



# 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios  
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

---

---

7CFE01-262

---

---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017  
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

**Proyecto Pinarex. Ensayos para la optimización del aprovechamiento integral no leñoso de *Pinus pinaster* y *Pinus pinea* en Extremadura. Aplicación a metodologías de resinación, procesos de extracción de piñones y estudios del poder calorífico de la biomasa procedente de la piña.**

DE HOCES RODRÍGUEZ, ANA M<sup>a</sup>; GAMERO GUERRERO, FERNANDO; JULIÁN FUENTES, FEDERICO; DÍAZ, INOCENTE JAVIER; CORBACHO, DANIEL; ALBANO PÉREZ, EVA; LEZCANO, GONZALO; NIETO MANZANO, FELIPE; LUCIO CARRASCO, ÁNGEL; GALINDO RIVERO, ÁLVARO; MARTÍNEZ BAUTISTA, MARÍA DEL CARMEN.

## Resumen

El Proyecto Pinarex aborda la oportunidad de explotación de los aprovechamientos forestales no leñosos en masas de pinar procedentes de repoblaciones de Extremadura. Aunque el objeto principal del proyecto es analizar la producción de resina de *Pinus pinaster* para una futura optimización de la producción en base a variables tales como la dasometría, la selvicultura, el manejo y el clima, también se realizan ensayos relacionados con el recurso piña y piñón de *Pinus pinea*, y sus posibilidades de explotación y fuente de riqueza en la zona, tanto para alimentación como biomasa.

## Palabras clave

Pinares, resinas, piñones, optimización, empleo en el medio rural.

## 1. Introducción

A mediados del Siglo XIX, con la revolución industrial, aparece por primera vez un aprovechamiento racional y ordenado de las resinas en España, derivado de las nuevas demandas de aguarrás y colofonia. Métodos desarrollados por entonces siguen siendo base de las investigaciones realizadas al respecto hoy en día en los montes españoles. Durante el Siglo XX, los pinares dedicados a la producción de resina fueron fuente de desarrollo económico para muchas comarcas españolas, sobre todo de Castilla y León. Esta actividad, en declive desde los años 80, está volviendo a resurgir debido al aumento de la demanda de colofonia en España (un subproducto de la miera de resina no contaminante y con múltiples aplicaciones), al aumento de los precios de la colofonia importada y a la mayor disponibilidad de mano de obra causada por la difícil situación económica que atraviesa el país.

En Extremadura, en los últimos años, se está implementando este aprovechamiento en distintas zonas, como la comarca del Cíjara, la Sierra de Gata, Hurdes y La Vera, gracias a la iniciativa de la administración regional. El trabajo aquí presentado se desarrolla en Cíjara, aunque se abre la puerta a futuras investigaciones en otras comarcas extremeñas.

Así pues, el Proyecto Pinarex se ha impulsado para dar respuesta a una demanda de conocimiento del sector resinero por el gran potencial que éste y otros aprovechamientos forestales no madereros del pinar tienen en la región.

## 2. Objetivos

El marco general del proyecto se dirige a conocer metodologías aplicables en pinares extremeños que ayuden a optimizar las producciones forestales no leñosas tales como la resina, el piñón o la biomasa. En esta dirección, los objetivos del trabajo son los siguientes:

- Probar distintas metodologías de resinación de los pinares extremeños, medir la cantidad de resina obtenida y relacionar métodos, características dasométricas y variables climatológicas con producciones, para mejorar la productividad de miera del *Pinus pinaster*.
- Conocer la composición y calidad de la resina recogida.

- Realizar ensayos para calcular los parámetros óptimos para la extracción de piñones.
- Realizar ensayos para evaluar el poder calorífico de la biomasa de piña.
- Puesta en valor de los pinares extremeños desde el punto de vista de los aprovechamientos no leñosos. Abrir nuevas líneas de conocimiento, innovación y desarrollo de materias primas con potencial económico en el medio rural, que fomenten la generación de empleo y la lucha contra la despoblación y el envejecimiento.

### 3. Metodología

#### 3.1. Estudio de resinas

Para la realización de este proyecto de investigación se puso en marcha la resinación de 112 pinos resineros procedentes de repoblación, de una parcela experimental de poco más de 1 ha, situada en el Monte Público Los Robledillos, en el denominado `Paraje de la Fuente`, en el Término Municipal de Helechosa de los Montes (Figuras 1 y 2), durante las campañas de 2014 y 2015. Estos pinos fueron numerados con pintura con espray resistente a las inclemencias del tiempo e inocuo para el árbol. Se tomaron en cada visita datos de la cantidad de resina producida por árbol así como de las incidencias observadas. Las herramientas utilizadas fueron las tradicionales para la resinación: hacha y barrasco para desroñar (eliminar la corteza del pino), potes (botes de plástico tronco-cónicos de 1550 y 1200 ml de capacidad) para almacenar la resina extraída, grapas para encauzar la resina al pote, medialuna para el clavado de la grapa, puntas para sostener el pote, mazo para clavar las puntas, azuelas para realizar las incisiones, un bote pequeño de plástico para aplicar la pasta en las incisiones, un cubo para recoger la resina y un bidón para almacenarla.

