

Proyecto Acrema, calidad de la resina

El Grupo Operativo ACREMA “Adaptación de la actividad resinera a masas de pino con fines productores de madera” (<https://acrema.es/>), se constituyó en el año 2018 al amparo de la convocatoria Estatal de Grupos Operativos Supra-autonómicos, instrumento para impulsar y acelerar la innovación en el medio rural mediante la Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícola (AEI-agri) en el marco del Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020.

El proyecto de innovación impulsado por el Grupo Operativo fue aprobado para su ejecución en la convocatoria del año 2020 y ha estado en activo desde mayo de 2021 hasta marzo de 2023 con el objetivo de incrementar la productividad de las masas de *Pinus pinaster* y *Pinus radiata* a través de la integración de un aprovechamiento resinero innovador que permita obtener una resina de calidad, y bio-productos derivados de alto valor añadido, como complemento a la ya existente producción de madera, al mismo tiempo que se mantiene la sostenibilidad de la masa. En todos los casos el planteamiento del proyecto ha sido el de integrar en los itinerarios selvícolas vigentes en las CC. AA. del noroeste de la península un aprovechamiento adicional en los años previos al turno establecido en cada plan de gestión u ordenación.

Para la realización de los ensayos en campo se seleccionaron diferentes localizaciones con situaciones interiores y litorales: estudios de *Pinus pinaster* en Godos (Pontevedra), Culleredo (Coruña), Ferreira de Pantón (Lugo), Valdés (Asturias) y Coca (Segovia) y los de *Pinus radiata* en Culleredo (Coruña), Ferreira de Pantón (Lugo) y Pravia (Asturias). Sobre cada una de estas 8 parcelas de investigación se han analizado diferentes metodologías de extracción y estimulantes. Dos métodos innovadores cerrados fueron testados, pica mecanizada circular y borehole, frente al sistema tradicional en abierto o pica ascendente.

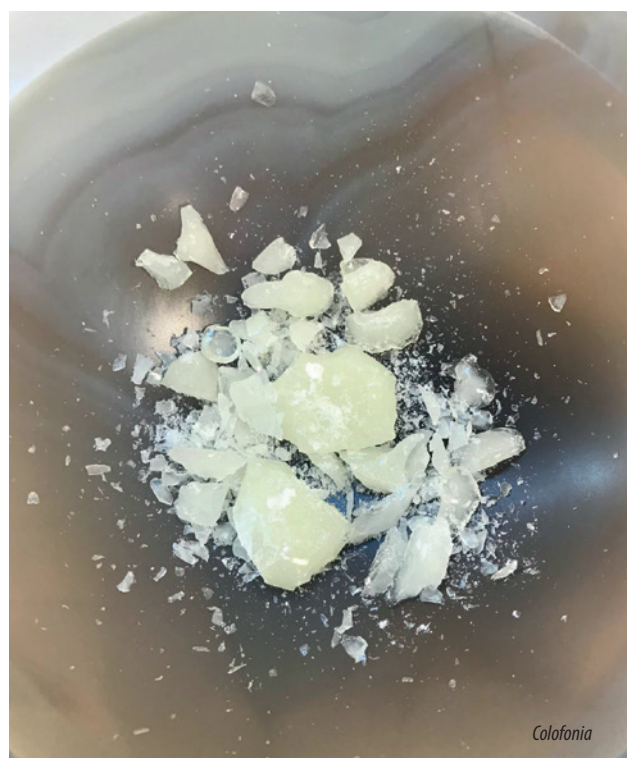
El método de pica tradicional se realizó en sentido ascendente, con una periodicidad entre picas de 14 picas y con un largo de pica de 16 cm. En cuanto al método mecanizado de entalladura circular, también se realizó en sentido ascendente y con una periodicidad entre picas de 14 días, empleando en este caso diámetros de 5, 6 y 7 cm (en función del modelo de utilidad empleado; K&G, Xagoaza pinaster y CIF LOURIZÁN, respectivamente).

