

## Producto: Validación del uso de nuevos estimulantes de resinación en el sistema de explotación de los pinares españoles.

**Actividad: Análisis del efecto de nuevos estimulantes de la resinación sobre la cicatrización y el estado fitosanitario de las masas de *Pinus Pinaster Ait.***

### Entregables:

- Revisión bibliográfica y descripción del ensayo.
- Evaluación de la rentabilidad económica, la composición de la resina, y la respuesta de la masa forestal a distintos estimulantes de resinación.
- Presentación de resultados.



[www.sust-forest.eu](http://www.sust-forest.eu)

SOCIOS | PATERNAIRES | PARCEIROS | PARTNERS



Proyecto cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe a través del Fondo Europeo de Desarrollo



## **Entregable 2.17.1 Evaluación de la rentabilidad económica, la composición de la resina, y la respuesta de la masa forestal a distintos estimulantes de resinación**



**Acción 2.17. Análisis del efecto de nuevos estimulantes de la resinación sobre la cicatrización y el estado fitosanitario de las masas de *Pinus pinaster* Ait subsp. *mesogeensis* Fieschi & Gaussen**

**Producto 2.11 Validación del uso de nuevos estimulantes de resinación en el sistema de explotación de los pinares españoles**

**Autores: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes Forestal y del Medio Natural**

**Fecha: agosto 2021**



[www.sust-forest.eu](http://www.sust-forest.eu)

SOCIOS | PATERNAIRES | PARCEIROS | PARTNERS



Proyecto cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe a través del Fondo Europeo de Desarrollo

## Tabla de contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Siglas y definiciones</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2. Introducción</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Antecedentes</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Breve reseña histórica</b>  | <b>8</b>  |
| <b>3. Objeto del estudio</b>   | <b>9</b>  |
| <b>4. Localización</b>   | <b>10</b> |
| <b>5. Metodología</b>  | <b>12</b> |
| <b>Tamaño muestral y replanteo</b>   | <b>12</b> |
| <b>Tratamientos</b>  | <b>13</b> |
| <b>Sistema de resinación empleado</b>  | <b>17</b> |
| <b>Cronología de las campañas de resinación</b>                              | <b>18</b> |
| <b>Generación de las bases de datos</b>                                      | <b>20</b> |
| <b>Datos meteorológicos</b>  | <b>21</b> |
| <b>Datos fitosanitarios</b>  | <b>21</b> |
| <b>Análisis cualitativo de la composición química</b>                        | <b>21</b> |
| <b>Análisis de la producción de resina</b>                                   | <b>21</b> |
| <b>Análisis de la producción por pica</b>                                    | <b>22</b> |
| <b>Análisis de correlación entre producción de resina y datos climáticos</b> | <b>22</b> |
| <b>Estudio anatómico</b>   | <b>22</b> |
| <b>Estimación del coste unitario para cada estimulante</b>                   | <b>24</b> |
| <b>Rentabilidad de la actividad</b>  | <b>24</b> |
| <b>6. Resultados y discusión</b>   | <b>25</b> |
| <b>Huerta del Marquesado (Cuenca)</b>  | <b>25</b> |
| <b>Producción total</b>  | <b>25</b> |
| <b>Producción por pica y correlaciones con variables climáticas</b>          | <b>29</b> |
| <b>Tardelcuende (Soria)</b>  | <b>36</b> |
| <b>Influencia de las variables ambientales</b>                               | <b>37</b> |
| <b>Producción total</b>  | <b>38</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Producción por pica</b>                     | <b>42</b> |
| <b>Jarandilla de la Vera (Cáceres)</b>         | <b>48</b> |
| <b>Influencia de las variables ambientales</b> | <b>49</b> |
| <b>Producción total</b>                        | <b>51</b> |
| <b>Producción por pica</b>                     | <b>55</b> |
| <b>Tabuyo del Monte (León)</b>                 | <b>60</b> |
| <b>Influencia de las variables ambientales</b> | <b>61</b> |
| <b>Producción total</b>                        | <b>62</b> |
| <b>Producción por pica</b>                     | <b>66</b> |

## 1. Siglas y definiciones

**Sitio:** Ubicación de las distintas parcelas experimentales, asimilado como factor para evaluar las distintas condiciones del medio.

**Réplica:** Subdivisión muestral establecida para captar la variabilidad ambiental del estudio.

**Miera:** Resina segregada por la planta tras la aplicación de la herida y la aplicación del estimulante (o no, en el caso de los tratamientos que no lo precisan)

**Canales resiníferos:** Estructuras anatómicas especializadas localizadas en los tejidos de la planta y responsables de la síntesis y almacenamiento de la resina. Por su origen pueden ser:

**Canales resiníferos constitutivos:** formados de manera natural en el cambium vascular de la planta, forman parte de la barrera constitutiva de la planta frente a daños bióticos o abióticos.

**Canales resiníferos traumáticos:** formados por la desdiferenciación del tejido meristemático del cambium vascular de la planta por la inducción de un refuerzo de los mecanismos de defensa frente a un daño biótico o abiótico

**Trementina:** Fracción volátil de la resina obtenida mediante la destilación de los terpenoides de menor peso molecular.

**Colofonia:** Fracción sólida de la resina obtenida mediante procesos de primera transformación de la miera, y correspondiente a los terpenoides de mayor peso molecular.

**ANOVA:** El análisis de la varianza es un método estadístico para examinar las diferencias en las medias de tres o más grupos.

## 2. Introducción

### Antecedentes

La oleoresina natural de las principales especies resinables del género Pinus, constituida por una mezcla compleja de monoterpenos, diterpenos y sesquiterpenos, compuestos de gran interés para un considerable número de industrias, suponía, ya en 2016, un 19% de la producción mundial de resina, seguida del 30% procedente de subproductos asociados con la industria de la pasta de madera, y el 51% restante, de la de los hidrocarburos derivados de la rectificación del petróleo.

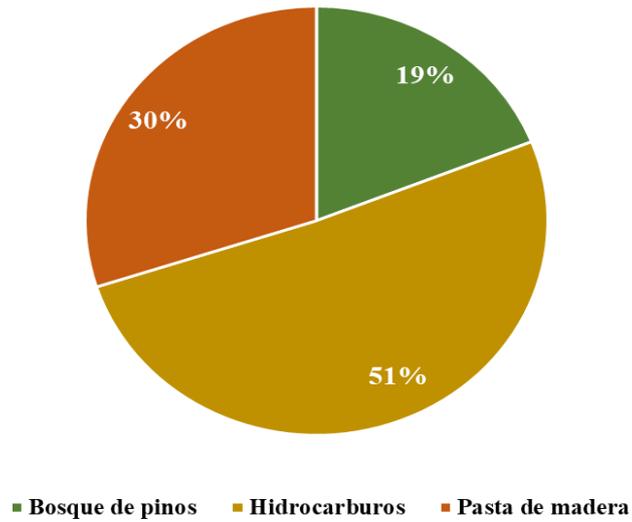


Figura 1. Distribución de la producción mundial de resina en función de su origen para el año 2016. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de PineTappingWorld y expuestos por Armand Clopeau en el segundo número de la revista Tierra de Pinares publicada en mayo de 2019.

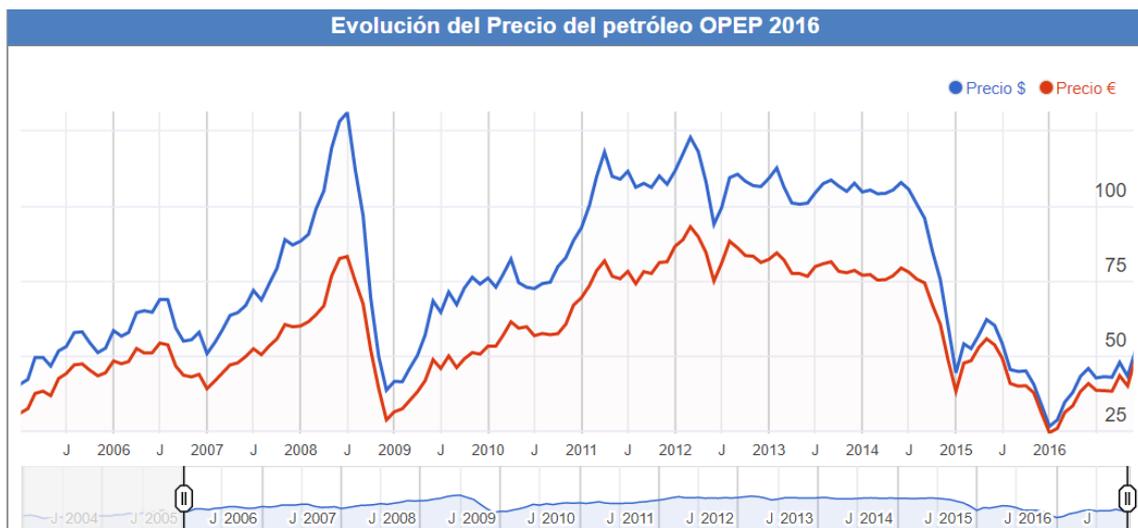


Figura 2. Evolución del precio del petróleo para el periodo 2006 a 2016. La línea azul refleja el precio en \$ y la roja en €. Fuente: extraído de Precio del petróleo OPEP por barril 2016 | datosmacro.com (expansion.com).

Esto implica que el mercado de la resina de pino, al margen de sus propias fluctuaciones, se ve considerablemente influenciado por la situación en la que se encuentre la industria de los

hidrocarburos derivados del petróleo (Figura 2 y Tabla 1), ya que precios altos de éstos fomentarán el consumo de la primera, y precios bajos provocarán que aumente la demanda de resinas derivadas de estos últimos.

Por otro lado, y ya dentro del propio mercado internacional, si evaluamos la producción mundial de colofonia comprendida entre los años 2007 a 2016 (Tabla 1) observamos que China es, con una considerable diferencia, el mayor productor (a pesar de su tendencia recesiva), seguido de Brasil, que presenta una tendencia creciente que se ha visto acelerada en los últimos tres años (2014 a 2016), y de Indonesia, que ha visto ligeramente disminuida su producción en el periodo evaluado. Esto significa que, de media, estos tres países son capaces de suministrar el 87,4% de las demandas mundiales de colofonia, siendo China el que tiene mayor capacidad de influencia. Por tanto, Europa, como productor de esta materia prima, se encuentra relegado a un segundo plano y, en base a su volumen de negocio, apenas tiene capacidad de influir en el mismo.

Además, siendo la resina procedente de masas de *Pinus pinaster* un recurso ecológico, sostenible y renovable que contribuye no solo a la conservación del medio y los ecosistemas, sino a la generación de empleo rural y a la fijación de población en estos entornos tan afectados por la despoblación, queda claro que su aprovechamiento supone todo un ejemplo de alineación con políticas europeas e internacionales, al tiempo que se encuentra enmarcado de acuerdo con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): 1 (Fin de la Pobreza), 10 (Reducción de las Desigualdades) y 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres).

Tabla 1. Producción mundial estimada de colofonia (kt/año). Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Song Lifeng, Rosineb y Michel Baumassy y expuestos por Armand Clopeau en el segundo número de la revista Tierra de Pinares publicada en mayo de 2019.

| País         | 2007         | 2008       | 2009       | 2010       | 2011       | 2012       | 2013       | 2014       | 2015       | 2016       |
|--------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| China        | 794          | 555        | 569        | 599        | 772        | 697        | 555        | 615        | 490        | 360        |
| Brasil       | 78           | 67         | 67         | 69         | 70         | 70         | 75         | 82         | 95         | 115        |
| Indonesia    | 56           | 55         | 55         | 52         | 52         | 52         | 50         | 50         | 50         | 50         |
| Vietnam      |              |            |            |            | 15         | 30         | 25         | 27         | 30         | 30         |
| Argentina    | 9            | 9          | 9          | 11         | 13         | 22         | 23         | 23         | 25         | 25         |
| México       | 16           | 16         | 16         | 22         | 22         | 22         | 22         | 24         | 25         | 25         |
| India        | 35           | 35         | 35         | 33         | 31         | 30         | 28         | 28         | 27         | 23         |
| Otros        | 17           | 17         | 13         | 15         | 17         | 21         | 22         | 20         | 23         | 22         |
| <b>Total</b> | <b>1.005</b> | <b>754</b> | <b>764</b> | <b>801</b> | <b>992</b> | <b>944</b> | <b>800</b> | <b>869</b> | <b>765</b> | <b>650</b> |

Por lo tanto, parece acertado que los esfuerzos de los países europeos se orienten hacia un desarrollo y mejora de las técnicas de resinación, con especial hincapié en desarrollar nuevas formulaciones de estimulantes químicos u optimizar las existentes, pues son un elemento clave no solo para alcanzar una mejora en la producción y rentabilidad de las explotaciones, sino también para mejorar la sanidad de las masas forestales.

En ese sentido Brasil constituye un claro ejemplo a seguir, pues cuenta con masas forestales especialmente gestionadas para su aprovechamiento resinero, que, junto a un fuerte apoyo gubernamental, avanzados programas de mejora genética y una fuerte investigación aplicada al desarrollo del sector, ha logrado casi duplicar su producción en los últimos 10 años. Esto se ha traducido en una elevada productividad a unos costes laborales muy competitivos, lo que a su vez le ha permitido amoldarse a las necesidades de los mercados internacionales.

Y es en este contexto donde toma especial relevancia este proyecto. Al ensayar distintos estimulantes en masas naturales de *Pinus pinaster* podremos establecer un mejor entendimiento de los procesos implicados en la producción de resina, a la vez que evaluamos su influencia sobre la producción. Si somos capaces también de estudiar su relación con el clima y la histología, estaremos un paso más cerca de comprender el proceso en su globalidad, lo que nos permitirá realizar diagnósticos precisos de la situación de diversas explotaciones resineras y aportar recomendaciones útiles dirigidas a mejorar la rentabilidad del sector. Además, el hecho de ensayar estimulantes con distinta concentración de ácido sulfúrico, elemento responsable de provocar daños a la salud de plantas y trabajadores, busca mejorar tanto las condiciones sanitarias de las masas en resinación como las de los propios resineros, que se ven expuesto día tras día al uso de estos productos.

Queda entonces justificado el interés del presente trabajo, que busca determinar cómo inciden determinadas variables (estimulante, sitio, anatomía y clima) en la producción de resina. Para ello, se pretende:

- Cuantificar la influencia en dicha producción de varios estimulantes de resinación ensayados en distintas condiciones ambientales mediante su análisis con modelos lineales mixtos y series temporales.
- Relacionar lo anterior con la anatomía de los individuos ensayados, caracterizada a partir de la medición de varios parámetros histológicos (longitud de anillo de crecimiento, densidad de canales resiníferos).
- Evaluar si existen si existen diferencias significativas en la composición química de la resina obtenida tras la aplicación de los tratamientos objeto de estudio mediante el uso de técnicas de espectroscopía infrarroja.

Análisis de la rentabilidad económica de la labor de resinación en base a los datos de producción y costes asociados a dicha actividad. Una mejor comprensión de estas variables y su influencia en la producción de resina supondría un primer paso dirigido a promover una mayor rentabilidad de la actividad dentro del sector, haciendo a su vez más fácil mantener y gestionar las masas resinadas, potenciando su sanidad, y por extensión, su sostenibilidad. Al mismo tiempo, esta serie de avances contribuirá a mejorar las condiciones de trabajo de los operarios más esenciales, estimulando el crecimiento de estas zonas deprimidas social, económica y demográficamente. Así mismo, la consolidación o rechazo fundamentado de prácticas de explotación novedosas contribuye de manera decisiva al objetivo de avanzar hacia una profesionalidad y regulación de la práctica resinera.

## Breve reseña histórica

Durante el primer tercio del siglo XX, la necesidad de productos derivados de la resina se incrementó drásticamente debido a su importancia como materia prima en la fabricación de material bélico. Esto provocó que países como Alemania y Rusia impulsaran líneas de investigación que buscaban optimizar el proceso de la resinación. Además, si a este repentino incremento en la demanda de materia prima, le sumamos la escasa productividad que ofrecía el *Pinus sylvestris* (principal especie resinable en estas zonas), se entiende esta urgencia por alcanzar, en un corto periodo de tiempo, unos resultados capaces de promover un fuerte avance en el sector (Hernández, 2009).

Por lo tanto, tratar de solventar esta problemática condujo al diseño de ciertas mezclas de ácidos fuertes, algunas bases y sales que aplicadas a una pica recién efectuada incrementaban en gran medida la cantidad de miera segregada por el árbol (Nájera y Rifé, 1951). Gracias a estos experimentos, fue posible establecer cuáles eran los estimulantes más efectivos, que concentraciones eran las más adecuadas y con qué frecuencia era necesario aplicarlos. No obstante, una importante limitación fue que la influencia de estas sustancias solo fue analizada para el sistema de resinación de “espina de pescado”.

Sin embargo, estas experiencias despertaron el interés del Bureau of Agricultural and Industrial Chemistry del Ministerio de Agricultura de los EEUU, que en 1936 inició sus primeras pruebas en campo con distintos estimulantes. Estos ensayos fueron realizados en 1938 sobre *Pinus caribea* y *Pinus palustris*, obteniendo resultados prometedores. El éxito de los experimentos se tradujo en una modificación de la elección del sistema de resinación, pasando del sistema Hugues al que actualmente se conoce como de pica de corteza (resinación superficial).

En España, la adopción de esta metodología supuso un proceso largo y complejo, debido, entre otras razones, a la reticencia de los resineros a abandonar el método tradicional de pica (Hugues) frente a la pica de corteza (Nájera, 1961, Berlanga, 1998). Sin embargo, a partir de 1969, y en virtud de una resolución de la Dirección General de Montes, Caza y Pesca, se estableció la obligatoriedad de aplicar este sistema en los Montes de Utilidad Pública. Con el paso del tiempo, este sistema se acabó imponiendo al de Hugues, que quedó relegado a un uso testimonial (Hernández, 2009).

El siguiente avance significativo en el sector surge con la aparición de las primeras pastas sólidas y su implementación en los países con un mayor grado de vinculación a la industria resina, entre los que se encontraba España (Solís, 1968). La base de estas formulaciones se debe a las primeras noticias publicadas en la revista norteamericana *Naval Stores* (Kaminski, 1959), y su éxito radica en el desarrollo de una formulación alternativa a los estimulantes líquidos que además era capaz de mejorar varios aspectos esenciales, de entre los cuales se destacan su frecuencia de aplicación en el árbol y una mayor seguridad laboral (Solís y Zamorano, 1974). Estos avances fueron recogidos por el INIA, sirviendo de base a la gestión de la resinación en todo el territorio nacional (Hernández, 2009).

### 3. Objeto del estudio

El objeto del presente estudio es cuantificar el grado de influencia de determinados factores (sitio, réplica, tratamiento, clima y anatomía) en la producción de resina y el estado fitosanitario de las masas resinadas durante los años 2018, 2019 y 2020. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar el efecto de los distintos estimulantes ensayados en la producción de miera intraanual en las localizaciones de estudio a lo largo de 3 campañas de resinación
- Analizar el efecto de los distintos estimulantes ensayados en la producción de miera interanual en las localizaciones de estudio a lo largo de 3 campañas de resinación
- Evaluar la influencia de las variables climáticas (temperatura media, humedad media) en la producción de resina para cada uno de los supuestos anteriores.
- Analizar la evolución anatómica para cada tratamiento tras los tres años de estudio, así como la relación de varias variables histológicas (longitud de anillo, densidad de canales resiníferos) con la producción total de resina.
- Evaluar si existen si existen diferencias significativas en la composición química de la resina obtenida tras la aplicación de los tratamientos objeto de estudio mediante el uso de técnicas de espectroscopía infrarroja.
- Análisis de la rentabilidad económica de la labor de resinación en base a los datos de producción y costes asociados a dicha actividad

## 4. Localización

El experimento se desarrolló en cuatro parcelas experimentales, ubicadas en las provincias de Cáceres, Cuenca, León y Soria, con el objetivo de considerar distintas condiciones climáticas y edafológicas:

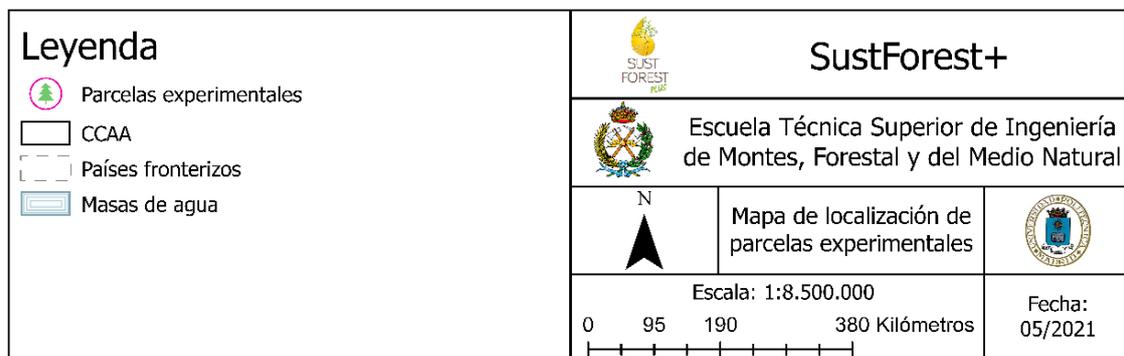
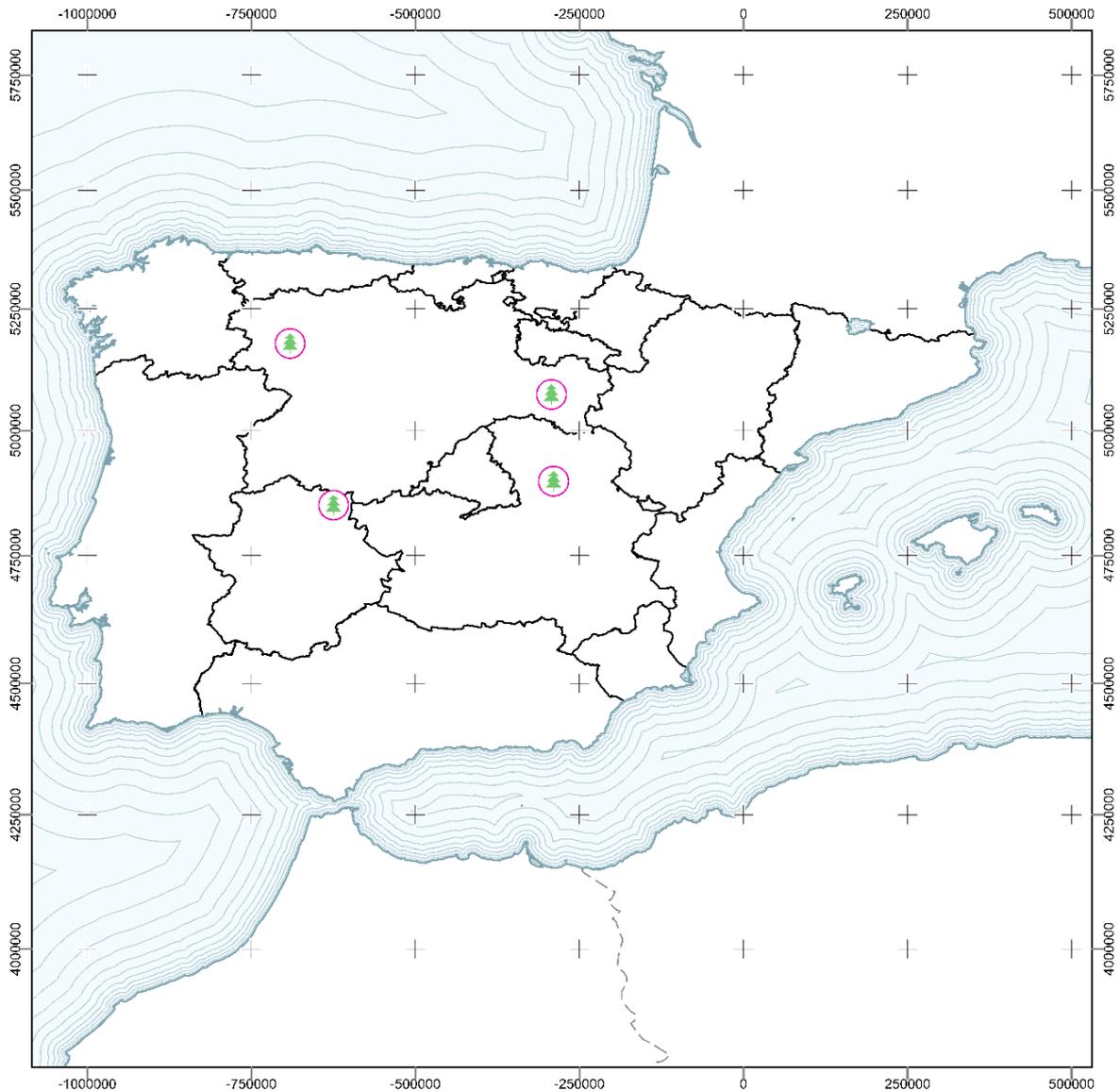


Figura 3. Mapa de localización de las parcelas experimentales. Fuente: elaboración propia.

De manera complementaria al mapa representado en la figura 3, se muestran a continuación algunos aspectos esenciales de las localizaciones escogidas:

Tabla 2. Tabla resumen con la información geográfica (las coordenadas están referidas al sistema de proyección UTM con datum ETRS89 zona 30N) y climática de mayor interés correspondiente a las parcelas de ensayo de las localidades objeto de estudio. Fuente: elaboración propia.

| Provincia | Localidad             | Réplica | X (m)     | Y (m)       | T med (°C) | PP anual (mm) | Altitud (msnm) | Tipología de suelo principal |
|-----------|-----------------------|---------|-----------|-------------|------------|---------------|----------------|------------------------------|
| Soria     | Tardelcuende          | A       | 530.628,0 | 4.605.858,2 | 10,7       | 511           | 987            | Cambisol calcáreo            |
|           |                       | B       | 531.308,7 | 4.605.989,4 | 10,7       | 511           | 991            | Cambisol calcáreo            |
|           |                       | C       | 531.001,9 | 4.606.046,9 | 10,7       | 511           | 998            | Cambisol calcáreo            |
| Cáceres   | Jarandilla            | A       | 277.424,1 | 4.440.091,6 | 14         | 1.131         | 348            | Regosol dístico              |
|           |                       | B       | 277.083,1 | 4.439.087,1 | 14         | 1.131         | 407            | Regosol dístico              |
|           |                       | C       | 277.155,4 | 4.439.777,8 | 14         | 1.131         | 418            | Regosol dístico              |
| Cuenca    | Huerta del Marquesado | A       | 610.133,8 | 4.443.447,2 | 11,4       | 574           | 1.349          | Leptosol rendsico            |
|           |                       | B       | 611.039,0 | 4.442.989,0 | 11,4       | 574           | 1.423          | Leptosol rendsico            |
|           |                       | C       | 610.758,2 | 4.444.431,8 | 11,4       | 574           | 1.337          | Leptosol rendsico            |
| León      | Tabuyo del Monte      | A       | 563.503,6 | 4.684.962,0 | 10,2       | 680           | 977            | Luvisol crómico              |
|           |                       | B       | 565.280,6 | 4.683.900,6 | 10,2       | 680           | 965            | Luvisol crómico              |
|           |                       | C       | 565.856,9 | 4.683.775,9 | 10,2       | 680           | 996            | Luvisol crómico              |

## 5. Metodología

### Tamaño muestral y replanteo

Con el fin de homogeneizar las variables ambientales de las parcelas experimentales, cada una de ellas fue subdividida en 3 réplicas o bloques (A, B y C).

Por otro lado, fue necesario escoger un tamaño muestral adecuado a las necesidades del proyecto. Para ello, se partió de una evaluación previa efectuada en los años 2006, 2007 y 2008 en los montes 101 y 108 del CUP de la provincia de Segovia (localidades de Armuña y Melque respectivamente), estableciendo que, para una estimación mínima del 15% en la producción media de cada uno de los tratamientos estudiados, era necesario considerar para cada réplica, un total de 130 pinos de acuerdo a la siguiente distribución:

- 40 pinos que fueron marcados en campo de color blanco y a los que se les aplicó el método de pica de corteza mediante el uso de estimulante tradicional.
- 40 pinos que fueron marcados en campo de color azul y a los que se les aplicó el método de pica de corteza mediante el uso de estimulante basado en Ethrel.
- 40 pinos que fueron marcados en campo de color verde y a los que se les aplicó el método de pica de corteza mediante el uso de estimulante basado en ácido salicílico.
- 10 pinos fueron seleccionados como grupo control, siendo marcados en campo de color rojo. A 5 de ellos se les aplicaron heridas sin el uso de ningún estimulante mientras que a los 5 restantes no se les infligió herida alguna.

Tabla 3. Diseño experimental de las parcelas de cada localidad.

| <b>Réplica A</b>  | <b>Réplica B</b>  | <b>Réplica C</b>  |
|---|---|---|
| 40 pinos resinados con<br>estimulante Tradicional<br>40 pinos resinados con<br>estimulante basado en Ethrel<br>40 pinos resinados con<br>estimulante basado en Ácido<br>Salicílico<br>10 pinos control (5 resinados<br>sin estimulante y 5 pinos no<br>resinados) | 40 pinos resinados con<br>estimulante Tradicional<br>40 pinos resinados con<br>estimulante basado en Ethrel<br>40 pinos resinados con<br>estimulante basado en Ácido<br>Salicílico<br>10 pinos control (5 resinados<br>sin estimulante y 5 pinos no<br>resinados) | 40 pinos resinados con<br>estimulante Tradicional<br>40 pinos resinados con<br>estimulante basado en Ethrel<br>40 pinos resinados con<br>estimulante basado en Ácido<br>Salicílico<br>10 pinos control (5 resinados<br>sin estimulante y 5 pinos no<br>resinados) |

Por lo tanto, se llegaron a ensayar un total de 390 pies por sitio. Además, aparte del marcaje con color, fueron identificados mediante una etiqueta en papel de exterior, en la que se detalló toda la información correspondiente a los mismos (réplica y número). En cualquier caso, todos los pinos fueron ensayados mediante la aplicación del método de pica de corteza (a excepción de los 15 controles sin herida).

Para garantizar la representatividad de los resultados obtenidos, se intentaron estandarizar las metodologías de resinación efectuadas por cada resinero, cuidando aspectos esenciales como el tipo de pica (normal) y la dirección de la resinación (ascendente), al tiempo que no se pudieron controlar factores como el número de cara o el número de entalladura debido a las condiciones de los montes en los que se ubicaban las parcelas experimentales.



Figura 4. Marcaje de los pies en las parcelas de estudio.

## Tratamientos

Por otro lado, se emplearon los siguientes tratamientos:

- Tratamiento mediante estimulante tradicional, con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) como principio activo.
- Tratamiento mediante estimulante basado en Ethrel, con etefón (ácido 2-cloroetilfosfónico) como principio activo (menor o igual al 5% en masa) y ácido sulfúrico (20% en masa).
- Tratamiento mediante estimulante químico con ácido salicílico como principio activo y ácido sulfúrico (25% en masa).
- Tratamiento control, consistente en aplicación del método de pica de corteza, pero sin aplicación de estimulante químico.

Los materiales necesarios para la fabricación y las metodologías de elaboración de las pastas se detallan a continuación:

## Pasta tradicional, basada en la pasta Zeta (Zamorano, 1983):

### *Materiales:*

Disolución de ácido sulfúrico comercial (98%)

Agua destilada

Sulfato de calcio hemihidratado

Vaso de precipitados de cristal de 2 litros

Varilla de vidrio

### *Metodología:*

Para la fabricación de 920.6 gramos de pasta, en primer lugar, obtenemos 500 mL de una disolución de ácido sulfúrico al 37.5% en masa. Para ello, partiendo del ácido sulfúrico comercial (98%), diluimos 1 parte de ácido con 3 de agua (en volumen). Conviene recordar que esta reacción es muy exotérmica, por lo que ha de realizarse con cautela, pudiendo llegar a ser necesario emplear un baño de hielo en cuyo interior se depositaría el vaso de precipitados con el agua, a la que poco a poco, se le adicionaría el ácido. Es importante recalcar que siempre se ha de adicionar el ácido sobre cantidad suficiente de agua, pues en caso de no hacerlo así, y como consecuencia de la violencia de la reacción, podría salpicarnos ácido concentrado, poniendo en riesgo nuestra integridad física y nuestra salud.

Una vez obtenida la disolución de ácido a 37.5% en masa, adicionamos 280 gramos de sulfato de calcio hemihidratado en tandas de 50 gramos, removiendo constantemente con una varilla de vidrio para asegurar una correcta homogeneidad de la pasta. En este punto, la concentración de ácido sulfúrico en la pasta es del 26% en masa. Es importante tener en cuenta que no haber suficiente ácido presente en la pasta, el sulfato de calcio hemihidratado puede fraguar por efecto del agua, lo que supondría un grave inconveniente.

Es en este momento cuando es necesario comprobar la textura de la pasta. Para ello, sumergimos la varilla de vidrio y la extraemos. Si la pasta ni escurre ni gotea, es que hemos alcanzado la textura deseada. En caso de no ser así, adicionaremos más escayola (o agua) para conseguir que la pasta alcance la textura apropiada.

Finalmente se envasa, preferentemente en un envase opaco a la luz. Para ello, envasamos en bote de polietileno traslúcido, con obturador y tapón, y recubrimos el envase con papel de aluminio. Se etiqueta con el número de lote y la fecha. La pasta se utiliza durante un máximo de un mes. Una vez transcurrido el mes, si queda algo se desecha y se elabora otro lote.

## Pasta con base de Ethrel:

### *Materiales:*

Disolución de ácido sulfúrico comercial (98%)

Agua destilada

Ethrel

Serrín

Silica HDK-N20

Nonil fenol 9M

Vaselina líquida (glicerol)

Detergente con cloruro de di(sebo hidrogenado)dimetilamonio

Vaso de precipitados de vidrio de 2 litros

Varilla de vidrio

### *Metodología:*

Para la fabricación de 363.5 gramos de pasta, en primer lugar, añadimos 50g del ácido sulfúrico comercial (98%) sobre 220g de agua. Tal y como se ha mencionado en el punto anterior, conviene ser cuidadosos a la hora de realizar esta dilución. A continuación, añadimos 40g de serrín, seguidos de 20 gramos de sílice (Silica HDK-N20), 3.5g de Nonil fenol 9M, 14g de vaselina líquida y 6g de cualquier detergente que presente cloruro de di(sebo hidrogenado)dimetilamonio como principio activo, removiendo constantemente con una varilla de vidrio. A continuación, comprobamos la textura de la pasta. Para ello, sumergimos la varilla de vidrio y la extraemos. Si la pasta ni escurre ni gotea, es que hemos alcanzado la textura deseada. En caso de no ser así, adicionaremos más de serrín (o sílice) o agua para conseguir que la pasta alcance la textura apropiada.

Finalmente se envasa, preferentemente en un envase opaco a la luz. Para ello, envasamos en bote de polietileno traslúcido, con obturador y tapón, y recubrimos el envase con papel de aluminio. Se etiqueta con el número de lote y la fecha. La pasta se utiliza durante un máximo de un mes. Una vez transcurrido el mes, si queda algo se desecha y se elabora otro lote.

## Pasta con base de ácido salicílico

### *Materiales:*

Disolución de ácido sulfúrico comercial (98%)

Ácido salicílico

Agua destilada

Propilenglicol

Salvado de trigo

Vaso de precipitados de vidrio de 2 litros

Varilla de vidrio

### *Metodología:*

Para 1000g de pasta, poner 520 mL de agua en un vaso de precipitados de vidrio, preparar un baño de hielo y colocar el vaso de precipitados de vidrio en su interior, luego agregar lentamente 136 mL ( $d = 1.83 \text{ g / cm}^3$  equivalente a 250g) de ácido sulfúrico (98%). Esta reacción es muy exotérmica, por lo que se ha de agregar el ácido con cuidado.

Antes de añadir los 170g de salvado de trigo, es necesario homogeneizarlo, pero si se puede, es preferible molerlo. En caso no hacerlo así, la heterogeneidad del sustrato puede modificar la consistencia final de la pasta. Luego, mientras el vaso de precipitados de vidrio con ácido y agua aún sigue caliente, se extrae del baño de hielo y se deposita sobre una superficie limpia, añadiendo lentamente 100g de salvado de trigo, y el resto en dos tandas, removiendo constantemente con una varilla de vidrio.

Una vez adicionado todo el salvado, introducimos una batidora de mano y mezclamos la pasta hasta conseguir una textura homogénea. En este paso es importante evitar introducir aire en la pasta y limpiar inmediatamente la cuchilla de la batidora, pues el ácido de la mezcla podría ser capaz de corroer los metales que la componen si lo dejásemos actuar el tiempo suficiente.

Al día siguiente, cuando la mezcla de ácido, paja y agua esté a temperatura ambiente, se mezcla en un mortero (o similar) 10g de ácido salicílico con 1 o 2 mL de alcohol etílico (96°) para comenzar a disolverlo. Luego, se agregan los 50 g ( $d = 1.035 \text{ g / cm}^3$  equivalente a 48.3 mL) de propilenglicol para disolver totalmente el ácido salicílico. En este momento, agregar el contenido de mortero a la pasta, mezclando constantemente con una varilla de vidrio, hasta que la mezcla sea homogénea. A continuación, comprobamos la textura de la pasta. Para ello, sumergimos la varilla de vidrio y la extraemos. Si la pasta ni escurre ni gotea, es que hemos alcanzado la textura deseada. En caso de no ser así, adicionaremos más salvado (o agua) para conseguir que la pasta alcance la textura apropiada.

Finalmente se envasa, preferentemente en un envase opaco a la luz. Para ello, envasamos en bote de polietileno traslúcido, con obturador y tapón, y recubrimos el envase con papel de aluminio. Se etiqueta con el número de lote y la fecha. La pasta se utiliza durante un máximo de un mes. Una vez transcurrido el mes, si queda algo se desecha y se elabora otro lote.

