de la transformación hidrotermal de algodón procedente del sector textil a escala laboratorio, respectivamente, avanzan según la planificación inicial del proyecto. Para el estudio del post-tratamiento en presencia de agua se ha adaptado un reactor tubular para el aporte de agua y se ha confirmado su correcto funcionamiento. Con respecto a la transformación del algodón, se llevó a cabo una serie de ensayos con algodón puro y se caracterizó el producto mediante el análisis elemental. De esta manera se pueden seleccionar las condiciones óptimas y empezar con el estudio de la transformación del poliéster y la recuperación del ácido tereftálico.

En el paquete de trabajo 3, donde se investiga el proceso de fabricación de los productos y obtención de muestras a escala laboratorio, se ha empezado a realizar los primeros estudios, elaborando muestras de laboratorio iniciales a partir del material sólido hydrochar refinado,

contemplando diferentes aspectos del desarrollo del material como la morfología y el tamaño de partícula, el adhesivo, porcentaje en la formulación, etc.

3.2 Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en las dos anualidades de ejecución se describen a continuación, clasificadas según los paquetes de trabajo PT1, ya finalizado, y PT2 y PT3, vigentes en estas anualidades.

Paquete de Trabajo 1. Estudio del estado del arte y caracterización de los residuos de biomasa y del sector textil

Tarea 1.1.- Estudio de la disponibilidad de biomasa residual y residuos del sector textil

Pinus halepensis

La especie *Pinus halepensis* es una de las más interesantes dentro de la biomasa forestal para su extracción dentro de la Comunitat Valenciana. Ese interés viene dado por varios motivos: ser muy abundante dentro de las masas forestales, tener mayor capacidad de producción, requerir una gestión para mejorar su masa, la falta de podas, clareos, así como el abandono de éstos en el bosque aumenta el riesgo de incendios y plagas entre otros motivos.

En el PLAN DE ACCIÓN TERRITORIAL FORESTAL DE LA COMUNITAT VALENCIANA [1] aparece un listado detallado de la superficie forestal arbolada que ocupan diferentes especies.

		Ecosistemas	Superficie (ha)
Coníferas	Cupresáceas	Arbolado de <i>Juniperus Thurifera</i>	4.015
		Arbolado de <i>Pinus halepensis</i>	518.664
	Pináceas	Arbolado de <i>Pinus nigra</i>	45.261
		Arbolado de <i>Pinus pinaster</i>	19.927
		Arbolado de <i>Pinus pinea</i>	1.572
		Arbolado de <i>Pinus sylvestris</i>	6.766
Frondosas quercíneas	Arbolado de <i>Quercus faginea</i>	5.669	
	Arbolado de <i>Quercus ilex</i>	95.729	
	Arbolado de <i>Quercus suber</i>	6.700	
Otras	Otras formaciones arbóreas	11.287	
	Vegetación de ribera	4.337	
Total			719.927

Tabla 1.- Listado de la superficie forestal que ocupan diferentes especies en la Comunitat Valenciana.

Como se puede apreciar en la Tabla 1 los valores del *Pinus halepensis* son los que presentan una mayor superficie con marcada diferencia respecto al resto, ocupando el 72% de la superficie arbolada (518.664 ha).

A partir de los datos estudiados se estima la posibilidad de biomasa de *Pinus halepensis* anuales en toneladas de materia seca que ofrece el monte de la Comunitat Valenciana, basándose en el dato de 200.000 toneladas/año de biomasa forestal potencial, para permitir una gestión sostenible de los bosques (Tabla 2).

	SUPERFICIE (ha)	BIOMASA (toneladas/año)
TOTAL MONTE ARBOLADO DE LA COMUNITAT VALENCIANA	719.927	200.000
TOTAL BIOMASA DISPONIBLE DE PINUS HALEPENSIS	518.664	<u>144.088</u>

Tabla 2.- Estudio de la posibilidad anual de biomasa forestal de *Pinus halepensis*.

Tras este estudio se determina que la posibilidad de extracción de biomasa forestal de ***Pinus halepensis*** en la Comunitat Valenciana es de **144.088 toneladas anuales**.

En cuanto a su disponibilidad en función de la época del año, la ORDEN 10/2015 (DOGV núm. 7508 de 20.04.2015), del 8 de abril, de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, por criterios fitosanitarios no se establecen, para la especie de *Pinus halepensis*, limitaciones a la época de corta para esta especie, no obstante, la madera procedente de cortas efectuadas durante el último cuatrimestre del año se descortezará, astillará o extraerá del monte antes del 15 de marzo. Para los pinares de las comarcas de la provincia de Alicante de La Marina Alta, La Marina Baixa, L'Alacantí, El Baix Vinalopó y La Vega Baja y dentro de ellas exclusivamente en las zonas situadas a una altitud inferior a 400 m esta fecha se anticipará al día 1 de marzo. Para la madera cortada, en toda la Comunitat, en cualquier otra época del año, esta fecha será la más tardía entre el final del mes de marzo y la resultante de sumar dos meses a la fecha de la corta. El mismo calendario regirá para la eliminación de los restos generados por estas operaciones.