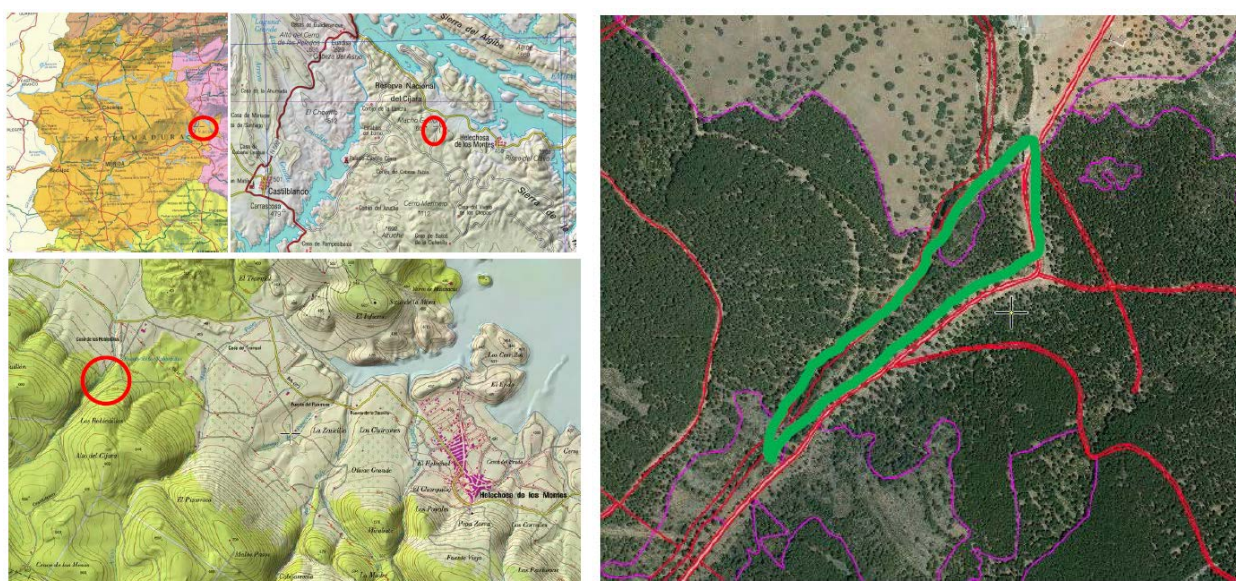


Figura 1. Emplazamiento y localización de la parcela experimental en el Monte Los Robledillos (T.M. Helechosa de los Montes, Badajoz).

A su vez se procedió a analizar las características dasométricas de los árboles seleccionados: diámetro normal (diámetro altura del pecho), altura, diámetro de copa, proximidad de otros árboles en las inmediaciones, localización dentro de la parcela de ensayo. Con dichos datos se pretende relacionar la producción de resina en cada campaña con las características dasométricas de cada uno de los árboles.

Tras la selección de la parcela de estudio en el Monte Público Los Robledillos de la Comarca de Cíjara, y la firma del convenio con la Junta de Extremadura, la metodología seguida para la toma de

datos de producción en las dos campañas de duración del proyecto, 2014 y 2015, consistió en los siguientes puntos:



*Figura 2. Vista general de la parcela experimental en el Monte Público Los Robledillos.*

- **Diseño del ensayo.** La parcela de ensayo se dividió en 6 lotes más o menos homogéneos de 18 ejemplares cada uno. El objetivo perseguido era que en cada uno de ellos estuvieran representadas las diferentes características dasométricas analizadas, principalmente tamaño del tronco, exposición al sol y densidad de la masa en las inmediaciones. En cada uno de los lotes se decidió realizar un muestreo basado en la producción de resina dependiendo del tipo de pica según el método de pica utilizado y el sentido de avance de las picas. Se establecieron seis métodos de pica de corteza:
  - A: Pica tradicional ascendente
  - B: Pica tradicional descendente
  - C: Rayón ascendente
  - D: Rayón descendente
  - E: Espina de pescado ascendente
  - F: Espina de pescado descendente.
- **Eliminación de corteza.** El desroñe fue la primera acción, con unas dimensiones aproximadas de 20 cm de ancho por 60 cm de altura. La preparación se completó con el clavado de grapa, colocación de pote y el conteo y numeración de los pinos descortezados, resultando 112 árboles para el estudio.
- **Aplicación de ácido.** Realización y posterior aplicación de una pasta compuesta por tres partes de ácido sulfúrico de pureza 35% y una de escayola.
- **Clavado de grapa y colocación de pote.**
- **Recogida de datos de producción.** La recogida de datos se realizó en función del método de resinación utilizado, determinándose entre 9 y 11 días para el método tradicional, y entre 15 y 20 días para el resto de métodos.