## Sistema de resinación empleado

Como ya se ha mencionado en el punto anterior, el sistema empleado consistió en la aplicación del método de resinación mediante pica de corteza:

Para ello, en primer lugar, se remueve con el barrasco (herramienta específica para la labor de la resinación) parcialmente la corteza del árbol dejando disponible una cara de unos 60 cm de longitud, 15 cm de anchura y 25cm de separación entre el pote y la cara. La cara, de acuerdo a las dimensiones ya citadas se perfila en el árbol mediante el trazador, y el resto de caras de los años sucesivos se efectúan subiendo a lo largo de la entalladura, hasta un máximo de 5 años (por resultar inoperativo el aprovechamiento para el resinero al alcanzar cierta altura y disminuir la capacidad productora de la entalladura explotada). En la base de la cara se clava la medialuna, una cuña metálica de forma semicircular y con un extremo adaptado para facilitar su clavado en la madera mediante el impacto reiterado con un mazo. A continuación, se clava una cuña de chapa metálica con la misma forma que medialuna ha dejado en el árbol. Esta chapa actuará como sistema colector de la miera que es vertida al pote, sostenido debajo mediante la inserción de un clavo en el árbol.

Una vez preparado el árbol a aprovechar, se realiza un corte horizontal mediante la escoda, con la misma longitud que el ancho de la cara y unos 2.5 cm de altura. Para una aplicación óptima, dicho corte ha de profundizar en la corteza lo suficiente hasta entrar en contacto con el cambium vascular, seguido de la aplicación (o no) de un cordón de estimulante químico, en función del árbol a aprovechar y los criterios ya establecidos.

Para cuantificar la producción de cada pica, la miera recogida en los potes previamente tarados fue pesada por el resinero mediante una Balanza electrónica Nahita Blue serie 5171 con una precisión de 0,1g y un peso máximo de 5000g. Es decir, el resinero efectúa la primera pica, coloca los potes previamente tarados, y espera unos días hasta que llega el momento de efectuar la segunda. Una vez en campo, pesa la miera recogida en los potes, que supone la producción segregada por el árbol durante la primera pica. Posteriormente, pasados el periodo de duración de la segunda pica, el trabajador repite este proceso: pesa el pote previamente tarado que contiene la miera segregada durante las dos primeras picas, que anota en el estadillo, y efectúa la tercera. Esto se repite a lo largo de toda la campaña de resinación hasta la finalización de la campaña, momento en el cual o bien digitaliza él mismo los datos contenidos en los estadillos y los envía por email, o los hace llegar de manera física al Departamento de Sistemas y Recursos Naturales de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Madrid para ser digitalizados por personal del Centro.

No obstante, es necesario matizar que aproximadamente cada tres o cuatro picas el resinero ha de remasar (vaciar) el contenido del pote, debido a que la miera podría desbordarse, perdiendo de esa manera información sobre la producción real. Es por ello que, de cara a realizar la base de datos para localidad, ha de tenerse esto en cuenta.

Por último, en caso de querer visualizar estos instrumentos, en la siguiente dirección web hay croquis con la forma y dimensiones de las herramientas tradicionalmente empleadas en el proceso de resinación: <https://www.sust-forest.eu/es/fichas-de-producto>. Además, en el siguiente vídeo desarrollado de manera conjunta por la Xunta de Galicia y el Centro de Investigación Forestal de Lourizán se observa con mayor detalle todo lo descrito y sintetizado en tan solo un minuto y cuarenta y nueve segundos: <https://www.youtube.com/watch?v=GoqGJt-ptnU>.

### Cronología de las campañas de resinación

A continuación, se presenta la información asociada a la duración y frecuencia de picado de las campañas de resinación para los años 2018, 2019 y 2020:

Tabla 4. Tabla resumen con la información cronológica de la campaña de resinación. Fuente: elaboración propia a partir de los datos proporcionados por cada resinero.

| 2018      |                       |                                 |                 |                         |
|-----------|-----------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Provincia | Localidad             | Tiempo medio entre picas (días) | Número de picas | Duración de la campaña  |
| Soria     | Tardelcuende          | 16                              | 11              | 176                     |
| Cáceres   | Jarandilla de la Vera | 12                              | 6               | 72                      |
| Cuenca    | Huerta del Marquesado | 11                              | 11              | 121                     |
| León      | Tabuyo del Monte      | 21                              | 6               | 126                     |
| 2019      |                       |                                 |                 |                         |
| Provincia | Localidad             | Tiempo medio entre picas (días) | Número de picas | Duración campaña (días) |
| Soria     | Tardelcuende          | 16                              | 10              | 160                     |
| Cáceres   | Jarandilla            | 15                              | 13              | 195                     |
| Cuenca    | Huerta del Marquesado | 13                              | 10              | 130                     |
| León      | Tabuyo del Monte      | 14                              | 11              | 154                     |
| 2020      |                       |                                 |                 |                         |
| Provincia | Localidad             | Tiempo medio entre picas (días) | Número de picas | Duración de la campaña  |
| Soria     | Tardelcuende          | 14                              | 7               | 98                      |
| Cáceres   | Jarandilla de la Vera | 14                              | 13              | 182                     |
| Cuenca    | Huerta del Marquesado | 14                              | 11              | 154                     |
| León      | Tabuyo del Monte      | 14                              | 11              | 154                     |

Tabla 5. Síntesis de la información cronológica de las campañas de resinación efectuadas en cada localidad. Fuente: elaboración propia a partir de los datos proporcionados por cada resinero.

| <b>2018</b>                    | <b>Abril</b> |           | <b>Mayo</b> |           | <b>Junio</b> |           | <b>Julio</b> |           | <b>Agosto</b> |           | <b>Septiembre</b> |           | <b>Octubre</b> |           | <b>Noviembre</b> |           |
|--------------------------------|--------------|-----------|-------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|---------------|-----------|-------------------|-----------|----------------|-----------|------------------|-----------|
| <b>Localidad</b>               | <b>Q1</b>    | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>   | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>    | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>    | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>     | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>         | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>      | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>        | <b>Q2</b> |
| Tardelcuende (Soria)           |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |
| Jarandilla (Cáceres)           |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |
| Huerta del Marquesado (Cuenca) |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |
| Tabuyo del Monte (León)        |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |
| <b>2019</b>                    | <b>Abril</b> |           | <b>Mayo</b> |           | <b>Junio</b> |           | <b>Julio</b> |           | <b>Agosto</b> |           | <b>Septiembre</b> |           | <b>Octubre</b> |           | <b>Noviembre</b> |           |
| <b>Localidad</b>               | <b>Q1</b>    | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>   | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>    | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>    | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>     | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>         | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>      | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>        | <b>Q2</b> |
| Tardelcuende (Soria)           |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |
| Jarandilla (Cáceres)           |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |
| Huerta del Marquesado (Cuenca) |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |
| Tabuyo del Monte (León)        |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |
| <b>2020</b>                    | <b>Abril</b> |           | <b>Mayo</b> |           | <b>Junio</b> |           | <b>Julio</b> |           | <b>Agosto</b> |           | <b>Septiembre</b> |           | <b>Octubre</b> |           | <b>Noviembre</b> |           |
| <b>Localidad</b>               | <b>Q1</b>    | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>   | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>    | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>    | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>     | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>         | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>      | <b>Q2</b> | <b>Q1</b>        | <b>Q2</b> |
| Tardelcuende (Soria)           |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |
| Jarandilla (Cáceres)           |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |
| Huerta del Marquesado (Cuenca) |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |
| Tabuyo del Monte (León)        |              |           |             |           |              |           |              |           |               |           |                   |           |                |           |                  |           |



## Generación de las bases de datos

Para cada localidad, se realizó el siguiente procedimiento de revisión y depuración de los archivos que contenían la producción y fecha de cada pica efectuada a lo largo de la campaña:

| Estimulan | Nº | PAR | Codigo | Pica1 (g) | Pica1 (g) | Pica2 (g) | Pica3 (g) | Pica4 (g) | Pica5 (g) | Pica6 (g) | Pica7 (g) | Pica8 (g) | Pica9 (g) | Pica10 (g) |
|-----------|----|-----|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Sulfurica | 1  | A   | A1     | Sulfurica | 215       | 490       | 680       | 940       | 290       | 535       | 750       | 170       | 370       | 425        |
| Sulfurica | 2  | A   | A2     | Sulfurica | 105       | 225       | 310       | 585       | 150       | 395       | 540       | 115       | 300       | 320        |
| Sulfurica | 3  | A   | A3     | Sulfurica | 73        | 153       | 195       | 415       | 135       | 275       | 770       | 70        | 140       | 200        |
| Sulfurica | 4  | A   | A4     | Sulfurica | 135       | 315       | 600       | 1085      | 630       | 955       | 125       | 155       | 335       | 440        |

Figura 5. Ejemplo de una base de datos digitalizada, que es necesario procesar para cuantificar la producción de cada pica.

En primer lugar, fue necesario estimar la producción asociada a cada pica. En la figura 5 se muestra un ejemplo de la estructura que presentaban los archivos previamente digitalizados, estructura que es común para todos ellos. Para estimar dicha producción, es necesario entender el proceso de toma de datos, por lo que se presenta el siguiente ejemplo para una mejor comprensión:

En el caso que abordamos, coincidiendo con el final de producción de la pica 1, el resinero pesa el contenido del pote previamente tarado, obteniendo su producción, y acto seguido efectúa la siguiente pica. De la misma manera, cuando finaliza la producción de la pica 2, y coincidiendo con el inicio de la pica 3, el operario vuelve a pesar el contenido del pote, que en este caso contiene las producciones de las picas 1 y 2. Este proceso se repite hasta que el contenido de miera en el recipiente es tan elevado que es incapaz de coleccionar más sin desbordarse, por lo que es necesario efectuar la remasa del mismo. En nuestro ejemplo, esto sucede el día que se efectúa la pica 5, momento en el que se anota la pesada que contiene las producciones de las cuatro primeras picas y se vacía el contenido de todos los potes. Este procedimiento se repite hasta el final de la campaña de resinación, momento en el que el operario o bien nos hace llegar los datos, o bien los digitaliza él mismo.

No obstante, es necesario depurar esta información hasta obtener la producción de cada pica. Para ello, la producción de la primera pica se determina de manera inmediata. La de la segunda pica se calcula restándole el de la primera, la de la tercera se cuantifica sustrayendo el valor de la segunda, y así sucesivamente hasta que se efectúa la remasa, momento en el que todo lo descrito se repite.

Una vez determinada la producción de cada pica, es necesario discriminar aquellos valores que sean negativos, y comprobar la veracidad de los que sean demasiado elevados. Para ello, teniendo en cuenta el lenguaje de programación que empleado (software R), los valores negativos o nulos se consideraron como "NA" a todos los efectos, ya que cualquier otro valor podría haber inducido error en los análisis que posteriormente se realizaron. El hecho de que estos datos sean considerados como NA no solo los excluye de las figuras y análisis, sino que su presencia en una o más picas genera un NA al calcular la producción de la campaña (que es la suma de la producción de las diferentes picas), lo que se traduce en un criterio restrictivo bastante estricto establecido para asegurar una correcta representatividad de los resultados obtenidos.

Por último, se añadió la información correspondiente a los días de duración de cada pica, así como los valores medios de humedad relativa y temperatura asociados a dichos periodos de tiempo.



## Datos meteorológicos

Se han recogido los datos de temperatura media, (°C), temperatura máxima (°C), hora de la temperatura máxima, temperatura mínima (°C), hora de la temperatura mínima, humedad media (%), humedad máxima (%), hora de la humedad máxima, humedad mínima (%), hora humedad mínima (%), velocidad del viento (m/s), dirección del viento (°), velocidad del viento máxima (m/s), hora de la velocidad del viento máxima, dirección de la velocidad del viento máxima (°), radiación (MJ/m<sup>2</sup>), precipitación (mm), precipitación efectiva (mm) y evapotranspiración (mm); de cada una de las estaciones meteorológicas más cercanas en línea recta a las localidad de ensayo, siendo Quintana del Marco a 30 km de Tabuyo del Monte, Losar del Barco a 37 km de Candeleda, Gomezserracín a 13 km de Cuéllar, Jarandilla en la propia Jarandilla de la Vera, Cañete a 12 km de Huerta del Marquesado y Almazán a 15 km de Tardelcuende. También existen datos de termohigómetros que se fueron instalando a lo largo de la campaña, habiéndose usado en los casos en los que los registros abarcan la duración de todas las picas.

## Datos fitosanitarios

A lo largo de la duración de las campañas de resinación, los resineros anotaron de manera simultánea a los datos de producción, información asociada al estado fitosanitario de los pinos ensayados. Posteriormente, tras la revisión de estos datos mediante el análisis de los estadillos y las distintas visitas a campo, se evaluó el grado de afección de la masa frente a la aplicación de los distintos tratamientos.

## Análisis cualitativo de la composición química

Mediante el uso de tecnología de muestreo ATR aplicada a espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, efectuada por el personal CAI de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid, se evaluó a nivel cualitativo la composición química de 9 muestras de resina, tanto de los propios potes, como de los árboles en pie, con el objetivo de detectar la existencia o ausencia de diferencias significativas en dicha composición.

## Análisis de la producción de resina

Para cada año y localidad, se realizó el siguiente procedimiento de análisis partiendo de las bases de datos ya mencionadas:

Para todos los casos, se comprobaron los supuestos de independencia, distribución normal y homocedasticidad.

Además, los distintos supuestos se evaluaron mediante un ANOVA de dos factores, año y tratamiento, empleando como variable respuesta el logaritmo decimal de la producción total de resina. Se aplicó una transformación logarítmica debido a que en algunas localidades dicha producción no se ajustaba a una distribución normal, no siendo correcto en dicho caso la elección de este modelo.

Los datos se representaron mediante gráficos de cajas y bigotes, enfrentando en este caso la producción de resina en gramos a los distintos factores a evaluar.

## **Análisis de la producción por pica**

Para cada año y localidad, se realizó el siguiente procedimiento de análisis:

Para todos los casos, se comprobaron los supuestos de independencia, distribución normal y homocedasticidad.

A continuación, se evaluó la producción de resina por pica, analizando si existen diferencias significativas en la producción de resina en función del tipo de estimulante empleado mediante un ANOVA de dos factores, pica y tratamiento en función del logaritmo decimal de la producción de resina.

Los datos se representaron mediante gráficos de líneas y marcadores, enfrentando en este caso la producción de resina en gramos correspondiente a las picas efectuadas a lo largo de la campaña y diferenciando las series de datos en función del tipo de tratamiento empleado y empleando el error estándar para trazar las barras de error.

Finalmente, se repitió este mismo proceso considerando, además de los factores mencionados, el factor sitio, con intención de evaluar la producción obtenida mediante la aplicación de los distintos tratamientos en las parcelas experimentales objeto de estudio.

Por último, fue necesario considerar, tanto para cada sitio por separado, como en su conjunto, la producción asociada a cada pica durante los años 2018, 2019 y 2020. Para ello, se recurrió a gráficos de líneas con marcadores.

## **Análisis de correlación entre producción de resina y datos climáticos**

Para el análisis climatológico se utilizaron los valores promedio de las características indicadas en el apartado de datos meteorológicos, frente al peso medio de la producción de resina de cada pica, realizando la prueba de Spearman para calcular la correlación y su significación estadística ( $p < 0,05$ ). Estas variables climatológicas descritas fueron seleccionadas por ser las consideradas las de mayor influencia en la producción según la bibliografía consultada.

## **Estudio anatómico**

Para poder efectuar el análisis anatómico, se obtuvieron dos muestras de madera de cada planta mediante el empleo de una barrena de Pressler de 0,5 cm de diámetro y una profundidad media de 3 cm (Figura 6). Se replicó este proceso al menos diez veces diez por tratamiento a excepción de con los controles, para los que solo se pudo replicar cinco veces. Cada una de las dos muestras recogidas se obtuvo en base a los siguientes criterios:

A 2 cm por encima del límite de la herida (zona de máxima influencia) para el caso de la muestra A.

En la cara opuesta y a la misma altura a la que se tomó la muestra A (como control y evacuación del posible efecto sistémico) para el caso de la muestra B.



Figura 6. Extracción de la muestra con barrena de Pressler.

Las muestras recogidas fueron conservadas en una cámara a  $-79^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de proceder a su análisis. Posteriormente, se realizaron cortes anatómicos mediante el uso de un microtomo, seleccionando aquellas que presentaban una mayor calidad, y respetando la clasificación de los factores tratamiento (ácido sulfúrico, Ethrel, ácido salicílico y control herida) y localización (herida y opuesta a la herida).

Una vez escogidas aquellas en las que se apreciaban con mayor claridad los parámetros anatómicos de interés, se procedió a su tinción (con safranina y azul alcíán), secado mediante ciclo de alcoholes y, por último, se procedió a su montaje con cubreobjetos y medio de montaje. A continuación, para cada corte histológico teñido, secado y fijado, se realizaron medidas anatómicas ( ) mediante su medición con un software informático especializado a partir de capturas de imagen de dichos cortes previa ampliación con un microscopio al que se encontraba anexo una cámara. Una vez tomadas las imágenes, se calibró el software con un patrón de dimensiones conocidas y poder así medir con exactitud las distintas fotografías, de tal manera que se anotaron los datos referentes a longitud de anillo de crecimiento (junto a longitud de madera temprana y madera tardía), así como longitud y densidad de canales resiníferos (constitutivos y traumáticos).

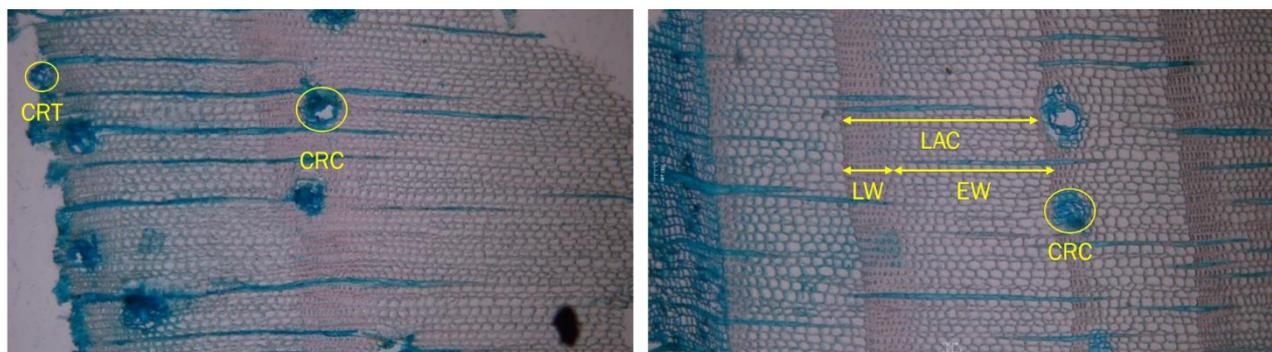


Figura 7: Imagen al microscopio de tejido anatómico tras su tinción, secado y fijado. En amarillo se detallan los parámetros anatómicos medidos, siendo CRT: canal resinífero traumático; CRC: canal resinífero constitutivo; LAC: longitud de anillo de crecimiento; LW: “late wood” o madera tardía y EW: “early wood” o madera temprana.

## **Estimación del coste unitario para cada estimulante**

A partir de la composición base de las distintas pastas empleadas, se calculó la cantidad de material necesario para fabricar un kg de estimulante, y, partiendo del coste asociado a cada elemento, se estimó su precio. Por otro lado se tomó el precio comercial de estos estimulantes para calcular su rentabilidad real

### **Rentabilidad de la actividad**

De cara a cuantificar la rentabilidad de la actividad de resinación en función de la zona y tipo de estimulante empleado, se estimaron, a partir de los resultados de producción obtenidos en las distintas zonas y años, los ingresos medios que percibiría un resinero suponiendo que lleva a cabo el aprovechamiento de una mata de tamaño medio (5.000 pies), efectuando 11 picas cada 15 días y suponiendo el precio de mercado de 1,06 € el kilogramo de resina, correspondiente al precio de la miera en el año 2018 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019). Como costes, se consideró únicamente el del estimulante de resinación empleado, suponiendo un gasto de 110 kg, correspondiente a emplear 2 gramos por pica en cada uno de los 5.000 individuos considerados para el cómputo. El resto de los gastos asociados al desempeño de la actividad (inversión en material, mantenimiento y mano de obra) fueron considerados para la estimación del beneficio anual que percibiría el trabajador a la finalización del ejercicio económico.

## 6. Resultados y discusión

### Huerta del Marquesado (Cuenca)

Los resultados correspondientes a esta localidad se resumen a continuación:

#### Producción total

A continuación, se muestran los datos de producción para las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020, habiendo tenido ya en cuenta el efecto del factor réplica:

Tabla 6. Tabla resumen con el promedio y desviaciones típicas (sd) de las producciones de resina tras las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020 en función del tratamiento aplicado. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Huerta del Marquesado.

| Año  | Estimulante       | Producción media (g) | sd (g)   |
|------|-------------------|----------------------|----------|
| 2018 | <i>Control H</i>  | 250,00               | 20,00    |
|      | <i>Ethrel</i>     | 1.979,75             | 652,56   |
|      | <i>Salicilica</i> | 594,93               | 171,74   |
|      | <i>Sulfurica</i>  | 1.975,93             | 683,75   |
| 2019 | <i>Control H</i>  | 361,43               | 108,44   |
|      | <i>Ethrel</i>     | 2.496,75             | 902,90   |
|      | <i>Salicilica</i> | 2.595,65             | 1.059,95 |
|      | <i>Sulfurica</i>  | 2.395,81             | 880,03   |
| 2020 | <i>Control H</i>  | 347,50               | 103,89   |
|      | <i>Ethrel</i>     | 2.268,03             | 821,62   |
|      | <i>Salicilica</i> | 2.459,18             | 1.020,63 |
|      | <i>Sulfurica</i>  | 2.355,34             | 978,37   |

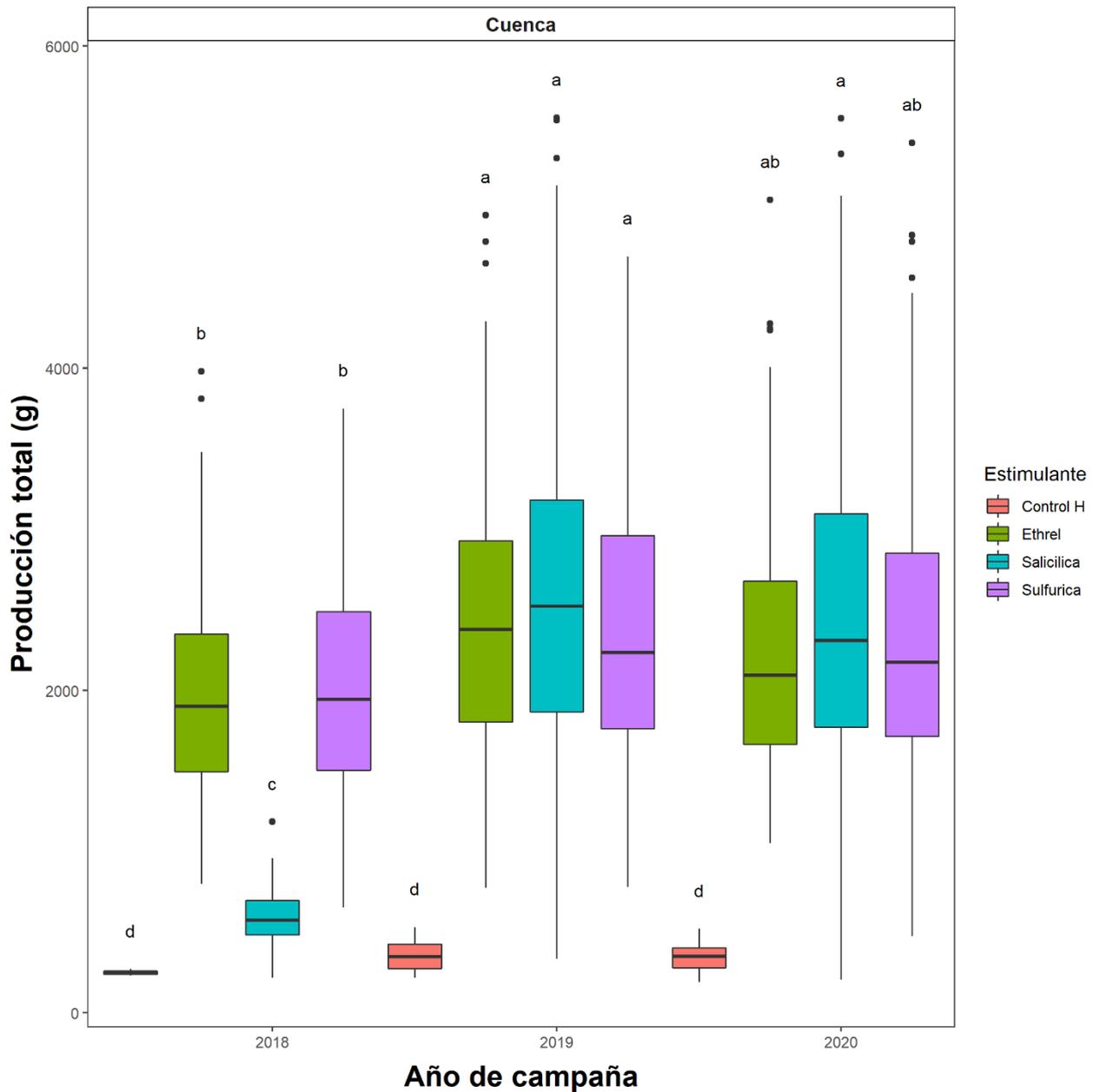


Figura 8. Gráfico de cajas y bigotes en el que se representa la producción total de resina tras las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020 en Huerta del Marquesado en función del tratamiento aplicado. Las letras indican diferencias significativas de acuerdo con el test HSD de Tukey ( $p < 0.05$ ). (Control H: pies empleados como grupo control a los que únicamente se les han efectuado heridas sin llegar a emplear estimulante químico; Ethrel: pies sometidos al tratamiento de pasta con ácido 2-cloroetilfosfónico como principio activo; Salicilica: pies sometidos al tratamiento de ácido salicílico como principio activo y Sulfurica: pies sometidos al tratamiento con pasta tradicional con ácido sulfúrico como principio activo). Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Huerta del Marquesado.

Como resultado general se puede establecer que no se observan diferencias significativas entre las pastas estimulantes en 2019 y 2020. Si que se observa en 2018 pero se justifica en una primera formulación fallida de la pasta salicilica que no permitía una correcta adherencia de la misma. También

se puede apreciar una media discretamente más alta en las producciones con pasta salicílica a pesar de que esa diferencia no tenga robustez estadística. Si analizamos las producciones año a año se puede apreciar lo siguiente:

## 2018

Tal y como se aprecia en la figura 8, y de acuerdo con los resultados del test HSD de Tukey (Figura 9), los tratamientos tradicional y Ethrel no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, mientras que, a su vez, estos generan una mayor producción de resina que el de salicílico, que resulta ligeramente mayor que en el caso del control con herida.

Esta menor productividad del tratamiento con ácido salicílico puede deberse a que la composición inicial de la pasta debió ajustarse hasta conseguir un producto definitivo con una viscosidad y textura adecuadas, ya que era demasiado líquida al comienzo del ensayo.

Por otro lado, que no haya diferencias significativas en la producción de miera inducida por los estimulantes con base Ethrel y ácido sulfúrico como principios activos puede ser debido a que, en este caso, debido bien a un factor ambiental (condiciones climáticas de la zona) o bien genético (referido a los mecanismos de expresión génica y rutas metabólicas principales en la población), el ácido sulfúrico, sumado a la herida, es el principal elemento responsable de inducir la producción de resina, mientras que el posible efecto complementario del ácido 2-cloroetilfosfónico (precursor del etileno) no es suficiente como para suponer un incremento significativo en la producción. Esto tal vez podría apreciarse mediante un análisis en profundidad de la anatomía las plantas resinadas, ya que ambas sustancias (ácido salicílico y etileno), aunque especialmente el etileno, favorecen la desdiferenciación del tejido meristemático del cambium vascular y la formación de canales resiníferos traumáticos, por lo que deberían estar en mayor presencia que en el tratamiento mediante pasta tradicional. En caso de no ser así, su ausencia probablemente pueda deberse a que es necesario aplicar estos estimulantes bajo otras condiciones o formulaciones para lograr el efecto deseado.

Otra posible explicación es que la pasta aplicada no libere en concentración suficiente los principios activos distintos al ácido sulfúrico, por lo que, en ese caso, no llegarían a hacer efecto al no ser absorbidos e incorporados al metabolismo de la planta.

## 2019

Tal y como se aprecia en la figura 8, y de acuerdo con los resultados del test HSD de Tukey (Figura 9), los tratamientos basados en estimulantes químicos no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, mientras que, a su vez, estos generan una mayor producción de resina que en el caso del control con herida, y son mayores que en 2018.

Esta mayor productividad respecto al año anterior podría deberse a uno o varios factores: (i) al efecto de las precipitaciones del año anterior (localizadas en los meses de julio, agosto y septiembre, que podrían traducirse en una reserva de fotosintatos al disponer la planta de reservas hídricas durante los meses de mayor radiación); (ii) una mayor temperatura media para la campaña, así como a una menor humedad relativa (mayor fluidificación de la resina, tanto por mayor temperatura como por menor humedad relativa); (iii) una mayor red de canales resiníferos constitutivos y traumáticos como consecuencia de los efectos de la campaña de 2018, lo que supondría una mayor producción de resina, localizada principalmente en las primeras picas, y se incrementaría conforme avance la campaña de 2019, ya que se irán generando nuevos elementos anatómicos que contribuirán a su vez a dicha producción, hasta alcanzar el agotamiento de la capacidad productiva de la planta, debido tanto a factores fisiológicos como ambientales. Por otro lado, de cara a tratar de justificar la ausencia de

diferencias significativas en la producción de miera inducida por los distintos estimulantes químicos, se remite a lo expuesto en el caso del año 2018.

## 2020

Tal y como se aprecia en la figura 8, y de acuerdo con los resultados del test HSD de Tukey (Figura 9), los tratamientos basados en estimulantes químicos no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, mientras que, a su vez, estos generan una mayor producción de resina que en el caso del control con herida. Si los comparamos con los valores de 2018, a excepción del salicílico y el control herida, se encuentran al límite de significación, al igual que en el caso de 2019. Esta mayor productividad en relación con 2018, y similar con 2019, probablemente se deba a la duración de la campaña en 2020, que fue de 154 días frente a los 121 de 2018 o los 130 de 2019.

En caso de no haber sido así, es posible que hubiera sido similar a la de 2018 y menor que la de 2019, aunque a falta de más datos que lo validen, este supuesto tan solo es una hipótesis.

## Producción por pica y correlaciones con variables climáticas

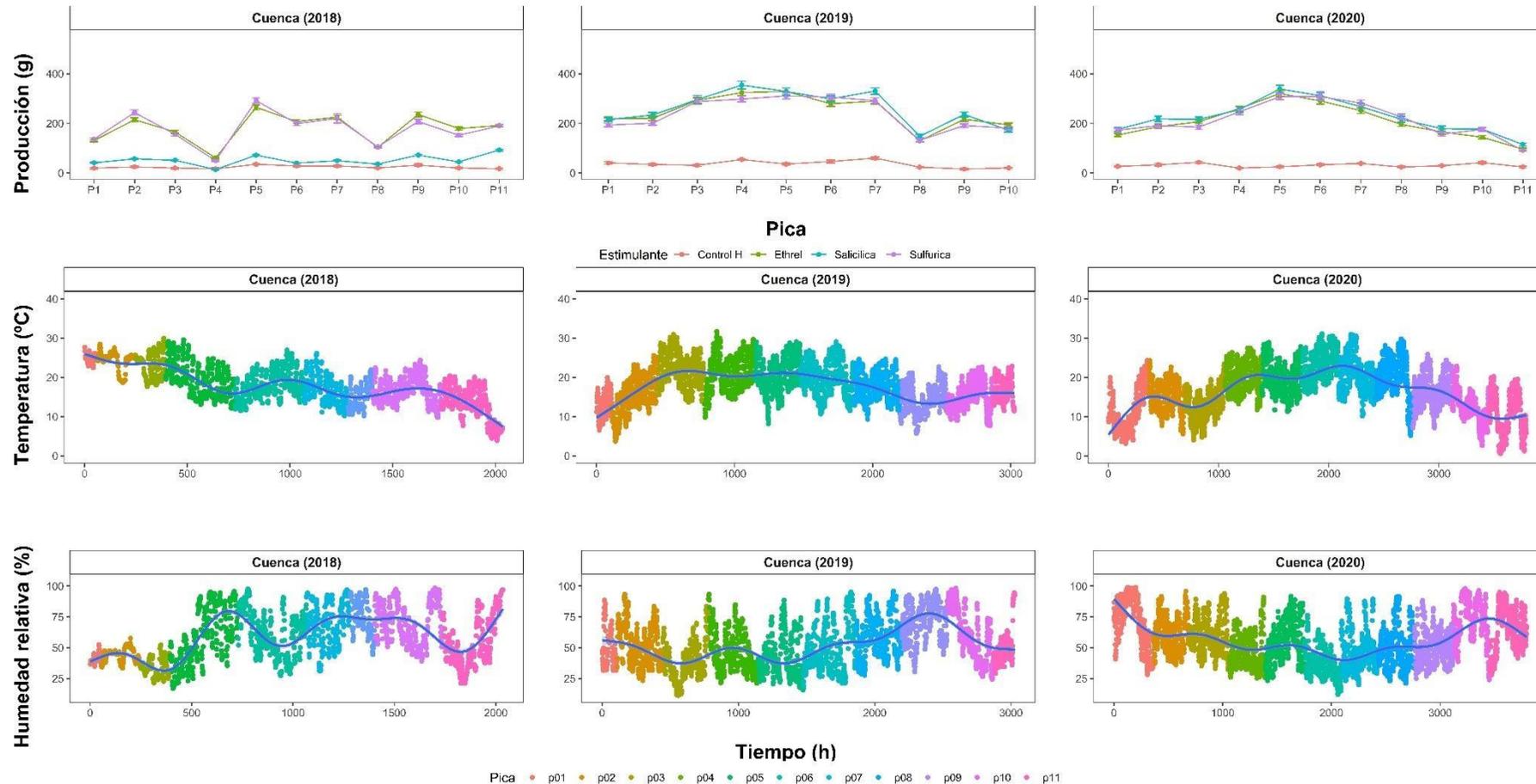


Figura 10. Resumen de los principales gráficos de producción y clima para la localidad de Huerta del Marquesado (Cuenca). En la primera fila se aprecian gráficos de líneas y marcadores que muestran la producción de resina a lo largo de las tres campañas de resinación (2018, 2019 y 2020) en función del tipo estimulante (Control H: pies empleados como grupo control a los que únicamente se les han efectuado heridas sin llegar a emplear estimulante químico; Ethrel Salicilica y Sulfúrica). La segunda y tercera filas muestran gráficos de marcadores que reflejan los valores de las lecturas de temperatura y humedad relativa, respectivamente, recogidos por los Hobos. Las líneas azules se han obtenido mediante la aplicación de modelos aditivos generalizados y enfrentando la variable respuesta (Temperatura o humedad relativa) frente al tiempo. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Huerta del Marquesado.

Tabla 7. Coeficientes de correlación de Pearson entre la producción de resina y las variables ambientales, Temp: Temperatura media y HR: Humedad relativa media en función del tratamiento aplicado en Huerta del Marquesado. Fuente: Cedido por la doctora Rodríguez-García y elaborados a partir de los datos del proyecto.

| Variable   | 2018  |      | 2019 |       | 2020  |       |
|------------|-------|------|------|-------|-------|-------|
|            | Temp  | HR   | Temp | HR    | Temp  | HR    |
| Sulfúrica  | 0,02  | 0,27 | 0,88 | -0,67 | 0,87  | -0,68 |
| Ethrel     | -0,13 | 0,35 | 0,84 | -0,73 | 0,84  | -0,69 |
| Salicílica | -0,08 | 0,37 | 0,79 | -0,56 | 0,82  | -0,65 |
| Control H  | -0,19 | 0,52 | 0,40 | -0,20 | -0,20 | 0,21  |

## 2018

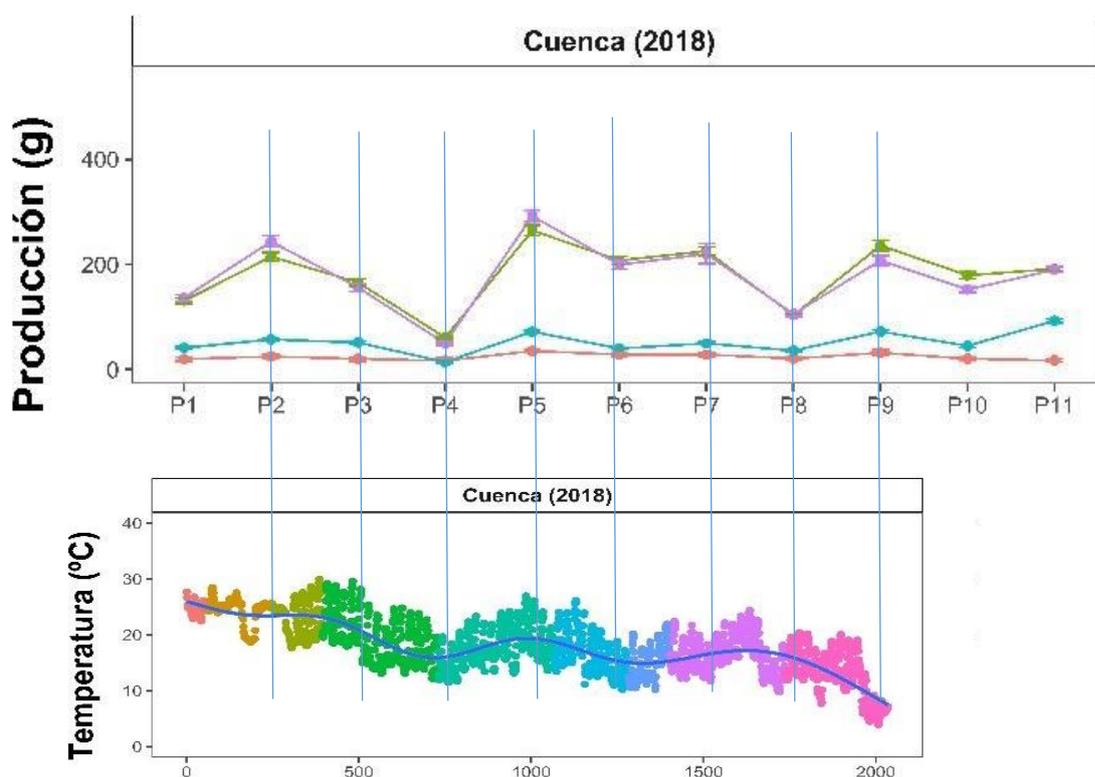


Figura 11. Resumen de los principales gráficos de producción y temperatura para la localidad de Huerta del Marquesado (Cuenca) en 2018.