El método borehole en altura se ha realizado con tres bolsas simultáneamente que se iban subiendo en altura cada vez que se refrescaban las picas (cada 14 días, al igual que para los otros métodos). Este método es de uso exclusivo para árboles no maderables o pinares de baja calidad compatibles con la extracción de resina y madera para trituración (uso energético y/o sector del tablero), llamado también borehole en altura. Se emplearon dos pastas estimulantes consideradas menos agresivas para la salud del individuo, pero igualmente efectivas, frente al control o ensayo en ausencia de pasta: la pasta ASACIF (principio activo, ácido salicílico) y la CUNINGHAM (principio activo, ethephon). De la primera se emplearon variantes, ASACIF MINOR (se elabora con ácido salicílico como principio activo y con una disminución del ácido sulfúrico al 20 %) y ASACIF PLUS (igual composición que la minor, pero que incorpora ácido benzoico en un 1 % (p/p)). En dichos estimulantes se busca la reducción del porcentaje de ácido sulfúrico empleado tradicionalmente en las pastas estimulantes, minimizando su presencia en la resina recogida. Los resultados obtenidos en los ensayos fueron comparados durante las tres remasas realizadas en función de la productividad y de la calidad de la resina obtenida.

Mediante el empleo de estos sistemas de resinación innovadores, se pretende mejorar la calidad de la resina, pero es importante determinar qué se entiende por calidad de una resina. Desde el punto de vista del proceso de resinación una resina será de mayor calidad cuanto mayor sea su contenido en los componentes principales, colofonia y trementina, y menor contenido en agua e impurezas (acículas, sólidos...). A su vez, estos componentes principales son los puntos de partida de industrias de primera y segunda transformación, pertenecientes a diferentes sectores, que buscan la presencia, así como la ausencia, de ciertos componentes para la modificación química y su empleo en distintos procesos de fabricación. Es decir, en función de la aplicación, diferentes sectores industriales pueden estar interesados en distintas propiedades de la resina y de sus componentes principales.

La colofonia se obtiene tras la destilación de la resina, siendo la fracción no volátil remanente.

Está constituida por 10-20 % de componentes neutros (terpenos) y un 80-90 % de ácidos resínicos. La colofonia puede ser empleada con



o sin modificación química (derivados), siendo sus usos más importantes en la industria de los adhesivos, gomas sintéticas, tintas, aislamiento de componentes electrónicos, detergentes, jabones, entre otros.

La trementina es la fracción volátil de la resina de pino, obtenida por destilación. Está compuesta principalmente por α - pineno y β - pineno (65-75 % y 20-26 % respectivamente) y pequeñas cantidades de canfeno, limoneno, 3-careno y terpinoleno. Su uso abarca un amplio abanico de sectores industriales, desde disolventes, pinturas y barnices, sus derivados se emplean en la industria de las fragancias, sabores o agentes de limpieza.

Para el análisis de calidad de las resinas recogidas en los ensayos, además del estudio de rendimiento de producción en función de los factores a estudiar (especie, localización, pasta y método), se realizó un primer proceso de hidrodestilación de la misma para la obtención de sus dos componentes principales. Este proceso mantiene el contacto directo entre la resina y el agua durante toda la destilación, en una ratio determinada. A pesar de ser un sistema de destilación de menor rendimiento que el realizado industrialmente (destilación por arrastre de vapor), permite procesar un mayor número de muestras y una comparativa de las mismas, sometidas todas ellas a las mismas condiciones.