La parcela de ensayo se dividió en 6 lotes más o menos homogéneos de 18 ejemplares cada uno. El objetivo perseguido era que en cada uno de ellos estuvieran representadas las diferentes

características dasométricas analizadas, principalmente tamaño del tronco, exposición al sol y densidad de la masa en las inmediaciones. Como ensayo añadido, el primer año se resinaron 'a muerte' dos pinos. Es decir, se resina de un modo agresivo sin tener en cuenta los daños ocasionados al árbol, lo que es una práctica habitual en resinación cuando un árbol se va a entresacar al año siguiente.



Figura 3. Árboles con distintos métodos de resinación del estudio.

En cada una de las visitas realizadas a campo para resinar se rellenaron los estadillos correspondientes, anotando la producción de resina registrada en cada árbol (Figura 3). También se registró en qué árboles se remasaba, es decir, se recogía la resina del pote, con el objetivo de determinar la resina producida en cada árbol por cada incisión. Se anotó también el tipo de pica realizada, la fecha y, en caso de que hubiera alguna incidencia, por ejemplo si un animal al rascarse contra el tronco había tirado un pote, se anotaba para incluirla en el análisis que se llevaría a cabo posteriormente.

### 3.2. Propiedades como fuente de biomasa de las piñas de *Pinus pinea*

El objetivo de este ensayo es conocer las propiedades de la biomasa que se pueda llegar a extraer de las piñas del pino piñonero, para con ello usarla en el proceso de conversión energética más adecuada. Para ello es necesario conocer las propiedades más importantes a tener en cuenta a la hora de usar un producto como fuente de biomasa. Se parte de 3 muestras de piñas (Figura 4), que proceden de la parcela de estudio delimitada en la Figura 1, codificadas como P1 a P3:

- **Análisis elemental.** Contenido en C, H, O, N y S. La técnica para llevar a cabo el análisis elemental de un combustible sólido se basa en la combustión completa de una muestra colocada en una cápsula de estaño mediante una corriente de helio enriquecido con oxígeno (temperatura entre 950-1200°C).
- **Análisis inmediato, cenizas.** El análisis inmediato consiste en calentar, pesar y quemar una muestra de combustible pulverizado, para determinar su contenido en volátiles, cenizas y carbono fijo. En este ensayo sólo se determinó el % de cenizas.
- **Humedad.** El contenido en humedad de la biomasa se determina generalmente por porcentaje de pérdida de peso al calentar una muestra en estufa a 105°C durante 2-3 horas.
- **Poder calorífico.** El dispositivo que se utiliza para determinar este parámetro es la bomba calorimétrica. Su función es medir las diferencias de temperatura en un fluido en el que se sumerge la bomba antes y después de que se produzca la combustión de la muestra, pudiendo así determinar la energía liberada.



Figura 4. Muestras para los ensayos de piñas.

### 3.3. Ensayos con los piñones

Se pretende estudiar un proceso de despiñado más homogéneo y en menor tiempo, que permita poder extraer los piñones del interior de las piñas inmediatamente después de su recolección, sin necesidad de tener que esperar a los meses de verano como se realiza tradicionalmente.



Figura 5. Inmersión de las piñas en baños de agua caliente y piñones obtenidos.

Para estudiar el proceso de despiñado se pensó en dos formas de trabajo (Figura 5):

- Agua: inmersión de las piñas en baños de agua a diferente temperatura y a distintos tiempos. De manera más concreta se introdujeron piñas en dos baños térmicos capaces de mantener la temperatura del agua de manera constante. Las dos temperaturas elegidas fueron 65°C y 85°C.
- Aire seco: aireación de las piñas mediante el contacto directo de aire seco sobre su superficie. Para estos ensayos se trabajaron dos métodos:
  - Estufas: donde se introdujeron las piñas en estufas, entendiéndose como tal, cabinas cerradas dotadas de bandejas metálicas perforadas, a través de la cuales circula aire seco caliente. En este caso se probaron con dos temperaturas: 95°C y 75°C.

- Horno: se introdujeron las piñas en un horno de convección a una temperatura de 70°C con una velocidad del aire del 80%, es decir, se sometieron las piñas a la acción de aire caliente a alta velocidad.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1 Estudio de resinas

En ambas campañas, se ha registrado una alta variabilidad de producciones de resina por pie, y los resultados preliminares parecen apuntar a que las variables dasométricas y, sobre todo, la genética del árbol, son mucho más determinantes que el método empleado, aunque parece ser que la pica tradicional es ligeramente más productiva que los otros métodos.