En primer lugar, los estimulantes que más influyen en la producción de cada pica son los de base sulfúrico y Ethrel, mientras que el de base salicílico produce menos resina que los anteriores y ligeramente más que el control con herida. A pesar de esto, hay que destacar que no existe un comportamiento diferente entre los tratamientos a lo largo de la campaña: todos ellos varían del mismo

modo entre las picas sucesivas no indicando un comportamiento distinto como respuesta a las variaciones climáticas. Como ya se ha mencionado en el apartado de producciones totales, esto se debe a que la formulación inicial de este compuesto hubo de perfeccionarse hasta alcanzar una composición que permitiera una correcta aplicabilidad, permitiendo de esta manera la acción completa del principio activo. Además, es necesario especificar que los gráficos de temperatura y humedad relativa para 2018, a diferencia del resto de años, no recogen los valores de la primera y la undécima pica debido a que no se pudo acceder a las lecturas de dichos periodos.

El valor inicial de la primera pica, relativamente elevado, podría deberse a que esta masa de pinos ya había sido resinada previamente, siendo ésta la segunda entalladura de una segunda cara. Por otro lado, los elevados valores de temperatura y reducidos valores de humedad relativa de las dos primeras picas en comparación al resto de la campaña (en torno a 24°C y 40%, respectivamente) podrían justificar el mayor flujo de resina a lo largo de estos dos primeros periodos (la escasa dispersión de los valores climáticos durante aproximadamente las primeras 250 lecturas podría deberse a la puesta en marcha de los aparatos de medición empleados, que necesitan un periodo de adaptación antes de poder captar todo el rango de variabilidad ambiental). Es en este momento, como consecuencia de la herida, del efecto de los estimulantes, y del estrés biótico al que está siendo sometido el árbol, cuando se inicia, la expresión de las familias génicas terpeno sintasa (TPS) y citocromo P450, implicadas a su vez en la expresión de proteínas encargadas de activar las rutas metabólicas responsables de la biosíntesis de terpenoides en las células epiteliales de los canales resiníferos. A su vez, como consecuencia del estrés al que se encuentra sometida la planta, se induce la expresión de fitohormonas como el etileno y el ácido jasmónico, que podrían estar implicados en producir una desdiferenciación del tejido meristemático del cambium vascular del tallo/fuste, promoviendo la formación de novo de canales resiníferos denominados traumáticos, y que contribuirán una vez alcancen su pleno desarrollo a producción de resina.

Si tenemos en cuenta todo esto (elevada temperatura, reducida humedad relativa, y respuesta al estímulo de la pica inicial), podríamos justificar esta mayor producción, correspondiente al vaciado de la red de canales resiníferos (constitutivos y traumáticos), que como ya se ha señalado, son, junto a las células epiteliales que los recubren, los elementos anatómicos responsables de la producción y almacenamiento de la resina.

A lo largo de las picas 3 y 4, parece producirse una reducción en la producción atípica comparada con la curva de tendencia general de producción. Sin embargo, la bajada en las temperaturas y un fuerte incremento en la humedad asociada probablemente a un periodo de lluvias justifica este descenso. Aquí podemos señalar que las características de esta parcela con una gran altitud (la mayor del ensayo) genera veranos menos cálidos y más susceptibles a bajadas de temperatura bruscas como consecuencia de las precipitaciones estivales

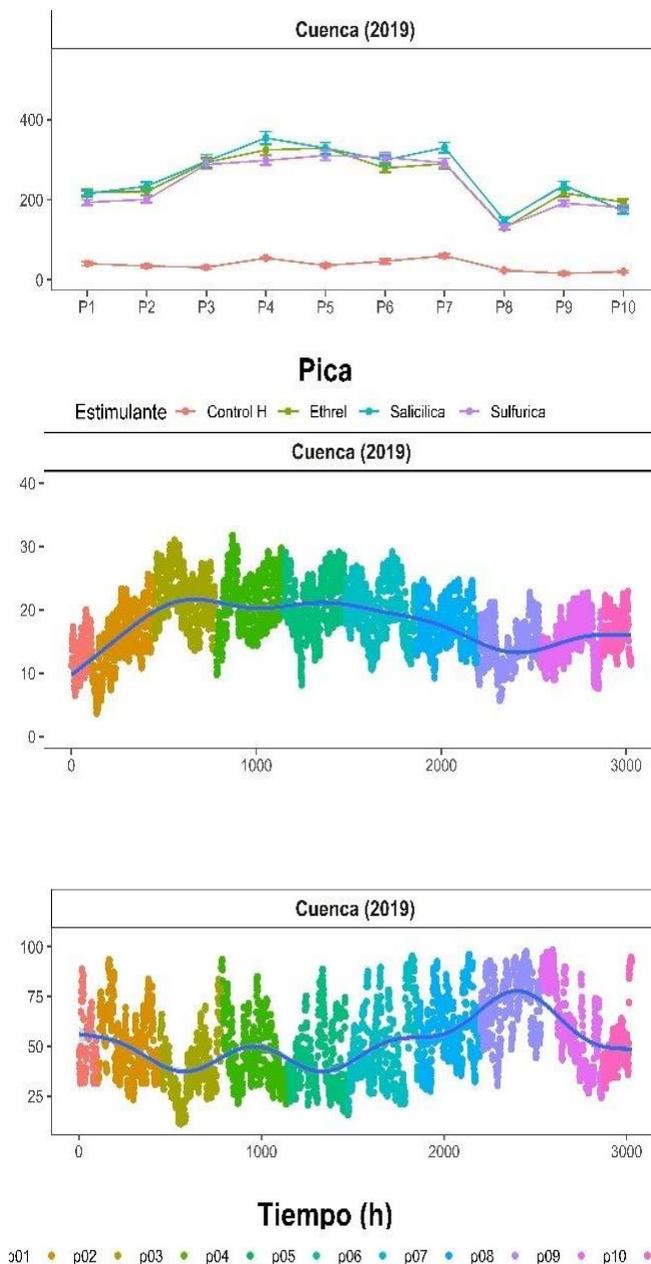
El repentino incremento de la pica 5 parece deberse a varios motivos: efecto favorable de la temperatura y humedad relativa en la fluidificación de la resina, al menos durante la primera mitad de este periodo (ya que durante la segunda mitad parece que surgen precipitaciones en base al elevado valor de la humedad relativa).

La tendencia productiva de las picas 6, 7 y 8 podría explicarse de manera análoga a lo detallado para las picas 3 y 4. El hecho de que durante el octavo periodo se produzca más resina que durante el cuarto podría deberse a que los distintos mecanismos de generación de resina en la planta ya se encuentran activados por los distintos estímulos efectuados durante la campaña (herida, estimulante, clima y estrés), ya que no podría justificarse en base a los valores de temperatura y humedad relativa (más desfavorables para la pica 8 que para la pica 4).

El repunte de producción de la pica 9 podría deberse a los mismos motivos señalados en el caso de la pica 5, con la salvedad de que la menor producción de la primera en relación a la segunda podría deberse a una menor temperatura y mayor humedad relativa durante el periodo evaluado, así como a la posible existencia de lluvias durante el mismo.

Finalmente, la justificación de la producción de las picas 10 y 11 podría asimilarse a la señalada en el caso de las picas 6 y 7.

## 2019



En este caso, todos los estimulantes parecen inducir la misma producción de resina (a excepción de muy ligeras diferencias en las picas 4, 7 y 9), siendo considerablemente mayor para estos tratamientos que para el control herida. Así mismo, y en consonancia con los datos de producción total para esta localidad, la mayoría de las picas producen más resina que su equivalente durante 2018, y en su conjunto, no existen diferencias significativas entre tratamientos.

Dicho incremento en la producción podría deberse al efecto de las precipitaciones del año anterior (localizadas en los meses de julio, agosto y septiembre, que podrían traducirse en una reserva de fotosintatos al disponer la planta de reservas hídricas durante los meses de mayor radiación, que sumado a una mayor temperatura media para el periodo, así como a una menor humedad relativa (mayor fluidificación de la resina, tanto por mayor temperatura como por menor humedad relativa) y a una mayor red de canales resiníferos constitutivos y traumáticos como consecuencia de los efectos de la campaña de 2018 (mayor producción de resina, localizada principalmente en las primeras picas, ya que conforme avance la campaña de 2019 se irán generando nuevos elementos anatómicos que contribuirán a su vez a dicha producción).

Figura 12. Resumen de los principales gráficos de producción y temperatura y humedad para la localidad de Huerta del Marquesado (Cuenca) en 2019.

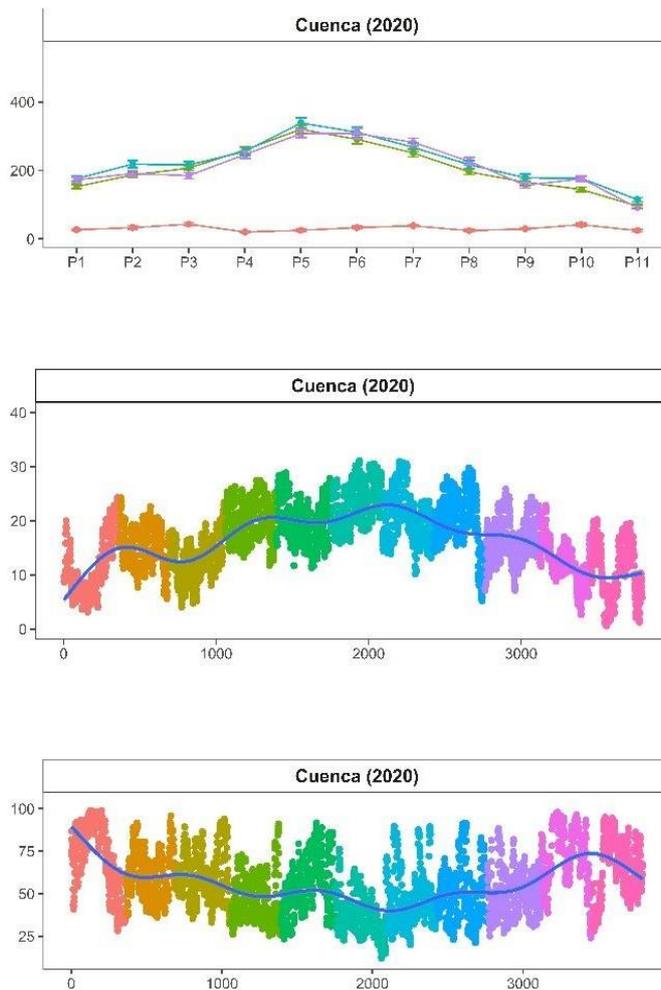
El valor inicial de la primera pica, relativamente elevado, y superior a su equivalente en el año 2018, podría deberse a que esta masa de pinos ya había sido resinada previamente, siendo ésta la tercera entalladura de una segunda cara. Esto supondría asumir la existencia de una mayor red de canales resiníferos constitutivos y traumáticos que al liberar la resina contenida en su interior, justificarían los valores de producción obtenidos, que serían lo suficientemente elevados como para compensar el efecto de la reducida temperatura y elevada humedad relativa del inicio de la campaña (los altos valores de humedad relativa podrían incluso sugerir la existencia de precipitaciones).

Los valores crecientes de producción de las picas 2, 3 y 4 podrían obedecer a una explicación similar a la expuesta en el apartado anterior. La subida de las temperaturas es clara y el efecto de inducción en la producción de las heridas manifiesta.

Es especialmente interesante el caso de la pica 4 7 y 9 donde se observan diferencias en la producción en función del tipo de tratamiento empleado. En estas picas la formulación con base en salicílico parece dar resultados discretamente mayores. En estas 3 picas destaca un alto grado de humedad por encima del 50% pero sin llegar a los valores de 70% de la 8 pica en la que la producción se reduce claramente. Esto puede explicarse, por un lado, por la mejor adherencia o capacidad estimulante de esta pasta (salicílico) bajo niveles altos de humedad con el limitante de que cuando esa humedad se incrementa fuertemente, posiblemente suponiendo abundantes precipitaciones (8 pica) la resina fluye menos o se pierde al llenarse de agua los potes de recogida que, al tener que vaciarlos, genera pérdidas en la pesada posterior. Observando la tabla de correlación con clima de los distintos tratamientos vemos como la pasta salicílica no se correlaciona de forma negativa con la humedad como las otras pastas pudiendo reforzar esta explicación de mejor respuesta de esta pasta a escenarios de humedad alta.

Llegados a este punto, cabe destacar que las picas 9 y 10 recuperan algo la producción probablemente debido a un incremento en la temperatura y reducción de las precipitaciones

2020



Durante esta campaña de resinación, todos los estimulantes parecen inducir la misma producción de resina (a excepción de muy ligeras diferencias en las picas 2, 3 y 10), siendo considerablemente mayor para estos tratamientos que para el control herida. Así mismo, y en consonancia con los datos de producción total para esta localidad, la mayoría de las picas producen más resina que su equivalente durante 2018 y menos que en 2019. Además, al considerar el conjunto de las picas, no existen diferencias significativas en la producción para los distintos tratamientos basados en estimulantes químicos.

La producción por pica es muy similar a las observadas el año anterior en acuerdo con la climatología. En este caso la curva de producción coincide con la habitual en la producción de resina en una campaña acompañando a la de temperatura. Del mismo modo, la ausencia de precipitaciones marcadas también permite una mayor homogeneidad en la curva de producción.

Figura 13. Resumen de los principales gráficos de producción y temperatura y humedad para la localidad de Huerta del Marquesado (Cuenca) en 2020.

Cabe destacar una humedad algo mayor entre las picas 4 y 5 de nuevo hace destacar la producción en esa pica del tratamiento con estimulante salicílico corroborando la hipótesis anterior

El valor inicial de la primera pica, superior a su equivalente en el año 2018 e inferior al del año 2019, podría deberse a una temperatura menor al principio de la campaña y una humedad que indica precipitaciones.

Algo análogo a lo anterior sucede en el caso de las picas 2 y 3. En lo referente a las posibles diferencias de producción entre los distintos estimulantes, si aludimos a los altos valores de humedad relativa, parece reforzarse el argumento del efecto del “lavado” de lluvia sobre aquellas formulaciones más sensibles al efecto del agua como disolvente.

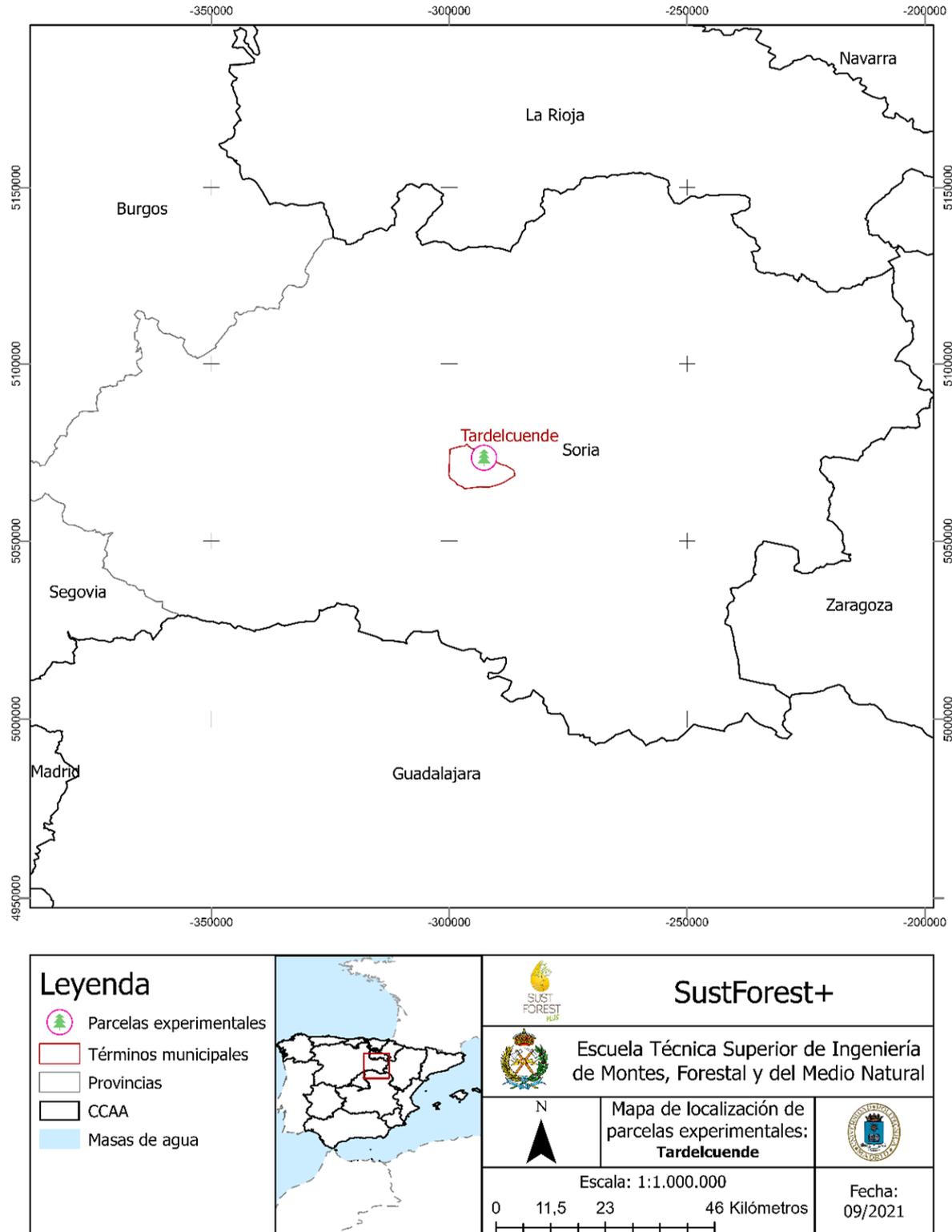
En el caso de la pica 4, se aprecia el inicio de una tendencia productiva creciente, que culmina en el valor adquirido por la pica 5. Esto probablemente se deba a que se alcanza la máxima capacidad

productiva debido a que se alcanza el mayor grado de: (i) reposición de la resina contenida en los canales resiníferos constitutivos como consecuencia de la activación metabólica inducida por las familias génicas TPS y citocromo P450; (ii) contribución al flujo de resina mediante la liberación de aquella contenida en los canales resiníferos constitutivos y traumáticos (iii) efecto favorable de la temperatura y humedad relativa en la fluidificación de la resina.

Finalmente, a partir de la pica 6, y hasta el final de la campaña (pica 11), se inicia una tendencia decreciente en el valor de la producción de resina, debida probablemente a un agotamiento paulatino de: (i) la biosíntesis responsable de la renovación de resina en las células epiteliales de los canales resiníferos y vertida a su interior; (ii) descenso paulatino de la temperatura (con el consecuente aumento de la humedad relativa), lo que supone una fluidificación peor a lo largo de los distintos periodos.

## Tardelcuende (Soria)

Los resultados correspondientes a esta localidad se resumen a continuación:



**Figura 1.** Mapa de localización de las parcelas experimentales ubicadas en el término municipal de Tardelcuende. Fuente: elaboración propia a partir de los datos recopilados en campo.

## Influencia de las variables ambientales

**Tabla 8.** Tabla resumen con el promedio (Tmed; RH med), máximo (T max; RH max) y mínimo (T min; RH min) de la temperatura en (T en °C) y humedad relativa (HR en %) para cada pica, así como para el conjunto de las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020. En caso de no haber disponible información climática para alguna pica, se ha eliminado la fila correspondiente a dicha pica. Fuente: elaboración propia a partir de las lecturas del termohigrómetro de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Tardelcuende.

| Tardelcuende (2018) |           |            |            |            |            |            |
|---------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Periodo             | Tmed (°C) | T max (°C) | T min (°C) | RH med (%) | RH max (%) | RH min (%) |
| Pica 5              | 26,2      | 28,1       | 23,9       | 34,5       | 43,0       | 26,3       |
| Pica 6              | 23,3      | 34,9       | 9,6        | 42,7       | 85,1       | 16,4       |
| Pica 7              | 20,9      | 34,5       | 6,0        | 54,8       | 93,2       | 16,2       |
| Pica 8              | 18,9      | 32,5       | 6,0        | 57,0       | 94,9       | 20,8       |
| Pica 9              | 18,0      | 32,2       | 8,0        | 67,2       | 98,4       | 18,1       |
| Pica 10             | 15,9      | 29,8       | -1,9       | 62,3       | 97,3       | 18,8       |
| Pica 11             | 11,1      | 24,5       | -0,7       | 60,3       | 94,8       | 17,5       |
| Campaña             | 18,8      | 34,9       | -1,9       | 57,1       | 98,4       | 16,2       |
| Tardelcuende (2019) |           |            |            |            |            |            |
| Periodo             | Tmed (°C) | T max (°C) | T min (°C) | RH med (%) | RH max (%) | RH min (%) |
| Pica 2              | 19,9      | 28,1       | 6,7        | 42,5       | 76,9       | 14,0       |
| Pica 3              | 22,0      | 38,7       | 6,3        | 46,3       | 96,0       | 7,5        |
| Pica 4              | 21,4      | 35,2       | 7,0        | 58,1       | 96,3       | 16,5       |
| Pica 5              | 21,0      | 34,4       | 4,5        | 50,8       | 96,0       | 16,2       |
| Pica 6              | 19,5      | 34,1       | 4,5        | 54,3       | 95,1       | 19,1       |
| Pica 7              | 19,1      | 31,5       | 4,5        | 57,0       | 95,7       | 17,7       |
| Pica 8              | 15,0      | 29,6       | 0,4        | 62,3       | 97,1       | 17,9       |
| Pica 9              | 13,5      | 26,7       | -0,6       | 69,3       | 97,7       | 26,8       |
| Pica 10             | 10,6      | 27,4       | -0,8       | 78,6       | 99,6       | 28,7       |
| Campaña             | 17,4      | 38,7       | -0,8       | 60,5       | 99,6       | 7,5        |
| Tardelcuende (2020) |           |            |            |            |            |            |
| Periodo             | Tmed (°C) | T max (°C) | T min (°C) | RH med (%) | RH max (%) | RH min (%) |
| Pica 1              | 12,4      | 27,1       | 0,5        | 73,3       | 98,0       | 27,9       |
| Pica 2              | 17,2      | 28,8       | 1,8        | 66,3       | 97,8       | 22,9       |
| Pica 3              | 11,9      | 21,6       | -1,0       | 74,7       | 99,3       | 40,8       |
| Pica 4              | 19,4      | 31,3       | 7,3        | 62,1       | 94,9       | 23,8       |
| Pica 5              | 19,4      | 33,1       | 3,7        | 55,9       | 95,0       | 20,0       |
| Pica 6              | 22,7      | 37,6       | 5,6        | 48,5       | 90,6       | 16,8       |
| Pica 7              | 21,7      | 36,4       | 6,8        | 53,8       | 97,0       | 17,2       |

|         |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| Pica 8  | 19,4 | 33,4 | 7,5  | 55,4 | 96,9 | 15,2 |
| Pica 9  | 16,2 | 32,4 | -1,1 | 53,9 | 92,8 | 17,1 |
| Pica 10 | 17,5 | 26,6 | 8,4  | 56,2 | 81,8 | 30,3 |
| Campana | 17,7 | 37,6 | -1,1 | 60,7 | 99,3 | 15,2 |

**Tabla 9.** Coeficientes de correlación de Pearson entre la producción de resina y las variables ambientales, Temp: Temperatura media y HR: Humedad relativa media en función del tratamiento aplicado en Tardelcuende. Fuente: Cedido por la doctora Rodríguez-García y elaborados a partir de los datos del proyecto.

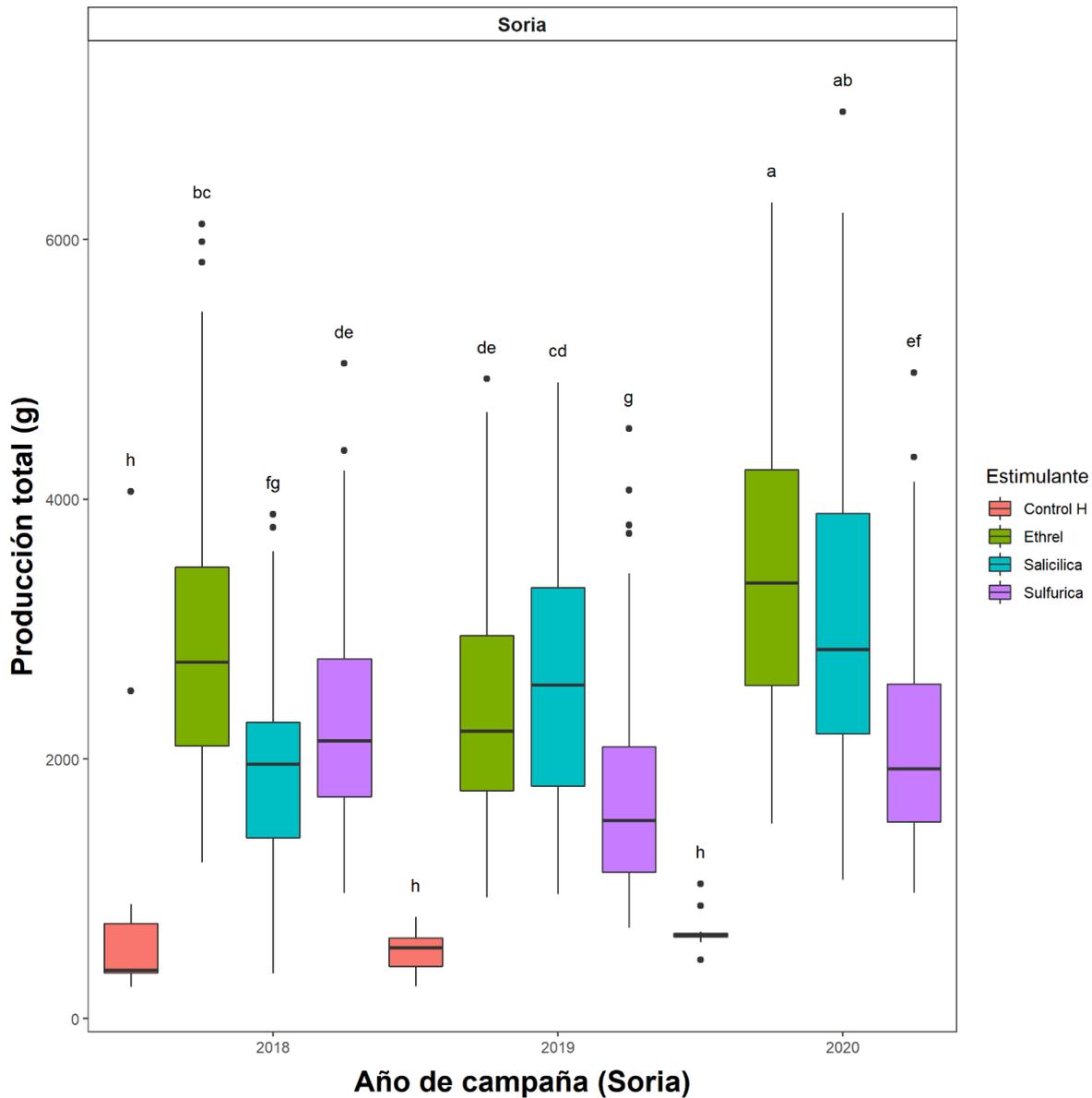
| Variable   | 2018  |       | 2019 |    | 2020 |       |
|------------|-------|-------|------|----|------|-------|
|            | Temp  | HR    | Temp | HR | Temp | HR    |
| Sulfúrica  | -0,09 | 0,61  | 0,46 |    | 0,52 | -0,45 |
| Ethrel     | 0,32  | 0,18  | 0,34 |    | 0,91 | -0,95 |
| Salicílica | -0,35 | 0,81  | 0,50 |    | 0,75 | -0,73 |
| Control H  | 0,05  | -0,02 | 0,53 |    | 0,26 | -0,28 |

### Producción total

A continuación, se muestran los datos de producción para las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020, habiendo tenido ya en cuenta el efecto del factor réplica:

**Tabla 10.** Tabla resumen con el promedio y desviaciones típicas (sd) de las producciones de resina tras las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020 en función del tratamiento aplicado. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Tardelcuende

| Año  | Estimulante   | Producción media (g) | sd (g)   |
|------|---------------|----------------------|----------|
| 2018 | Control H     | 957,82               | 1.216,41 |
|      | Ethrel        | 2.895,92             | 1.060,32 |
|      | Á. salicílico | 1.948,39             | 718,96   |
|      | Á. sulfúrico  | 2.277,20             | 774,94   |
| 2019 | Control H     | 533,83               | 158,47   |
|      | Ethrel        | 2.411,00             | 893,84   |
|      | Á. salicílico | 2.618,95             | 998,18   |
|      | Á. sulfúrico  | 1.701,23             | 775,71   |
| 2020 | Control H     | 675,83               | 146,42   |
|      | Ethrel        | 3.448,86             | 1.161,67 |
|      | Á. salicílico | 3.142,94             | 1.205,24 |
|      | Á. sulfúrico  | 2.133,41             | 822,21   |



**Figura 2.** Gráfico de cajas y bigotes en el que se representa la producción total de resina tras las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020 en Tardelcuende en función del tratamiento aplicado. Las letras indican diferencias significativas de acuerdo con el test HSD de Tukey ( $p < 0.05$ ). (Control H: pies empleados como grupo control a los que únicamente se les han efectuado heridas sin llegar a emplear estimulante químico; Ethrel: pies sometidos al tratamiento de pasta con ácido 2-cloroetilfosfónico como principio activo; Salicilica: pies sometidos al tratamiento de ácido salicílico como principio activo y Sulfúrica: pies sometidos al tratamiento con pasta tradicional con ácido sulfúrico como principio activo). Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Tardelcuende.

### 2018

Se aprecian diferencias estadísticamente significativas para todos los tratamientos ensayados de acuerdo con el siguiente orden creciente de producción de resina: control con herida, ácido salicílico, pasta tradicional y Ethrel (**Figura 2**).

Para justificar la menor productividad del tratamiento en base a ácido salicílico, se alude a lo señalado para el año 2018 en la producción total de Huerta del Marquesado: fue necesario optimizar la

formulación del tratamiento hasta conseguir una pasta con la textura y viscosidad tales que permitieran su correcta acción en la planta.

Si evaluamos la menor productividad la pasta tradicional (**Figura 2**), ésta parece deberse a una menor resistencia al “lavado” como consecuencia de su formulación, pues presenta una considerable cantidad de ácido sulfúrico, así como de sulfato de calcio hemihidratado (yeso), sustancias que podrían interaccionar con el agua ambiental. Por un lado, el yeso, a pesar de ser muy poco soluble en agua, puede, por su composición química y su granulometría, interaccionar con ésta estableciendo equilibrios de hidratación (Bensted & Prakash, 1968). Por otro lado, el ácido sulfúrico presenta una gran afinidad por el agua debido principalmente a su entalpía de reacción con la misma, que es muy exotérmica (Khalizov et al., 2009; Young & Grinstead, 1949). Esto es consistente si tenemos en cuenta los elevados valores de humedad relativa que hay presentes a lo largo de toda la campaña (**Tabla** ).

Finalmente, la mayor productividad del Ethrel podría deberse a una mayor duración de la campaña de resinación, 176 días, periodo de tiempo durante el que las sustancias de liberación lenta como puede ser el ácido 2-clorofosfónico (precursor del etileno) ven favorecida su capacidad de acción (Yang, 1969). No obstante, el elevado valor de producción total para este tratamiento ( **Figura 2** ) sugieren una mayor sensibilidad de esta población al etileno.

No obstante, esta apreciación podría reforzarse mediante un estudio de la anatomía de las plantas resinadas, ya que debería haber presente un incremento en la frecuencia de canales resiníferos traumáticos (Celedon & Bohlmann, 2019; Hudgins & Franceschi, 2004; Rodrigues-Corrêa et al., 2013; Rodrigues-Corrêa & Fett-Neto, 2009) que además justificase esta mayor producción de resina. Por tanto, esta mayor productividad podría explicarse debido a factores genéticos, que, en combinación al ambiente, hacen que sea más sensible al efecto del etileno en los mecanismos de defensa de la planta, lo que, sumado al efecto del ácido sulfúrico y la herida, justificaría los resultados obtenidos.

## 2019

En 2019, se aprecian diferencias estadísticamente significativas en la producción de resina entre los tratamientos ensayados, siendo el control con herida el menos productivo, seguido del ácido sulfúrico. Los otros dos, aunque más productivos, no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí (**Figura 2**). Conviene destacar que, como consecuencia de los ajustes en la formulación del tratamiento de ácido salicílico, durante 2019 y 2020 se logró alcanzar una pasta con una composición y textura apropiada, lo que permitió su correcta aplicabilidad y adecuado funcionamiento.

Si además comparamos lo anterior con los valores de producción del año 2018, observamos la existencia de diferencias estadísticamente significativas, siendo menores dichos valores en 2019 para los tratamientos Ethrel, ácido salicílico y ácido sulfúrico. En el caso del control con herida no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en los años evaluados (**Figura 2**).

Esta menor productividad de 2019 respecto a 2018 podría deberse a que en 2018 se resinó la primera entalladura de una quinta cara, mientras que en 2019 se resinó la primera entalladura de una primera cara. Por tanto, los árboles ensayados durante 2018 llevaban al menos 20 años sometidos a labores de resinación, mientras que los de 2019 apenas uno. Esto podría implicar la existencia de una red de mayor extensión de canales resiníferos que hubieran potenciado ligeramente la capacidad productiva de la entalladura de 2018 en relación con la de 2019. No obstante, esta mayor producción de resina en 2018 también podría deberse al efecto del clima en dicha producción, aunque las correlaciones de Pearson no parecen ser estadísticamente significativas (**Tabla 8, Tabla** ). También podría deberse a una

menor duración de la campaña de 2019 en comparación a la de 2018, lo que supuso efectuar una pica menos.

Finalmente, y como ya se ha señalado, en 2019 no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de ácido salicílico y Ethrel, que son más productivos que la pasta tradicional (**Figura 2**). Esto puede ser debido a una mayor sensibilidad de estas poblaciones al efecto de fitohormonas implicadas en los mecanismos de defensa de la planta, como son el etileno y el ácido salicílico (Hudgins & Franceschi, 2004; Rodrigues-Corrêa & Fett-Neto, 2009).

## 2020

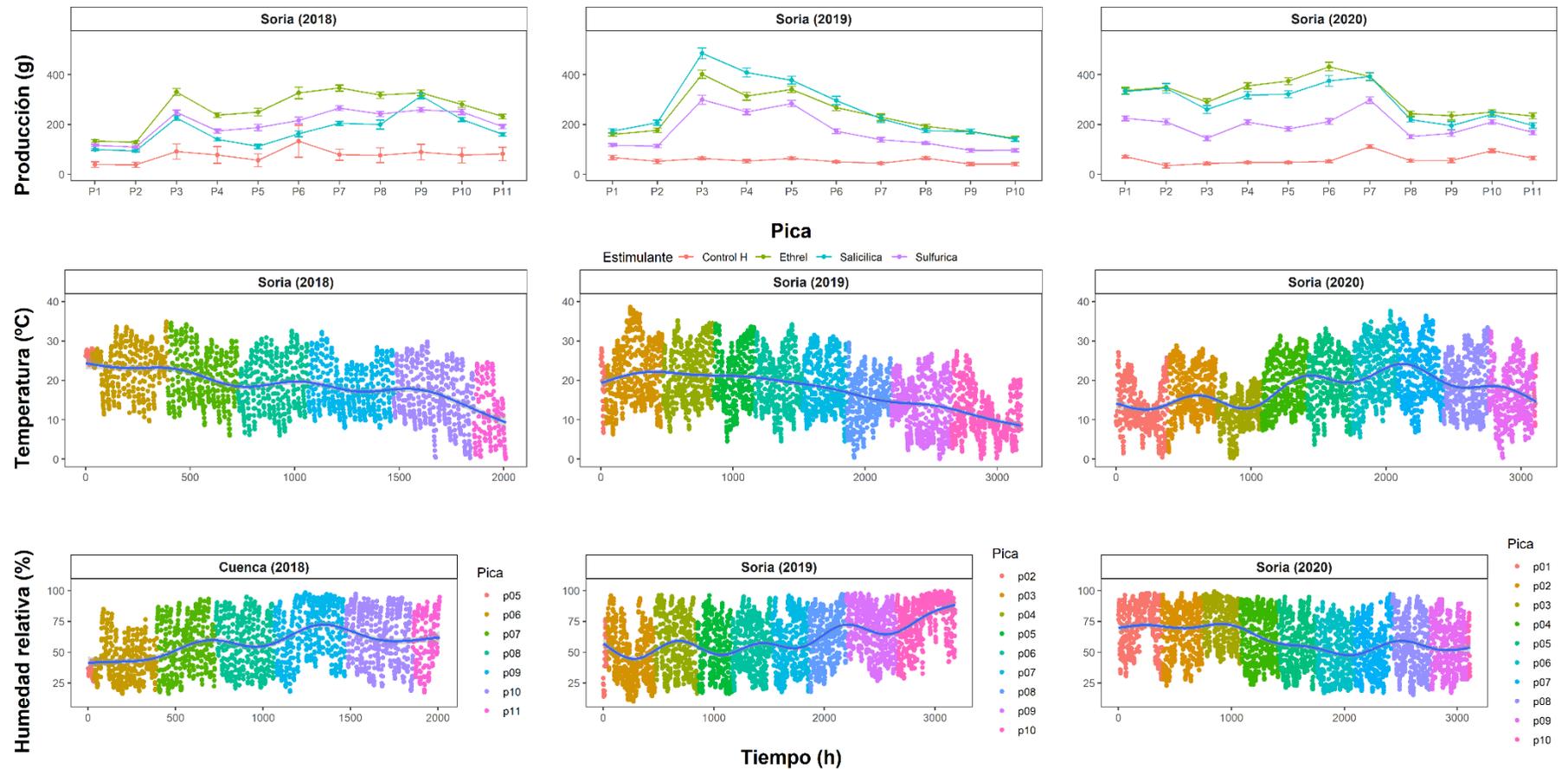
Si evaluamos los resultados de 2020, se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ensayados, siendo el control con herida el menos productivo, seguido de la pasta tradicional. Los otros dos, aunque más productivos, no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí de igual manera que 2019 (**Figura 2**).