En este sentido, la disponibilidad de este residuo biomásico es durante todo el año, siendo en marzo, antes de que aumente el riesgo de incendios, cuando es obligatorio eliminarlo del bosque.

Olea europaea

La *Olea europaea* forma parte de la biomasa agrícola de la Comunitat Valenciana, por ello en este caso el estudio se centra en ésta dentro de la cual se encuentra dicha especie.

La posibilidad que resulta de la biomasa agrícola residual es mucho mayor que la forestal, 800.000 toneladas/año respecto a 200.000 toneladas/año [2]. Esto se debe principalmente a que los árboles destinados al cultivo agrícola tienen una gestión constante y para mejorar su estado se podan y limpian todos los años a diferencia de aquellos árboles que se encuentran formando las masas forestales (que generalmente carecen de gestión).

Las comarcas que mayor producción de biomasa residual agrícola ofrecen son las que se muestran en la Tabla 3.

Comarcas	BRA (t/año)
La Plana de Utiel-Requena	122.498
La Ribera Alta	58.885
El Baix Maestrat	53.848
Baix Segura	47.243
La Plana Alta	44.521
Vinalopó Mitjà	42.988
El Camp de Túria	40.145

Tabla 3.- Producción de BRA (Biomasa Residual Agrícola) por comarcas. Fuente: [2].

Destacando la comarca de La Plana de Utiel-Requena con la producción del 15 % del total de biomasa residual agrícola (122.498 t/año). En este caso esta producción se debe mayoritariamente a la poda de la viña. Sin embargo, las 800.000 t/año de toda la Comunitat Valenciana, provienen de olivo, almendro, viña, cítricos y cáscara de almendra.

Conocida la producción de BRA de cada una de las comarcas, se debe averiguar cuál es la producción total por especie agrícola (Tabla 4).

Tipo de cultivo	Coefficiente de producción de restos (t/ha). Humedad 0%
Olivo	1,25
Almendro	1,7
Viña	2,14
Cítricos	1,7
Cáscara de almendra	0,075

Tabla 4.- Coeficiente de producción de restos agrícolas anualmente. Fuente: [2].

Centrándose en la especie en estudio, y conociendo el coeficiente de producción de restos de olivo (1,25) y la superficie que ocupa dicha especie (93.953 ha [3]), se obtiene la producción total en toneladas.

	SUPERFICIE (ha)	COEFICIENTE DE PRODUCCIÓN DE RESTOS (toneladas/ha/año)	PRODUCCIÓN DE BIOMASA RESIDUAL AGRÍCOLA EN LA COMUNITAT VALENCIANA (toneladas/año)
<i>Olea europaea</i> (Olivo)	93.953	1,25	<u>117.441</u>

Tabla 5.- Cálculo de la producción de biomasa residual agrícola del olivo. Fuente: AIDIMME a partir de la bibliografía.

Por tanto, gracias al cálculo realizado se observa que la posibilidad de aprovechamiento de la biomasa residual de *Olea europaea* en la Comunitat Valenciana es de 117.441 toneladas anuales.

La disponibilidad de los residuos biomásicos de *Olea europaea* vendrá dada por las épocas de poda. Ésta se suele realizar tras la recolección de la aceituna. Si la aceituna recolectada es para

mesa, la poda se ejecutará entre los meses de noviembre y diciembre; pero si se destina a la producción de aceite, se realizará entre febrero y abril.

Por lo tanto, los residuos biomásicos de *Olea Europaea* no estarán disponibles durante todo el año, sino que estarán restringidos a los meses de frío e inicios de primavera.

Residuos de algodón del sector textil

La cuantificación de los residuos textiles está poco detallada porque no es un recurso que se recoge por separado. En general está incluido en la fracción mixta de los residuos sólidos urbanos. Este asunto debe mejorar en los próximos años porque a partir de 2024 España implantará esta recogida selectiva.

En la actualidad se recoge una parte de la ropa usada en contenedores puestos en la calle. De esta manera se recoge 15 kt/año en la Comunitat Valenciana. Esta cantidad equivale 3.05 kg por habitante lo que coloca la comunidad en el tercer puesto detrás del País Vasco y Navarra. La cantidad recuperada corresponde al 16% del total generado de residuo textil. En otras palabras, el resto no separado no se valoriza de ninguna manera y va al vertedero actualmente. Esta cantidad corresponde a casi 80 000 t/año.