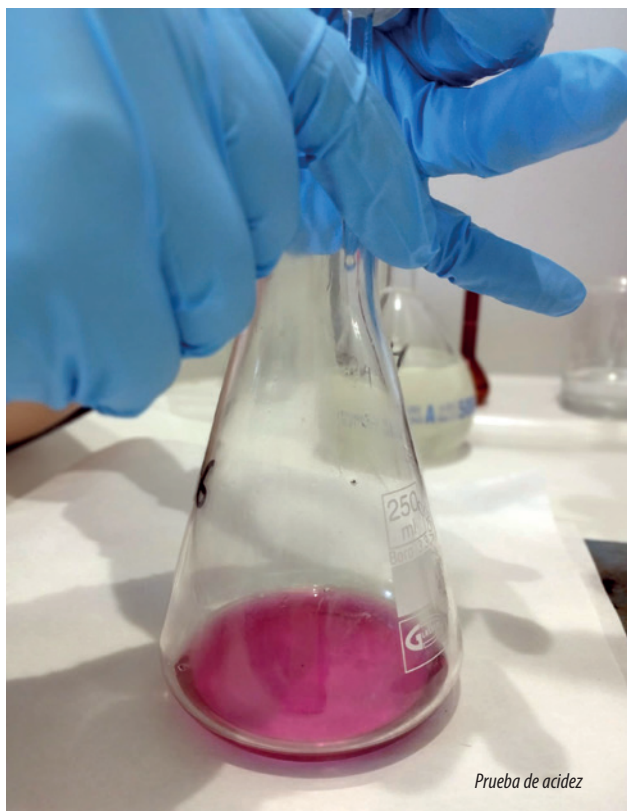
Una vez obtenidas la colofonia y la trementina se estudió el rendimiento en cada caso, y se procedió a su caracterización mediante diferentes parámetros de interés para las empresas de diversos sectores, como son índice de acidez de colofonia (cuantificador de la presencia de ácidos en la colofonia (relacionado con la reactividad posterior de la misma), escala de color Gardner (relacionado con la composición de la colofonia para su reactividad posterior), tiempo y altura de cristalización de colofonia (relacionado con la presencia de impurezas) y composición química (incluyendo perfil terpénico y de ácidos resínicos).

Desgranando los resultados obtenidos tras el procesado de más de 400 muestras de resina se pudieron destacar aspectos interesantes.

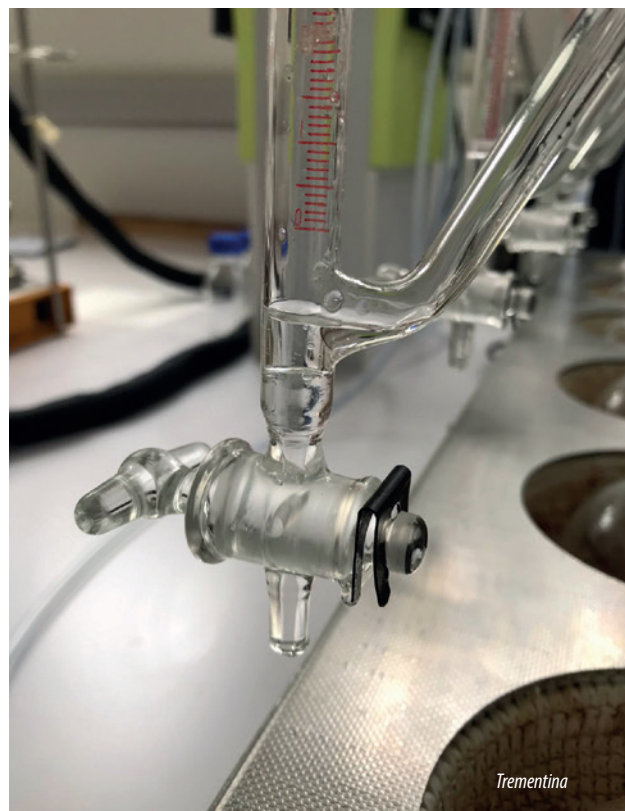
En una visión global de la producción, el análisis de datos para comparar las campañas de resinación de 2021 frente a 2022 mostraron un incremento de un 25 % y 27 % para *Pinus pinaster* y *Pinus*



radiata respectivamente. Sin embargo, este incremento de producción no se comporta de la misma forma en función de la metodología empleada, siendo el incremento de un 34,5 % para el sistema tradicional, un 30,22 % para la entalladura circular y de un 9 % para el borehole. De estos resultados se puede concluir que el sistema borehole, de penetración en madera, tiene un efecto acumulativo de campaña menor y/o es menos influenciado por las distintas condiciones ambientales entre campañas.