Si, además, comparamos estos resultados con los valores de 2018 y 2019 se aprecia que la producción de resina en 2020 es mayor que en el resto de los años para los tratamientos de Ethrel y de ácido salicílico (**Figura 2**). Esto puede deberse a la existencia de una red de canales resiníferos de mayor extensión como consecuencia del efecto en los árboles ensayados de la campaña de 2019, ya que en 2020 se resina una segunda entalladura de una primera cara clásicamente más productiva que la primera por este motivo (Rodríguez-García et al. 2014).

Así mismo, que los tratamientos que llevan asociadas fitohormonas (etileno y ácido salicílico) en su formulación sean los más productivos, podría ser indicativo de una mayor sensibilidad de estas masas a estos compuestos (Celedon & Bohlmann, 2019; Rodrigues-Corrêa & Fett-Neto, 2009).

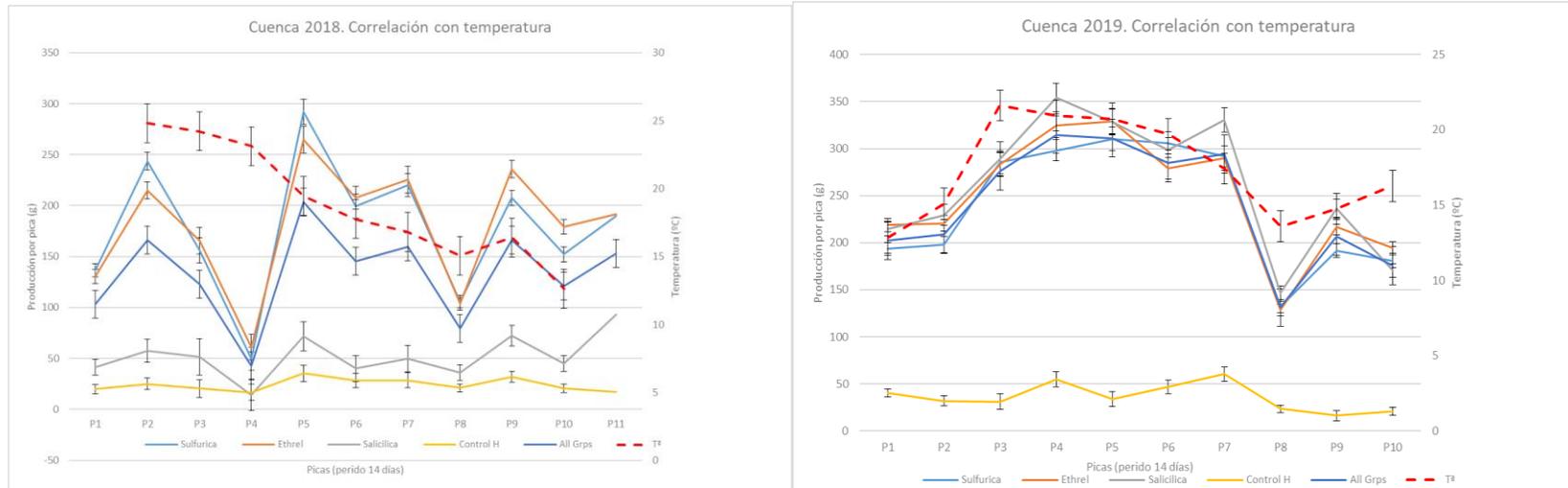
Finalmente, la menor productividad de la pasta tradicional puede deberse a un peor comportamiento de este estimulante para la masa evaluada, posiblemente debido a factores ambientales y/o genéticos.

## Producción por pica



**Figura 3.** Resumen de los principales gráficos de producción y clima para la localidad de Tardelcuende (Soria). En la primera fila se aprecian gráficos de líneas y marcadores que muestran la producción de resina a lo largo de las tres campañas de resinación (2018, 2019 y 2020) en función del tipo estimulante (Control H: pies empleados como grupo control a los que únicamente se les han efectuado heridas sin llegar a emplear estimulante químico; Ethrel: pies sometidos al tratamiento de pasta con ácido 2-cloroetilfosfónico como principio activo; Salicilica: pies sometidos al tratamiento de ácido salicílico como principio activo y Sulfúrica: pies sometidos al tratamiento con pasta tradicional con ácido sulfúrico como principio activo). Las barras de error se corresponden al error típico de cada tratamiento. La segunda y tercera filas muestran gráficos de marcadores que reflejan los valores de las lecturas de temperatura y humedad relativa, respectivamente, recogidos por los termohigrómetros. Las líneas azules se han obtenido mediante la aplicación de modelos aditivos generalizados y enfrentando la variable respuesta (Temperatura o humedad relativa) frente al tiempo. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Tardelcuende.





**Figura 4.** Gráfico de líneas con marcadores de producción de resina a lo largo de campaña para los años 2018 y 2019. Así mismo, se han representado los valores medios de temperatura (en °C) mediante un eje secundario. Las barras de error corresponden al error típico asociado a cada uno de los grupos representados. Fuente: Cedido por la doctora Rodríguez-García y elaborado a partir de los datos del proyecto.

Para facilitar la comprensión de este apartado, se recomienda realizar su lectura pudiendo consultar en todo momento la **Figura 3**, la **Tabla** y la **Tabla**

## 2018

Los estimulantes que más influyen en la producción de cada pica son los de base sulfúrico y Ethrel, mientras que el de base salicílico produce menos resina que los anteriores y más que el control con herida (**Figura 3**). Como ya se ha mencionado en este documento, esto se debe a la necesidad de ajustar la formulación de este tratamiento para lograr su correcta aplicabilidad. Además, es necesario especificar que los gráficos de temperatura y humedad relativa para 2018, 2019 y 2020 presentan la ausencia de algunos valores correspondientes a algunos espaciamentos entre picas (las cuatro primeras picas para 2018, la primera pica para 2019 y la última pica para 2020).

La primera y segunda picas presentan valores de producción similares para los estimulantes ensayados y mayores que las del control con herida (**Figura 3**). Esta diferencia con el control se debe al efecto combinado del ácido sulfúrico y la herida en la producción de miera.

La cantidad de resina producida durante la tercera pica es mayor que en el caso de los periodos anteriores para los distintos tratamientos (**Figura 3**), siendo el Ethrel el más productivo (tendencia que se mantendrá a lo largo de toda la campaña y que podría ser debida, como se ha señalado anteriormente, a una mayor sensibilidad de esta población al etileno), seguido de los de ácido sulfúrico y ácido salicílico, que presentan valores similares de producción, y seguidos a su vez del control con herida. Este repunte en la producción de resina podría deberse al efecto combinado de los estimulantes y la herida de las dos picas anteriores, que, al inducir un daño y un estrés en la planta, fomentan, entre otras, la expresión de las familias génicas terpeno sintasa (TPS) y citocromo P450 (principales enzimas implicadas en el metabolismo de terpenoides para el género *Pinus*), implicadas a su vez en la expresión de proteínas encargadas de activar las rutas metabólicas responsables de la biosíntesis de terpenoides en las células epiteliales de los canales resiníferos (Celedon & Bohlmann, 2019). A su vez, como consecuencia de dicho estrés, se induce la expresión de fitohormonas como el etileno y el ácido jasmónico (Hudgins & Franceschi, 2004; Martin et al., 2002), que podrían estar implicados en producir una desdiferenciación del tejido meristemático del cambium vascular del tallo/fuste, promoviendo la formación *de novo* de canales resiníferos denominados traumáticos (Celedon & Bohlmann, 2019), y que contribuirán una vez alcancen su pleno desarrollo a producción de resina (Rodríguez-García et al., 2014). Es decir, precisamente como consecuencia de este incremento de la red de canales resiníferos y del refuerzo en la renovación de terpenoides en los ya existentes, se podría justificar este aumento en la producción con relación a las picas anteriores.

La caída de producción durante la pica 4 probablemente se deba a un agotamiento fisiológico de la planta, que ha invertido recursos en incrementar sus mecanismos de defensa. Esto, en combinación con el proceso de solidificación de la resina y sellado de los canales resiníferos de menor tamaño (Rodríguez-García et al., 2015), justifica el descenso en la producción observado (**Figura 3**).

La pica 5 mantiene la producción observada durante la pica 4, y parece marcar el inicio de una tendencia creciente en dicha producción, que muestra un repentino incremento mediante la pica 6, y que es menos acusado para el caso de la pica 7 (**Figura 3**). En cualquier caso, ambas picas (6 y 7) parecen alcanzar valores de producción similares a la pica 3 (**Figura 3**). Esto podría ser debido al efecto de las heridas sucesivas en la planta, que en combinación con el efecto de los estimulantes (incremento de la red de canales resiníferos y potenciación de los mecanismos de defensa de la planta) y las



temperaturas (**Tabla**) observadas para este periodo (las más elevadas de la campaña) provocarían no solo un incremento en la cantidad de resina producida por la planta (potenciación de los mecanismos de defensa e incremento de la red de canales resiníferos) sino que también sería liberada y fluiría con mayor facilidad debido al efecto de la temperatura y el ácido sulfúrico (Rodrigues-Corrêa et al., 2013; Rodríguez-García et al., 2014, 2015).

Las picas 8 y 9, aunque mantienen valores muy similares a las picas 6 y 7, parecen indicar el inicio de una tendencia decreciente en la producción (**Figura 3**), probablemente debido a motivos similares a los expuestos para la pica 4 (agotamiento fisiológico, vaciado de los canales resiníferos y solidificación de la resina). Además, la temperatura presenta también valores medios y máximos más reducidos para las picas 8 y 9 que para las picas 6 y 7, por lo que su efecto sobre la producción sería menor (**Tabla**). Este descenso de temperaturas es mucho más acusado para las picas 10 y 11 (**Tabla**), que son menos productivas (**Figura 3**) de las últimas cuatro, probablemente debido al efecto de la temperatura en la producción (Rodríguez-García et al., 2015).

Finalmente, el repunte en la producción observado en la pica 9 para el tratamiento de ácido salicílico se debe a la llegada de un lote de pasta con la formulación definitiva, lo que permitió su correcta aplicación y buen funcionamiento (Rodrigues-Corrêa & Fett-Neto, 2009).

## 2019

Los estimulantes que más influyen en la producción de cada pica son los de base ácido salicílico y Ethrel, que no muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí, mientras que la pasta tradicional produce menos resina que los anteriores y más que el control con herida (**Figura 3**). Estas diferencias entre tratamientos se mantienen a lo largo de la campaña, con la salvedad de para las picas 3, 4 y 5 para los tratamientos de ácido salicílico y Ethrel, y que son explicadas más adelante. Además, la distribución de la producción es similar para todos los tratamientos (**Figura 3**), manteniendo las diferencias ya señaladas.

La primera y segunda picas presentan valores de producción similares para los estimulantes ensayados y mayores que las del control con herida (**Figura 3**). Esta diferencia con el control se debe al efecto combinado del ácido sulfúrico y la herida en la producción de miera (Rodrigues-Corrêa et al., 2013). Además, la menor productividad de la pasta tradicional en relación con los tratamientos de Ethrel y ácido salicílico puede deberse su interacción con el agua ambiental, ya que, si observamos el gráfico de humedad relativa, vemos que hay valores próximos al 100% localizados al inicio de las picas (**Figura 3, Tabla**), lo que podría ser indicativo de precipitaciones.

El incremento repentino de producción de la tercera pica (**Figura 3**) podría deberse a lo detallado su equivalente del año 2018, con el añadido de que a lo largo de este periodo se alcanzan las mayores temperaturas de la campaña (tanto medias como máximas).

La caída de producción durante la pica 4 probablemente se deba a un agotamiento fisiológico de la planta, que ha invertido recursos en incrementar sus mecanismos de defensa. Esto, en combinación con el proceso de solidificación de la resina y sellado de los canales resiníferos de menor tamaño (Rodríguez-García et al., 2015), justifica el descenso en la producción observado (**Figura 3**). Durante la pica 5 se observa una disminución de la producción mucho menos acusada, y que parece incluso un repunte para los tratamientos de ácido sulfúrico y Ethrel. En cualquier caso, la pica 6 supone otra caída de producción. Esto parece indicar, junto a los valores ligeramente decrecientes de temperatura media y máximas observados para este periodo (**Tabla**), una disminución de la producción ocasionada por un

agotamiento fisiológico al que es necesario añadirle el efecto que tiene la temperatura en la fluidificación de la resina.

Finalmente, las picas 7 a 11 muestran una tendencia levemente decreciente en la producción de resina (**Figura 3**), que coincide también con una disminución paulatina de las temperaturas del periodo (**Tabla**), pareciendo indicar que los factores climáticos regulan la producción al no facilitar la fluidificación de la resina contenida en el árbol (Rodrigues-Corrêa & Fett-Neto, 2009; Rodríguez-García et al., 2015). Al mismo tiempo, también es posible que la planta, en combinación con lo anterior, se encuentre en un estado de agotamiento fisiológico tras sufrir un daño reiterado e invertir parte de sus recursos en potenciar sus mecanismos de defensa.

## 2020

Los estimulantes que más influyen en la producción de cada pica son los de base ácido salicílico y Ethrel, que no muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí y presentan, sobre todo en el caso del Ethrel, una fuerte correlación con la temperatura y humedad relativa (**Tabla**), mientras que la pasta tradicional produce menos resina que los anteriores y más que el control con herida<sup>1</sup> (**Figura 3**). Estas diferencias entre tratamientos se mantienen a lo largo de la campaña, con la salvedad de para las picas 4, 5 y 6 para los tratamientos de ácido salicílico y Ethrel, y que son explicadas más adelante. Además, la distribución de la producción a lo largo de la campaña es similar para todos los tratamientos (**Figura 3**), manteniendo las diferencias ya señaladas.

Los elevados valores de producción de las dos primeras picas podrían deberse a que esta masa de pinos ya había sido resinada previamente, siendo ésta la segunda entalladura de una primera cara (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Esto implicaría la existencia de una red de canales resiníferos constitutivos y traumáticos de mayor extensión, que, al liberar la resina contenida en su interior, justificarían los valores de producción obtenidos (**Rodríguez-García et al., 2015**), y que sería capaz de compensar el efecto de la reducida temperatura y elevada humedad relativa del inicio de la campaña (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Los valores de humedad relativa próximos al 100% podrían sugerir la existencia de precipitaciones.

La caída de producción observada durante la tercera pica (**Figura 3**) podría deberse al efecto de la temperatura, ya que es en este periodo cuando se alcanza las menores temperaturas de la campaña (**Tabla**). Esta observación se ve reforzada si aludimos a las correlaciones de Pearson con las variables ambientales. No obstante, también podría haber presente un agotamiento fisiológico de la planta, que en combinación a la temperatura justificase también esta caída en la producción.

Durante las picas 4 y 5 la producción de resina aumenta hasta alcanzar valores similares a los de las primeras picas (**Figura 3**). Esto puede ser debido a un incremento de la red de canales resiníferos, a la reposición de la resina en los ya existentes debido a un repunte en el metabolismo de la planta y al efecto favorable de la temperatura (**Tabla**) en la producción de resina, que favorece su liberación y fluidificación (Rodrigues-Corrêa & Fett-Neto, 2009; Rodríguez-García et al., 2015). Esta tendencia creciente de producción se mantiene también para las picas 6 y 7, y su justificación sería análoga a la expuesta para las picas 4 y 5.

---

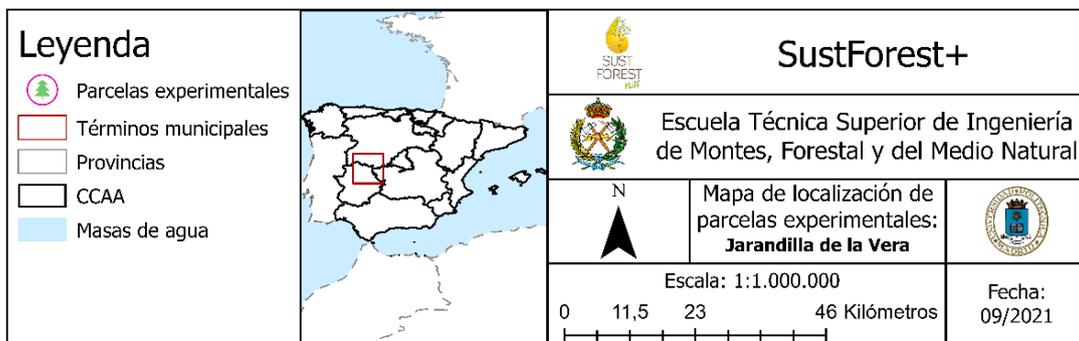
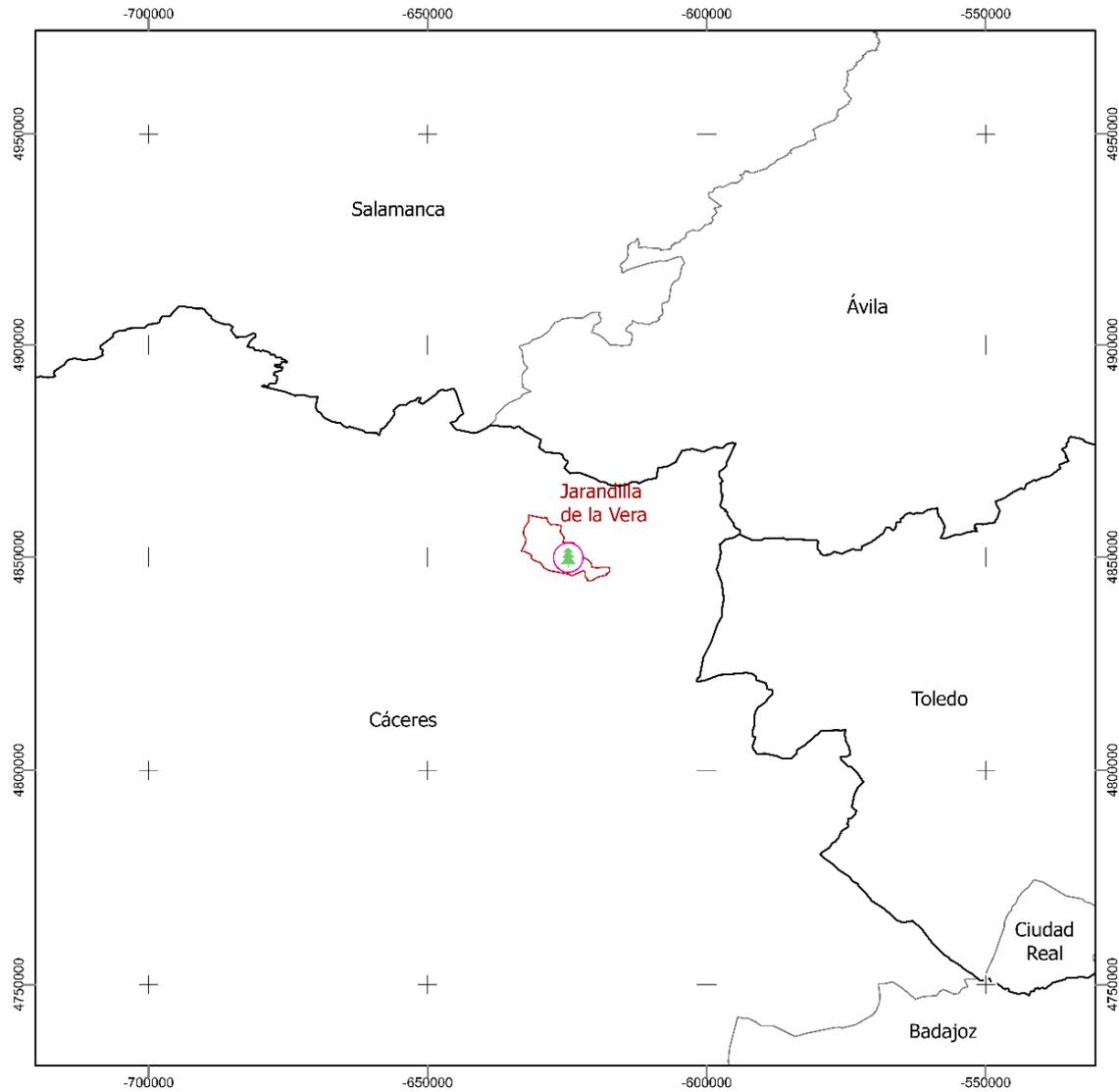
<sup>1</sup> Tanto el control con herida como la pasta tradicional no muestran correlaciones significativas con la humedad relativa y la temperatura

La aparente mayor producción del tratamiento Ethrel frente al de ácido salicílico para las picas 4, 5 y 6 podría deberse a su mayor correlación con las variables ambientales, directa para la temperatura e inversa para la humedad relativa. Finalmente, que ambos tratamientos presenten producciones muy similares durante la pica 7 podría deberse a una mayor sensibilidad del Ethrel a la temperatura y humedad relativa (**Tabla**), ya que durante este periodo se observa a una caída de temperatura hacia su primera mitad de duración, y que remonta a lo largo de la segunda mitad. La tendencia que muestra la temperatura coincide con fluctuaciones opuestas de la humedad relativa (**Figura 3**), que además presenta en algunos casos valores próximos al 100%, lo que podría indicar la existencia de precipitaciones.

La caída de producción de la octava pica (**Figura 3**) podría deberse a un agotamiento fisiológico (cuya justificación sería análoga a la expuesta anteriormente) de la planta y al sellado de los canales resiníferos existentes (**Rodríguez-García et al., 2015**), ya que los valores de temperatura y humedad relativa son similares a los de picas anteriores, por lo que el clima no debería, en principio, dificultar dicha producción.

Finalmente, la producción durante las picas 9, 10 y 11 apenas varía (**Figura 3**), lo que podría ser debido al efecto combinado del clima **Tabla** y la capacidad productiva de las plantas, que se ha visto seriamente mermada como consecuencia del efecto de la campaña.

**Jarandilla de la Vera (Cáceres)**



**Figura 17.** Mapa de localización de las parcelas experimentales ubicadas en el término municipal de Jarandilla de la Vera. Fuente: elaboración propia a partir de los datos recopilados en campo.

**Influencia de las variables ambientales**

**Tabla 11.** Tabla resumen con el promedio (Tmed; RH med), máximo (T max; RH max) y mínimo (T min; RH min) de la temperatura en (T en °C) y humedad relativa (HR en %) para cada pica, así como para el conjunto de las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020. En caso de no haber disponible información climática para alguna pica, se ha eliminado la fila correspondiente a dicha pica. Fuente: elaboración propia a partir de las lecturas de la estación meteorológica de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Jarandilla de la Vera.

| <b>Jarandilla de la Vera (2018)</b> |                  |                   |                   |                   |                   |                   |
|-------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Periodo</b>                      | <b>Tmed (°C)</b> | <b>T max (°C)</b> | <b>T min (°C)</b> | <b>RH med (%)</b> | <b>RH max (%)</b> | <b>RH min (%)</b> |
| Pica 1                              | 25,52            | 26,93             | 24,10             | 38,76             | 39,98             | 37,53             |
| Pica 2                              | 26,08            | 27,44             | 24,35             | 39,19             | 50,77             | 31,67             |
| Pica 3                              | 24,07            | 28,14             | 19,70             | 45,75             | 66,31             | 27,54             |
| Pica 4                              | 23,67            | 25,58             | 19,80             | 50,87             | 69,44             | 39,21             |
| Pica 5                              | 25,91            | 26,95             | 24,76             | 36,72             | 43,33             | 32,36             |
| Pica 6                              | 20,40            | 23,46             | 14,75             | 41,40             | 60,50             | 29,82             |
| <b>Campaña</b>                      | <b>24,27</b>     | <b>26,42</b>      | <b>21,24</b>      | <b>42,11</b>      | <b>55,06</b>      | <b>33,02</b>      |
| <b>Jarandilla de la Vera (2019)</b> |                  |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>Periodo</b>                      | <b>Tmed (°C)</b> | <b>T max (°C)</b> | <b>T min (°C)</b> | <b>RH med (%)</b> | <b>RH max (%)</b> | <b>RH min (%)</b> |
| Pica 1                              | 13,1             | 14,9              | 10,0              | 71,0              | 87,4              | 59,4              |
| Pica 2                              | 13,9             | 19,9              | 8,0               | 66,7              | 92,4              | 50,5              |
| Pica 3                              | 17,5             | 22,6              | 14,3              | 56,5              | 79,6              | 36,2              |
| Pica 4                              | 18,1             | 22,4              | 14,0              | 43,8              | 50,6              | 38,8              |
| Pica 5                              | 19,3             | 25,0              | 14,4              | 41,0              | 59,3              | 31,8              |
| Pica 6                              | 20,6             | 23,3              | 15,3              | 47,7              | 63,8              | 32,7              |
| Pica 7                              | 25,1             | 28,9              | 21,0              | 42,2              | 50,6              | 30,2              |
| Pica 8                              | 25,5             | 30,0              | 20,2              | 42,3              | 80,9              | 28,9              |
| Pica 9                              | 25,1             | 28,5              | 20,5              | 40,4              | 70,0              | 26,5              |
| Pica 10                             | 23,1             | 27,2              | 19,5              | 38,3              | 53,4              | 27,0              |
| Pica 11                             | 19,7             | 22,6              | 15,9              | 58,3              | 95,1              | 34,3              |
| Pica 12                             | 15,4             | 21,8              | 10,2              | 72,3              | 94,2              | 50,3              |
| Pica 13                             | 12,6             | 16,8              | 7,7               | 76,1              | 89,6              | 50,9              |
| <b>Campaña</b>                      | <b>20,2</b>      | <b>30,0</b>       | <b>7,7</b>        | <b>51,9</b>       | <b>95,1</b>       | <b>26,5</b>       |
| <b>Jarandilla de la Vera (2020)</b> |                  |                   |                   |                   |                   |                   |
| <b>Periodo</b>                      | <b>Tmed (°C)</b> | <b>T max (°C)</b> | <b>T min (°C)</b> | <b>RH med (%)</b> | <b>RH max (%)</b> | <b>RH min (%)</b> |
| Pica 1                              | 15,42            | 20,23             | 11,26             | 74,45             | 94,50             | 58,55             |
| Pica 2                              | 20,08            | 22,98             | 12,30             | 60,77             | 92,10             | 44,91             |
| Pica 3                              | 18,69            | 22,73             | 13,37             | 57,88             | 69,56             | 42,96             |
| Pica 4                              | 21,75            | 27,61             | 15,30             | 48,86             | 63,84             | 35,10             |
| Pica 5                              | 26,45            | 29,70             | 22,76             | 38,95             | 54,37             | 27,70             |
| Pica 6                              | 27,49            | 29,14             | 25,32             | 36,19             | 54,15             | 25,40             |
| Pica 7                              | 28,65            | 30,26             | 26,28             | 33,62             | 42,20             | 27,02             |

|         |       |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pica 8  | 23,79 | 28,86 | 20,07 | 46,30 | 63,21 | 33,68 |
| Pica 9  | 24,24 | 28,57 | 17,86 | 32,24 | 41,96 | 26,27 |
| Pica 10 | 22,95 | 26,82 | 16,44 | 46,07 | 88,10 | 31,38 |
| Pica 11 | 17,13 | 19,23 | 13,71 | 64,33 | 87,70 | 45,71 |
| Pica 12 | 15,08 | 19,30 | 10,67 | 56,72 | 65,13 | 51,02 |
| Pica 13 | 12,42 | 15,67 | 9,35  | 78,21 | 96,10 | 50,22 |
| Campaña | 21,05 | 30,26 | 9,35  | 52,00 | 96,10 | 25,40 |

**Tabla 12.** Coeficientes de correlación de Pearson entre la producción de resina y las variables ambientales, Temp: Temperatura media y HR: Humedad relativa media en función del tratamiento aplicado en Jarandilla de la Vera. Fuente: Cedido por la doctora Rodríguez-García y elaborados a partir de los datos del proyecto.

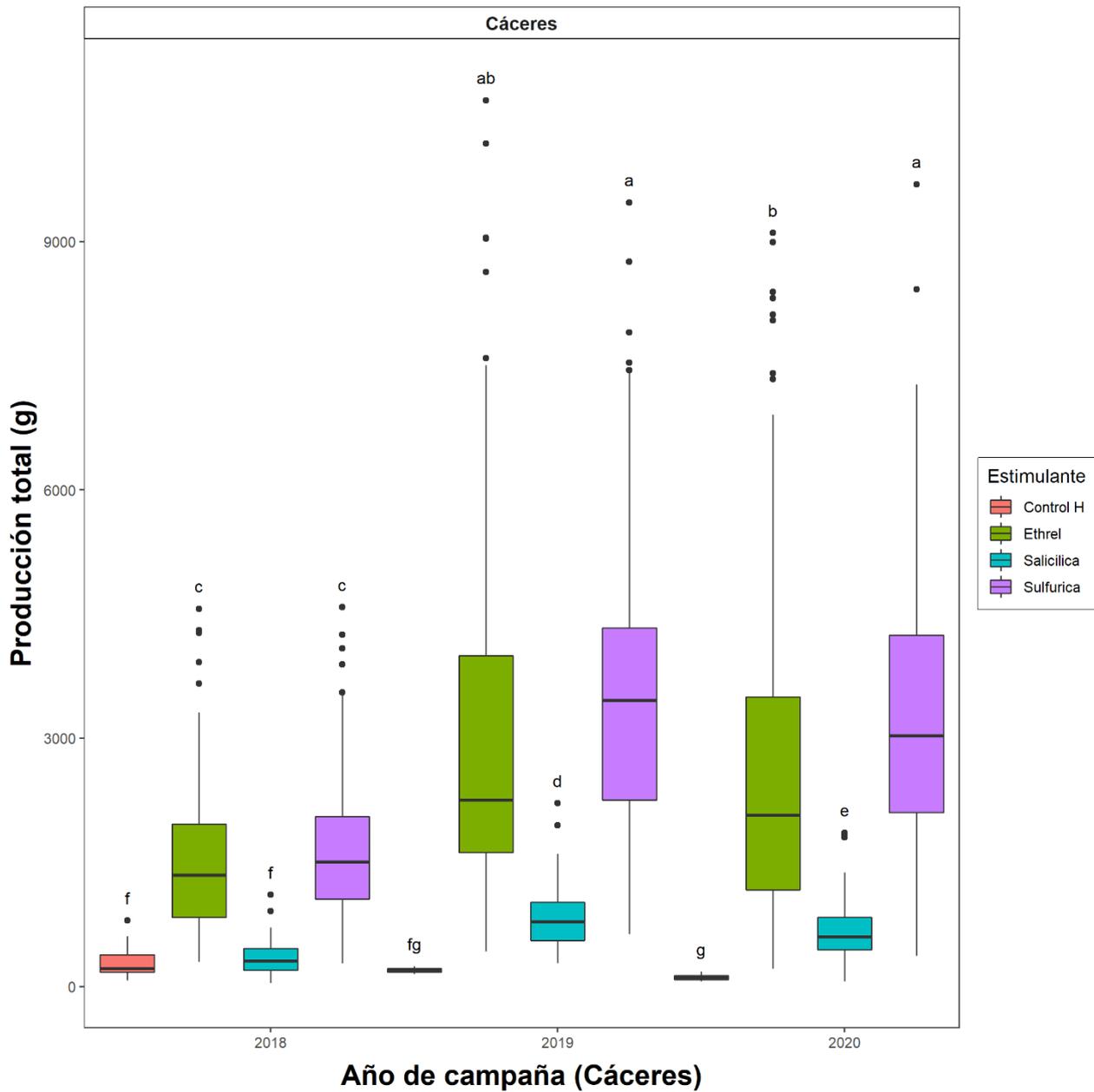
| Variable   | 2018 |       | 2019  |       | 2020 |       |
|------------|------|-------|-------|-------|------|-------|
|            | Temp | HR    | Temp  | HR    | Temp | HR    |
| Sulfúrica  | 0,59 | 0,04  | 0,77  | -0,79 | 0,94 | -0,86 |
| Ethrel     | 0,46 | 0,36  | 0,82  | -0,79 | 0,95 | -0,87 |
| Salicilica | 0,68 | -0,51 | 0,35  | -0,60 | 0,82 | -0,71 |
| Control H  | 0,47 | -0,60 | -0,43 | 0,11  | 0,26 | -0,45 |

### Producción total

A continuación, se muestran los datos de producción para las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020, habiendo tenido ya en cuenta el efecto del factor réplica:

**Tabla 13.** Tabla resumen con el promedio y desviaciones típicas (sd) de las producciones de resina tras las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020 en función del tratamiento aplicado. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Jarandilla de la Vera.

| Año  | Estimulante      | Producción media (g) | sd (g)   |
|------|------------------|----------------------|----------|
| 2018 | <i>Control H</i> | 295,60               | 203,29   |
|      | <i>Ethrel</i>    | 1.456,98             | 859,61   |
|      | Á. salicílico    | 342,02               | 185,97   |
|      | Á. sulfúrico     | 1.600,83             | 836,41   |
| 2019 | <i>Control H</i> | 196,50               | 65,76    |
|      | <i>Ethrel</i>    | 3.067,19             | 2.136,80 |
|      | Á. salicílico    | 839,22               | 360,82   |
|      | Á. sulfúrico     | 3.607,43             | 1.759,01 |
| 2020 | <i>Control H</i> | 111,93               | 32,74    |
|      | <i>Ethrel</i>    | 2.728,42             | 2.130,21 |
|      | Á. salicílico    | 666,69               | 326,45   |
|      | Á. sulfúrico     | 3.365,42             | 1.745,92 |



**Figura 18.** Gráfico de cajas y bigotes en el que se representa la producción total de resina tras las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020 en Jarandilla de la Vera en función del tratamiento aplicado. Las letras indican diferencias significativas de acuerdo con el test HSD de Tukey ( $p < 0.05$ ). (Control H: pies empleados como grupo control a los que únicamente se les han efectuado heridas sin llegar a emplear estimulante químico; Ethrel: pies sometidos al tratamiento de pasta con ácido 2-cloroetilfosfónico como principio activo; Salicilica: pies sometidos al tratamiento de ácido salicílico como principio activo y Sulfúrica: pies sometidos al tratamiento con pasta tradicional con ácido sulfúrico como principio activo). Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Jarandilla de la Vera.

## 2018

Tras analizar los resultados de 2018, vemos como se aprecian diferencias estadísticamente significativas en la producción de resina entre los tratamientos ensayados, siendo el de ácido salicílico y el control con herida los menos productivos, que además no muestran diferencias estadísticamente

significativas entre sí. Los otros dos (pasta tradicional y Ethrel), aunque más productivos, tampoco presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí (**Figura** ).

Dado que el tratamiento en base a ácido salicílico presenta una producción muy similar a la del control con herida (**Figura** ), es muy posible que este tratamiento no llegara a hacer efecto, y para justificarlo, se alude a lo señalado en puntos anteriores y expuesto con mayor detalle en el apartado 2018 de la producción total de Huerta del Marquesado.

Además, el hecho de que no se aprecien diferencias estadísticamente significativas entre Ethrel y ácido sulfúrico (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) parece sugerir que el posible efecto complementario del ácido 2-cloroetilfosfónico (precursor del etileno) no llega a producirse. Esto puede ser debido a que la liberación de este compuesto es lenta, ya que requiere la previa descomposición del ácido 2-cloroetilfosfónico en etileno (Yang, 1969), por lo que debería ser aplicado durante periodos de tiempo más extensos (entre 15 y 21 días) a los tiempos promedio de picado efectuados durante la campaña, que fueron de 12 días . Por tanto, en este caso el ácido sulfúrico y la herida parecen ser los principales elementos responsables (Rodrigues-Corrêa et al., 2013), junto a las condiciones climáticas (**Tabla 11**) y edafológicas de la zona (Rodríguez-García et al., 2015), de inducir una mayor producción de resina a través del fomento de los mecanismos de expresión génica y rutas metabólicas que controlan la biosíntesis de terpenoides (Celedon & Bohlmann, 2019), así como de facilitar la liberación de la resina de la planta y ralentizar su solidificación (Rodrigues-Corrêa et al., 2013).

## 2019

En 2019, se aprecian diferencias estadísticamente significativas en la producción de resina entre los tratamientos ensayados, siendo el control con herida el menos productivo, seguido del ácido sulfúrico. Los otros dos, aunque más productivos, no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí (**Figura** ). Conviene destacar que, que a pesar de los ajustes que se hicieron en la formulación del tratamiento de ácido salicílico, dio malos resultados tanto en 2019 como en 2020, aunque mejor que el control con herida.