**Evolución de la producción de resina:** La producción de resina en las dos campañas muestreadas ha sido variable, siendo mayor en la segunda, año 2015 (Figura 6). Este aumento se debe principalmente a la mayor duración de la segunda campaña y por lo tanto mayor recogida de resina en el tiempo.

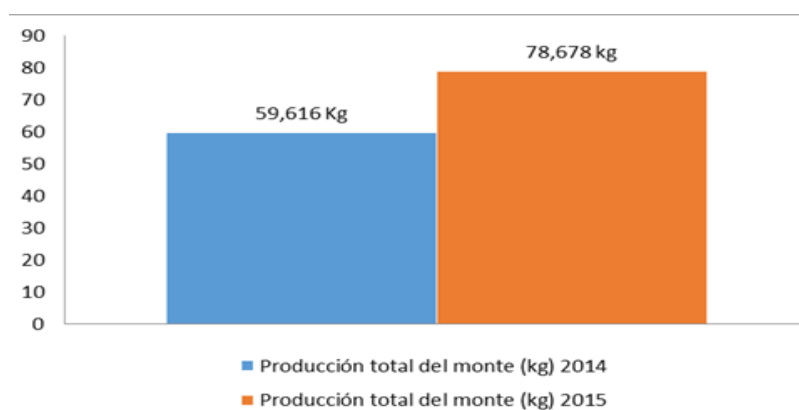
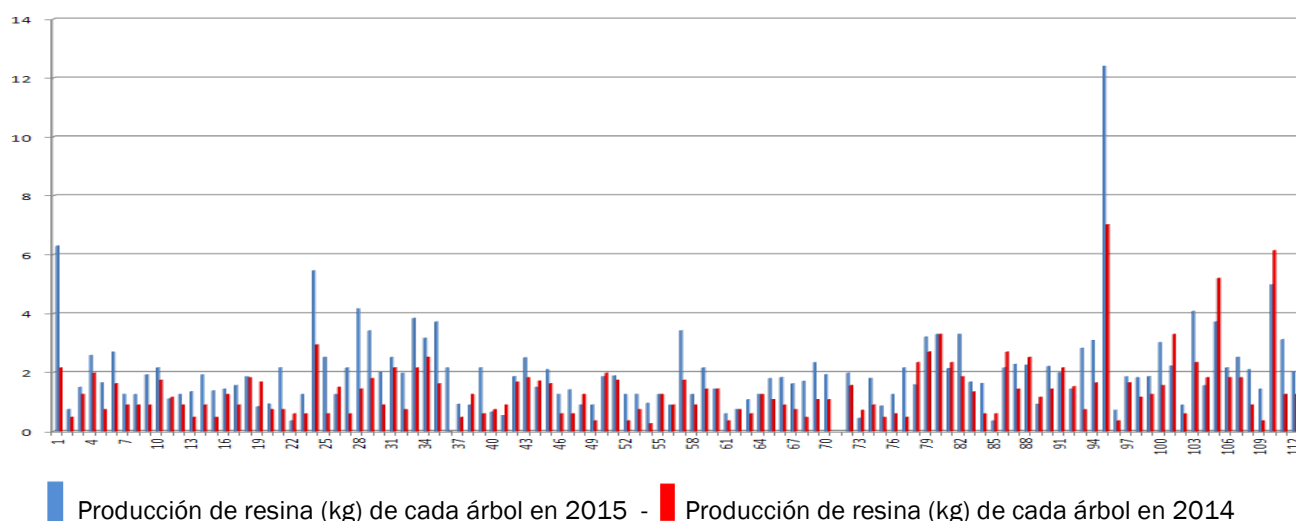


Figura 6. Evolución de la producción de resina durante las campañas 2014-2015



■ Producción de resina (kg) de cada árbol en 2015 - ■ Producción de resina (kg) de cada árbol en 2014

Figura 7. Producción de cada uno de los 112 árboles de la parcela en los años 2014 y 2015. Se observa que, salvo excepciones aisladas, los mejores productores en 2014 también lo fueron en 2015.

En lo que a la producción de los árboles se refiere, los árboles muestran una producción paralela en ambas campañas, es decir, los árboles que produjeron más en 2014 también lo hicieron en 2015 (Figura 7), lo que permite aproximar el concepto de que existen árboles mejores productores, que en una planificación a medio plazo deben ser tenidos en cuenta para optimizar la producción total de cada parcela.

#### 4.2. Propiedades como fuente de biomasa de las piñas de *Pinus pinea*

Después de realizar las determinaciones del análisis elemental y análisis inmediato, los resultados se muestran a continuación (Tablas 1 y 2):

Tabla 1. Resultados del análisis elemental e inmediato expresado en tanto por ciento (%)

MUESTRAS	CARBONO	HIDRÓGENO	NITRÓGENO	OXÍGENO	AZUFRE	CENIZAS
P1	49.32	5.97	0.24	37.44	0.03	7.00
P2	50.05	6.09	0.17	39.63	0.03	4.03
P3	49.46	5.97	0.21	38.10	0.02	6.24

Tabla 2. Resultados del análisis del poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI), en kcal/kg, expresado en base seca, y análisis de la humedad.