Un problema añadido al residuo textil y su valorización es que es (casi siempre) un material compuesto. Al menos puede tener botones y cremalleras de plástico o de metal, cuando el material no es un material composite de diferentes fibras como por ejemplo algodón y poliéster. En diferentes estudios se ha confirmado el algodón como el material principal con aproximadamente un 50% y el poliéster el segundo con un 30%. Sin embargo, estos valores son simplemente orientativos y pueden variar en un amplio rango según circunstancias (regionales, temporales, etc.).

Tarea 1.2.- Estudio y análisis del empleo actual de la biomasa residual y los residuos del sector textil de interés

Pinus halepensis

Pese a las estimaciones de grandes volúmenes de biomásas forestales residuales aprovechables en España [4] [5], la superficie forestal sobre la que se realizan prácticas silvícolas (principalmente claras) representa una mínima parte de los montes españoles que necesitarían tales tareas [6]. Además, en muy poca de esta superficie tratada se realiza algún tipo de gestión de los residuos generados [7].

La ejecución de las primeras claras no suele realizarse debido a que no existe una oferta suficiente de este tipo de aprovechamientos a empresas especializadas ya que hasta el momento no se había planteado su rentabilidad [8].

No obstante, se puede afirmar que el tratamiento de los residuos forestales en España está creciendo, pero es en general minoritario y se da sobre todo en terrenos llanos de fácil acceso [6]. Antiguamente se aprovechaban estos residuos como leñas para calefacción o bien eran abandonados en el campo donde se les prendía fuego. Hoy en día, especialmente en la zona

mediterránea y central española, debido al alto riesgo de incendios, esta práctica se ha abandonado y frecuentemente los restos o bien se trituran mediante desbrozadoras (de cadenas o de martillos) o bien se astillan (generalmente con astilladoras ligeras montadas sobre tractores) con el fin de esparcir los restos sobre el suelo [7].

Para el caso de la Comunitat Valenciana, en un 50% de los casos no se realiza ningún tratamiento y en el otro 50% se realiza un astillado principalmente mediante astilladora montada sobre tractor [6].

Del pequeño porcentaje de biomasa residual forestal que se aprovecha se destina sobre todo a bioenergía, y en casos más minoritarios se destina a industrias de transformación mecánica (aserrío, pero principalmente tableros) o química (pastas celulósicas).

Olea europaea

El olivar constituye uno de los cultivos agrícolas más representativos de España. Su cultivo origina una gran cantidad de biomasa derivada de la poda de los árboles. Esta operación, realizada habitualmente cada dos años, consiste en la eliminación de las ramas menos productivas, y tiene como objetivo principal mejorar la producción del árbol, a la vez que se facilita la recogida de la cosecha [9].

Este residuo agrícola es uno de los más importantes, en términos cuantitativos, de España.

Actualmente, esta biomasa carece de aplicación práctica. Una pequeña parte, constituida por las ramas de mayor calibre, o leña, se separa del resto mediante la operación llamada escamujado, y encuentra aplicación como combustible en domicilios particulares y pequeñas industrias. El resto de la poda debe ser eliminado de los campos de cultivo en un plazo de pocas semanas, para prevenir la aparición de plagas [9].

Existen dos métodos principales de eliminación: la trituración y esparcimiento, y la quema directa en el campo. El primer procedimiento se justifica por ser un aporte de materia orgánica a los campos; sin embargo, este aporte se ha mostrado poco efectivo y, en algunos casos, inadecuado. La quema directa de la poda constituye el método de eliminación más usado y, entre sus desventajas, pueden señalarse la emisión incontrolada a la atmósfera de dióxido de carbono o el riesgo de incendios forestales [9].

Residuos de algodón del sector textil

Los residuos del sector textil no tienen un uso predeterminado debido a las propiedades del material. Más bien, el hecho de que las prendas son, en general, materiales compuestos, un reciclaje es complicado y no se han desarrollado vías de valorización generalizadas. En pequeño volumen se recicla lo que está basado en separación manual. Ropa recogida en contenedores en la calle por ONG se manda a usarla como ropa de segunda mano, en España o, en su mayoría, fuera del país. Otro parte se separa por materiales, lo que se lleva a cabo en países con salarios más bajos como puede ser la India. En estos casos la etiqueta con la composición de la prenda tiene que estar intacta.

Tarea 1.3.- Análisis de la logística

Después de realizar los estudios anteriores, se analizó la logística necesaria para el aprovisionamiento, transporte y almacenamiento de los residuos.