Si comparamos los valores de producción de 2019 con los de 2018, vemos que se aprecian diferencias estadísticamente significativas, siendo mayor la producción en 2019 para todos los tratamientos (**Figura** ). Esto podría deberse al número de picas efectuadas (6 en 2018 y 13 en 2019), mayor en 2019. Por tanto, la duración de las campañas en ambos años fue distinta (72 días en 2018 y 195 días en 2019), y al ser considerablemente mayor en 2019, se justificaría la productividad observada.

Finalmente, y como ya se ha señalado, en 2019 no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de ácido sulfúrico y Ethrel, que son más productivos que el de ácido salicílico (**Figura** ). Esto puede ser debido que en esta población son el ácido sulfúrico y la herida los principales responsables, junto a las condiciones climáticas y edafológicas, de inducir una mayor producción de resina, así como de facilitar su liberación en la planta y ralentizar su solidificación al entrar en contacto con el aire.

## 2020

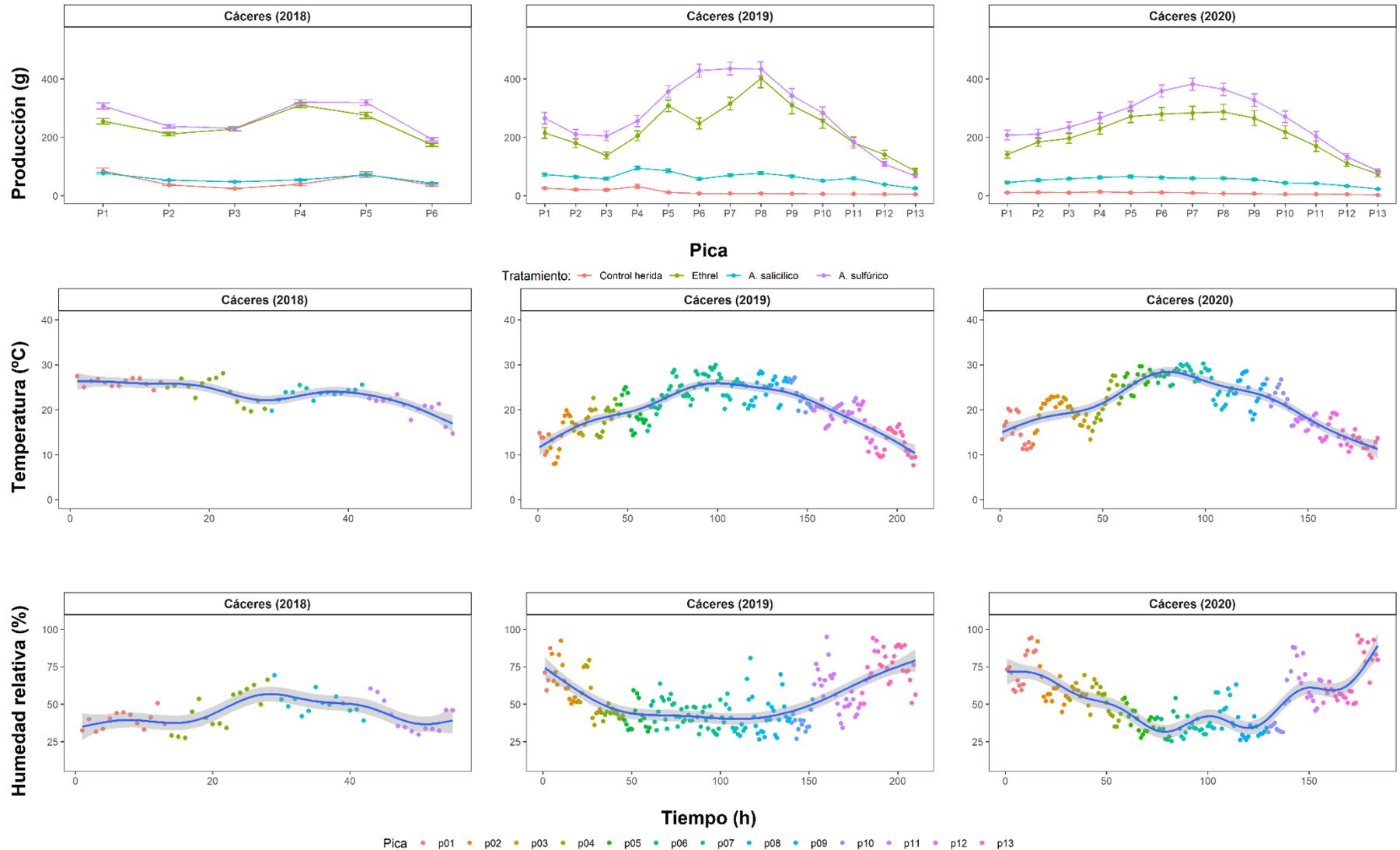
Si evaluamos los resultados de 2020, se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ensayados, de acuerdo con el siguiente orden creciente de producción de resina: control con herida, ácido salicílico, Ethrel y pasta tradicional (**Figura** ).

Si, además, comparamos estos resultados con los valores de 2018 se aprecia que la producción de resina en 2020 es mayor (**Figura** ). La explicación de esta diferencia es análoga a la detallada para el año 2019 (mayor número de picas y duración de campaña en 2020 que en 2018).

Si comparamos la producción de un mismo tratamiento en 2019 y en 2020, vemos que, salvo para el ácido salicílico (que es mayor en 2019), no se aprecian diferencias estadísticamente significativas (**Figura** ). En 2019 se explotó una cuarta entalladura y en 2020 una quinta entalladura, ambas de una primera cara, y aunque la campaña de 2019 duró 13 días más que la de 2020, el número de picas fue el mismo. Además, tanto las variables climáticas, temperatura y humedad relativa (**Tabla 1**), como las correlaciones de éstas con la producción de resina fueron mayores en el caso de 2020. Es por ello que la producción en 2020 podría haberse visto favorecida por el efecto del clima, a pesar de que la capacidad productiva de una quinta entalladura es menor o similar a la de una cuarta.

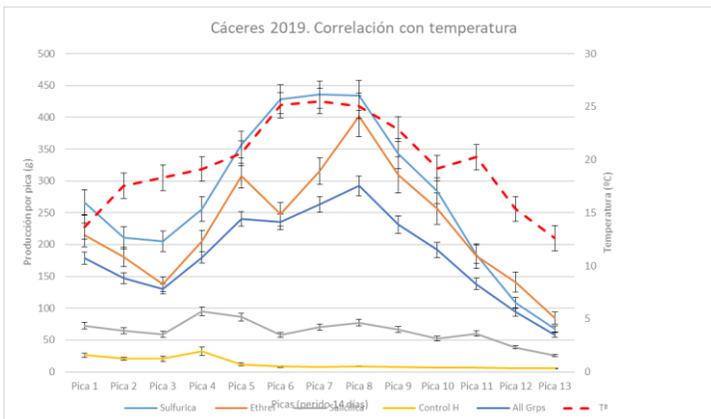
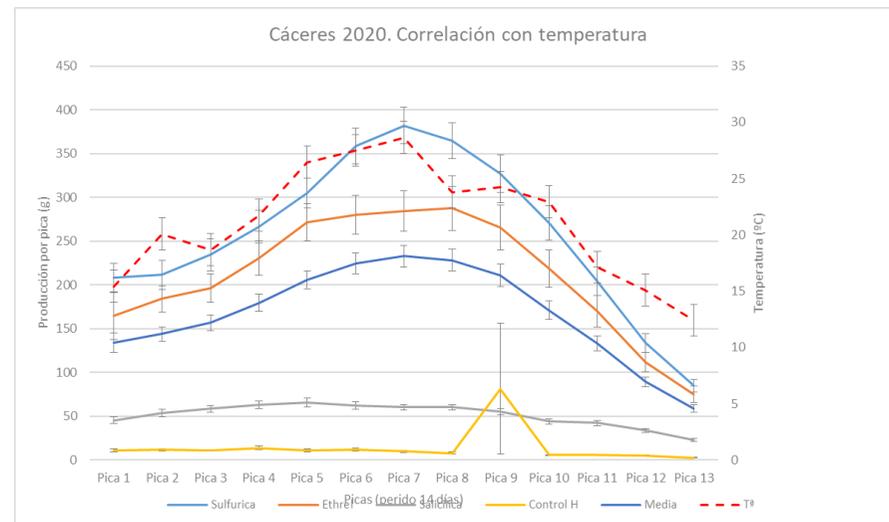
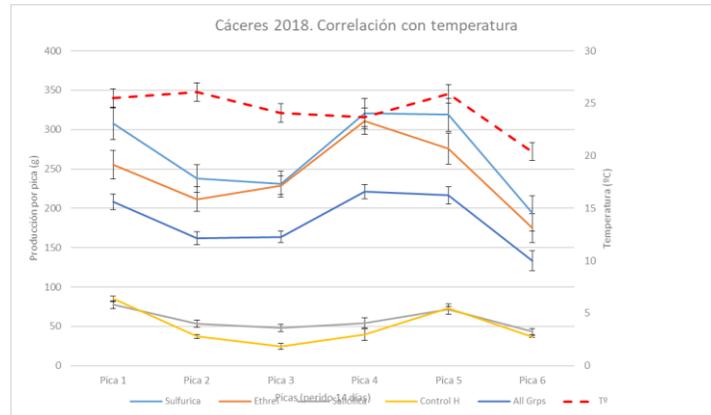
Finalmente, que en 2020 el tratamiento más productivo sea el de la pasta tradicional, seguido del de Ethrel, parece indicar que en esta población es el ácido sulfúrico el que, en combinación a la herida y al efecto del clima, parece influir más en la capacidad productiva de los árboles ensayados.

## Producción por pica



**Figura 5.** Resumen de los principales gráficos de producción y clima para la localidad de Jarandilla de la Vera (Cáceres). En la primera fila se aprecian gráficos de líneas y marcadores que muestran la producción de resina a lo largo de las tres campañas de resinación (2018, 2019 y 2020) en función del tipo estimulante (Control H: pies empleados como grupo control a los que únicamente se les han efectuado heridas sin llegar a emplear estimulante químico; Ethrel: pies sometidos al tratamiento de pasta con ácido 2-cloroetilfosfónico

como principio activo; Salicilica: pies sometidos al tratamiento de ácido salicílico como principio activo y Sulfúrica: pies sometidos al tratamiento con pasta tradicional con ácido sulfúrico como principio activo). Las barras de error se corresponden al error típico de cada tratamiento. La segunda y tercera filas muestran gráficos de marcadores que reflejan los valores de las lecturas de temperatura y humedad relativa, respectivamente, recogidos por la estación meteorológica. Las líneas azules se han obtenido mediante la aplicación de modelos aditivos generalizados y enfrentando la variable respuesta (Temperatura o humedad relativa) frente al tiempo. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Jarandilla de la Vera.



**Figura 21.** Gráfico de líneas con marcadores de producción de resina a lo largo de campaña para los años 2018, 2019 y 2020. Así mismo, se han representado los valores medios de temperatura (en °C) mediante un eje secundario. Las barras de error corresponden al error típico asociado a cada uno de los grupos representados. Fuente: Cedido por la doctora Rodríguez-García y elaborado a partir de los datos del proyecto.

Para facilitar la comprensión de este apartado, se recomienda realizar su lectura pudiendo consultar en todo momento la **Figura 5**, la **Tabla** y la **Tabla**.

## 2018

Los estimulantes que más influyen en la producción de cada pica son los de base ácido sulfúrico y Ethrel, apenas muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí. Los de base de ácido salicílico y control con herida fueron los menos productivos y tampoco presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí (**Figura 5**). La igual productividad del tratamiento de ácido salicílico con el control con herida parece indicar que el primero no llegó a hacer efecto en las plantas. Además, durante el resto de los años y a pesar de los cambios en su formulación, siguió dando peores resultados que el resto de las pastas ensayadas.

Además, las tendencias de producción observadas se mantienen a lo largo de toda la campaña.

El valor inicial de la primera pica, relativamente elevado (**Figura 5**), podría deberse a que esta masa de pinos ya había sido resinada previamente, siendo ésta la tercera entalladura de una primera cara. Esto supondría asumir la existencia de red de canales resiníferos constitutivos y traumáticos, que, al liberar la resina contenida en su interior, justificarían, junto a los elevados valores de temperatura y reducidos de humedad relativa (**Tabla**), una mayor producción de resina que fluiría más facilidad, justificando así los valores de producción obtenidos (Rodrigues-Corrêa & Fett-Neto, 2009; Rodríguez-García et al., 2015).

Las picas 2 y 3 muestran una leve disminución de la producción de resina, que podría deberse a un desgaste fisiológico y al vaciado de los canales resiníferos. La temperatura mantiene valores similares a los de la pica 1, mientras que la humedad relativa tiende a incrementarse (**Tabla**). No obstante, no se aprecian correlaciones significativas de estas variables con la producción de resina (**Tabla**), lo que podría ser debido a que únicamente se disponen de los valores medios de 6 observaciones. Si la campaña se hubiera prolongado más en el tiempo, y el tamaño muestral fuera más elevado (como sucede en los años 2019 y 2020), probablemente las correlaciones habrían sido más altas.

La pica 4 supone un repunte en la producción de resina (**Figura 5**), probablemente debido al efecto acumulado de los estimulantes y la herida, que fomenta el incremento de la red de canales resiníferos y potencia los mecanismos de defensa de la planta, entre los que se encuentra la biosíntesis de terpenoides ((Celedon & Bohlmann, 2019; Rodríguez-García et al., 2015)).

La pica 5, que presenta una producción similar a la 4, supone el inicio de una tendencia decreciente que finaliza con la pica 6 (**Figura 5**) y que coincide a su vez con un descenso paulatino de la temperatura media entre estos dos periodos (**Tabla**).

## 2019

En primer lugar, los estimulantes que más influyen en la producción de resina en cada pica son los de ácido sulfúrico y Ethrel, entre los que no se aprecian diferencias estadísticamente significativas, mientras que el de ácido salicílico produce menos resina que los anteriores, pero más que el control con herida (**Figura 5**). A pesar de las diferencias entre tratamientos, éstos presentan tendencias de producción similares que se mantienen a lo largo de la campaña, con la salvedad de para las picas 6 y 7 para el tratamiento de Ethrel (**Figura 5**) y que son explicadas más adelante. Los tratamientos de Ethrel y ácido sulfúrico presentan también correlaciones significativas con las variables ambientales (**Tabla**), y en el caso de este último, la forma de la curva de producción de resina por pica es muy similar a la del



modelo lineal generalizado aplicado para la temperatura (**Figura 5**), lo que parece reforzar la relación observada entre clima y producción.

Los valores relativamente elevados de producción de resina la primera pica de 2019, similares a los del año 2018 (**Figura 5**), probablemente se deban al efecto de las campañas de resinación anteriores, siendo ésta la cuarta entalladura de una primera cara. Esto supondría asumir la existencia de red de canales resiníferos constitutivos y traumáticos lo suficientemente extensa y que, al liberar la resina contenida en su interior, justificarían los valores observados. Además, los valores de temperatura y humedad relativa son, junto a los de las picas 2 y 12, los más desfavorables de la campaña (**Tabla**), y, aun así, durante esta primera pica se obtienen buenas producciones de resina (**Figura 5**). Esto puede ser debido al efecto combinado del ácido sulfúrico y la herida, que facilitan la liberación de la resina contenida en el interior de los canales resiníferos. Además, la pasta tradicional, el tratamiento que mayor concentración presenta de ácido sulfúrico, es el que da mejores resultados bajo estas condiciones ambientales, y parece ser así a lo largo de casi toda la campaña (**Figura 5**).

La segunda y tercera pica suponen, en relación con la primera, un ligero descenso de producción (**Figura 5**), probablemente debido al vaciado de los canales resiníferos y a un desgaste fisiológico de la planta.

Las picas 4 y 5 marcan, para todos los tratamientos, el inicio de una tendencia creciente de producción que se hace máxima con la pica 6 (**Figura 5**), probablemente debido a un incremento de la red de canales resiníferos de las plantas como consecuencia del efecto reiterado de los estimulantes y la herida, así como a una potenciación de sus mecanismos de defensa y de la biosíntesis de terpenoides. Dicho incremento de la producción coincide a su vez con un incremento gradual de la temperatura y la consecuente disminución de la humedad relativa (**Tabla**), que parecen ejercer un efecto favorable sobre dicha producción (**Tabla**). No obstante, el estimulante de Ethrel sufre durante la pica 6 una caída de producción que podría deberse a una combinación de factores ambientales y fisiológicos.

Las picas 7 y 8 muestran, para todos los tratamientos excepto para el de Ethrel, una producción de resina similar a la de la pica 6 (**Figura 5**). En el caso del Ethrel, las picas 7 y 8 suponen un fuerte incremento en dicha producción (**Figura 5**). De cualquier modo, esta alta productividad se da durante los periodos con las temperaturas medias más elevadas del periodo, lo que parece indicar que en este punto el metabolismo y la fisiología relacionados con los mecanismos de defensa del árbol se ve potenciado por las condiciones ambientales, que favorecen la liberación y fluidificación de la resina.

Finalmente, las picas 9 a 13 suponen una tendencia regresiva en la producción de resina (**Figura 5**) que coincide con una disminución paulatina de las temperaturas del periodo y con el consecuente incremento de la humedad relativa (**Tabla**). Esto parece indicar un agotamiento fisiológico de la capacidad productiva del árbol que además se ve mermado por el efecto de las variables ambientales (**Tabla**).

## 2020

Se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ensayados de acuerdo con el siguiente orden creciente de producción de resina: control con herida, ácido salicílico, Ethrel y pasta tradicional (**Figura 5**). Si bien estos dos últimos estimulantes son, con gran diferencia los más productivos, todos presentan tendencias de producción similares que se mantienen a lo largo de la campaña, así como una tendencia muy similar a la que adopta el modelo lineal generalizado aplicado para la temperatura (**Figura 5**). Esto parece reforzar la correlación observada entre la producción y las variables ambientales (**Tabla**).

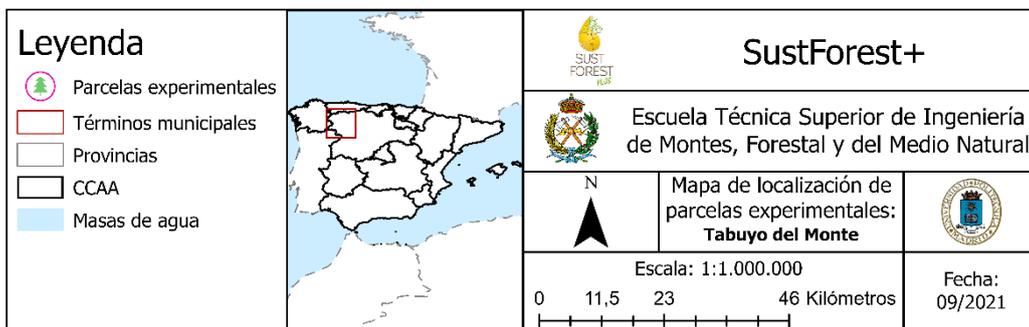
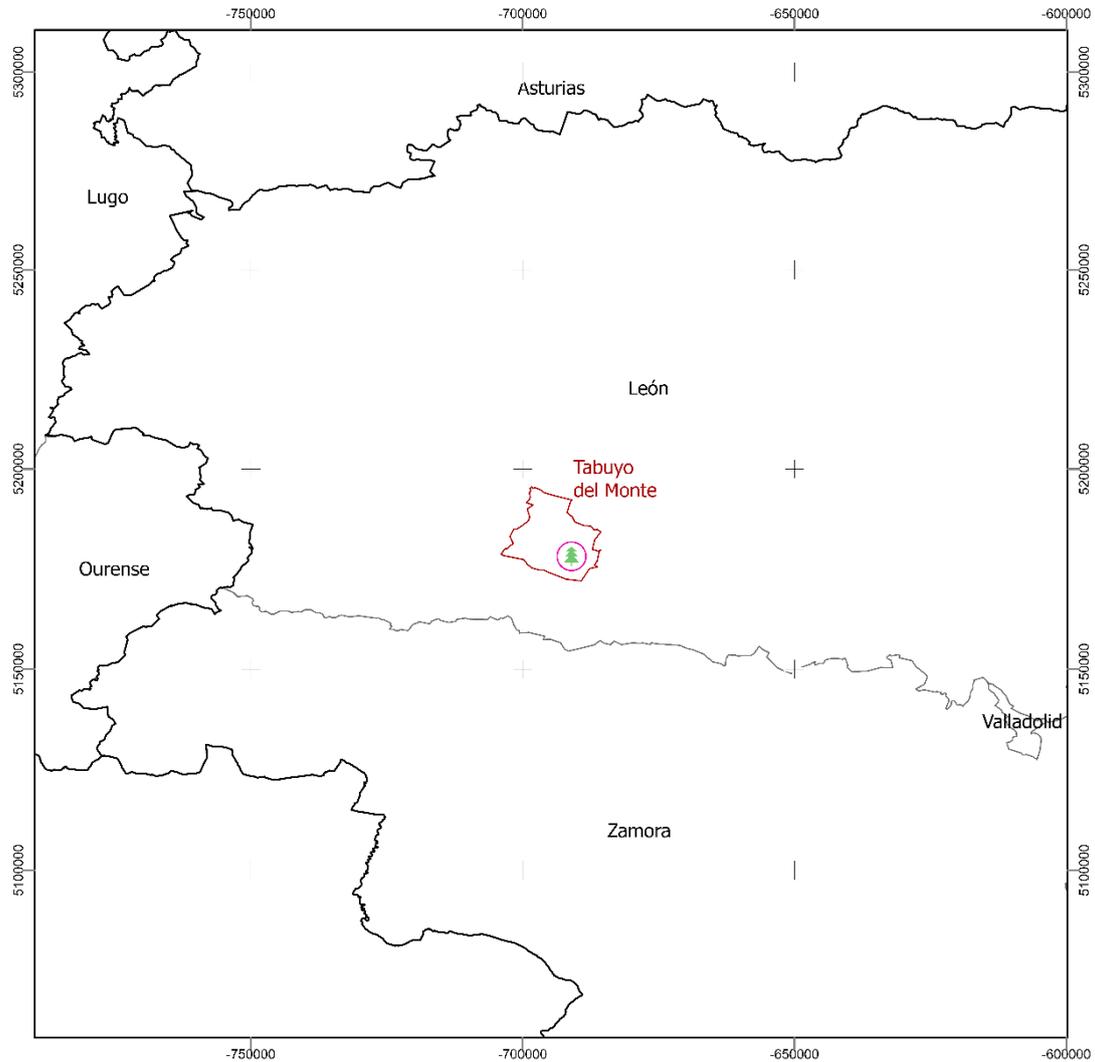
Los valores de producción de resina de la primera pica de 2020 son menores que los de su equivalente en 2018 y 2019 (**Figura 5**). Esta producción inicial probablemente se deba al efecto de las campañas de resinación anteriores, que habrían fomentado el desarrollo de una red canales resiníferos constitutivos y traumáticos lo suficientemente extensa y que, al liberar la resina contenida en su interior, justificarían los valores observados. Además, el hecho de que sea menor que en las primeras picas de los años anteriores podría deberse a que esta sería la quinta entalladura de una primera cara, que sería, en teoría, menos productiva que una cuarta. Además, los valores de temperatura y humedad relativa son, junto a los de las picas 2 y 12, los más desfavorables de la campaña (**Tabla**), y, aun así, durante esta primera pica se obtienen buenas producciones de resina (**Figura 5**). Esto puede ser debido al efecto combinado del ácido sulfúrico y la herida, que facilitan la liberación de la resina contenida en el interior de los canales resiníferos. Además, la pasta tradicional, el tratamiento que mayor concentración presenta de ácido sulfúrico, como ya se ha señalado, es el que da mejores resultados bajo estas condiciones ambientales, y parece ser así a lo largo de toda la campaña (**Figura 5**).

Las picas 2 a 5 marcan una tendencia creciente en la producción de resina (**Figura 5**) que coincide con un incremento paulatino de la temperatura y una disminución constante de la humedad relativa durante dicho periodo (**Tabla**, **Figura 5**). Esto parece indicar una potenciación de los mecanismos de defensa de la planta (probablemente debido al efecto combinado del ácido sulfúrico y la herida), con el consecuente incremento de la red de canales resiníferos y de la biosíntesis de terpenoides, a lo que es necesario sumar el efecto favorable de la temperatura.

Las picas 6, 7 y 8 presentan las mayores producciones de resina de la campaña (**Figura 5**) y coinciden con las temperaturas medias más altas (y humedades relativas más bajas) del periodo (**Tabla**, **Figura 5**). Por tanto, en este punto se alcanza la mayor capacidad productiva de los árboles, debido probablemente al efecto continuado de la herida y el ácido sulfúrico, que ha fomentado la activación y potenciación de los mecanismos de defensa en la planta, con el consecuente incremento de la red de canales resiníferos y de la biosíntesis de terpenoides. Además, la segregación y liberación de la resina se ve favorecida por el efecto de la temperatura.

Finalmente, las picas 9 a 13 suponen una tendencia recesiva en la producción de resina (**Figura 5**) que coincide con una disminución paulatina de la temperatura y un aumento constante de la humedad relativa durante dicho periodo (**Tabla**, **Figura 5**). Por tanto, en este punto se empieza a producir el agotamiento fisiológico en la biosíntesis de terpenoides en la planta, y al que es necesario sumar el efecto desfavorable que ejercen la temperatura y la humedad relativa.

## Tabuyo del Monte (León)



**Figura 21.** Mapa de localización de las parcelas experimentales ubicadas en el término municipal de Tabuyo del Monte. Fuente: elaboración propia a partir de los datos recopilados en campo.

### Influencia de las variables ambientales

**Tabla 2.** Tabla resumen con el promedio (Tmed; RH med), máximo (T max; RH max) y mínimo (T min; RH min) de la temperatura en (T en °C) y humedad relativa (HR en %) para cada pica, así como para el conjunto de las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020. En caso de no haber disponible información climática para alguna pica, se ha eliminado la fila correspondiente a dicha pica. Fuente: elaboración propia a partir de las lecturas del termohigrómetro de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Jarandilla de la Vera.

| Tabuyo del Monte (2018) |           |            |            |            |            |            |
|-------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Periodo                 | Tmed (°C) | T max (°C) | T min (°C) | RH med (%) | RH max (%) | RH min (%) |
| Pica 1                  | 21,66     | 29,38      | 11,88      | 60,62      | 92,66      | 29,45      |
| Pica 2                  | 19,71     | 36,16      | 5,45       | 56,93      | 94,91      | 16,43      |
| Pica 3                  | 18,57     | 30,93      | 4,24       | 53,57      | 91,57      | 21,55      |
| Campaña                 | 19,80     | 36,16      | 4,24       | 56,73      | 94,91      | 16,43      |
| Tabuyo del Monte (2019) |           |            |            |            |            |            |
| Periodo                 | Tmed (°C) | T max (°C) | T min (°C) | RH med (%) | RH max (%) | RH min (%) |
| Pica 2                  | 17,89     | 30,33      | 1,24       | 45,10      | 83,07      | 17,24      |
| Pica 3                  | 11,40     | 25,09      | -0,05      | 58,34      | 91,10      | 20,58      |
| Pica 4                  | 18,23     | 33,59      | 5,45       | 66,59      | 97,78      | 29,08      |
| Pica 5                  | 19,02     | 28,78      | 10,46      | 64,98      | 88,62      | 33,99      |
| Campaña                 | 15,77     | 33,59      | -0,05      | 59,43      | 97,78      | 17,24      |
| Tabuyo del Monte (2020) |           |            |            |            |            |            |
| Periodo                 | Tmed (°C) | T max (°C) | T min (°C) | RH med (%) | RH max (%) | RH min (%) |
| Pica 1                  | 12,94     | 28,18      | 0,98       | 74,68      | 98,90      | 27,01      |
| Pica 2                  | 16,89     | 28,95      | 1,37       | 64,67      | 94,07      | 29,93      |
| Pica 3                  | 12,09     | 26,30      | 2,70       | 68,84      | 95,21      | 35,40      |
| Pica 4                  | 18,41     | 32,73      | 3,47       | 62,82      | 93,59      | 23,27      |
| Pica 5                  | 20,42     | 32,26      | 6,17       | 53,63      | 89,92      | 18,11      |
| Pica 6                  | 22,41     | 35,43      | 8,83       | 51,88      | 89,84      | 21,48      |
| Pica 7                  | 19,84     | 34,40      | 5,06       | 56,23      | 95,75      | 18,32      |
| Pica 8                  | 17,05     | 30,80      | 5,23       | 66,42      | 96,42      | 28,10      |
| Pica 9                  | 16,20     | 31,40      | 2,01       | 55,17      | 92,42      | 21,96      |
| Pica 10                 | 14,51     | 30,89      | 6,48       | 73,50      | 98,26      | 25,13      |
| Pica 11                 | 11,86     | 23,59      | 0,04       | 70,09      | 96,26      | 34,80      |
| Campaña                 | 16,58     | 35,43      | 0,04       | 63,52      | 98,90      | 18,11      |

**Tabla 3.** Coeficientes de correlación de Pearson entre la producción de resina y las variables ambientales, Temp: Temperatura media y HR: Humedad relativa media en función del tratamiento aplicado en Jarandilla de la Vera. Fuente: Cedido por la doctora Rodríguez-García y elaborados a partir de los datos del proyecto.

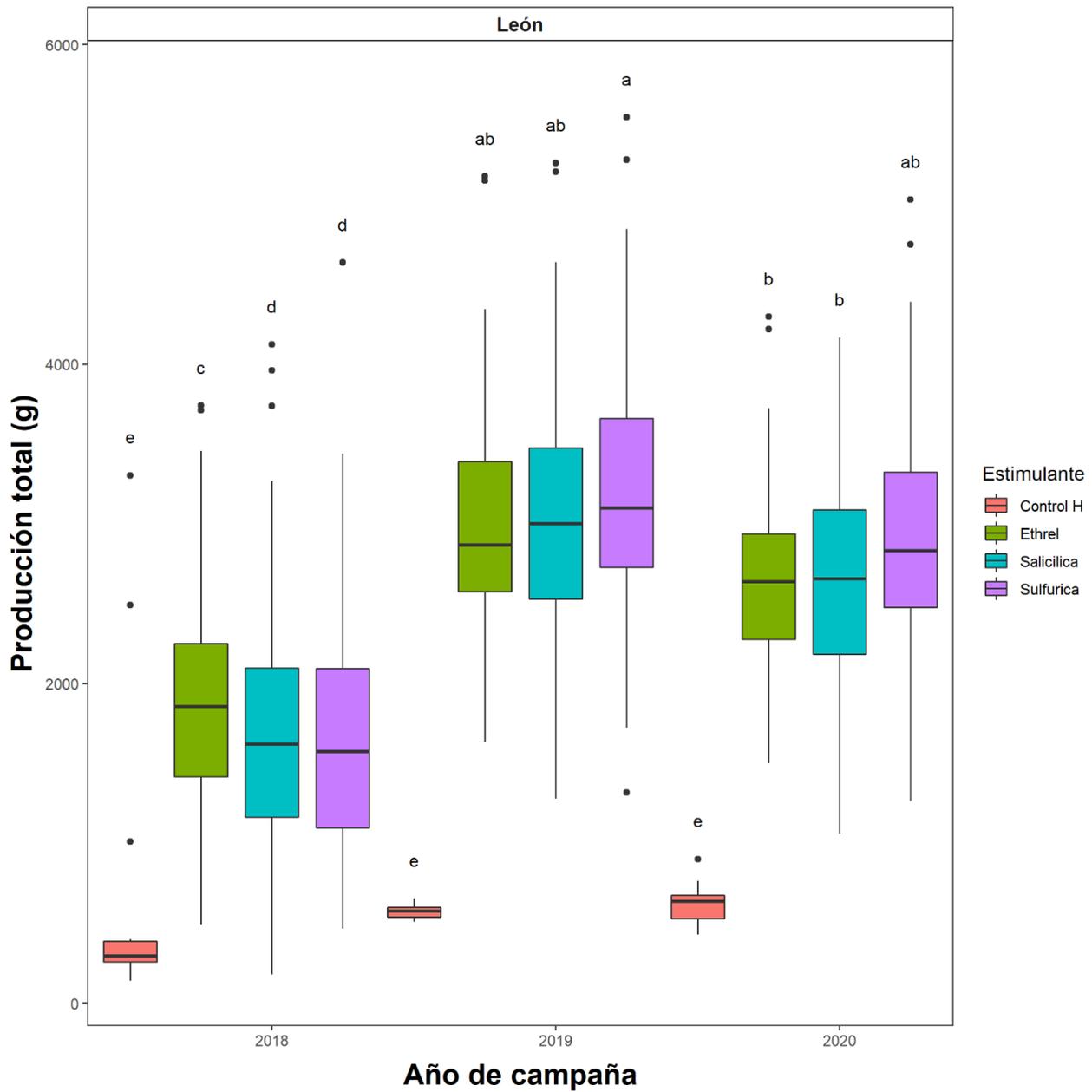
| Variable   | 2018 |    | 2019 |    | 2020 |       |
|------------|------|----|------|----|------|-------|
|            | Temp | HR | Temp | HR | Temp | HR    |
| Sulfúrica  |      |    |      |    | 0,24 | -0,43 |
| Ethrel     |      |    |      |    | 0,24 | -0,37 |
| Salicílica |      |    |      |    | 0,19 | -0,52 |
| Control H  |      |    |      |    | 0,09 | -0,38 |

## Producción total

A continuación, se muestran los datos de producción para las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020, habiendo tenido ya en cuenta el efecto del factor réplica:

**Tabla 4.** Tabla resumen con el promedio y desviaciones típicas (sd) de las producciones de resina tras las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020 en función del tratamiento aplicado. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Tabuyo del Monte.

| Año  | Estimulante          | Producción media (g) | sd (g) |
|------|----------------------|----------------------|--------|
| 2018 | <i>Control H</i>     | 706,07               | 964,36 |
|      | <i>Ethrel</i>        | 1.907,11             | 655,70 |
|      | <i>Á. salicílico</i> | 1.648,86             | 747,21 |
|      | <i>Á. sulfúrico</i>  | 1.696,47             | 760,79 |
| 2019 | <i>Control H</i>     | 574,29               | 44,41  |
|      | <i>Ethrel</i>        | 2.994,76             | 654,02 |
|      | <i>Á. salicílico</i> | 3.039,75             | 743,01 |
|      | <i>Á. sulfúrico</i>  | 3.199,20             | 795,66 |
| 2020 | <i>Control H</i>     | 625,50               | 122,59 |
|      | <i>Ethrel</i>        | 2.655,51             | 546,63 |
|      | <i>Á. salicílico</i> | 2.646,88             | 674,99 |
|      | <i>Á. sulfúrico</i>  | 2.872,52             | 722,18 |



**Figura 6.** Gráfico de cajas y bigotes en el que se representa la producción total de resina tras las campañas de resinación de 2018, 2019 y 2020 en Tabuyo del Monte en función del tratamiento aplicado. Las letras indican diferencias significativas de acuerdo con el test HSD de Tukey ( $p < 0.05$ ). (Control H: pies empleados como grupo control a los que únicamente se les han efectuado heridas sin llegar a emplear estimulante químico; Ethrel: pies sometidos al tratamiento de pasta con ácido 2-cloroetilfosfónico como principio activo; Salicilica: pies sometidos al tratamiento de ácido salicílico como principio activo y Sulfúrica: pies sometidos al tratamiento con pasta tradicional con ácido sulfúrico como principio activo). Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Tabuyo del Monte.

## 2018

Tras analizar los resultados de 2018, vemos como se aprecian diferencias estadísticamente significativas en la producción de resina entre los tratamientos ensayados, siendo el de Ethrel el más productivo, seguido de los de ácido salicílico y la pasta tradicional, que además no muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí. El menos productivo es el control con herida (Figura 6).

El que tratamiento en base Ethrel sea el más productivo puede deberse al espaciamiento entre picas escogido (de 21 días), que favorecería la acción del ácido 2-cloroetilfosfónico, ya que su descomposición en etileno es un proceso lento (Yang, 1969) y se vería favorecido en estas condiciones. Por tanto, en este caso, la sinergia entre el Ethrel (precursor del etileno), el ácido sulfúrico y la herida parecen ser los principales elementos responsables de lograr una mayor producción (Rodrigues-Corrêa et al., 2013), junto a las condiciones climáticas y edafológicas de la zona (Rodríguez-García et al., 2015) a través del fomento de los mecanismos de expresión génica y rutas metabólicas que controlan la biosíntesis de terpenoides (Celedon & Bohlmann, 2019), así como de facilitar la liberación de la resina de la planta y ralentizar su solidificación (Rodrigues-Corrêa et al., 2013).

El hecho de que no se aprecien diferencias estadísticamente significativas entre las pastas de ácido salicílico y tradicional (Figura 6) puede ser debido a que bajo estas condiciones de aplicación sean el ácido sulfúrico y la herida los principales responsables, junto a las condiciones ambientales y edafológicas (Rodrigues-Corrêa et al., 2013; Rodrigues-Corrêa & Fett-Neto, 2009; Rodríguez-García et al., 2015), de inducir un incremento en la biosíntesis de terpenoides (Celedon & Bohlmann, 2019) y por extensión, en la producción de resina, aunque en menor medida que el Ethrel, donde el etileno, en combinación a lo anterior, jugaría un papel clave (Hudgins & Franceschi, 2004).

## 2019

En 2019, se aprecian diferencias estadísticamente significativas en la producción de resina entre los tratamientos ensayados, siendo el control con herida el menos productivo, los otros tres, aunque más productivos, no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí (Figura 6).

Si comparamos los valores de producción de 2019 con los de 2018, vemos que se aprecian diferencias estadísticamente significativas, siendo mayor la producción en 2019 para todos los tratamientos excepto para el control con herida (Figura 6). Esto podría deberse, por un lado, a una distinta duración (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) de la campaña (126 días en 2018 y 154 días en 2019), y, por otro lado, a que en 2018 se resinó una primera entalladura (que en teoría es la menos productiva) de una cara nueva, mientras que en 2019 se resinó una segunda entalladura (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) de una nueva cara (que en teoría es la más productiva), justificando así la productividad observada.