MUESTRAS	Poder Calorífico Superior (PCS)	Poder Calorífico Inferior (PCI)	Humedad (%)
P1	4873	3576	24.30
P2	4890	3566	14.07
P3	4852	3555	9.27

#### 4.3. Ensayos con los piñones

Los resultados de ambos métodos de despiñado se exponen a continuación:

- **Inmersión en agua.** El principal dato obtenido en la inmersión de las piñas en agua, tanto a temperatura de 65°C como de 85°C, es que las piñas no se abrieron. Pasaron más de 24 horas y las piñas no experimentaron ningún tipo de cambio en su superficie. Tan solo aquellas sometidas a más alta temperatura, comenzaron a eliminar resina. Las piñas se sacaron del agua y se intentaron abrir de manera manual. Se pudo realizar aunque con mucho esfuerzo y se consiguieron extraer piñones en cantidad de:
  - a) Agua a 65°C: 251,7 g de piñones.
  - b) Agua a 85°C: 344 g de piñones.
- **Aire seco:**
  - **Aire seco, estufa.** Las observaciones apreciadas indican que a las 14 horas comenzaron a abrirse ligeramente las piñas para continuar hasta las 19 horas. El peso de piñones obtenido fue:
    - a) Estufa 44 horas: 442.5 g.
    - b) Estufa 45 horas: 321.2 g.
  - **Aire seco, horno.** Para el ensayo realizado en el horno se tomó la temperatura de 70°C, viendo los resultados obtenidos en la estufa, y a diferencia de la misma, las piñas se sometieron a una alta velocidad de aire caliente, del 80%. La extracción de los piñones manualmente se realizó al igual que para el caso anterior de estufa a 75°C. El peso de piñones obtenido fue en total 693.9 g.



#### 4.4. Resultados y discusión para el estudio de resinas

**Relaciones entre variables dasométricas y producción de resina.** La producción de resina tiene un marcado componente genético y de vitalidad del árbol (Gil, 2011), por ello en este apartado se expone la relación entre las variables referentes a las características propias del pino como son el diámetro normal, la altura y el diámetro de copa. Estas variables dendrométricas influyen en el modelo con similar intensidad. En el caso de la variable diámetro normal, (Figura 8), vemos que tiene una distribución muy homogénea pero existen unos pocos valores muy extremos por la derecha, que afectan al modelo, corroborando la correlación positiva entre diámetro y producción,  $R^2=0,24$ , que explica que los árboles con mayores diámetros son más productivos.

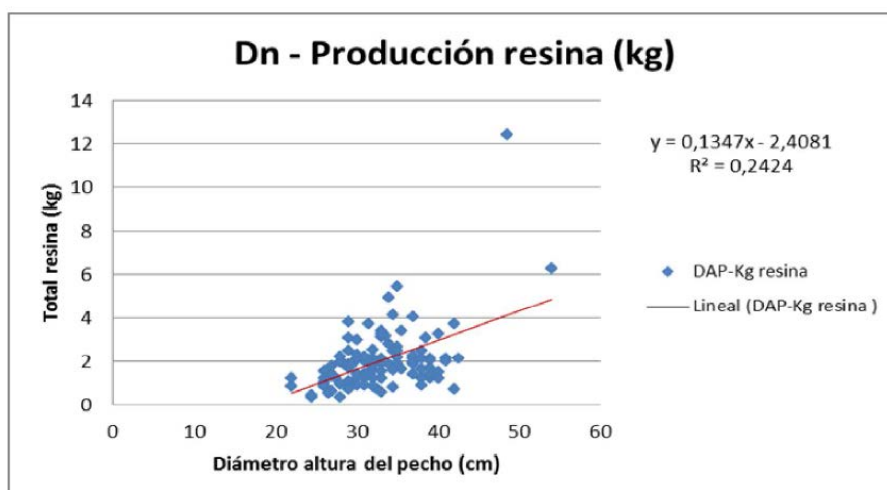


Figura 8. Relación entre el diámetro normal del árbol y la producción de resina en la parcela de estudio

En cuanto al diámetro de copa viva, (Figura 9), nos indica la vitalidad del árbol, pues sigue una distribución normal y simétrica para el conjunto de los pies seleccionados, aunque existen valores extremos que influyen muy significativamente en el modelo, además está correlacionado con la producción ( $R^2=0,20$ ).