Prueba de acidez



Trementina

Enfocándose en el concepto de calidad de la resina, estadísticamente los resultados mostraron que el método de resinación tiene un gran efecto sobre el porcentaje de trementina obtenido (y por tanto colofonia), así como en el índice de acidez de la colofonia correspondiente. Igualmente, la especie a la que pertenece el individuo tiene gran efecto sobre el porcentaje de trementina y el índice de acidez. Dentro de cada una de las especies estudiadas, la situación de la parcela de ensayo, el método y la pasta mostraron influencia en el porcentaje de trementina. Si se analizan estadísticamente los resultados mostrados en las diferentes remasas, el porcentaje de trementina muestra diferencias entre las muestras de la primera remasa y las obtenidas en la segunda y tercera, siendo menor esta diferencia entre las dos últimas. En el caso del índice de acidez de la colofonia, las diferencias aparecen entre la primera y tercera y entre la segunda y tercera remasa, no mostrando diferencias entre la primera y segunda.

Analizando los resultados obtenidos para cada uno de los ensayos y relacionándolo con los factores de estudio, se puede establecer una serie de consideraciones respecto a los valores mostrados.

Enfocando los resultados desde el punto de vista del método empleado, además de presentar como es lógico un menor contenido en impurezas (acículas, insectos y restos forestales) el porcentaje de trementina obtenido por métodos de envase cerrado están por encima del 20 %, tanto para pica circular como borehole, y superan en más de un 10 % el porcentaje de trementina obtenido mediante pica tradicional. Se llegan a obtener muestras en envase cerrado con un porcentaje de trementina superior al 40 % (máximo para picar circular 43 %; máximo borehole 44 %). El porcentaje de colofonia obtenido por método de pica tradicional es superior a los obtenidos mediante resinación en envase cerrado. Es necesario destacar que al tratarse de envase abierto el proceso de evaporación es más acusado, disminuyendo el contenido en volátiles y por tanto aumentando el porcentaje de colofonia presente respecto al global.

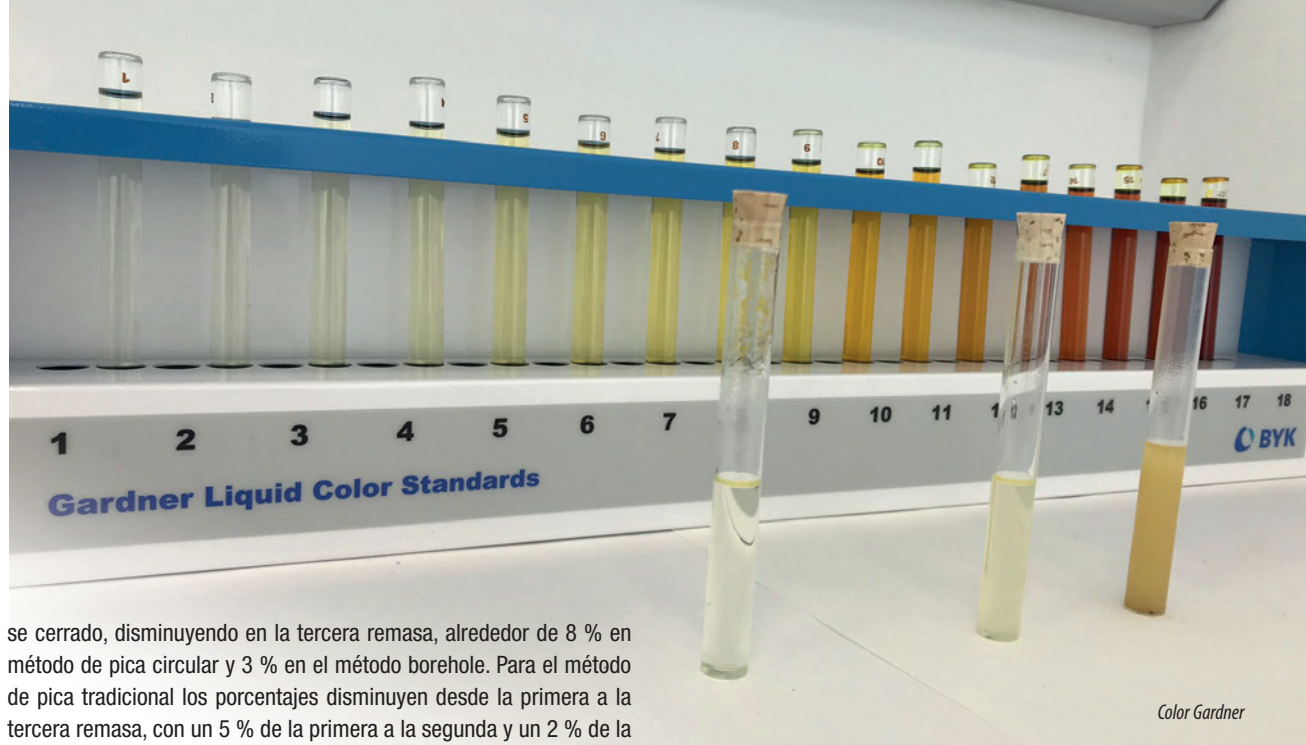
El índice de acidez promedio de las colofonias obtenidas median-