Además, y como ya se ha señalado, en 2019 no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de ácido sulfúrico, Ethrel y ácido salicílico, que son más productivos que el control con herida (Figura 6). Esto puede ser debido que bajo las condiciones de aplicación de los tratamientos (espaciamientos medios entre picas de 14 días, dando 11 picas y teniendo una la campaña una duración total de 154 días, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), sean el ácido sulfúrico y la herida los principales responsables, junto a las condiciones climáticas y edafológicas (Rodrigues-Corrêa et al., 2013; Rodrigues-Corrêa & Fett-Neto, 2009; Rodríguez-García et al., 2015), de inducir una mayor producción de resina, así como de facilitar su liberación en la planta y ralentizar su solidificación al entrar en contacto con el aire (Rodrigues-Corrêa et al., 2013).

Finalmente, que, durante 2019, a diferencia de lo que ocurrió en 2018, el Ethrel no de una mayor producción que los demás tratamientos (Figura 6) podría deberse al espaciamiento entre picas escogido en 2019, de 14 días, que no sería lo suficientemente prolongado como para permitir la acción de sustancias de liberación lenta como pueda ser el ácido 2-cloroetilfosfónico, y que en 2018 si lo fue (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

## 2020

En 2020, se aprecian diferencias estadísticamente significativas en la producción de resina entre los tratamientos ensayados, siendo el control con herida el menos productivo, los otros tres, aunque más productivos, no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí (**Figura 6**).

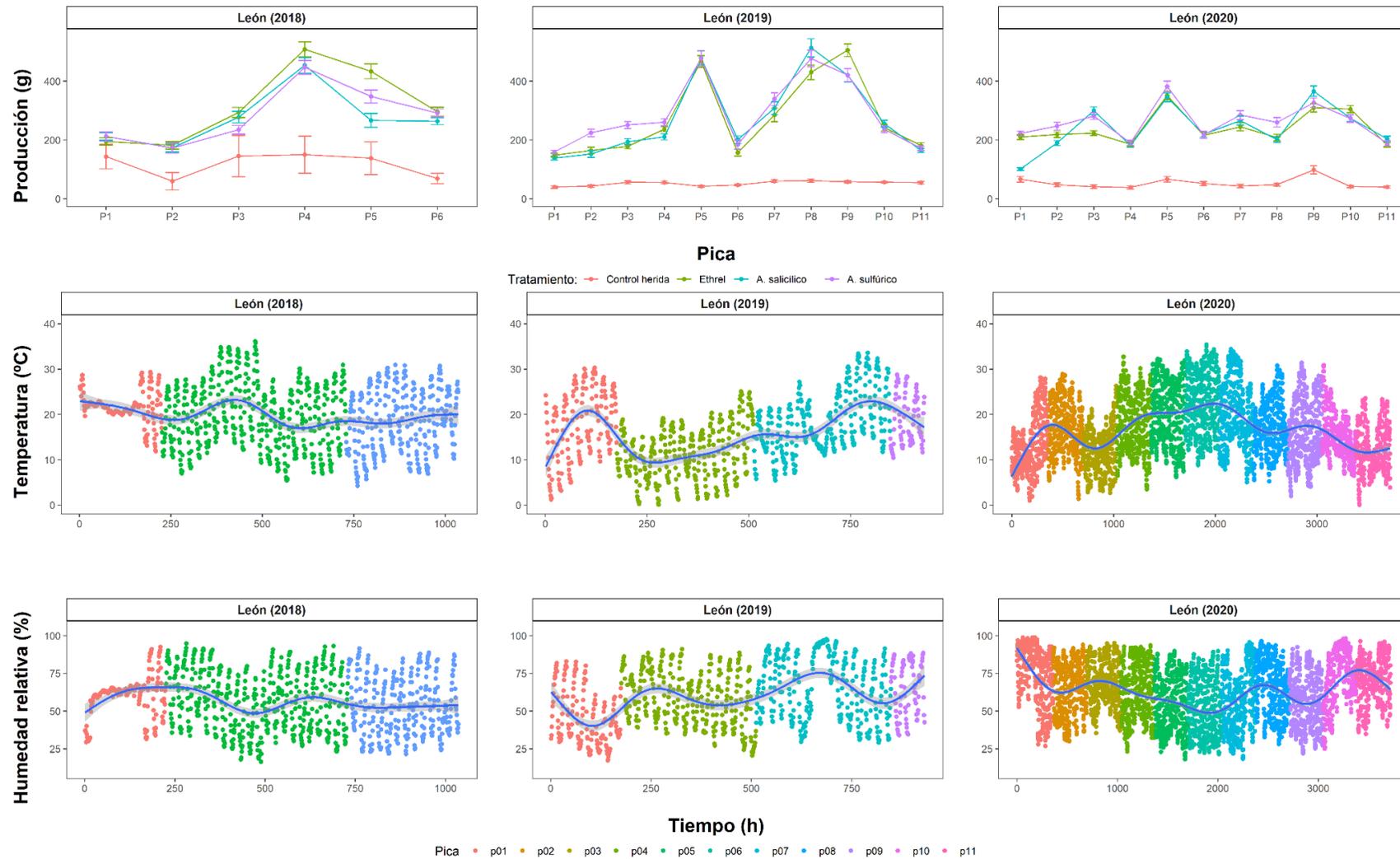
Si, además, comparamos estos resultados con los valores de 2018 se aprecia que la producción de resina en 2020 es mayor (**Figura 6**). La explicación de esta diferencia es análoga a la detallada para el año 2019 (mayor número de picas y duración de campaña en 2020 que en 2018, así como tercera entalladura en 2020 y primera entalladura en 2018).

Si comparamos la producción de un mismo tratamiento en 2019 y en 2020, vemos que, para cada uno de ellos, se aprecian diferencias marginales y al límite de la significación (**Figura 6**). En 2019 se explotó una segunda entalladura y en 2020 una tercera entalladura de una cara nueva, y ambas campañas tuvieron el mismo espaciamiento entre picas e igual duración (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Por tanto, parece ser que bajo estas condiciones ambientales (**Tabla 2**) y edafológicas, no se aprecian para ambas campañas diferencias concluyentes en la producción de resina.

Además, y como ya se ha señalado, en 2020 no se observan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de ácido sulfúrico, Ethrel y ácido salicílico, que son más productivos que el control con herida (**Figura 6**). Esto puede ser debido que bajo las condiciones de aplicación de los tratamientos (espaciamientos medios entre picas de 14 días, dando 11 picas y teniendo una la campaña una duración total de 154 días, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), sean el ácido sulfúrico y la herida los principales responsables, junto a las condiciones climáticas y edafológicas (Rodrigues-Corrêa et al., 2013; Rodrigues-Corrêa & Fett-Neto, 2009; Rodríguez-García et al., 2015), de inducir una mayor producción de resina, así como de facilitar su liberación en la planta y ralentizar su solidificación al entrar en contacto con el aire (Rodrigues-Corrêa et al., 2013).

Finalmente, que, durante 2020, a diferencia de lo que ocurrió en 2018, el Ethrel no de una mayor producción que los demás tratamientos (**Figura 6**) podría deberse a una explicación análoga a la detallada para 2019.

## Producción por pica

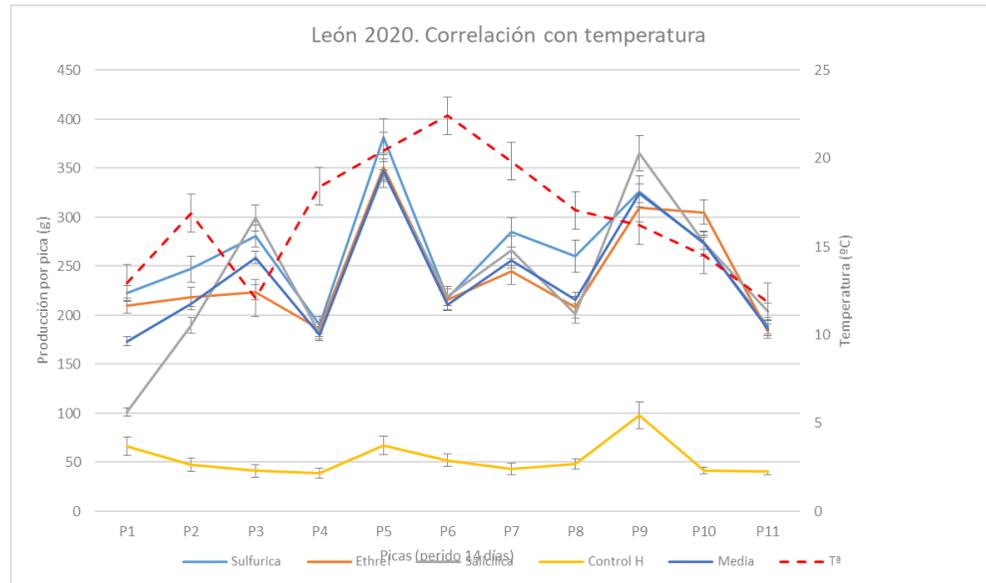


**Figura 7.** Resumen de los principales gráficos de producción y clima para la localidad de Tabuyo del Monte (León). En la primera fila se aprecian gráficos de líneas y marcadores que muestran la producción de resina a lo largo de las tres campañas de resinación (2018, 2019 y 2020) en función del tipo estimulante (Control H: pies empleados como grupo control a los que únicamente se les han efectuado heridas sin llegar a emplear estimulante químico; Ethrel: pies sometidos al tratamiento de pasta con ácido 2-cloroetilfosfónico como principio activo; Salicílica: pies sometidos al tratamiento de ácido salicílico como principio activo y Sulfúrica: pies sometidos al tratamiento con pasta tradicional con ácido sulfúrico como principio activo). Las barras de error se corresponden al error típico de cada tratamiento. La segunda y tercera filas muestran gráficos de marcadores que reflejan



### Entregable 2.17.1

los valores de las lecturas de temperatura y humedad relativa, respectivamente, recogidos por la estación meteorológica. Las líneas azules se han obtenido mediante la aplicación de modelos aditivos generalizados y enfrentando la variable respuesta (Temperatura o humedad relativa) frente al tiempo. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción de la parcela experimental ubicada en el término municipal de Tabuyo del Monte.



**Figura 8.** Gráfico de líneas con marcadores de producción de resina a lo largo de campaña para los años 2020. Así mismo, se han representado los valores medios de temperatura (en °C) mediante un eje secundario. Las barras de error corresponden al error típico asociado a cada uno de los grupos representados. Fuente: Cedido por la doctora Rodríguez-García y elaborado a partir de los datos del proyecto.

Para facilitar la comprensión de este apartado, se recomienda realizar su lectura pudiendo consultar en todo momento la **Figura 7**, la **Tabla 2** y la **Tabla 3**.

## 2018

Los estimulantes que más influyen en la producción de cada pica son los de base ácido sulfúrico, ácido salicílico y Ethrel, que apenas muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí a lo largo de la campaña, mientras que el control con herida fue el menos productivo (**Figura 7**).

Además, las tendencias de producción observadas se mantienen a lo largo de toda la campaña, con la excepción de la pica 5, cuya explicación se detalla más adelante.

El valor inicial de la primera pica, relativamente elevado (**Figura 7**), podría deberse al vaciado de la resina contenida en una red de canales resiníferos, que en combinación con las elevadas temperaturas detectadas para esta pica (**Tabla 2**), justificarían lo observado (Rodrigues-Corrêa & Fett-Neto, 2009; Rodríguez-García et al., 2015).

La segunda pica presenta una producción similar a la primera, y podría deberse a una combinación de factores fisiológicos y ambientales (**Figura 7**).

La tercera pica marca el inicio de una tendencia creciente de producción de resina que se hace máxima para la cuarta pica (**Figura 7**). Esto puede ser debido al efecto reiterado del ácido sulfúrico y la herida, que fomenta el incremento de la red de canales resiníferos y potencia los mecanismos de defensa de la planta, entre los que se encuentra la biosíntesis de terpenoides (Celedon & Bohlmann, 2019; Rodríguez-García et al., 2015).

Finalmente, las picas 5 y 6 marcan una tendencia recesiva en la producción de resina (**Figura 7**), que probablemente se deba a un agotamiento fisiológico de las plantas en combinación al efecto de los factores ambientales (Rodríguez-García et al., 2015).

## 2019

En primer lugar, durante 2019 los estimulantes que más influyen en la producción de resina en cada pica son los de ácido sulfúrico, ácido salicílico y Ethrel, entre los que no se aprecian diferencias estadísticamente significativas, mientras que el de control con herida fue el menos productivo (**Figura 7**). A pesar de las diferencias entre tratamientos, éstos presentan tendencias de producción similares que se mantienen a lo largo de la campaña, con la salvedad de para las picas 2 y 3 para el tratamiento de ácido sulfúrico y para la pica 9 para el tratamiento de Ethrel (**Figura 7**). Estas diferencias tratan de justificarse más adelante.

Los valores producción de resina la primera pica de 2019, menores que los del año 2018 (**Figura 7**), son inesperados, ya que, si observamos lo que sucede en Tardelcuende, vemos que los valores iniciales de producción de las primeras picas para segundas entalladuras dan resultados mucho más elevados que en el caso de las primeras entalladuras (**Figura 3**). Esto podría deberse a la diferencia entre las condiciones ambientales bajo las que se realizaron las primeras picas de los años 2019 y 2018 en Tabuyo del Monte (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), ya que en 2019 se inició la campaña durante la primera quincena de mayo y en 2018 durante la primera quincena de julio (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), por lo que es esperable que el estado fisiológico de los pies ensayados fuera distinto, probablemente debido al efecto de las variables ambientales y a los ciclos biológicos de las plantas.



Las picas 2, 3 y 4 marcan una leve tendencia creciente en la producción de resina que se hace máxima con la pica 5 (Figura 7). Esto podría deberse a un incremento paulatino en la activación de los mecanismos de defensa de la planta como respuesta al efecto reiterado del ácido sulfúrico y la herida, que alcanzan su mayor capacidad durante la pica 5. El descenso de producción de la pica 6 (Figura 7) probablemente se deba a un agotamiento fisiológico de la misma, así como al vaciado y sellado de la red de canales resiníferos (Rodríguez-García et al., 2015).

La mayor productividad observada durante las picas 2 y 3 (Figura 7) podría deberse a un mejor funcionamiento de este tratamiento bajo las condiciones ambientales de estas dos picas, aunque serían necesarios datos adicionales para poder reforzar esta observación.

La pica 7 marca un fuerte crecimiento en la producción se hace máximo con la pica 8 (Figura 7). Esto podría deberse a un incremento paulatino en la activación de los mecanismos de defensa de la planta como respuesta al efecto reiterado del ácido sulfúrico y la herida, que alcanzan su mayor capacidad durante la pica 8, y que como consecuencia de las picas anteriores ya se encuentran fuertemente estimulados. El descenso de producción observado para las picas 9, 10 y 11 (Figura 7) probablemente se deba a un agotamiento fisiológico de la planta, que junto al vaciado y sellado de la red de canales resiníferos (Rodríguez-García et al., 2015) justificaría los resultados de producción observados.

Finalmente, para el Ethrel el máximo de producción parece alcanzarse durante la pica 9 (Figura 7). Esto podría deberse a que es en este momento cuando el efecto acumulado del ácido 2-clorofosfónico, precursor del etileno, empieza a hacer efecto al tratarse de una sustancia de liberación lenta y necesitar periodos más largos para funcionar correctamente.

## 2020

En primer lugar, durante 2020 los estimulantes que más influyen en la producción de resina en cada pica son los de ácido sulfúrico, ácido salicílico y Ethrel, entre los que no se aprecian diferencias estadísticamente significativas, mientras que el de control con herida fue el menos productivo (Figura 7). A pesar de las diferencias entre tratamientos, éstos presentan tendencias de producción similares que se mantienen a lo largo de la campaña, con la salvedad de para las picas 1 y 9 para el tratamiento de ácido salicílico y la pica 3 para el Ethrel (Figura 7). Estas diferencias tratan de justificarse más adelante. Además, ninguno de los tratamientos ensayados muestra correlaciones significativas con las variables ambientales (Tabla 3).

Los valores de producción de resina de la primera pica de 2020 parecen ser mayores que los de su equivalente en 2019 y similares a los de 2018 excepto para el tratamiento de ácido salicílico (Figura 7). Esta producción inicial probablemente se deba al efecto de las campañas de resinación anteriores, que habrían fomentado el desarrollo de una red canales resiníferos constitutivos y traumáticos lo suficientemente extensa y que, al liberar la resina contenida en su interior, justificarían los valores observados. Además, el hecho de que sea mayor que en las primeras picas de los años anteriores podría deberse a que esta sería la tercera entalladura de una cara nueva. Además, los valores de temperatura y humedad relativa son, junto a los de las picas 2 y 12, los más desfavorables de la campaña (Figura 7), y, aun así, durante esta primera pica se obtienen buenas producciones de resina (Tabla 2). Esto puede ser debido al efecto combinado del ácido sulfúrico y la herida, que facilitan la liberación de la resina contenida en el interior de los canales resiníferos. Además, la pasta con ácido salicílico, el tratamiento que menor concentración presenta de ácido sulfúrico, como ya se ha señalado, da una baja producción durante esta primera pica, aunque esto también puede ser debido a factores ambientales o de suministro (Figura 7).

Las picas 2 a 5 marcan una tendencia creciente en la producción de resina (**Figura 5**) que coincide con un incremento paulatino de la temperatura y una disminución constante de la humedad relativa durante dicho periodo (**Tabla , Figura 5**). Esto parece indicar una potenciación de los mecanismos de defensa de la planta (probablemente debido al efecto combinado del ácido sulfúrico y la herida), con el consecuente incremento de la red de canales resiníferos y de la biosíntesis de terpenoides, a lo que es necesario sumar el efecto favorable de la temperatura.

Las picas 6, 7 y 8 presentan las mayores producciones de resina de la campaña (**Figura 5**) y coinciden con las temperaturas medias más altas (y humedades relativas más bajas) del periodo (**Tabla , Figura 5**). Por tanto, en este punto se alcanza la mayor capacidad productiva de los árboles, debido probablemente al efecto continuado de la herida y el ácido sulfúrico, que ha fomentado la activación y potenciación de los mecanismos de defensa en la planta, con el consecuente incremento de la red de canales resiníferos y de la biosíntesis de terpenoides. Además, la segregación y liberación de la resina se ve favorecida por el efecto de la temperatura.

Finalmente, las picas 9 a 13 suponen una tendencia recesiva en la producción de resina (**Figura 5**) que coincide con una disminución paulatina de la temperatura y un aumento constante de la humedad relativa durante dicho periodo (**Tabla , Figura 5**). Por tanto, en este punto se empieza a producir el agotamiento fisiológico en la biosíntesis de terpenoides en la planta, y al que es necesario sumar el efecto desfavorable que ejercen la temperatura y la humedad relativa.

### Estimación del coste unitario de los estimulantes empleados

A partir de la composición base de los distintos estimulantes, se ha estimado la materia prima necesaria para fabricar 1 kilogramo de pasta, así como su coste. No se han incluido los posibles importes derivados de la mano de obra ya que, al ser muy similares para los tres tipos de pastas ensayadas, el precio asociado a sus componentes es un indicador suficiente para poder llevar a cabo esta comparación económica.

Tabla 19. Resumen de los componentes y precios para la fabricación de pasta Zeta. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos suministrados por las empresas fabricantes de los estimulantes químicos.

| Componente  | Coste (€/g) | m (g) | Coste (€)   |
|---|-------------|-------|-------------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ac) (98%)           | 0,00143     | 240,2 | 0,34        |
| H <sub>2</sub> O destilada                          | 0,00055     | 479,8 | 0,27        |
| Ca <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> * 2H <sub>2</sub> O | 0,00007     | 280,0 | 0,02        |
| <b>Total (€/kg)</b>                                 |             |       | <b>0,64</b> |

Tabla 20. Resumen de los componentes y precios para la fabricación de pasta en base Ethrel. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos suministrados por las empresas fabricantes de los estimulantes químicos.

| Componente                                | Coste (€/g) | m (g) | Coste (€)    |
|---|-------------|-------|--------------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ac) (98%) | 0,00143     | 138,0 | 0,20         |
| H <sub>2</sub> O destilada                | 0,00055     | 605,0 | 0,33         |
| Serrín                                    | 0,00088     | 110,0 | 0,10         |
| Ethrel                                    | 0,45847     | 28,0  | 12,84        |
| Sílice                                    | 0,00422     | 55,0  | 0,23         |
| Nonil fenol 9M                            | 0,00850     | 10,0  | 0,09         |
| Vaselina                                  | 0,00400     | 39,0  | 0,16         |
| Detergente                                | 0,00111     | 17,0  | 0,02         |
| <b>Total (€/kg)</b>                       |             |       | <b>13,96</b> |

Tabla 21. Resumen de los componentes y precios para la fabricación de pasta en base Ethrel. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos suministrados por las empresas fabricantes de los estimulantes químicos.

| Componente  | Coste (€/g) | m (g) | Coste (€)   |
|---|-------------|-------|-------------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ac) (98%)                         | 0,00143     | 250,0 | 0,36        |
| H <sub>2</sub> O destilada  | 0,00055     | 500,0 | 0,28        |
| Salvado de trigo  | 0,00438     | 190,0 | 0,83        |
| Ac. Salicílico (C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub> (s)) | 0,17000     | 10,0  | 1,70        |
| Propilenglicol (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> (l)) | 0,01500     | 50,0  | 0,75        |
| <b>Total (€/kg)</b>   |             |       | <b>3,91</b> |

Por último, la información expuesta se sintetiza mediante la siguiente figura:

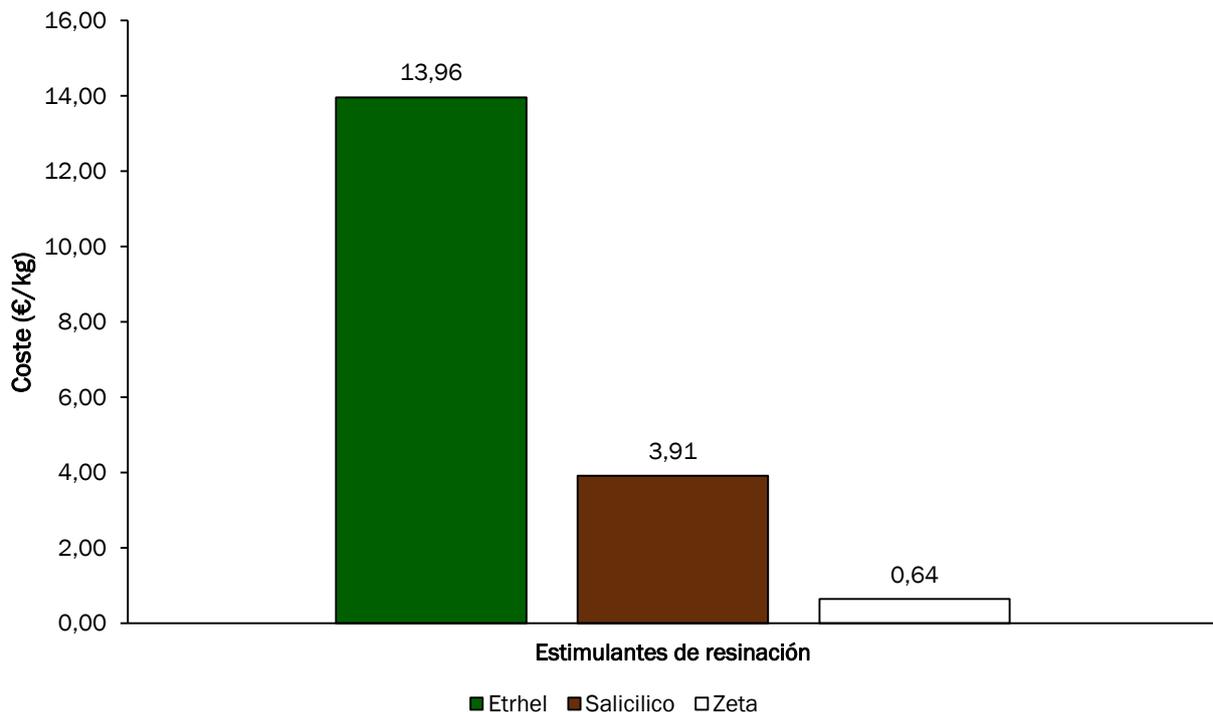


Figura 25. Gráfico de barras en el que se representan los costes asociados a la fabricación de 1 kg de cada una de las pastas utilizadas. Fuente: elaboración propia a partir de los datos recopilados.

## Rentabilidad de la actividad

De cara a cuantificar la rentabilidad de la actividad de resinación, en base a los resultados de producción obtenidos en las distintas zonas, se han estimado los ingresos medios que percibiría un resinero suponiendo que pudiera efectuar el aprovechamiento de una mata (tabla 22) de tamaño medio (5.000 pies) y suponiendo un precio de mercado de 1,06 € el kilogramo de resina (MITECO, 2019), el correspondiente al año 2018.

**Tabla 22.** Tabla resumen con el promedio de producción de resina por pie (g/pie), la producción asociada a dicho promedio para una mata de 5.000 pies y los ingresos correspondientes al aprovechamiento de dicha explotación sin deducción alguna de gastos derivados del mismo en orden de mayor a menor producción, suponiendo un precio medio de 1,06 €/kg de miera. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de producción del estudio y los precios reflejados en el Anuario Forestal de Estadística de 2019 (MITECO, 2019).

| Localidad                           | Tratamiento | Producción media de resina (g/pie) | Producción media por mata (kg) | Ingresos medios por mata (€) |
|-------------------------------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Íscar (Segovia)                     | Ethrel      | 4.593,8                            | 22.969,0                       | 24.347,2 €                   |
| Gomezserracín (Segovia)             | Ethrel      | 3.933,5                            | 19.667,4                       | 20.847,5 €                   |
| Gomezserracín (Segovia)             | Salicífica  | 3.821,6                            | 19.108,2                       | 20.254,7 €                   |
| Jarandilla de la Vera (Cáceres)     | Sulfúrica   | 3.607,4                            | 18.037,2                       | 19.119,4 €                   |
| Íscar (Segovia)                     | Salicífica  | 3.572,0                            | 17.860,2                       | 18.931,8 €                   |
| Fornes (Granada)                    | Salicífica  | 3.400,9                            | 17.004,4                       | 18.024,7 €                   |
| Íscar (Segovia)                     | Sulfúrica   | 3.219,8                            | 16.099,2                       | 17.065,1 €                   |
| Tabuyo del Monte (León)             | Sulfúrica   | 3.199,2                            | 15.996,0                       | 16.955,8 €                   |
| Gomezserracín (Segovia)             | Sulfúrica   | 3.108,7                            | 15.543,6                       | 16.476,2 €                   |
| Jarandilla de la Vera (Cáceres)     | Ethrel      | 3.067,2                            | 15.336,0                       | 16.256,1 €                   |
| Tabuyo del Monte (León)             | Salicífica  | 3.039,8                            | 15.198,8                       | 16.110,7 €                   |
| Tabuyo del Monte (León)             | Ethrel      | 2.994,8                            | 14.973,8                       | 15.872,2 €                   |
| Fornes (Granada)                    | Sulfúrica   | 2.684,1                            | 13.420,6                       | 14.225,9 €                   |
| Huerta del Marquesado (Cuenca)      | Salicífica  | 2.595,6                            | 12.978,2                       | 13.756,9 €                   |
| Huerta del Marquesado (Cuenca)      | Ethrel      | 2.496,8                            | 12.483,8                       | 13.232,8 €                   |
| Fornes (Granada)                    | Ethrel      | 2.480,1                            | 12.400,5                       | 13.144,5 €                   |
| Fuenlabrada de los Montes (Badajoz) | Salicífica  | 2.399,3                            | 11.996,6                       | 12.716,4 €                   |
| Huerta del Marquesado (Cuenca)      | Sulfúrica   | 2.395,8                            | 11.979,0                       | 12.697,8 €                   |
| Tardelcuende (Soria)                | Salicífica  | 2.262,5                            | 11.312,5                       | 11.991,3 €                   |
| Tardelcuende (Soria)                | Ethrel      | 2.117,4                            | 10.587,2                       | 11.222,5 €                   |
| Fuenlabrada de los Montes (Badajoz) | Ethrel      | 2.031,1                            | 10.155,4                       | 10.764,8 €                   |
| Fuenlabrada de los Montes (Badajoz) | Sulfúrica   | 1.762,7                            | 8.813,5                        | 9.342,3 €                    |
| Tardelcuende (Soria)                | Sulfúrica   | 1.506,0                            | 7.530,1                        | 7.981,9 €                    |
| Jarandilla de la Vera (Cáceres)     | Salicífica  | 839,2                              | 4.196,1                        | 4.447,9 €                    |

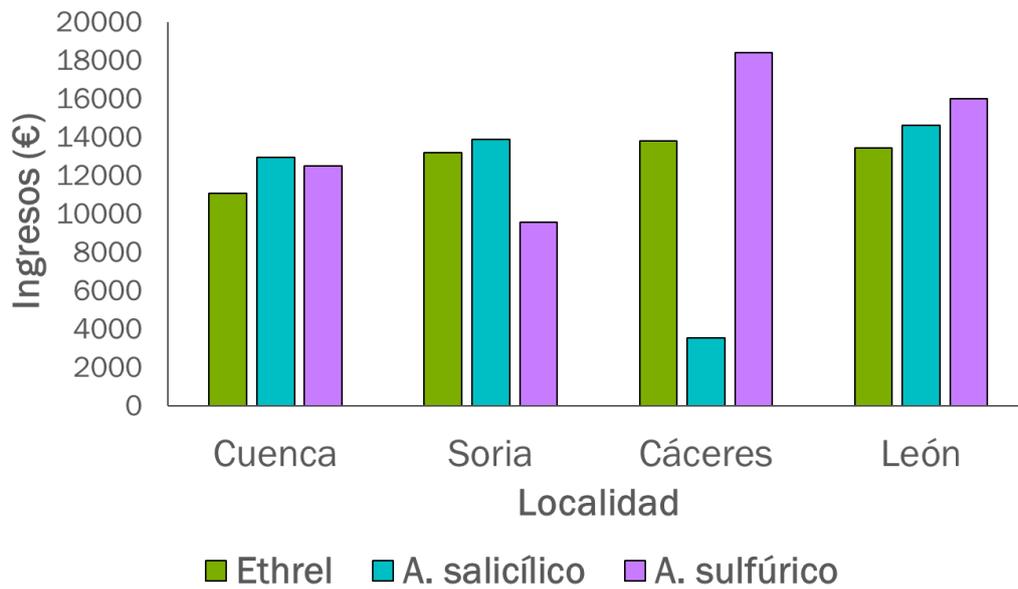


Figura 26. Gráfico de barras en el que se representan los ingresos por tipo de estimulante según localidades. Fuente: elaboración propia a partir de los datos recopilados

Como se observa en la figura 26, la rentabilidad en el uso de pastas es mayor para la pasta con base en sulfúrico en 2 de las 4 localidades (Cáceres y León), muy similar en Cuenca y en Soria el Ethrel y la pasta salicílica dan los mejores resultados. Como se ha comentado, las condiciones climáticas y características de las procedencias pueden estar determinado el comportamiento diferencial de los distintos tratamientos.

Cabe también destacar que en el caso de Iscar (población en la que solo se resinó en 2019) los resultados con pasta Ehtrel son mucho más rentables al hacer un periodo entrepicas de 21 días.

## Estudio anatómico

Tras la realización de las medidas anatómicas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Se aprecia una reducción del crecimiento en comparación con el año anterior en las muestras procedentes de la zona herida del árbol, pero no se observa un comportamiento diferencial entre los distintos tratamientos ensayados tal y como se aprecia en la figura 27, figura 28 y figura 29.

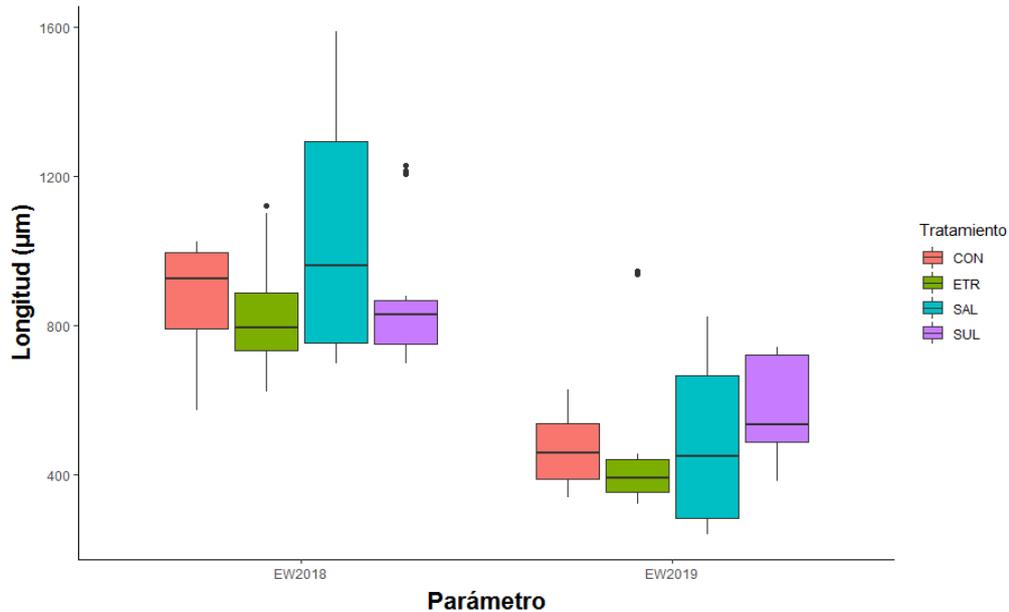


Figura 27. Gráfico de cajas y bigotes de la longitud media de la madera temprana de cada muestra (en micrómetros) en función del factor tratamiento para los años 2018 y 2019. Datos correspondientes a muestras procedentes de la zona de la herida.

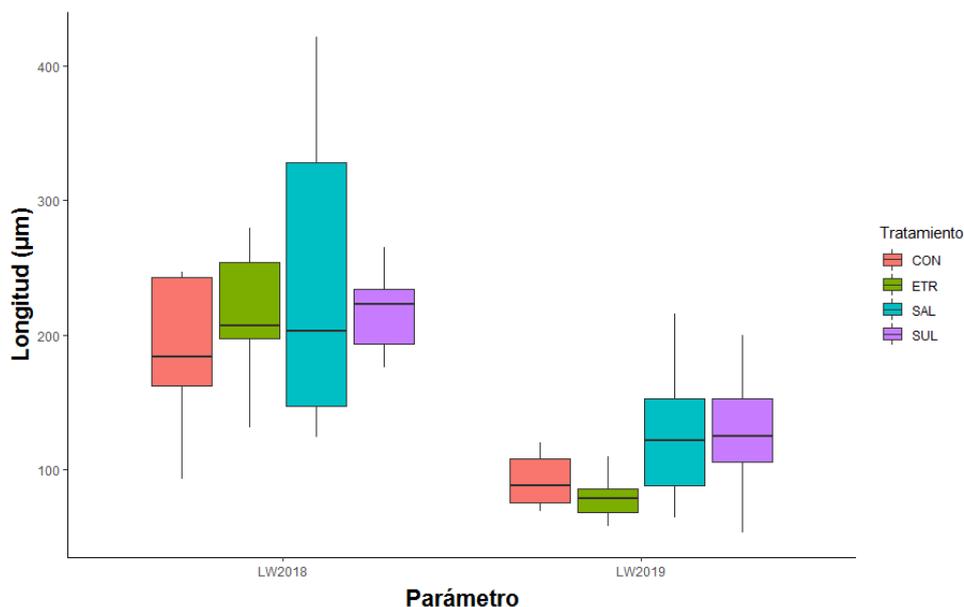


Figura 28. Gráfico de cajas y bigotes de la longitud media de madera tardía de cada muestra (en micrómetros) en función del factor tratamiento para los años 2018 y 2019. Datos correspondientes a muestras procedentes de la zona de la herida.

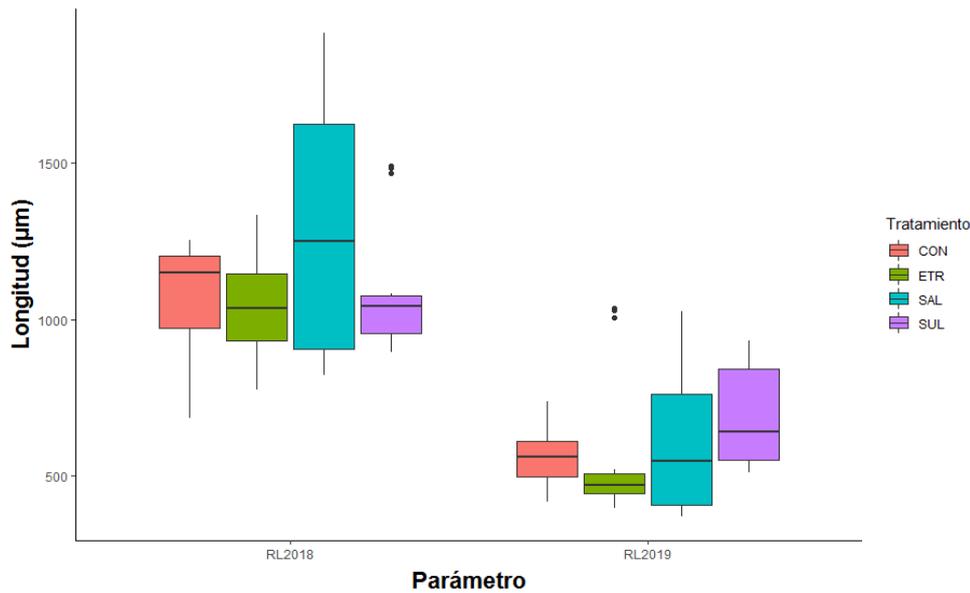


Figura 29. Gráfico de cajas y bigotes de la longitud media de la longitud de anillo de cada muestra (en micrómetros) en función del factor tratamiento para los años 2018 y 2019. Datos correspondientes a muestras procedentes de la zona de la herida.