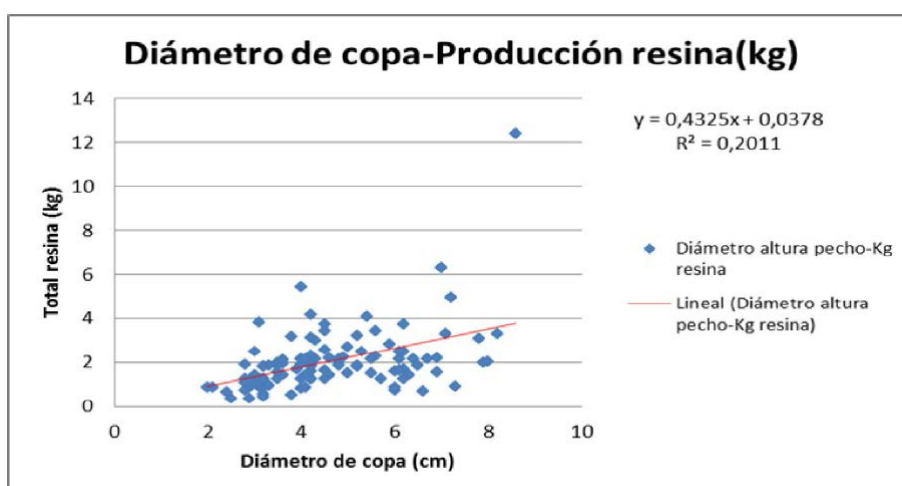


Figura 9. Relación entre el diámetro de copa del árbol y la producción de resina en la parcela de estudio.

Por otro lado, la altura del árbol no muestra una correlación significativa con la producción de resina, por lo tanto con los datos disponibles no puede concluirse que en este caso sea una característica determinante para la producción de resina.

**Relaciones entre número de árboles próximos y producción de resina.** La competencia por la luz, los nutrientes y el agua, es una variable que, a tenor de los resultados obtenidos, influye en la producción de resina. En la parcela de estudio, se contaron los árboles situados en un radio de 6 m de cada uno de los árboles para extraer conclusiones y mediciones (Figura 10).

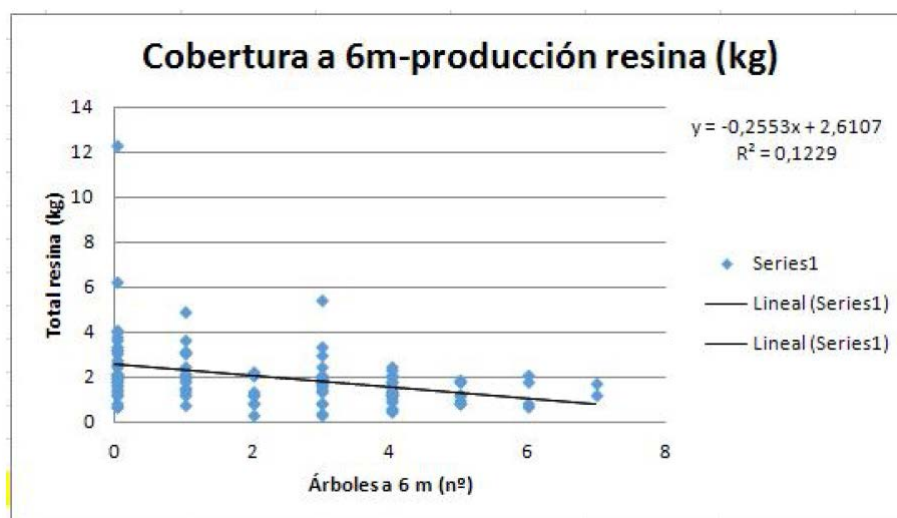


Figura 10. Relación entre el número de árboles próximos y la producción de resina en la parcela de estudio.

**Relaciones entre métodos de resinación y producción.** Para conocer mejor la respuesta fisiológica de *Pinus pinaster* en cuanto a la producción de resina, estudiamos cómo fue la segregación de miera para cada tipo de pica realizada durante ambas campañas.