En el caso del *Pinus halepensis* y teniendo en cuenta que las prácticas silvícolas se pueden realizar durante todo el año, siendo en marzo, antes de que aumente el riesgo de incendios, cuando es obligatorio eliminarlo del bosque, se decidió adquirirlo a principios de invierno. También sería necesaria maquinaria como sierras, desbrozadora, trituradora y camión de transporte. El residuo se trasladaría hasta INGELIA y se almacenaría allí.

En cuanto a la *Olea europaea*, se decidió adquirirlo durante la poda de la oliva destinada al aceite, la cual se realiza en la primavera. En este caso, la maquinaria necesaria sería sierras, trituradora y camión de transporte. Al igual que el caso anterior, el residuo se trasladaría hasta INGELIA y se almacenaría allí.

Por último, los residuos de algodón del sector textil se consiguen de una empresa de reciclaje de la región de Muro de Alcoi, de Recover. Se ha seleccionado este material por su composición y por el tamaño de piezas. El material consiste en un 98% de algodón y está desfibrado.

Tarea 1.4.- Selección, caracterización y preparación de los residuos

Pinus halepensis

Una vez realizado todo el estudio anterior, se contactó con diversas entidades que realizan podas, clareos y desbroces. Se detectó que se iban a realizar clareos de *Pinus halepensis* en áreas situadas en el interior de la provincia de Valencia, más específicamente en la comarca del Valle de Ayora-Cofrentes (Figura 1).

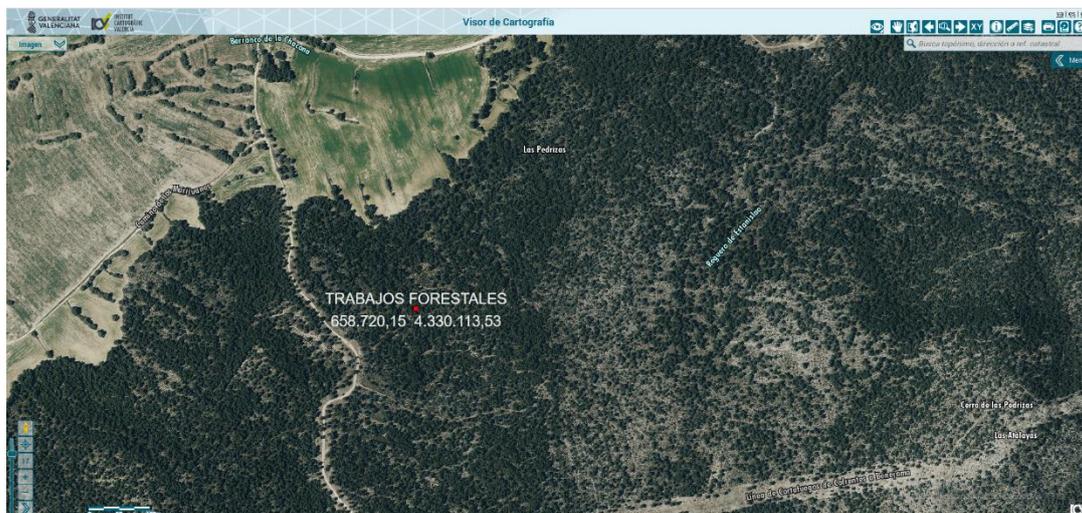


Figura 1.-Ubicación de la zona donde se realizó el clareo.

Se consideró adquirir 10 toneladas de residuos de clareo de *Pinus halepensis*, y se organizó la logística correspondiente para poder recoger, tratar y enviar el residuo hasta la planta de INGELIA.

El clareo se realizó en diferentes áreas con árboles jóvenes que crecen con muy poco espacio entre unos y otros. Para ello, en primer lugar, se realizó el corte de los troncos con sierras mecánicas de aquellos especímenes más pequeños o débiles que se encuentran demasiado próximos

Los árboles cortados se recogieron con un autocargador y se agruparon para despejar las zonas cortadas y llevarlos cerca de la trituradora.

Para realizar un mejor transporte y con el fin de tener la muestra en mejores condiciones para la Carbonización Hidrotermal (HTC), se trasladó hasta las zonas una máquina trituradora, que depositaba el residuo astillado en un container.

Una vez lleno, dicho container se incorporó a un camión que lo llevó hasta las instalaciones de INGELIA.

INGELIA envió una muestra del residuo astillado a AIDIMME para que se prepararan los residuos y se caracterizaran.

Los residuos, con el fin de homogeneizar más la muestra y obtener tamaños de partícula más pequeños, para efectuar los análisis (con un tamaño de partícula que no supera un valor dado), fueron sometidos a dos nuevos triturados en las instalaciones de AIDIMME (Figura 2).