te los tres métodos no difieren sustancialmente. Puede considerarse un ligero ascenso en el método tradicional y borehole frente a pica circular, con una diferencia de 5 mg KOH/g de muestra. Sin embargo, el índice de color, según escala Gardner, de las colofonias obtenidas mediante método de pica tradicional es superior a los de las colofonias obtenidos en métodos de envase cerrado, mostrando coloraciones más oscuras y pardas frente a coloraciones más claras de estos últimos. El contacto directo con el aire y la radiación solar, el agua y la exposición al ambiente, pueden provocar procesos de oxidación y transformación que influyen en la composición, y por tanto en el color de la colofonia obtenida.

En cuanto a la composición química de las muestras en función del método de resinación, el perfil de ácidos resínicos (abiéticos y pimáricos) no muestra diferencias significativas en los compuestos más mayoritarios (ácidos abiético, neoabiético, pimárico, entre otros). En cuanto al perfil terpénico, la relación entre α - pineno y β - pineno se ve afectada por el método de extracción, siendo similares en los métodos cerrados frente al método abierto. En este caso es importante señalar que la determinación del perfil terpénico se realiza directamente sobre la resina, previa extracción, siendo diferente a la caracterización industrial realizada sobre trementina directamente.

Si el análisis se centra en el factor especie, el porcentaje de trementina de muestras de individuos perteneciente a *Pinus radiata* es similar a *Pinus pinaster* en los métodos de pica tradicional (o método abierto) y pica circular (método cerrado), pero superiores en el método borehole, superando *Pinus radiata* a *Pinus pinaster* en un 5 %. Por otro lado, los índices de acidez de las colofonias obtenidas a partir de muestras de resina de individuos de la especie *Pinus radiata* son superiores a los de *Pinus pinaster* en los tres métodos de resinación, superándolos especialmente en los métodos de pica circular (6 %) y pica tradicional (10 %).

Analizando el factor remasa, el porcentaje de trementina de la primera y segunda remasa fueron similares para los métodos de enva-



se cerrado, disminuyendo en la tercera remasa, alrededor de 8 % en método de pica circular y 3 % en el método borehole. Para el método de pica tradicional los porcentajes disminuyen desde la primera a la tercera remasa, con un 5 % de la primera a la segunda y un 2 % de la segunda a la tercera. En cambio, los índices de acidez de las colofonías obtenidos mediante cualquiera de los métodos de resinación experimentan un ligero descenso en la segunda remasa frente a la primera y tercera, siendo este menos acusado en el método borehole.