En el caso de la zona opuesta a herida, también se aprecia (aunque en menor medida que en el caso de la herida) una reducción del crecimiento en relación al año anterior que no es estadísticamente significativo, tal y como se aprecia en las siguientes figuras:

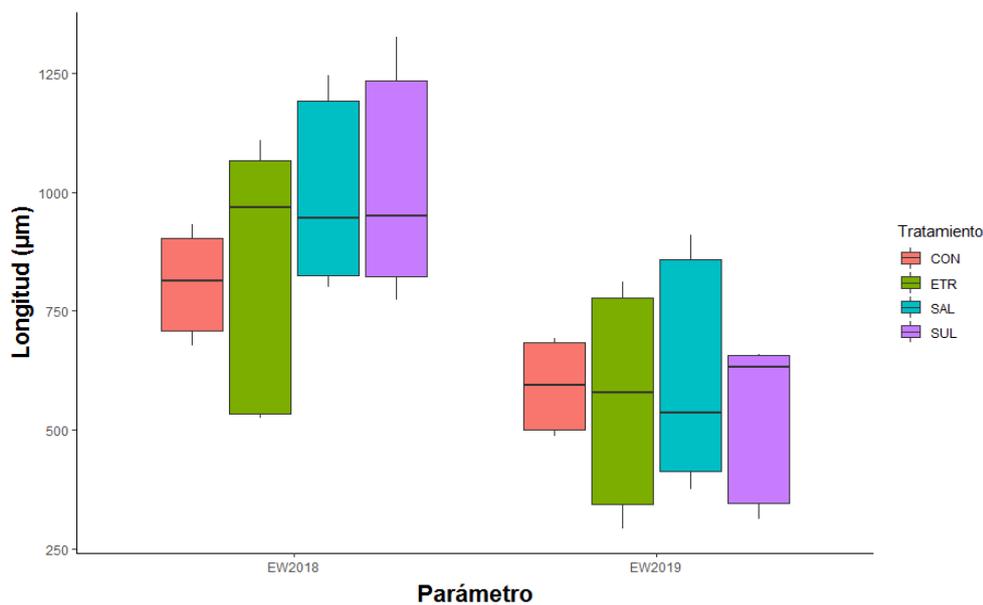


Figura 30. Gráfico de cajas y bigotes de la longitud media de la madera temprana de cada muestra (en micrómetros) en función del factor tratamiento para los años 2018 y 2019. Datos correspondientes a muestras procedentes de la zona opuesta a la herida.

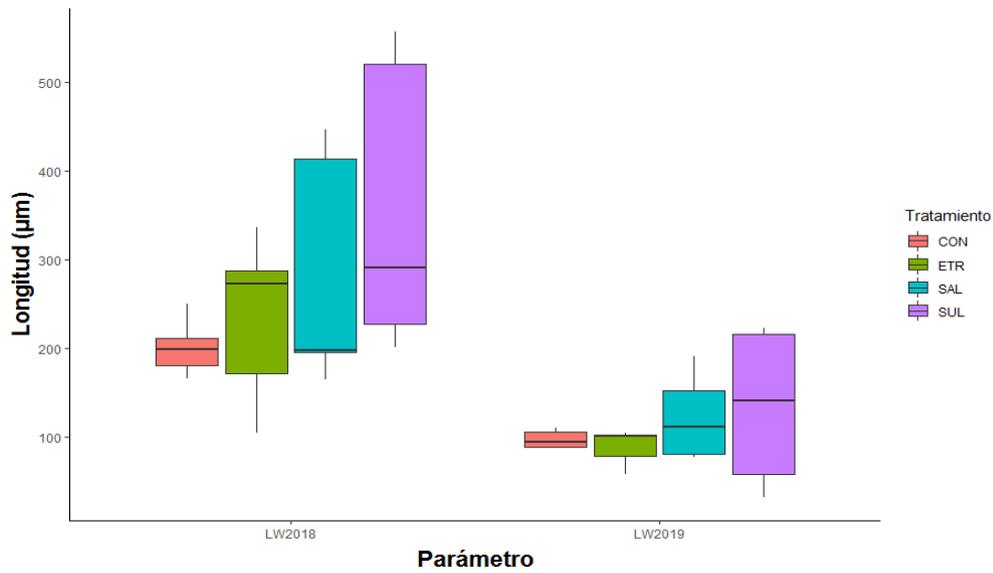


Figura 31. Gráfico de cajas y bigotes de la longitud media de madera tardía de cada muestra (en micrómetros) en función del factor tratamiento para los años 2018 y 2019. Datos correspondientes a muestras procedentes de la zona opuesta a la herida.

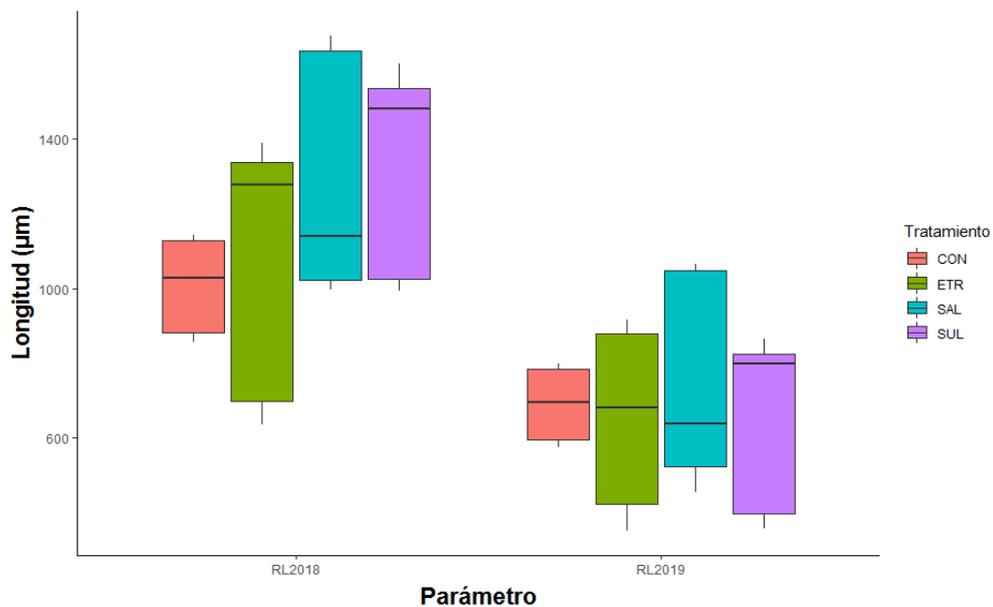


Figura 32. Gráfico de cajas y bigotes de la longitud media de la longitud de anillo de cada muestra (en micrómetros) en función del factor tratamiento para los años 2018 y 2019. Datos correspondientes a muestras procedentes de la zona opuesta a la herida.

Por último, en relación a los canales resiníferos se obtuvieron los siguientes resultados, considerando únicamente la zona de la herida.

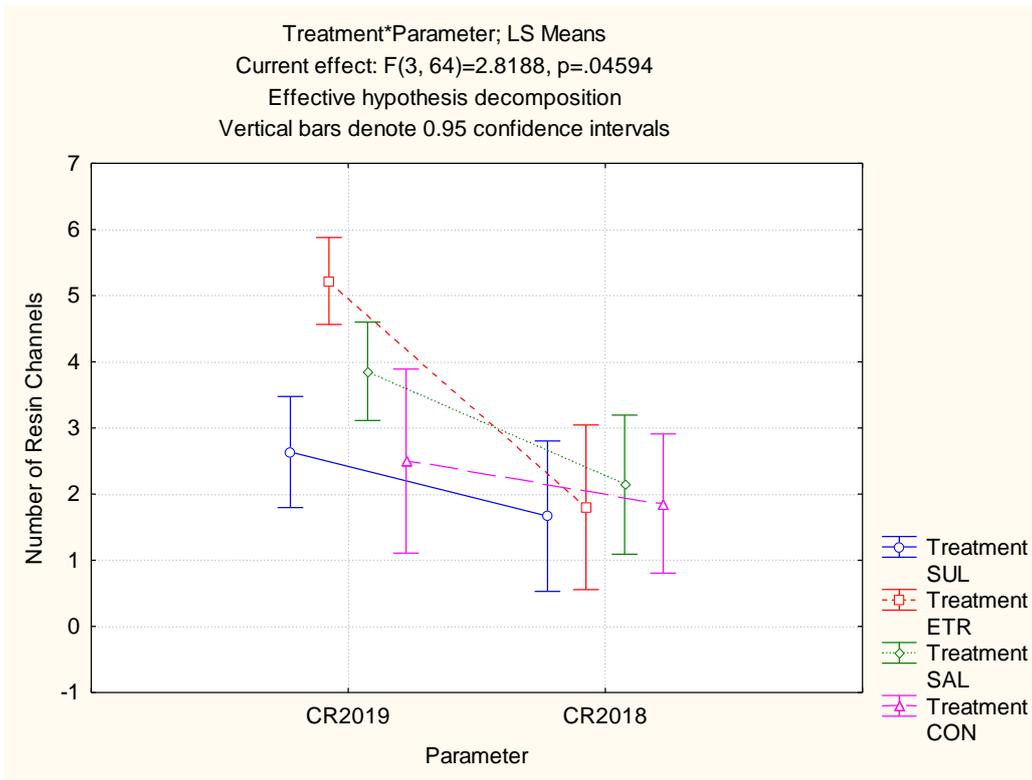


Figura 33: Gráfico líneas con barras de error correspondientes al número de canales resiníferos presentes en las muestras para cada tratamiento.

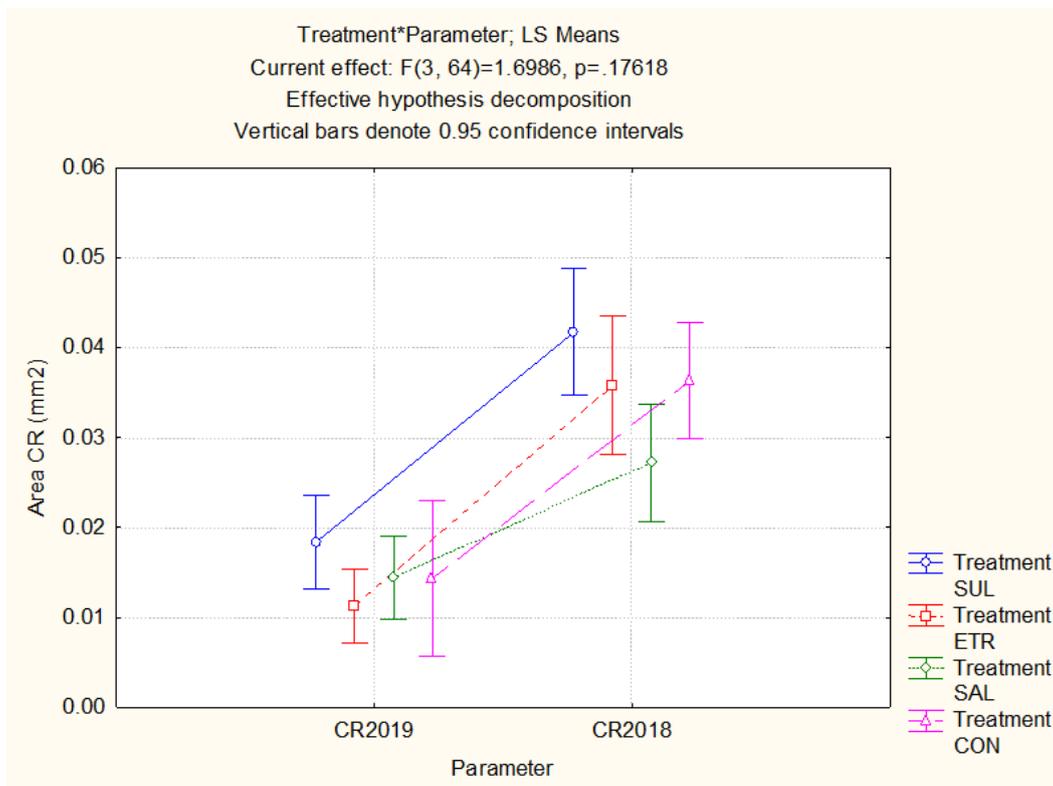


Figura 34. Gráfico líneas con barras de error correspondientes al área unitaria de canales resiníferos (en milímetros cuadrados) presentes en las muestras para cada tratamiento.

En la figura 32 se aprecia cómo se produce un incremento del número de canales resiníferos en 2019 en comparación a los presentes en 2018, mientras que en la figura 33 se observa que en 2019 se produce una disminución del área unitaria de los canales resiníferos en comparación con 2018. Esto parece indicar que la resinación provoca una mayor aparición de canales resiníferos, aunque de menor tamaño. Este resultado ha sido detectado ya en números artículos que han analizado los efectos de la resinación en la anatomía de *Pinus pinaster* (Rodríguez-García et al 2014 y 2015)

### **Análisis cualitativo de la composición química de la resina**

Tal y como se aprecia en la siguiente figura (Figura 33), la composición química de la resina procedente de los distintos tratamientos, así como del interior de los propios árboles es extremadamente similar, por lo que para determinar de manera más precisa su composición, sería necesario el empleo de técnicas más selectivas, que requieren además tratamientos previos de las muestras para poder efectuar su análisis.

Como recomendaciones, se presentan las siguientes técnicas:

- Cromatografía de gases con un espectrofotómetro de masas anexo, que permitiría la detección cuantitativa de las principales especies presentes en las resinas, y actualmente, la más empleada en la bibliografía
- HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) con un espectrofotómetro de masas anexo. La diferencia con la técnica anterior reside en que en este caso, el elemento portador o “fase móvil” es un líquido, denominado eluyente, y cuya composición puede modificarse a lo largo del proceso para lograr la correcta separación de los compuestos. La fase estacionaria sería una columna cromatográfica adecuada para la retención de terpenoides, que son principales constituyentes de la resina.
- Resonancia Magnética Nuclear, que, combinada con alguna de las técnicas anteriores, aportaría información adicional sobre la composición.

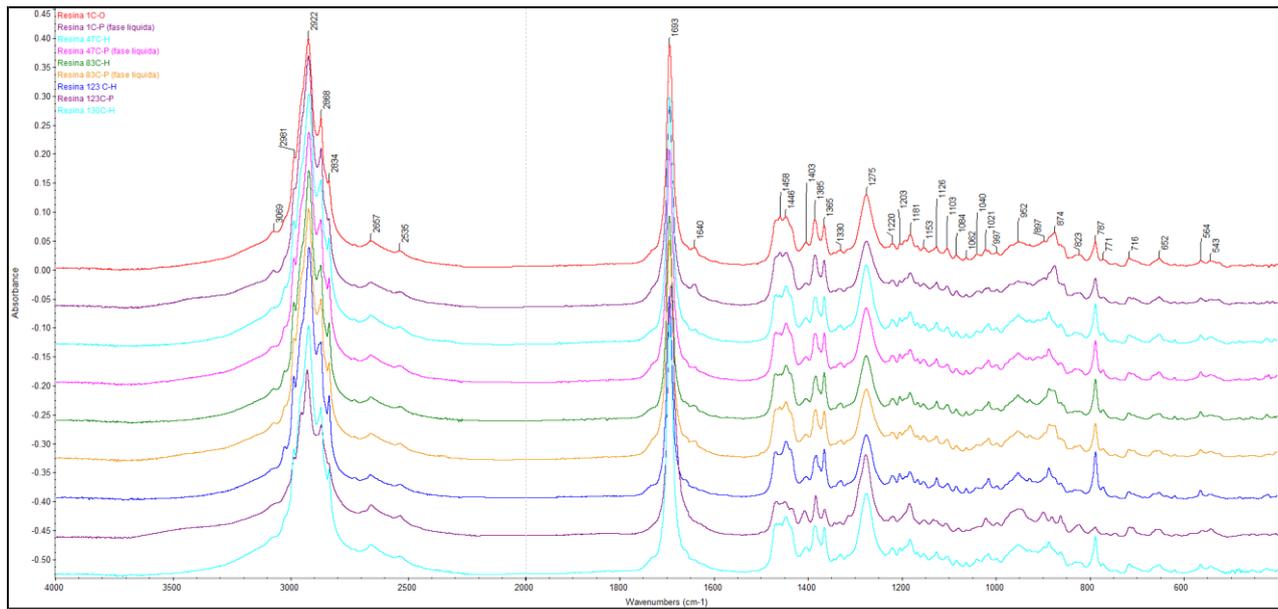


Figura 33. Espectro de infrarrojos (ATR – FTIR) de las siguientes muestras de resina: 1C-O: resina de la zona del fuste opuesta a la cara resinada correspondiente al tratamiento mediante ácido sulfúrico; 1C-P: resina del pote de resinación correspondiente al tratamiento mediante ácido sulfúrico; 47C-H: resina de la zona del fuste a 2 cm encima de la cara resinada correspondiente al tratamiento mediante Ethrel; 47C-P: resina del pote de resinación correspondiente al tratamiento mediante Ethrel; 83C-H: resina de la zona del fuste a 2 cm encima de la cara resinada correspondiente al tratamiento mediante ácido salicílico; 83C-P: resina del pote de resinación correspondiente al tratamiento mediante ácido salicílico; 123C-H: resina de la zona del fuste a 2 cm encima de la cara resinada correspondiente al tratamiento mediante herida sin aplicación de estimulante químico; 123C-P: resina del pote de resinación correspondiente al tratamiento mediante herida sin aplicación de estimulante químico; 130C-H: resina de uno de los árboles controles que se dejaron sin aprovechar.

## 7. Conclusiones

El proceso de formación y liberación de resina en *Pinus pinaster*, al igual que en otras especies del género *Pinus*, integra un complejo sistema con distintos efectos a corto, medio y largo plazo (Moreira, 2010) y en el que se encuentran implicados diversos factores, como pueden ser: las condiciones atmosféricas y edafológicas (Rodríguez-García et al, 2015), los daños bióticos y abióticos a los que se encuentra sometida la planta (Rodrigues-Corrêa & Fett-Netto, 2009), las características dasonómicas de la masa, como la densidad, la edad, la altura y el diámetro a la altura del pecho (Lukmandaru et al, 2021; Zas, 2019), el efecto de fitohormonas e interacciones sinérgicas o antagónicas, y relacionadas con los mecanismos de defensa de la planta frente a daños bióticos o abióticos (Yamato et al, 2020), la regulación de la expresión de los genes responsables de la generación de las proteínas encargadas de la biosíntesis de compuestos terpenoides (Celedon & Bohlmann, 2019), y una compleja red tridimensional de estructuras anatómicas especializadas denominadas canales resiníferos, cuyo origen puede ser constitutivo o traumático (Cabrita, 2019), dónde se vierte y almacena la resina biosintetizada en las células epiteliales de los canales mediante enzimas como la terpeno sintasa, o la citocromo P450, y cuyos metabolitos secundarios pueden activar o inhibir las principales rutas de generación de compuestos terpenoides (Celedon et al, 2019). Es preciso señalar que estos factores son tan solo algunos de los más conocidos o considerados hoy en día como más relevantes en la producción y liberación de resina, y que no constituye un sistema estático, sino que hay presentes complejas interacciones entre ellos, como por ejemplo las relaciones entre clima, anatomía y producción de resina (Rodríguez-García et al, 2015; Lukmandaru et al, 2021) o las interacciones entre distintas fitohormonas (Yamamoto et al, 2020)

En función de las condiciones climáticas y fisiológicas de las plantas, el uso de uno u otro estimulante es más apropiado para asegurar la producción, debido a una compleja interacción de factores genéticos, fisiológicos, ambientales y metabólicos.

La temperatura, en aquellas localidades que establece correlaciones positivas en la producción de resina, lo hace para los tratamientos mediante estimulante químicos, pero no para los controles con herida. Esto puede deberse a los pocos datos disponibles de este último tratamiento o a que en ausencia de ácido sulfúrico, la miera cristaliza tan rápido que no da tiempo a detectar estas diferencias. La aplicación de sistemas de resinación como el método “Borehole” o taladro basal permitiría la detección de esta variabilidad, ya que no se produciría la evaporación de la fracción volátil al quedar retenida en el interior de la bolsa de plástico.

El papel de las fitohormonas en la regulación de la producción de resina es fundamental, y es necesario un mayor entendimiento de las principales vías génicas y metabólicas que regulan la expresión e inhibición de esta clase de compuestos.

Los canales resiníferos, ya sean constitutivos o traumáticos, conforman una compleja red tridimensional. Un mejor entendimiento de su estructura y del funcionamiento de las células de la pared epitelial es esencial para lograr un mejor rendimiento de la resinación.

En aquellas zonas con elevadas precipitaciones o humedad relativa, es preferible la aplicación de pastas que hayan demostrado ser resistentes a la humedad, como parece ser el caso de la pasta en base a ácido salicílico. Para zonas con precipitaciones elevadas, o localizadas a lo largo de la campaña de resinación, el estimulante con base salicílico parece ser el más resistente al lavado, seguido del Ethrel, y en menor medida, el tradicional. Por tanto, el uso del primero es recomendable bajo estas

condiciones de trabajo, ya que no solo garantiza un mejor rendimiento, sino que, además, al suponer menos coste, hace más rentable la explotación

En caso de optarse por tiempos largos de picado, es decir, de 21 días o más, la pasta con base Ethrel, podría ser más competitiva que las demás, aún con el sobrecoste que esto supondría al resinero, pues se trata de un compuesto de liberación lenta cuya acción se ve favorecida al aplicar estas condiciones de trabajo. No obstante, es preciso tener en cuenta que la elección de tiempos de picado más prolongados supone la realización de un menor número de picas a lo largo de la campaña, por lo que, para garantizar una producción equivalente a los tiempos de picado habituales, el trabajador debería de intentar gestionar matas de mayor tamaño. Si, además, ya sea por la propia Administración, o por el propio resinero, se fomenta el aprovechamiento de explotaciones con densidades elevadas (y diámetros dentro de los requisitos mínimos especificados no solo por los pliegos de condiciones, sino por los distintos manuales orientados para mejorar la actividad) se lograrán unos mejores rendimientos en superficies de tamaño similar que en caso de tiempos de picado más cortos.

En el resto de supuestos, el estimulante tradicional es, desde un punto de vista económico, y probablemente técnico, el más apropiado para su uso, ya que: (i) no supone un sobrecoste a los resineros, pues muchas empresas lo suministran gratuitamente, y aunque no fuera así, su coste sería el más competitivo; (ii) induce la misma producción de miera que las demás formulaciones ensayadas; (iii) el quemado químico que produce en el pino, aunque mayor que con las otras pastas, no supone, en virtud de los resultados obtenidos, un descenso de la producción total; (iv) no parece, al menos en este ensayo, incrementar la mortalidad de las plantas, aunque seguramente sean necesarios más estudios al respecto para profundizar en esta cuestión

El efecto de la pasta en base salicílico en Jarandilla puede deberse a una combinación de factores genéticos y fisiológicos.

Los estudios de microrresinación aplicados como método de evaluación precoz a masas forestales aún no explotadas o a nuevas especies, suponen una herramienta novedosa y útil (Zas et al, 2021) sobre la que es necesario efectuar una mayor investigación debido a los potenciales beneficios que podría generar, tanto para los gestores, como para los propios resineros.

El ensayo de nuevas formulaciones de estimulantes (Lukmandaru et al, 2020; Lukmandaru et al, 2021) con reducidas cantidades de ácido sulfúrico (3,3%) y Ethrel (4%) arrojan resultados inesperados, ya que logran considerables producciones. Por lo tanto, tratar de ensayar estas formulaciones, que aparentemente darían malos resultados en nuestras masas forestales, es especialmente interesante de cara a futuros estudios, no solo por evaluar la influencia de estos estimulantes en la producción de resina, sino porque estudio permitiría: (i) realizar formulaciones más económicas con los mismos rendimientos; (ii) al mismo tiempo, serían menos agresivas de cara a la salud de plantas y trabajadores;

## 8. Bibliografía

- Berlanga Santamaría, A. (2008). Historia de la industria resinera en el Señorío de Molina y Alto Tajo.
- Bensted, J., & Prakash, S. (1968). Investigation of the calcium sulphate-water system by infrared spectroscopy. *Nature*, 219(5149), 60-61.
- Celedon, J. M., & Bohlmann, J. (2019). Oleoresin defenses in conifers: chemical diversity, terpene synthases and limitations of oleoresin defense under climate change. *New Phytologist*, 224(4), 1444-1463.
- Collantes, F., & Pinilla, V. (2011). *Peaceful Surrender : The Depopulation of Rural Spain in the Twentieth Century*. Newcastle Upon Tyne: Cambridge Scholar.
- Comisión Europea. (2021). *Desarrollo rural*. Retrieved Marzo 18, 2021, from [https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/rural-development\\_es](https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/rural-development_es)
- Eurostat. (2021). *Estadísticas de energía renovable*. Retrieved Marzo 18, 2021, from [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable\\_energy\\_statistics/es](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/es)
- Exxon Company. 1987. Encyclopedia for the User of Petroleum Products. Houston, Texas: Exxon Company, USA, Marketing Technical Services.
- Fondo Español de Garantía Agraria O.A. (2021). *Historia de la Gestión de los Fondos de financiación de la PAC*. Retrieved Marzo 18, 2021, from <https://www.fega.es/es/financiacion-pac/gestion-de-los-fondos/historia>
- Howard, P. H. (1996). *Handbook of physical properties of organic chemicals*. CRC press.
- Khalizov, A. F., Zhang, R., Zhang, D., Xue, H., Pagels, J., & McMurry, P. H. (2009). Formation of highly hygroscopic soot aerosols upon internal mixing with sulfuric acid vapor. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D5).
- Klepzig, K. D., & Strom, B. L. (2011). Effects of a commercial chitosan formulation on bark Beetle (Coleoptera: Curculionidae) resistance parameters in loblolly pine. *Journal of Entomological Science*, 46(2), 124-134.
- Laguerie, C., Aubry, M., & Couderc, J. P. (1976). Some physicochemical data on monohydrate citric acid solutions in water: solubility, density, viscosity, diffusivity, pH of standard solution, and refractive index. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 21(1), 85-87.
- Lukmandaru, G., Amri, S., Sunarta, S., Listyanto, T., Pujiarti, R., & Widyorini, R. (2020, February). Oleoresin yield of *Pinus merkusii* trees from East Banyumas. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 449, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.
- Mantero, E. M., & Hernández, M. H. (2004). La funcionalidad de los medios rurales en las sociedades urbanas. *Investigaciones Geográficas*(34), 63-76. Retrieved 3 18, 2021, from

<https://investigacionesgeograficas.com/article/view/2004-n34-la-funcionalidad-de-los-medios-rurales-en-las-sociedades-urbanas>

- Matsumoto, K., & Tanaka, H. (1996). Formation and dissociation of atmospheric particulate nitrate and chloride: an approach based on phase equilibrium. *Atmospheric Environment*, 30(4), 639-648.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2021). *Historia de la PAC*. Retrieved Marzo 18, 2021, from <https://www.mapa.gob.es/es/pac/historia-pac/>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). *Anuario de Estadística Forestal 2018*. Madrid: MITERD. Retrieved Marzo 18, 2021
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Cultura y Deporte. (2019). *Anuario de Estadística Forestal*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Muñoz, L. H. (2006). *El antiguo oficio de resinero*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaria General Técnica.
- Nájera y Angulo, F., & Rifé Lamprecht, M. P. (1951). Resinación con estimulantes químicos. Estudio general y experiencias realizadas en los pinares españoles. I. Acido clorhídrico.
- Nájera y Angulo, F. (1961). Sistema de resinación de pica de corteza estimulado con ácido sulfurico: normas de aplicación.
- Rodrigues, K. C. S., Azevedo, P. C. N., Sobreiro, L. E., Pelissari, P., & Fett-Neto, A. G. (2008). Oleoresin yield of *Pinus elliottii* plantations in a subtropical climate: effect of tree diameter, wound shape and concentration of active adjuvants in resin stimulating paste. *Industrial Crops and Products*, 27(3), 322-327.
- Rodrigues, K. C., & Fett-Neto, A. G. (2009). Oleoresin yield of *Pinus elliottii* in a subtropical climate: seasonal variation and effect of auxin and salicylic acid-based stimulant paste. *Industrial Crops and Products*, 30(2), 316-320.
- da Silva Rodrigues, K. C., Apel, M. A., Henriques, A. T., & Fett-Neto, A. G. (2011). Efficient oleoresin biomass production in pines using low cost metal containing stimulant paste. *biomass and bioenergy*, 35(10), 4442-4448.
- Rodrigues-Corrêa, K. C. D. S., de Lima, J. C., & Fett-Neto, A. G. (2012). Pine oleoresin: tapping green chemicals, biofuels, food protection, and carbon sequestration from multipurpose trees. *Food and Energy Security*, 1(2), 81-93.
- da Silva Rodrigues-Corrêa, K. C., de Lima, J. C., & Fett-Neto, A. G. (2013). Oleoresins from pine: production and industrial uses. *Natural products*. Berlin: Springer, 4037-4060.
- Rubio, F. & Pascual, C (2019). Trabajo Fin de Grado: Estudio de selección de áreas prioritarias para implementar proyectos de electrificación en comunidades rurales aisladas en el Departamento de Loreto (El Perú). ETSIMFMN, Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.
- Serbent, M. P., Rebelo, A. M., Pinheiro, A., Giongo, A., & Tavares, L. B. B. (2019). Biological agents for 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid herbicide degradation. *Applied microbiology and biotechnology*, 103(13), 5065-5078.

- SOLÍS, W. 1968. “Experiencias de resinación con el sistema de espina de pescado con el cepillo Mazek sobre Pinus pinea”. Comunicaciones del IFIE n. 2, 10 p.
- Solís, W., & Zamorano, J. L. (1974). Características y utilización de la «pasta IFIE» como estimulante de resinación. *Hoja técnica INIA*.
- Song, Y. (2014). Insight into the mode of action of 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D) as an herbicide. *Journal of integrative plant biology*, 56(2), 106-113.
- UN. (2021). *Overview about the United Nations*. Retrieved from [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/policy/themes/rural-development/](https://ec.europa.eu/regional_policy/en/policy/themes/rural-development/)
- UN. (2021). *Rural development*. Retrieved Marzo 18, 2021, from <http://www.un.org/en/sections/about-un/overview/>
- UNDP. (2021). *Sustainable Development Goals (SDO)*. Retrieved Marzo 18, 2021, from <http://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html>
- Vevere, L., Fridrihsone, A., Kirpluks, M., & Cabulis, U. (2020). A Review of Wood Biomass-Based Fatty Acids and Rosin Acids Use in Polymeric Materials. *Polymers*, 12(11), 2706.
- Yamamoto, F., Iwanaga, F., Al-Busaidi, A., & Yamanaka, N. (2020). Roles of ethylene, jasmonic acid, and salicylic acid and their interactions in frankincense resin production in *Boswellia sacra* Flueck. trees. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10.
- Yang, S. (1969). Ethylene evolution from 2-chloroethylphosphonic acid. *Plant Physiology*, 44(8), 1203.
- Young, T. F., & Grinstead, S. R. (1949). The surface tensions of aqueous sulfuric acid solutions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 51(4), 765-780.
- Zas, R., Touza, R., Sampedro, L., Lario, F. J., Bustingorri, G., & Lema, M. (2020). Variation in resin flow among Maritime pine populations: relationship with growth potential and climatic responses. *Forest Ecology and Management*, 474, 118351.
- Zas, R., Quiroga, R., Touza, R., Vázquez-González, C., Sampedro, L., & Lema, M. (2020). Resin tapping potential of Atlantic maritime pine forests depends on tree age and timing of tapping. *Industrial Crops and Products*, 157, 112940.
- Krokene, P., Nagy, N. E. (2012). Anatomical aspects of resin-based defences in pine. In: Fett-Neto A G, Rodrigues-Corrêa K C S (Eds.) Pine resin: biology, chemistry and applications. pp 67-86. Kerala, India.
- Lewinsohn, E., Gijzen, M., Croteau, R. (1991). Defense-mechanisms of conifers - differences in constitutive and wound-induced monoterpene biosynthesis among species. *Plant Physiology*. 96 (1):44-49. doi:10.1104/pp.96.1.44
- Lombardero, M.J., Ayres, M.P., Ayres, B.D. (2006). Effects of fire and mechanical wounding on *Pinus resinosa* resin defenses, beetle attacks, and pathogens. *Forest Ecology and Management*. 225, 349–358. doi:10.1016/j.foreco.2006.01.010

Moreira, X. (2010). Variación genética y efecto de la disponibilidad de nutrientes en las defensas constitutivas e inducidas de *Pinus pinaster* Ait. Phd Thesis. Pag. 18-26.

Pardos, J.A, Solis W., Moro, J. (1976). Estudio de las variaciones estacionales de la presión de exudación de la resina en árboles, grandes productores y de producción media. Comunicaciones INIA, Serie Recursos Naturales, n° 4,29

Peñuelas, J., Llusia, J. (1999). Short-term responses of terpene emission rates to experimental changes of PFD in *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* in summer field conditions. Environ and experimental botany, 42(1), 61-68.

Rodríguez-García, A.; Martín, Ja.; López, R.; Mutke, S.; Pinillos, F.; Gil, L. 2015. Influence of climate variables on resin yield and secretory structures in tapped *Pinus pinaster* Ait. in central Spain. Agr Forest Meteorol 202: 83-93.

Ruel, J.J., Ayres, M.P., Lorio, Jr., P.L. (1998). Loblolly pine responds to mechanical wounding with increased resin flow. Canadian Journal of Forest Research, 28(4), 596-602. doi:10.1139/x98-030.

Schopmeyer, C. S., Larson, P. R. (1955). Effects of diameter, crown ratio, and growth rate on gum yields of slash and longleaf pine. Journal of Forestry, 53(11), 822-826.



## Entregable 2.17.2. Revisión bibliográfica y descripción del ensayo



**Acción 2.17. Análisis del efecto de nuevos estimulantes de la resinación sobre la cicatrización y el estado fitosanitario de las masas de *Pinus pinaster* Ait subsp. *mesogeensis* Fieschi & Gausсен**

**Producto 2.11 Validación del uso de nuevos estimulantes de resinación en el sistema de explotación de los pinares españoles**



**Autores: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes Forestal y del Medio Natural**

**Fecha: marzo 2019**

**Interreg  
Sudoe**

European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION



SUST  
FOREST  
PLUS

SOE2/P5/E0598

[www.sust-forest.eu](http://www.sust-forest.eu)



SOCIOS | PATERNAIRES | PARCEIROS | PARTNERS



## Tabla de contenido

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| • <b>Diseño del ensayo</b>            | <b>2</b> |
| <b>Tamaño muestral y replanteo</b>    | <b>2</b> |
| <b>Tratamientos</b>                   | <b>3</b> |
| <b>Sistema de resinación empleado</b> | <b>3</b> |
| • <b>Bibliografía</b>                 | <b>5</b> |

## **Diseño del ensayo**

### **Tamaño muestral y replanteo**

Con el fin de homogeneizar las variables ambientales de las parcelas experimentales, cada una de ellas fue subdividida en 3 réplicas o bloques (A, B y C).

Por otro lado, fue necesario escoger un tamaño muestral adecuado a las necesidades del proyecto. Para ello, se partió de una evaluación previa efectuada en los años 2006, 2007 y 2008 en los montes 101 y 108 del CUP de la provincia de Segovia (localidades de Armuña y Melque respectivamente), estableciendo que, para una estimación mínima del 15% en la producción media de cada uno de los tratamientos estudiados, era necesario considerar para cada réplica, un total de 130 pinos de acuerdo a la siguiente distribución:

- 40 pinos que fueron marcados en campo de color blanco y a los que se les aplicó el método de pica de corteza mediante el uso de estimulante tradicional.
- 40 pinos que fueron marcados en campo de color azul y a los que se les aplicó el método de pica de corteza mediante el uso de estimulante basado en Ethrel.
- 40 pinos que fueron marcados en campo de color verde y a los que se les aplicó el método de pica de corteza mediante el uso de estimulante basado en ácido salicílico.
- 10 pinos fueron seleccionados como grupo control, siendo marcados en campo de color rojo. A 5 de ellos se les aplicaron heridas sin el uso de ningún estimulante mientras que a los 5 restantes no se les infligió herida alguna.

Tabla 3. Diseño experimental de las parcelas de cada localidad.

| <b>Réplica A</b>  | <b>Réplica B</b>  | <b>Réplica C</b>  |
|---|---|---|
| 40 pinos resinados con estimulante Tradicional                        | 40 pinos resinados con estimulante Tradicional                        | 40 pinos resinados con estimulante Tradicional                        |
| 40 pinos resinados con estimulante basado en Ethrel                   | 40 pinos resinados con estimulante basado en Ethrel                   | 40 pinos resinados con estimulante basado en Ethrel                   |
| 40 pinos resinados con estimulante basado en Ácido Salicílico         | 40 pinos resinados con estimulante basado en Ácido Salicílico         | 40 pinos resinados con estimulante basado en Ácido Salicílico         |
| 10 pinos control (5 resinados sin estimulante y 5 pinos no resinados) | 10 pinos control (5 resinados sin estimulante y 5 pinos no resinados) | 10 pinos control (5 resinados sin estimulante y 5 pinos no resinados) |



Por lo tanto, se llegaron a ensayar un total de 390 pies por sitio. Además, aparte del marcaje con color, fueron identificados mediante una etiqueta en papel de exterior, en la que se detalló toda la información correspondiente a los mismos (réplica y número). En cualquier caso, todos los pinos fueron ensayados mediante la aplicación del método de pica de corteza (a excepción de los 15 controles sin herida).

Para garantizar la representatividad de los resultados obtenidos, se intentaron estandarizar las metodologías de resinación efectuadas por cada resinero, cuidando aspectos esenciales como el tipo de pica (normal) y la dirección de la resinación (ascendente), al tiempo que no se pudieron controlar factores como el número de cara o el número de entalladura debido a las condiciones de los montes en los que se ubicaban las parcelas experimentales.