Figura 2.-Los dos triturados posteriores realizados en AIDIMME y aspecto final de la muestra (dcha.).

En la Tabla 6 se esquematizan los resultados obtenidos.

<i>Pinus halepensis</i>					
Contenido en (%):					
Humedad	Cenizas	Arena	Extractivos	Lignina*	Holocelulosa*
15,24	2,46	0,18	8,7	31,0	71,6
					

Tabla 6.- Resultados obtenidos en AIDIMME con la caracterización del residuo de *Pinus halepensis*

* Porcentaje obtenido respecto a la masa seca sin extractivos ni compuestos inorgánicos.

Olea europaea

Con toda la información recopilada se contactó con diversas cooperativas que iban a realizar podas en sus olivares. Se detectó que se iban a realizar podas de *Olea europaea* en unos campos situados en el interior de la provincia de Alicante, más específicamente en la comarca del Alto Vinalopó, en el pueblo de La Cañada (Figura 3).

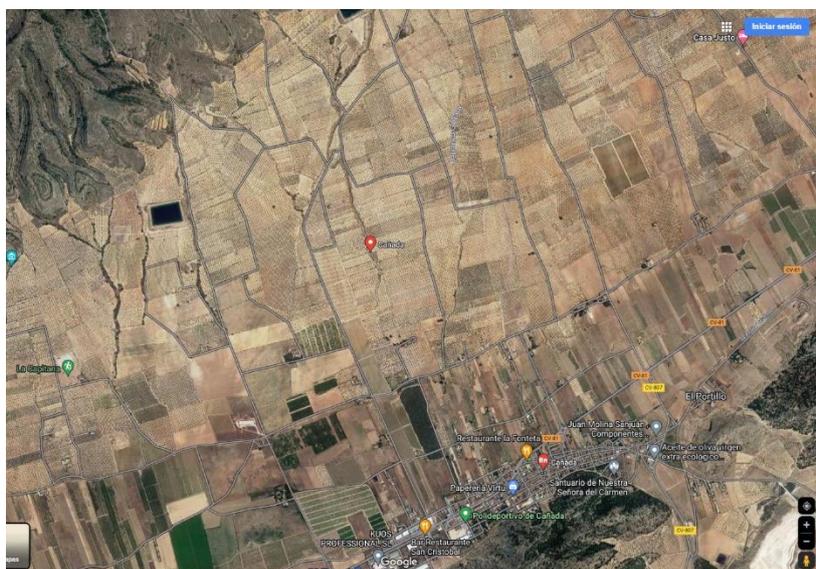


Figura 3.-Ubicación de la zona donde se realizó la poda de *Olea europaea*.

Se consideró adquirir unos 8 m³ (el volumen del container utilizado) de residuos triturados en el campo de poda de *Olea europaea*, y se organizó la logística correspondiente para poder recoger, tratar y enviar el residuo hasta la planta de INGELIA.

La poda se realiza cortando determinadas ramas de los árboles con el fin de mejorar la productividad del árbol, y el posterior triturado en el campo.

Una vez lleno el container se incorporó a un camión que lo llevó hasta las instalaciones de INGELIA.

En la Figura 4 se observan ambos residuos biomásicos adquiridos para el proyecto (*Pinus halepensis* y *Olea europaea*) en las instalaciones de INGELIA.



Figura 4.- Residuos biomásicos de *Pinus halepensis* y *Olea europaea* adquiridos para el desarrollo del proyecto TABIOL.

INGELIA envió una muestra del astillado de *Olea europaea* a AIDIMME para que se prepararan los residuos y se caracterizaran.

Los residuos de *Olea europaea* también fueron triturados en AIDIMME, hasta conseguir tamaños de partícula similares a los del caso del *Pino Halepensis* (Figura 5).



Figura 5.-Muestra inicial procedente de la poda (izqda.) y aspecto final de la muestra después del triturado (dcha.).

En la Tabla 7 se esquematizan los resultados obtenidos.

<i>Pinus halepensis</i>					
Contenido en (%): Ídem					
Humedad	Cenizas	Arena	Extractivos	Lignina*	Holocelulosa*
6,38	2,99	0,034	18,3	22,9	78,7
					

Tabla 7.- Resultados obtenidos en AIDIMME con la caracterización del residuo de *Olea europaea*.

* Porcentaje obtenido respecto a la masa seca sin extractivos ni compuestos inorgánicos.

En cuanto a los residuos de algodón del sector textil se recibe la composición de la empresa Recover. Se llevaron a cabo análisis correspondientes para confirmarlo, como por ejemplo el análisis elemental.