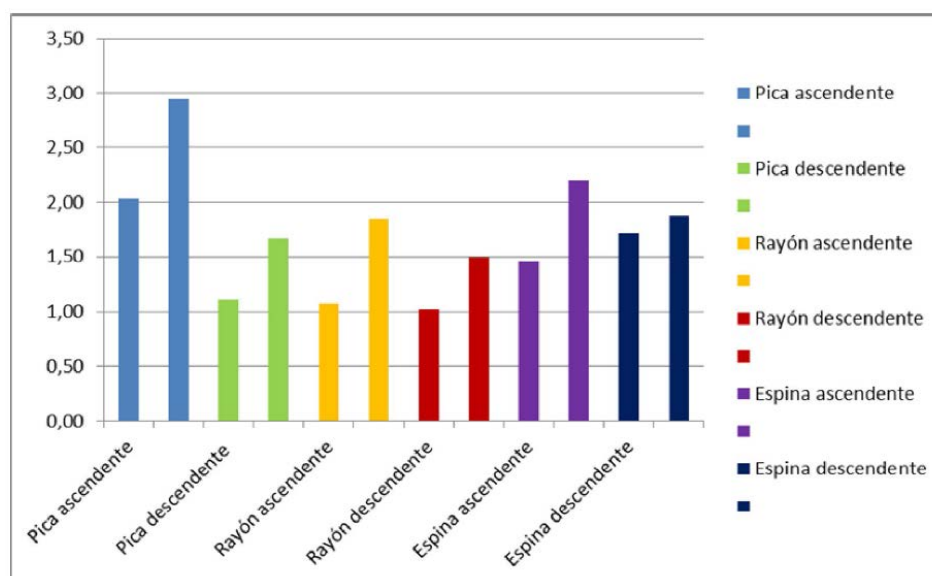


Figura 11. Relación entre la producción de resina y el método de resinación empleado.

Puede observarse en el gráfico (Figura 11), como en todos los métodos la producción de miera la tendencia ha sido la misma, aumento en la campaña 2015. La tendencia al alza se presenta muy

similar en todos los métodos, no pudiéndose sacar conclusiones concluyentes respecto a si son más productivos los métodos ascendentes que los descendentes indicado por otros autores como Zamorano (1998), Pinillos (2009) y Pinillos et al. (2009). Estos autores indican que la producción, cuando se pica en sentido ascendente, es menor debido a, entre otras causas, la subida de la pasta estimulante a través del floema entre la madera y la corteza, provocando quemaduras que cortan el flujo de resina.

**Observaciones relativas a la producción y su relación con el clima.** Se han relacionado los datos de temperaturas y precipitaciones obtenidos de la estación ponderada que representa las condiciones climáticas dadas en la parcela experimental con el sumatorio global de producción (Figura 12), con el fin de determinar una relación entre la meteorología durante la campaña y la producción de miera total obtenida. La producción parece estar relacionada con la meteorología, y en especial la temperatura, aunque en este caso son muy pocos los datos para establecer una relación estadísticamente rigurosa.

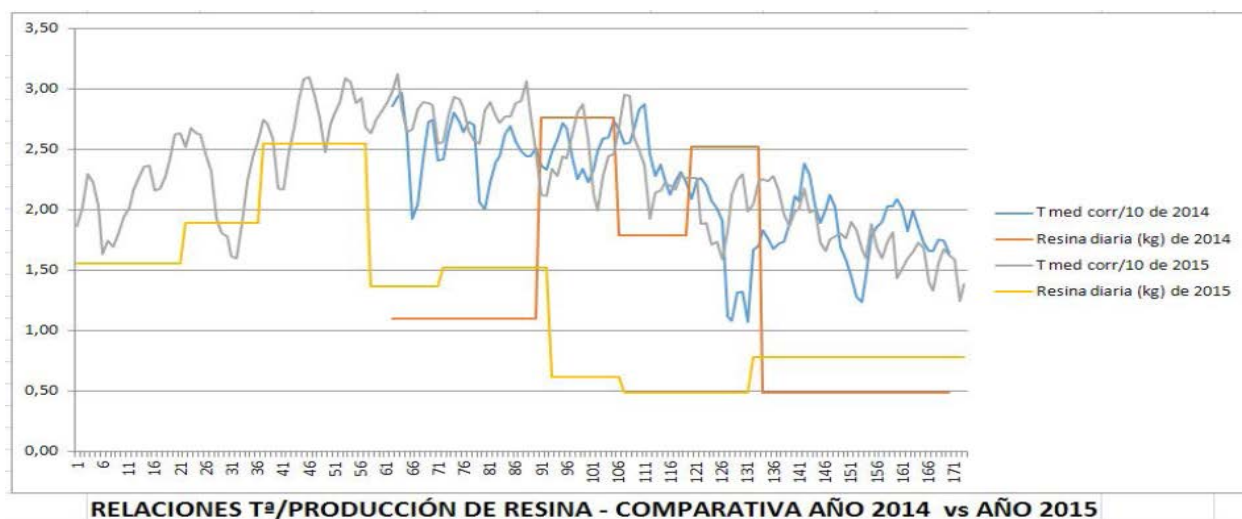


Figura 12. Gráfico comparativo entre temperaturas y la producción de resinas en las campañas 2014-2015

Como se observa en la Figura 10, las relaciones entre temperatura y producción llaman la atención por la probable influencia del clima en los rendimientos, y merecerían ser objeto de estudios con mayor número de campañas y árboles. A modo de ejemplo, las elevadas temperaturas de julio de 2015 podrían estar detrás del parón a la producción de resina en julio y agosto de 2015, lo cual llama la atención y abre líneas de investigación futuras que relacionen variables climatológicas con producciones. La campaña de 2015 no ha sido todo lo buena que cabía esperar al inicio de la misma, y el **calor elevado** podría ser la causa de esta **acusada reducción de la producción**. De hecho, en la gráfica se observa la reactivación de la producción a finales de agosto tras la normalización de las temperaturas.