Finalmente, pero no menos importante, dado el enfoque del proyecto, se analizaron los datos teniendo en cuenta el factor localización, asociado al factor método. En este caso, se observó que el porcentaje de trementina promedio obtenido en muestras de resina procedentes de método tradicional son similares en todas las localizaciones, habiendo más variabilidad en los métodos de envase cerrado. Los porcentajes de trementina más elevados para método de pica circular los presentan Asturias y Pontevedra, seguidos de A Coruña y Lugo y finalmente Segovia. Para el método borehole, Asturias y Lugo presentan los valores más altos, seguidos de A Coruña y Pontevedra y, por último, Segovia. Los índices de acidez de las colofonías obtenidos mediante cualquiera de los métodos de resinación experimentan un ligero descenso en la segunda remasa frente a la primera y tercera, siendo este menos acusado en el método borehole. En el caso de los índices de acidez, los valores más bajos en los tres métodos, siendo el borehole el de menor diferencia, los presenta la localización de Segovia, siendo el resto de las localizaciones más similares, con diferencias en torno a 5 mg KOH/g muestra.

A la vista de estos resultados, que pueden considerarse como un punto de partida para futuros estudios, parece claro que a pesar de la gran variabilidad intra e inter grupo existen factores que afectan de forma clara a la resina recogida y a parámetros de calidad de importancia industrial. Conocer cómo afecta la localización, el método, la pasta y el momento de recogida, así como el estudio de nuevas especies resineras como el *Pinus radiata*, son claves para potenciar este sector.

Se trata de poder conocer más detalladamente el producto, para su posterior uso en diferentes sectores industriales. Conocer la colofonia para su aplicación directa en la fabricación de colas y adhesivos, o su modificación para industria de segunda transformación, o la composición de la trementina, para su fraccionamiento químico, obtención de α / β pineno y su uso en procesos industriales de fabricación de jabones, disolventes, cosmética o perfumería, supondrá una ventaja para el resinero, que podrá ofrecer un producto diferenciado, y para las empresas compradoras, que podrán prever su comportamiento en los procesos industriales.

Es importante señalar que, además del trabajo asociado al proceso de resinación con el sistema de muestreo, el control de bolsa y/o pote, la recogida y la caracterización de las muestras llevan asociado

todo un proceso de trabajo de laboratorio tedioso, con un consumo de tiempo por parte de personal cualificado y de reactivos, así como generación de residuos derivados de los mismos. Por todo ello, y formando parte de este proyecto GO ACREMA, se ha trabajado en el desarrollo de una metodología mediante una técnica no destructiva, rápida y fácil de emplear que permita una caracterización de las resinas evitando todo el proceso de laboratorio citado. Dentro de este objetivo, la tecnología de análisis basada en espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS) emerge como una herramienta de enorme potencial, cuya aplicación que se ha estudiado, obteniendo resultados muy prometedores. Ello proporcionaría a las empresas una herramienta que permita no solo el control del producto, sino su comercialización con una garantía de trazabilidad y calidad.

Para finalizar, y teniendo en cuenta el objetivo del proyecto descrito anteriormente, evaluar la compatibilidad de ambos aprovechamientos (maderero y resinero) se evaluó el posible efecto de la resinación en la utilización de la madera para uso estructural a través del estudio de sus propiedades resistentes: módulo de elasticidad, resistencia y densidad. Las tablas extraídas fueron sometidas a procedimientos de clasificación (visual y mecánica) y caracterización mecánica (ensayos de flexión) con los cuales se compararon las propiedades resistentes del material resinado frente al material testigo (no resinado) de cada una de las parcelas.

De forma general, no se apreciaron diferencias numéricas y de distribución en los datos obtenidos en la caracterización y clasificación mecánica de la madera proveniente de pies resinados y pies testigos. Esto quiere decir que los modelos de gestión que se plantean para desarrollar una actividad resinera para el noroeste peninsular, es decir, resinado de 3 a 5 años previos a la corta final, no afecta en las características estructurales de la madera, pudiendo ser compatibles ambos aprovechamientos, con el consiguiente beneficio económico para el propietario.

Con todo ello, se puede concluir que el aprovechamiento de masas forestales compatibilizando las actividades madereras y de resinación son totalmente viables. Respecto a este último, las innovaciones propuestas presentan un camino con futuro prometedor, aunque es necesario seguir trabajando en la mecanización de los sistemas de extracción, las pastas estimulantes y el conocimiento de la influencia de factores como especie y localización en el proceso. Proyectos como ACREMA contribuyen en este objetivo de fomentar un sector que puede tener un gran impacto social en zonas forestales.