Paquete de Trabajo 2. Desarrollo y optimización del proceso de Carbonización Hidrotermal y del post-tratamiento

Tarea 2.1.- Producción de hydrochar refinado a partir de poda de olivo y pino halepensis.

El hydrochar refinado es la materia prima que se emplea para la fabricación de tableros y que se obtiene por un post-tratamiento térmico de hydrochar.

Mientras INGELIA se encarga del post-tratamiento a escala piloto o semi-industrial, la UPV se encarga de los análisis del hydrochar producido considerando la cantidad de cenizas, la composición de cenizas y el análisis elemental (CHN).

Por un lado, INGELIA ha realizado pruebas con el proceso de refinado de la poda de olivo y con residuos del pino halepensis, habiéndose encontrado con la dificultad, no esperada, de que éstas se encontraban excesivamente secas, lo que dio lugar a una obturación del sistema, hecho agravado por la morfología de las fibras. De ahí que se haya tenido que trabajar con otra biomasa, también procedente de poda y de características similares, pero que en su punto de partida se encontraba más húmeda, lo que permite continuar con los trabajos del proyecto a la espera de contar con nueva materia prima más húmeda.

Finalmente se produjo más de 3 kg de hydrochar refinado para los primeros ensayos de la elaboración de los productos industriales. Este hydrochar se usará en la Tarea 3.1.

Para la preparación del hydrochar refinado, INGELIA proporcionó un hydrochar refinado producido a partir de la biomasa arriba indicada. La UPV llevó a cabo la molienda para adecuar el tamaño de partícula y el tamizado para determinar la distribución del tamaño de partícula. Además, el ITQ realizó la caracterización relevante del material.

Se prepararon tres muestras con diferente distribución de tamaño de partícula. Las cantidades y modos de preparación se resumen en la Tabla 8 y las distribuciones de tamaños de partícula en la Tabla 9. La muestra HCR-Poda-M3 tiene las partículas muy pequeñas, el 85% con un tamaño por debajo de 0.2 mm y el resto por debajo de 0.4 mm (Tabla 9). HCR-Poda-M2 es la muestra con las partículas más grandes. Entre el 50% y el 55% tienen un tamaño menor de 0.2 mm y aproximadamente un 40% menor de 0.6 mm (Tabla 9).

Muestra	Cantidad [g]	Revoluciones [rpm]	Tiempo [min]
HCR-Poda-M1	600	6000–7000	1–5
HCR-Poda-M2	2000	7000	1
HCR-Poda-M3	1000	8000	5

Tabla 8.- Condiciones de molienda para la preparación de las muestras de hydrochar refinado (HCR).

Muestra	Cantidad [g]	< 0.2 mm [%]	0.2–0.4 mm [%]	0.2–0.6 mm [%]	resto [%]
HCR-Poda-M1	600	71.0	24.7		4.2
HCR-Poda-M2a	1000	55.5		38.8	5.0
HCR-Poda-M2b	1000	51.1		40.8	7.5
HCR-Poda-M3	1000	85.3	14.4		0.3

Tabla 9. Distribución de tamaño de partícula de las muestras de hydrochar refinado.

Tarea 2.2.- Estudio del post-tratamiento en presencia de agua.

En el estudio del post-tratamiento en presencia de agua se puso a punto un aparato que consiste en un reactor tubular de cuarzo con placa porosa y un horno que puede alcanzar temperaturas de hasta 1000 °C. Se hicieron algunas pruebas a diferentes temperaturas, pero los ensayos no permiten observaciones claras aún.



Figura 6.- Montaje para el post-tratamiento en presencia de agua; a la izquierda el horno con el reactor montado, a la derecha el reactor.

Tarea 2.3.- Estudio de la transformación hidrotermal de algodón procedente del sector textil a escala laboratorio.

La valorización de residuos textiles se pretende hacer por carbonización hidrotermal. En primer lugar, se estudió la transformación de muestras de algodón. En la Tabla 10 se enumera las muestras recibidas de Ateval, la Asociación de Empresarios Textiles de la Comunidad Valenciana, en la Figura 7 se muestran fotos de los materiales y en la Tabla 11 los resultados de su análisis elemental.

Los resultados obtenidos se comparan en la Figura 9 en un diagrama de van Krevelen con valores extraídos de la literatura de carbonizaciones hidrotermales. Por el momento se puede constatar que algunas transformaciones llegan a productos similares y otras a productos diferentes. Se continuará detallando este estudio y se incluirá la transformación del poliéster (tereftalato de polietileno).