## 5. Conclusiones

### 5.1. Producción de resina

- La genética es un factor importante. Existen árboles que producen más resina que otros año tras año.
- A mayor diámetro del tronco, mayor producción de resina.
- A mayor diámetro de copa o mayor biomasa foliar, mayor producción de resina.

- Los árboles con menor número de árboles alrededor presentan mayor producción de resina en términos generales.
- El método utilizado en resinación puede influir en la producción. El método de pica ascendente es el que mejores datos de producción de resina obtuvo en ambas campañas en la parcela.
- La mayor producción de resina suele producirse en los primeros meses de recolección en cada campaña. Las variables climatológicas y como afectan éstas a la producción deben ser estudiadas en mayor profundidad y con mayor número de datos y años de mediciones.
- Las elevadas temperaturas en verano pueden ser un factor determinante que ocasione la detención de la resinación y por lo tanto el descenso de la producción.

## 5.2. Ensayo de poder calorífico

- Los análisis de biomasa de la piña revelan un porcentaje de C del 50%, de O alrededor del 40% y de H del 6%, siendo el contenido de N y de S residual (0,2 y 0,03% respectivamente).
- El contenido de cenizas medio de las muestras analizadas osciló entre el 4 y el 7%. Por otro lado, el contenido de humedad fue mucho más variable entre las tres muestras analizadas, del 10 al 25%.
- El poder calorífico obtenido es de valor similar a lo consultado en bibliografía, de alrededor de 3.500 Kcal/kg de cáscara. Con los resultados obtenidos en los análisis realizados a las piñas de pino piñonero, se concluye que es un producto que aporta el 50 % del poder calorífico del gasoil o de la gasolina y entre un 10 y un 15 % más que la biomasa procedente de otras materias primas forestales.

## 5.3. Ensayo de extracción de piñones

- Para el método de inmersión en baños de agua caliente (65 y 85° C) los resultados obtenidos fueron nulos, ya que no se abrió ninguna piña de forma espontánea. Sin embargo para la técnica de flujos de aire seco en estufa (75 y 95° C) y horno (80° C) comenzaron abrirse a las 17 horas en el caso de la estufa a 75°C y a las 14 horas cuando la temperatura se elevó a 95°.
- Los ensayos revelan que el método más idóneo encontrado fue el del horno con convección de aire caliente, puesto que en 8-9 horas se obtiene un despiñado óptimo, lo que podría suponer que las piñas estuvieran abiertas tras su recolección en una jornada de trabajo.

## 6. Agradecimientos

El **Proyecto Pinarex** surge de la colaboración entre las administraciones públicas y la empresa privada. Ha sido realizado por CIDEX - **Centro de Investigación, Desarrollo y Experimentación S.L.**

CIDEX y el **Servicio Forestal de la Dirección General de Medio Ambiente de la Junta de Extremadura** firmaron un convenio de colaboración mediante el cual podía utilizarse una parcela de pinos del Monte Público Los Robledillos, en el Término Municipal de Helechosa de los Montes, para la resinación de 112 pinos y la toma de datos. Además es obligado agradecer el apoyo prestado por parte de la administración extremeña con asistencia técnica y personal forestal cualificado para las labores de resinación.

La Confederación Hidrográfica del Guadiana ha colaborado prestando infraestructuras para el alojamiento del personal y los equipos durante el desarrollo del proyecto.

El Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura, CICYTEX, colabora con CIDEX en los trabajos de innovación en los pinares extremeños prestando asistencia técnica.

Los ensayos de poder calorífico de las piñas y de despiñado de los piñones fueron realizados en el Centro Tecnológico Agroalimentario de Extremadura - CTAEX.

## 7. Bibliografía

GIL, L; 2011. La mejora genética de la producción de resina. Madrid, Dpto. de silvopascicultura ETS Ing de Montes. UPM.

PINILLOS, F; 2009. La resina: herramienta de conservación de nuestros pinares. Cesefor. Soria.

PINILLOS HERRERO, F. M; BRAGADO JAMBRINA, M; MAROTO CONDE, E; ROGERO DEL RÍO, A; SANZ CRESPO, A; RODRIGUEZ PUERTA, F; MAROTO IGLESIAS, E; ALDEA MALLO, J, ALÍA; MIRANDA, R; 2009. Ensayos tendentes a la mecanización de la resina. 5º Congreso Forestal Español. 5CFE01-183.Montes y Sociedad: Saber qué hacer.

ZAMORANO, J.L; 1998. Técnicas de explotación: pica de corteza descendente y estimulación continua. I.N.I.A. Actas 1er simposio de aprovechamiento de resina naturales. Segovia.