Nombre ITQ	Empresa	Nombre Original	Procedencia
AV-ATE-1	Ferre/Recover	Ferre/Recover	Polvo de la hiladura
AV-ATE-2	Ferre/Recover	Ferre/Recover	Polvo de la hiladura
AV-ATE-3	Ferre/Recover	Ferre/Recover	Polvo de la hiladura
AV-ATE-4	Ferre/Recover	Ferre/Recover	Polvo de la hiladura
AV-ATE-5	Interfabrics	Aloba	Proceso de trinchado
AV-ATE-6	Interfabrics	Rústika	Proceso de trinchado
AV-ATE-7	Royo		Proceso de trinchado
AV-ATE-8	Recover	Recover	

Tabla 10.- Muestras de textil proporcionadas por Ateval y la información sobre su procedencia.



Figura 7.- Fotos de las muestras proporcionadas por Ateval.

Nombre ITQ	C [%]	H [%]	N [%]	S [%]	O [%]
AV-ATE-1	50.1	5.27	0.04	0	44.6
AV-ATE-2	43.0	5.99	0.12	0	50.9
AV-ATE-3	-	-	-	-	-
AV-ATE-4	44.8	6.20	0.28	0	48.8
AV-ATE-5	62.0	4.28	0.053	0.00	33.6
AV-ATE-6	47.6	5.83	0.521	0.00	46.0
AV-ATE-7	45.4	6.60	0.21	0.00	47.8
AV-ATE-8	-	-	-	-	-

Tabla 11.- Análisis elemental CHNS de las muestras de textil proporcionadas por Ateval.



Figura 8.- Autoclave para reacciones HTC.

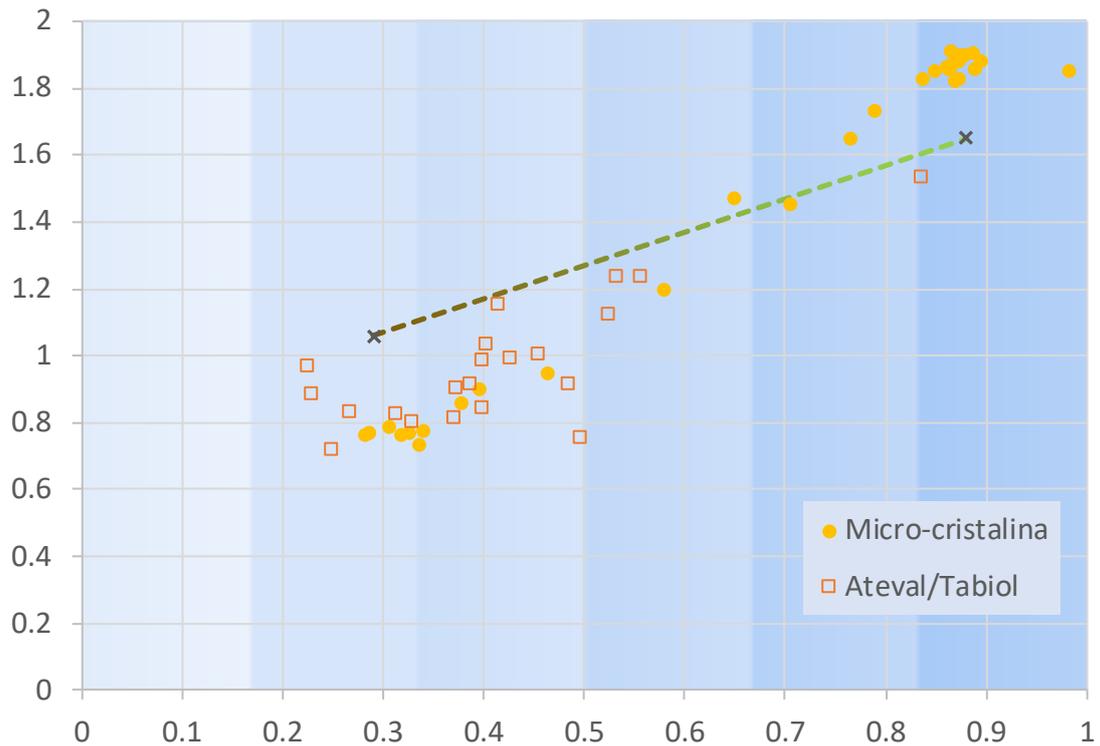


Figura 9.- Diagrama de van Krevelen de transformaciones de celulosa micro-cristalina de la literatura y resultados experimentales obtenidos a partir de materiales proporcionados por Ateval.

Paquete de Trabajo 3. Investigación del proceso de fabricación de los productos y obtención de muestras a escala laboratorio y piloto

En este paquete de trabajo se han realizado unas investigaciones previas con el hydrochar refinado elegido como materia prima (Figura 10), mientras se estaba a la espera de la recepción del hydrochar procedente de la biomasa del pino halepensis y de olivo.



Figura 10.- Aspecto del hydrochar refinado en el que se empezaron los estudios a la espera del procedente de los residuos específicos del proyecto.

Tarea 3.1.- Investigación de la mezcla residuo sólido/ligante

Como en cualquier producto aglomerado, es importante considerar la mezcla partículas/ligante y la naturaleza de éste. Por ello se está trabajando con estos factores, abarcando un amplio espectro de ligantes, desde sintéticos a naturales.



Figura 11.- Primeras mezclas realizadas con adhesivo sintético

Tarea 3.2.- Investigación de la elaboración del producto de uso en los sectores construcción y mueble.

En esta tarea se estudia los parámetros que influyen en el prensado, tras adquirir moldes de aluminio que garantizaran una correcta y rápida y homogénea transferencia de la temperatura (Figura 12).

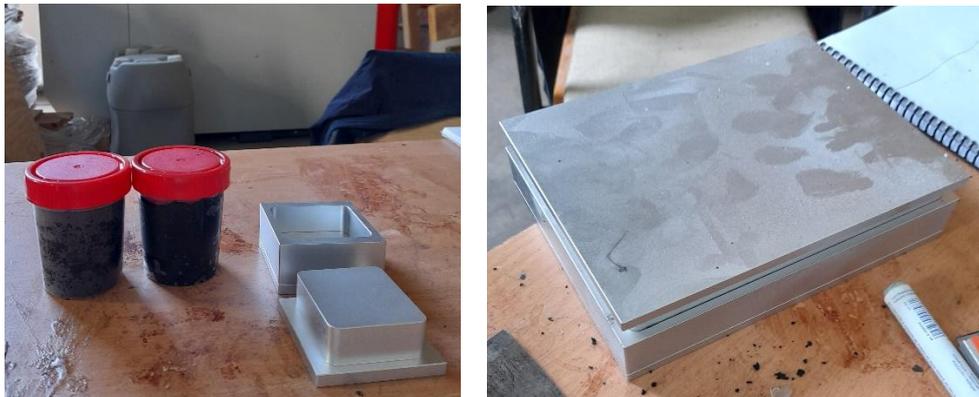


Figura 12.- Ejemplo de los tamaños de los moldes adquiridos

Los moldes se compraron para poder producir los productos con un tamaño pequeño, de manera que no fuera necesaria mucha cantidad de producto y se pudieran estudiar diferentes parámetros (presión, temperatura, tiempos, etc.) sin gastar grandes cantidades de producto e, incluso, prensando varias muestras a la vez.

En la Figura 13 y la Figura 14 se observan los primeros prensados que se están obteniendo.



Figura 13.- Prensado de hydrochar refinado con fenol-formaldehído con el molde grande



Figura 14.- Prensado de hydrochar refinado con fenol-formaldehído con el molde pequeño

Bibliografía

- [1] Plan de acción territorial forestal de la Comunitat Valenciana – PATFOR.
- [2] Plan integral de fomento de la biomasa residual agrícola y forestal para uso térmico, Vaersa: Generalitat Valenciana, 2016.
- [3] Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica (2020). EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE TIERRAS DE CULTIVO DE LA COMUNITAT VALENCIANA 1983-2020.
- [4] B. Meuleman, L. Kuiper y G. Nabuurs, Effect: EU forest for renewable energy to mitigate climat, Ecofys, Utrecht, 2005.
- [5] V. Lerma, Planificación, logística y valorización de biomasa forestal residual en la provincia de Valencia, Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria. Universitat Politècnica de València, 2015.
- [6] C. Almagro, E. Tolosana, Y. Ambrosio, B. Fernández y S. Vignote, El estado actual de la gestión de los residuos forestales en España, Organización Galega de Comunidades de Montes Veciñais en Man Común, 2012.
- [7] E. Tolosana, Planificación de las operaciones posteriores al aprovechamiento: Gestión de los residuos. Bloque 3, U.D. 2. Tema 1., ET.S.I. MONTES, Madrid, 2003.
- [8] Y. Ambrosio, Estudios de tiempos de cosechadoras forestales en una serie de aprovechamientos de primera clara en masas de Pinus radiata y Pinus sylvestris en el distrito forestal VII de Galicia, Congreso Forestal de Portugal, Lisboa, 2005.
- [9] E. Castro, E. Torres y F. Gallego, Logística de la biomasa del olivar como fuente energética renovable, Universidad de Jaén, Unión de Pequeños Agricultores (UPA), 2012.