## Tratamientos

Por otro lado, se emplearon los siguientes tratamientos:

- Tratamiento mediante estimulante tradicional, con ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) como principio activo.
- Tratamiento mediante estimulante basado en Ethrel, con etefón (ácido 2-cloroetilfosfónico) como principio activo (menor o igual al 5% en masa) y ácido sulfúrico (20% en masa).
- Tratamiento mediante estimulante químico con ácido salicílico como principio activo y ácido sulfúrico (25% en masa).
- Tratamiento control, consistente en aplicación del método de pica de corteza, pero sin aplicación de estimulante químico.

## Sistema de resinación empleado y toma de datos

Como ya se ha mencionado en el punto anterior, el sistema empleado consistió en la aplicación del método de resinación mediante pica de corteza:

Para ello, en primer lugar, se remueve con el barrasco (herramienta específica para la labor de la resinación) parcialmente la corteza del árbol dejando disponible una cara de unos 60 cm de longitud, 15 cm de anchura y 25cm de separación entre el pote y la cara. La cara, de acuerdo a las dimensiones ya citadas se perfila en el árbol mediante el trazador, y el resto de caras de los años sucesivos se efectúan subiendo a lo largo de la entalladura, hasta un máximo de 5 años (por resultar inoperativo el aprovechamiento para el resinero al alcanzar cierta altura y disminuir la capacidad productora de la entalladura explotada). En la base de la cara se clava la medialuna, una cuña metálica de forma semicircular y con un extremo adaptado para facilitar su clavado en la madera mediante el impacto reiterado con un mazo. A continuación, se clava una cuña de chapa metálica con la misma forma que medialuna ha dejado en el árbol. Esta chapa actuará como sistema colector de la miera que es vertida al pote, sostenido debajo mediante la inserción de un clavo en el árbol.

Una vez preparado el árbol a aprovechar, se realiza un corte horizontal mediante la escoda, con la misma longitud que el ancho de la cara y unos 2.5 cm de altura. Para una aplicación óptima, dicho corte ha de profundizar en la corteza lo suficiente hasta entrar en contacto con el cambium vascular,

seguido de la aplicación (o no) de un cordón de estimulante químico, en función del árbol a aprovechar y los criterios ya establecidos.

Para cuantificar la producción de cada pica, la miera recogida en los potes previamente tarados fue pesada por el resinero mediante una Balanza electrónica Nahita Blue serie 5171 con una precisión de 0,1g y un peso máximo de 5000g. Es decir, el resinero efectúa la primera pica, coloca los potes previamente tarados, y espera unos días hasta que llega el momento de efectuar la segunda. Una vez en campo, pesa la miera recogida en los potes, que supone la producción segregada por el árbol durante la primera pica. Posteriormente, pasados el periodo de duración de la segunda pica, el trabajador repite este proceso: pesa el pote previamente tarado que contiene la miera segregada durante las dos primeras picas, que anota en el estadillo, y efectúa la tercera. Esto se repite a lo largo de toda la campaña de resinación hasta la finalización de la campaña, momento en el cual o bien digitaliza él mismo los datos contenidos en los estadillos y los envía por email, o los hace llegar de manera física al Departamento de Sistemas y Recursos Naturales de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Madrid para ser digitalizados por personal del Centro.

No obstante, es necesario matizar que aproximadamente cada tres o cuatro picas el resinero ha de remasar (vaciar) el contenido del pote, debido a que la miera podría desbordarse, perdiendo de esa manera información sobre la producción real. Es por ello que, de cara a realizar la base de datos para localidad, ha de tenerse esto en cuenta.

Por último, en caso de querer visualizar estos instrumentos, en la siguiente dirección web hay croquis con la forma y dimensiones de las herramientas tradicionalmente empleadas en el proceso de resinación: <https://www.sust-forest.eu/es/fichas-de-producto>. Además, en el siguiente vídeo desarrollado de manera conjunta por la Xunta de Galicia y el Centro de Investigación Forestal de Lourizán se observa con mayor detalle todo lo descrito y sintetizado en tan solo un minuto y cuarenta y nueve segundos: <https://www.youtube.com/watch?v=GoqGJt-ptnU>.

## **Bibliografía**

- ✦ Bektas, Y., Eulgem, T., 2014. Synthetic plant defense elicitors. *Front. Plant Sci.* 5, 804.
- ✦ Chen, Z., Zheng, Z., Huang, J., Lai, Z., Fan, B., 2009. Biosynthesis of salicylic acid in plants. *Plant Signal. Behav.* 4, 493–496.
- ✦ Fett-Neto, A.G., Rodrigues-Corrêa, K.C.S., 2012. Physiological control of pine resin production. In: Fett-Neto, A.G., Rodrigues-Corrêa, K.C.S. (Eds.), *Pine Resin: Biology, Chemistry and Applications*. Research Signpost, Kerala, India, pp. 126.
- ✦ Franich, R.A., Carson, M.J., Carson, S.D., 1986. Synthesis and accumulation of benzoic acid in *Pinus radiata* needles in response to tissue injury by dothistromin, and correlation with resistance of *P. radiata* families to *Dothistroma pini*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 28, 267–286.
- ✦ Fuller, T.N., de Lima, J.C., de Costa, F., Rodrigues-Corrêa, K.C.S., Fett-Neto, A.G., 2016. Stimulant paste preparation and bark streak tapping technique for pine oleoresin extraction. In: Fett-Neto, A.G. (Ed.), *Biotechnology of Plant Secondary Metabolism –Methods in Molecular Biology*. Springer New York, New York, pp. 19–26.
- ✦ Hudgins, J.W., Franceschi, V.R., 2004. Methyl jasmonate-induced ethylene production is responsible for conifer phloem defense responses and reprogramming of stem cambial zone for traumatic resin duct formation. *Plant Physiol.* 135, 2134–2149.
- ✦ Khan, N.A., Nazar, R., Iqbal, N., Anjum, N.A., 2012. *Phytohormones and Abiotic Stress Tolerance in Plants*. Springer Science & Business, Media, Berlin.
- ✦ Martin, D., Tholl, D., Gershenzon, J., Bohlmann, J., 2002. Methyl jasmonate induces traumatic resin ducts, terpenoid resin biosynthesis, and terpenoid accumulation in developing xylem of Norway spruce stems. *Plant Physiol.* 129, 1003–1018
- ✦ Miura, K., Tada, Y., 2014. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Front. Plant Sci.* 5, 4.
- ✦ Neis, F. A., de Costa, F., Füller, T. N., de Lima, J. C., da Silva Rodrigues-Corrêa, K. C., Fett, J. P., & Fett-Neto, A. G. (2018). Biomass yield of resin in adult *Pinus elliottii* Engelm. trees is differentially regulated by environmental factors and biochemical effectors. *Industrial Crops and Products*, 118, 20-25.
- ✦ Rodrigues, K.C.S., Fett-Neto, A.G., 2009. Oleoresin yield of *Pinus elliottii* in a subtropical climate: seasonal variation and effect of auxin and salicylic acid-based stimulant paste. *Ind. Crops Prod.* 30, 316–320.
- ✦ Rodrigues, K.C.S., Azevedo, P.C.N., Sobreiro, L.E., Pelissari, P., Fett-Neto, A.G., 2008. Oleoresin yield of *Pinus elliottii* plantations in a subtropical climate: effect of tree diameter, wound shape and concentration of active adjuvants in resin stimulating paste. *Ind. Crops Prod.* 27, 322–327.
- ✦ Rodrigues, K.C.S., Apel, M.A., Henriques, A.T., Fett-Neto, A.G., 2011. Efficient oleoresin biomass production in pines using low cost metal containing stimulant paste. *Biomass Bioenergy* 35, 4442–4448.



- ✦ Rodrigues-Corrêa, K.C.S., Fett-Neto, A.G., 2013. Seasonality and chemical elicitation of defense oleoresin production in field-grown slash pine under subtropical climate. *Theor. Exp. Plant Physiol.* 25, 56–61.
- ✦ Rodrigues-Corrêa, K.C.S., Lima, J.C., Fett-Neto, A.G., 2012. Pine oleoresin: tapping Green chemicals, biofuels, food protection, and carbon sequestration from multipurpose trees. *Food Energy Secur.* 1, 81–93.
- ✦ Shah, J., 2003. The salicylic acid loop in plant defense. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6, 365–371.
- ✦ ABELES, F. B., MORGAN, P. W., & SALTVEIT, M. (2012). Ethylene in Plant Biology: Second Edition. En *Ethylene in Plant Biology: Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-03226-7>
- ✦ BERLANGA SANTAMARÍA, A. (1999). La industria resinera en Guadalajara. Un siglo de historia (1889-1989) (Diputación Provincial de Guadalajara, Ed.).
- ✦ DE GEYTER, N., GHOLAMI, A., GOORMACHTIG, S., & GOOSSENS, A. (2012). Transcriptional machineries in jasmonate-elicited plant secondary metabolism. *Trends Plant Sci.* 17(6), 349–359. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.03.001>
- ✦ FUSATTO, A. (2006). Pastas estimulantes em sistemas de resinagem de *Pinus elliottii* var. *elliottii*.
- ✦ GERSHENZON, J. (1994). Metabolic costs of terpenoid accumulation in higher plants. *Journal of Chemical Ecology*, 20(6), 1281–1328. <https://doi.org/10.1007/BF02059810>
- ✦ HUDGINS, J. W., CHRISTIANSEN, E., & FRANCESCHI, V. R. (2004). Induction of anatomically based defense responses in stems of diverse conifers by methyl jasmonate: a phylogenetic perspective. *Tree Physiol.* 24(3), 251–264. <https://doi.org/10.1093/treephys/24.3.251>
- ✦ HUDGINS, J. W., & FRANCESCHI, V. R. (2004a). Methyl jasmonate-induced ethylene production is responsible for conifer phloem defense responses and reprogramming of stem cambial zone for traumatic resin duct formation. *Plant Physiol.* 135(4), 2134–2149.
- ✦ HUDGINS, J. W., & FRANCESCHI, V. R. (2004b). Methyl Jasmonate-Induced Ethylene Production Is Responsible for Conifer Phloem Defense Responses and Reprogramming of Stem Cambial Zone for Traumatic Resin Duct Formation. *Plant Physiol.* 135(4), 2134–2149. <https://doi.org/10.1104/pp.103.037929>
- ✦ JUNKES, C. F. DE O., DUZ, J. V. V., KERBER, M. R., WIECZOREK, J., GALVAN, J. L., FETT, J. P., & FETT-NETO, A. G. (2019b). Resinosis of young slash pine (*Pinus elliottii* Engelm.) as a tool for resin stimulant paste development and high yield individual selection. *Industrial Crops and Products*, 135, 179–187. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.04.048>
- ✦ KANE, J. M., & KOLB, T. E. (2010). Importance of resin ducts in reducing ponderosa pine mortality from bark beetle attack. *Oecologia*, 164(3), 601–609. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1683-4>
- ✦ KARUPPANAPANDIAN, T., MOON, J.-C., KIM, C., MANOHARAN, K., & KIM, W. (2011). Reactive oxygen species in plants: Their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. *Aus J Crop Sci.* 5, 709–725.
- ✦ LOMBARDERO, M. J., AYRES, M. P., LORIO JR, P. L., & RUEL, J. J. (2000). Environmental effects on constitutive and inducible resin defences of *Pinus taeda*. *Ecology Letters*, 3(4), 329–339. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00163.x>
- ✦ LÓPEZ, R., CANO, F. J., RODRÍGUEZ-CALCERRADA, J., SANGÜESA-BARRERA, G., GAZOL, A., CAMARERO, J. J., ROZENBERG, P., & GIL, L. (2021). Tree-ring density and carbon isotope composition are early-warning signals of drought-induced mortality in the drought tolerant Canary Island pine. *Agricultural and Forest Meteorology*, 310, 108634. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108634>
- ✦ LUKMANDARU, G., AMRI, S., SUNARTA, S., LISTYANTO, T., PUJIARTI, R., & WIDYORINI, R. (2020). Oleoresin yield of *Pinus merkusii* trees from East Banyumas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 449(1), 012024.
- ✦ MCDOWELL, N. G., ADAMS, H. D., BAILEY, J. D., & KOLB, T. E. (2007). The role of stand density on growth efficiency, leaf area index, and resin flow in southwestern ponderosa pine forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 37(2), 343–355. <https://doi.org/10.1139/X06-233>



- ✦ MCREYNOLDS, R. D., & KOSSUTH, S. V. (1984). CEPA in Sulfuric Acid Paste Increases Oleoresin Yields<sup>1</sup>. *Southern Journal of Applied Forestry*, 8(3), 168–172. <https://doi.org/10.1093/sjaf/8.3.168>
- ✦ MICHAVILA PUENTE-VILLEGAS, S., RODRÍGUEZ-GARCÍA, A., RUBIO, F., GIL, L., & LÓPEZ, R. (2021). Salicylic and citric acid as promising new stimulants for resin tapping in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Forest Systems*, 29, eSC07. <https://doi.org/10.5424/fs/2020293-16737>
- ✦ MITECO. (2021). *Anuario de Estadística Forestal 2019*.
- ✦ MOREIRA, X., SAMPEDRO, L., & ZAS, R. (2009). Defensive responses of *Pinus pinaster* seedlings to exogenous application of methyl jasmonate: Concentration effect and systemic response. *Environmental and Experimental Botany*, 67(1), 94–100. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.05.015>
- ✦ MUÑOZ, L. H. (2006). *El antiguo oficio de resinero: Vol. HD 2116*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica. <https://www.sdlmedioambiente.com/ficheros/hojadivulgativaresinero.pdf>
- ✦ NÁJERA Y ANGULO, F. (1961). Sistema de resinación de pica de corteza estimulado con ácido sulfúrico: normas de aplicación. *Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de La Madera*.
- ✦ NÁJERA Y ANGULO, F., & RIFÉ LAMPRECHT, M. P. (1951). Resinación con estimulantes químicos. Estudio general y experiencias realizadas en los pinares españoles. I. Acido clorhídrico. *Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de La Madera*. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/5242>
- ✦ PER, T. S., KHAN, M. I. R., ANJUM, N. A., MASOOD, A., HUSSAIN, S. J., & KHAN, N. A. (2018). Jasmonates in plants under abiotic stresses: Crosstalk with other phytohormones matters. *Environmental and Experimental Botany*, 145, 104–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.11.004>
- ✦ PEROTTI, J. C., DA SILVA RODRIGUES-CORRÊA, K. C., & FETT-NETO, A. G. (2015). Control of resin production in *Araucaria angustifolia*, an ancient South American conifer. *Plant Biology*, 17(4), 852–859. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/plb.12298>
- ✦ PICARDO, Á., & PINILLOS, F. (2013). La resinación en España y en el mundo en 2013: Situación y perspectivas. In MAGRAMA (Ed.), *II Simposio Internacional de Resinas Naturales* (pp. 30–53). Centro de Publicaciones del MAGRAMA.
- ✦ RIPULLONE, F., GUERRIERI, M. R., NOLE', A., MAGNANI, F., & BORGHETTI, M. (2007). Stomatal conductance and leaf water potential responses to hydraulic conductance variation in *Pinus pinaster* seedlings. *Trees*, 21(3), 371–378. <https://doi.org/10.1007/s00468-007-0130-6>
- ✦ RISSANEN, K., HÖLTTÄ, T., BÄCK, J., RIGLING, A., WERMELINGER, B., & GESSLER, A. (2021). Drought effects on carbon allocation to resin defences and on resin dynamics in old-grown Scots pine. *Environmental and Experimental Botany*, 185, 104410. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104410>
- ✦ RODRIGUES, K. C. S., AZEVEDO, P. C. N., SOBREIRO, L. E., PELISSARI, P., & FETT-NETO, A. G. (2008). Oleoresin yield of *Pinus elliottii* plantations in a subtropical climate: Effect of tree diameter, wound shape and concentration of active adjuvants in resin stimulating paste. *Industrial Crops and Products*, 27(3), 322–327. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.11.010>
- ✦ RODRIGUES, K. C. S., & FETT-NETO, A. G. (2009). Oleoresin yield of *Pinus elliottii* in a subtropical climate: Seasonal variation and effect of auxin and salicylic acid-based stimulant paste. *Industrial Crops and Products*, 30(2), 316–320. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.06.004>
- ✦ RODRIGUES-CORRÊA, K. C. DA S., DE LIMA, J. C., & FETT-NETO, A. G. (2012). Pine oleoresin: tapping green chemicals, biofuels, food protection, and carbon sequestration from multipurpose trees. *Food and Energy Security*, 1(2), 81–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fes3.13>
- ✦ RODRIGUES-CORRÊA, K., & FETT-NETO, A. (2013). Seasonality and chemical elicitation of defense oleoresin production in field-grown slash pine under subtropical climate. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 25, 56–61. <https://doi.org/10.1590/S2197-00252013000100007>
- ✦ RODRÍGUEZ-GARCÍA, A., LÓPEZ, R., MARTÍN, J. A., PINILLOS, F., & GIL, L. (2014). Resin yield in *Pinus pinaster* is related to tree dendrometry, stand density and tapping-induced systemic changes in xylem anatomy. *Forest Ecology and Management*, 313, 47–54.

- RODRÍGUEZ-GARCÍA, A., MARTÍN, J. A., LÓPEZ, R., MUTKE, S., PINILLOS, F., & GIL, L. (2015). Influence of climate variables on resin yield and secretory structures in tapped *Pinus pinaster* Ait. in central Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 202, 83–93.
- RUEL, J. J., AYRES, M. P., & LORIO PETER L, JR. (1998). Loblolly pine responds to mechanical wounding with increased resin flow. *Canadian Journal of Forest Research*, 28(4), 596–602. <https://doi.org/10.1139/x98-030>
- SILVERMAN, F. P., PETRACEK, P. D., FLEDDERMAN, C. M., JU, Z., HEIMAN, D. F., & WARRIOR, P. (2005). Salicylate Activity. 1. Protection of Plants from Paraquat Injury. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(25), 9764–9768. <https://doi.org/10.1021/jf0513819>
- SOLÍS, W., & ZAMORANO, J. L. (1974). Características y utilización de la «pasta IFIE» como estimulante de resinación. *Hoja Técnica INIA*.
- TRAPP, S., & CROTEAU, R. (2001). DEFENSIVE RESIN BIOSYNTHESIS IN CONIFERS. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52(1), 689–724. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.52.1.689>
- YAMAMOTO, F., IWANAGA, F., AL-BUSAIDI, A., & YAMANAKA, N. (2020). Roles of ethylene, jasmonic acid, and salicylic acid and their interactions in frankincense resin production in *Boswellia sacra* Flueck. trees. *Scientific Reports*, 10(1), 16760. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73993-2>
- YANG, S. (1969). Ethylene evolution from 2-chloroethylphosphonic acid. *Plant Physiology*, 44(8), 1203.
- ZAS, R., QUIROGA, R., TOUZA, R., VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, C., SAMPEDRO, L., & LEMA, M. (2020). Resin tapping potential of Atlantic maritime pine forests depends on tree age and timing of tapping. *Industrial Crops and Products*, 157, 112940.
- ZAS, R., TOUZA, R., SAMPEDRO, L., LARIO, F. J., BUSTINGORRI, G., & LEMA, M. (2020). Variation in resin flow among Maritime pine populations: relationship with growth potential and climatic responses. *Forest Ecology and Management*, 474, 118351.
-



## Entregable 2.17.3. Presentación de resultados



**Acción 2.17. Análisis del efecto de nuevos estimulantes de la resinación sobre la cicatrización y el estado fitosanitario de las masas de *Pinus pinaster* Ait subsp. *mesogeensis* Fieschi & Gausson**

**Producto 2.11 Validación del uso de nuevos estimulantes de resinación en el sistema de explotación de los pinares españoles**

**Autores: Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes Forestal y del Medio Natural**

**Fecha: noviembre 2021**



[www.sust-forest.eu](http://www.sust-forest.eu)

SOCIOS | PATERNAIRES | PARCEIROS | PARTNERS



Proyecto cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe a través del Fondo Europeo de Desarrollo

## Contenido

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>   | <b>3</b>  |
| <b>EVENTOS</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Mayo 2018. Presentación de la propuesta en la Jornada Pine Chemicals Savannah. EEUU</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Septiembre 2018- PCA. Lisboa</b>   | <b>4</b>  |
| <b>Octubre 2018. Reunión de coordinación. Segunda Asamblea de proyecto. Cestas. Burdeos</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Enero 2019. Inter-regional Workshop on “Resin resource monitoring &amp; modelling in a context of climate change”, organised by the European Thematic Network INCREDible at INIA</b> | <b>6</b>  |
| <b>Febrero 2019. Mesa de la Resina de Castilla y León</b>   | <b>7</b>  |
| <b>Mayo 2019. Jornadas internacionales "El aprovechamiento resinero: Montes con Futuro" en el Municipio de Proença-a-Nova, Portugal; los días 30 y 31 de mayo.</b>                      | <b>9</b>  |
| <b>Octubre 2019 Mejora de la producción resinera mediante mejora genética: familias grandes productores.</b>  | <b>9</b>  |
| <b>Noviembre 2019 tercera asamblea general del proyecto presentación en Lisboa</b>  | <b>10</b> |
| <b>Diciembre 2019. Jornada de resineros. Presentación en Coca</b>   | <b>10</b> |
| <b>Septiembre 2020 cuarta asamblea general del proyecto. On line</b>  | <b>11</b> |
| <b>Octubre 2021 Jornadas internacionales El resinero: el futuro de un oficio, del 4 al 5 octubre en el Teatro Palacio de la Audiencia de Soria.</b>                                     | <b>12</b> |
| <b>Noviembre 2021. SEMINARIO PARA LA MEJORA DE PRODUCCIÓN DE RESINA EN PINUS PINASTER AITON. Pontevedra</b>   | <b>13</b> |
| <b>PUBLICACIONES</b>  | <b>14</b> |
| <b>Máster en Ingeniería de Montes. Trabajo Fin de Máster.</b>   | <b>14</b> |

## INTRODUCCIÓN

Este documento reúne el listado de eventos y publicaciones en las que se ha realizado la divulgación de los resultados obtenidos en el Producto 2.11 Validación del uso de nuevos estimulantes de resinación en el sistema de explotación de los pinares españoles

## EVENTOS

### Mayo 2018. Presentación de la propuesta en la Jornada Pine Chemicals Savannah. EEUU

En Mayo de 2018, Aida Rodriguez presentó la propuesta de trabajo del proyecto Sustforest Plus relativa al análisis del efecto de nuevos estimulantes de la resinación sobre la cicatrización y el estado fitosanitario de las masas de Pinus pinaster Ait subsp. mesogeensis Fieschi & Gausсен en el encuentro de primavera de la Asociación Internacional Pine Chemicals

The screenshot shows the Pine Chemicals website interface. At the top, there are navigation tabs for 'SPRING MEETING' and 'INTERNATIONAL CONFERENCE'. The main content area features a header for the '2018 PCA SPRING MEETING (WESTIN SAVANNAH HARBOUR IN SAVANNAH, GA)'. Below this, there is a 'Registration List: 2018 PCA Spring Meeting (Westin Savannah Harbour in Savannah, GA)' section. A 'Sign In' box is visible on the right, with options for 'Login with Facebook' and 'Login with LinkedIn', and a 'Username' field. A navigation bar at the bottom includes links for 'SYMPOSIUM HOME', 'REGISTER', 'HOTEL', 'AGENDA', 'SPEAKERS', 'SITES', 'GETTING THERE', 'VISA', and 'FAQ'. The 'KEYNOTE SPEAKERS' section highlights 'Dr. Aida Rodriguez Garcia' from the 'Forest Genetics and Physiology Research Group at Technical University of Madrid'. A photo of Dr. Garcia is shown next to her bio, which details her research on pine tapping techniques and her current post-doctoral stay at Ghent University, Belgium.





### Septiembre 2018- PCA. Lisboa

El proyecto SustForest Plus participa en la Conferencia Internacional de la Pine Chemical Association. Álvaro Picardo presenta los objetivos de SustForest Plus





Estos días se presentaron algunos de los objetivos de proyecto como las mejoras en estimulantes y la red de innovación de resinas naturales y se compartió con otros proyectos activos como INCREDIBLE y socios de la Pine Chemical a nivel internacional

## Octubre 2018. Reunión de coordinación. Segunda Asamblea de proyecto. Cestas. Burdeos

Durante esta reunión se hizo una presentación inicial del diseño de los trabajos de mejora de estimulante y los problemas identificados en la primera campaña de resinación (2018)

**Interreg Sudoe**

Proyecto cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional

**SECOND PROJECT MEETING**  
Bordeaux, France  
Pierroton CESTAS  
EFIATLANTIC offices at the INRA's forest site

08/10/2018  
Arrival of the participants  
The list of the recommended hotels is below.

09/10/2018  
Morning Session  
Working language: English

| Time         | Item  |
|--------------|---|
| 8:30 - 9:00  | Registration of the participants  |
| 9:00 - 9:20  | Welcome and logistics. CRPF Nouvelle Aquitaine / EFI  |
| 9:20 - 9:40  | Introduction: Progress status of the project. CESEFOR.  |
| 9:40 - 10:40 | WP.1 Strategy for the sustainable use of European natural resins.<br>1. General presentation. INIA (15 min) |





**Enero 2019. Inter-regional Workshop on “Resin resource monitoring & modelling in a context of climate change”, organised by the European Thematic Network INCREDible at INIA**

Aida Rodriguez participa en el workshop Monitoreo y modelización de recursos de resina en un contexto de cambio climático, organizado por H2020 Incredibforest presentando algunos de los resultados del ensayo de estimulantes

**incredible**  
Production Networks for Cork, Resins & Edibles

**“Resin resource monitoring & modelling in a context of climate change”**

Madrid, January 21/22, 2019

Organized by iNet

**Session 2. Threats & challenges for resin tapping in pine forests – what are we facing?**

- 09:00 Climate change and forest resilience - maritime pine decline at southern Guadarrama  
Guillermo Seo, Iñaki Martín Benito, INIA
- 09:15 Maritime pine decline in Northern Castile, droughts and implied pathogens  
Julio Díez Carero, IZAF-IR
- 09:30 Rural abandonment and evolution towards megafires - a rural renaissance needed?  
Cristóbal Cobo, IS4U, INIA
- 09:45 Panel Discussion

**Session 3. Resin yield data & models, a support for resource mobilisation - what can science tell us?**

- 10:00 Which resin yield data and models do the resin sector need?  
Marta Ferrás, IZSEDA Resina
- 10:15 What information is needed for market and profitability analysis of resin tapping systems?  
Christophe Duho / Armand Coueun, EFI / SustForest Plus project
- 10:30 SustForest Lab & sampling protocols for Maritime pine resin as forest resource  
Rocío Ali, IZAF-IR
- 10:45 Growth and yield models for Maritime pine and its resin yield  
Felipe Bravo, UVA/UGR

**Final Session. Needs and challenges for the sector that forest models can respond.**

- 16:00 Group work
- 16:00 Plenary Session
- 16:30 Dinner
- 17:00-18:00 [SustForestPlus - internal project coordination meeting]



**Febrero 2019. Mesa de la Resina de Castilla y León**

La Universidad Politécnica fue invitada a participar en esta reunión para presentar los resultados del ensayo y futuras actuaciones ante el conjunto de agentes del sector que representa esta entidad

**MESA DE LA RESINA DE CASTILLA Y LEÓN**

**ASUNTO: CONVOCATORIA DE ASAMBLEA DE LA MESA DE LA RESINA**

Se convoca la asamblea ordinaria de la Mesa de la Resina de Castilla y León correspondiente al cierre de campaña de 2018 de acuerdo con el siguiente:

**ORDEN DEL DÍA**

- Admisión como miembro de Resinas Navas de Oro.
- Portal de la Resina: objetivos, estado de elaboración y sugerencias de contenidos.
- Pre-balance de campaña 2018.
- Proyectos de interés y grupos operativos: estado y perspectivas.
  - Grupo Operativo ResiMec - Ponente Fundación Cesefor
  - Grupo Operativo ANR - Ponente Asociación Nacional de Resineros
  - SusForest Plus - Ponente Fundación Cesefor e INIA
  - INCREDIBLE Project - Ponente Fundación Cesefor
  - Ensayos de estimulantes - Ponente Fundación Cesefor y UPM
  - Ensayos de talaño basal - Ponente María Bragado
- Asuntos sugeridos por la Asociación Nacional de Resineros:
  - Subcontratación de pinos
  - Apoyo de la Junta de Castilla y León a un proyecto de innovación sobre mecanización con líneas no inclusivas con los resineros.
  - Reiteración anual en los retrasos de licencias de los resineros.
  - Falta de información sobre estudios de estimulantes químicos.
  - Control de cantidad de resina producida en monte a través de controles periódicos de la guardería forestal - medicamental.
- Ruegos y preguntas. Duración prevista aproximada: 3 horas y media.

**ASISTENTES INVITADOS**

De acuerdo con los aspectos a tratar en la presente convocatoria, y por el interés de sus posibles aportaciones en los temas abordados, la Mesa de la Resina invita a participar en la asamblea a las siguientes personas:

- Empresario promotor de la nueva fábrica Resinas de Navas de Oro
- Investigadora de la Universidad Politécnica de Madrid
- Investigador del Instituto Nacional de Investigación Agraria

Habiendo sido Usted designado como representante del Sector, le convocamos a la reunión de la Mesa de la Resina que tendrá lugar el próximo 7 de febrero de 2019 a las 10:30 horas en la Sala de Juntas de la Dirección General del Medio Natural, en la Consejería de Fomento y Medio Ambiente, C/ Rigoberto Cortezo, nº 14-47014 – Valladolid.

Soria, a 28 de enero de 2019,  
CESEFOR SECRETARÍA DE LA MESA DE LA RESINA  
Edo. Pablo Galán  
Director de Cesefor.

Página 1 de 2



1

2

3

4

**RESUMEN DE RESULTADOS**

**ENSAYOS DE VALIDACIÓN Y ADAPTACIÓN DE NUEVOS ESTIMULANTES DE RESINACIÓN EN EL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE LOS PINARES DE CASTILLA Y LEÓN**

Diapositiva 1 de 18 español (alfab. internacional) Enviar comentarios a Microsoft

**Mayo 2019. Jornadas internacionales "El aprovechamiento resinero: Montes con Futuro" en el Municipio de Proença-a-Nova, Portugal; los días 30 y 31 de mayo.**



**PROGRAMA DE LA REUNIÓN DE TRABAJO DEL COMITÉ DE SEGUIMIENTO DEL PROYECTO SustForest Plus**

| Miércoles, 29 de mayo de 2019<br>Ayuntamiento de Proença-a-Nova |   |
|---|---|
| 14:30-15:00   | Registro de participantes   |
| 15:00-15:10   | Bienvenida y logística<br>Ayuntamiento de Proença-a-Nova  |
| 15:10-15:30   | Introducción y evaluación general del proyecto.<br>Cesefor.   |
| 15:30-16:00   | Pausa para el café<br>Desplazamiento hacia el Hotel das Amoras  |
| 16:10-16:30   | Avances en el grupo de tareas 1: Estrategia para el aprovechamiento sostenible de la resina natural europea.<br>Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)   |
| 16:30-16:50   | Balace de actividades de comunicación del proyecto.<br>Cesefor.   |
| 16:50-18:20   | Mesa de trabajo de análisis multicriterio para la evaluación de sostenibilidad de escenarios resineros.<br>Dinámica participativa con presentación y discusión de itinerarios de producción resinera en Europa, análisis de indicadores económicos, medioambientales y sociales asociados, y evaluación y clasificación de alternativas.<br>European Forest Institute (EFI) |
| 18:20-18:35   | Conclusiones del Comité de Seguimiento  |
| 18:35-18:50   | Intervención del Secretario de Estado para el Desarrollo Forestal y Rural, João de Freitas  |
| 21:00   | Cena de los socios del proyecto<br>Hotel de las Amoras  |

**Octubre 2019 Mejora de la producción resinera mediante mejora genética: familias grandes productores.**

Centro Forestal Sequero Coca (Segovia), jueves 24 de octubre de 2019. Jornada de transferencia (Science-to-Practice event)

Santiago Michavilla presenta algunos de los resultados del ensayo de pastas estimulantes durante este evento organizado por el proyecto Incredible





**Noviembre 2019 tercera asamblea general del proyecto presentación en Lisboa**

Asistimos en Lisboa estos días a la 3ª asamblea general del proyecto en la que desde UPM presentamos algunos de nuestros más recientes trabajos



**Third Project Meeting – Second General Assembly**  
**INIAV facilities, 20 to 21 November 2019**

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I. P.  
Avenida da República Portugal, Oeiras, Portugal

Working language: English

**Day 1 – Wednesday 20 November – Technical Meeting**

| Time                      | Session  | By                       | For                    |
|---------------------------|--|--------------------------|------------------------|
| 8:30 – 9:00               | Registration of the participants   | INIAV                    | All                    |
| 9:00 – 9:10               | Welcome and logistics.   | INIAV                    | All                    |
| 9:10 – 11:10              | Worktable 1:<br>European Network of Resin Territories  | PROENÇA-A-NOVA & CESEFOR | All                    |
|                           | - Web-Site presentation (10 min)   |                          |                        |
|                           | - Proença-a-Nova Statement presentation (20 min)   |                          |                        |
|                           | - Draft statutes revision and discussion (80 min)  |                          |                        |
| - Next actions (10 min)   |  |                          |                        |
| 11:10 – 11:30             | Coffee break (20 min)  |                          |                        |
| 11:30 – 11:50             | Socio-labour characterisation of the SUDOIE resin tapper population. Work progress.  | INIAV                    | All except worktable 2 |
| 11:50 – 12:10             | Success stories and good entrepreneurship practices of the resin tapper multifunctional activity.                                | PENELA                   | All except worktable 2 |
| 11:30 – 12:10<br>Parallel | Worktable 2:<br>Analysis of the territorial system of the SUDOIE regions with a high resin potential. Inventory standardization. | CESEFOR                  | CRPF & INIAV.          |
|                           | Worktable 3:<br>Analysis of the territorial system of the SUDOIE regions   |                          |                        |
|                           |  |                          |                        |



**Diciembre 2019. Jornada de resineros. Presentación en Coca**

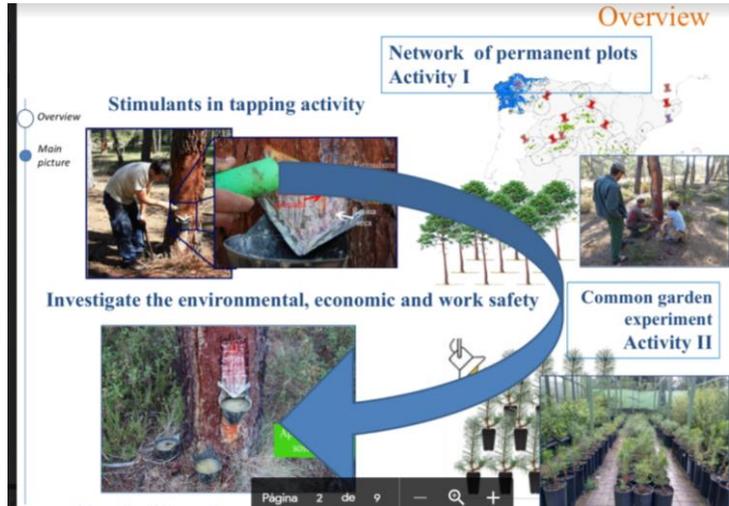


El próximo 19 de diciembre se celebra la Jornada Encuentro para la reflexión sobre la situación actual del sector resinero, dentro del marco del proyecto GREENRESIN, financiado por Climate-Kic en Coca (Segovia). Es una actividad del proyecto donde se presentaron los avances en el estudio de pastas estimulantes



### Septiembre 2020 cuarta asamblea general del proyecto. On line

En esta asamblea se presentaron los resultados de las campañas 2018 y 2019 en cuanto a sus efectos en la producción de resina por Rosana López.



**Sudoe** SUST FOREST PLUS

Proyecto cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional

**Fourth Project Meeting – Third General Assembly**  
Webinar, 17 to 18 September 2020  
Zoom Platform (link to be provided by INIA)

Working language: English

Day 1 – Monday 17 September

| Time          | Session   | By                   | For |
|---------------|---|----------------------|-----|
| 8:00 – 9:00   | Open session of Zoom for testing the system by the partners. (We can open other session the 16 <sup>th</sup> from 10 to 11 am if necessary) | INIA                 | All |
| 9:00 – 9:15   | Welcome and logistics.  | INIA- Cesefor        | All |
| 9:15 – 10:15  | 1 <sup>st</sup> session. Progress by Partners. 30 min. each   | CESEFOR, UPM         | All |
| 10:15-11:15   | 2 <sup>nd</sup> session. Progress by Partners. 30 min. each   | INIA, INIAP          | All |
| 11:15 – 11:45 | Coffee break (30 min)   |                      |     |
| 11:45 – 12:45 | 3 <sup>rd</sup> session. Progress by Partners. 30 min. each   | Proenca-Nova, Penela | All |
| 12:45 – 13:45 | 4 <sup>th</sup> session. Progress by Partners. 30 min. each   | EFI, CNPF            | All |
| 13:45 – 14:15 | Recapitulation first day  | CESEFOR              | All |

**Octubre 2021 Jornadas internacionales El resinero: el futuro de un oficio, del 4 al 5 octubre en el Teatro Palacio de la Audiencia de Soria.**

Se presentaron los resultados de la Universidad Politécnica de Madrid a lo largo del estudio de nuevos estimulantes. Se destaca la utilidad de técnicas de microrresinación para el ensayo de nuevas formulaciones, la buena rentabilidad de la pasta salicílica y la similar productividad de pasta *ethrel* frente a la pasta tradicional en periodos de picas de 15 días.





## **Noviembre 2021. SEMINARIO PARA LA MEJORA DE PRODUCCIÓN DE RESINA EN PINUS PINASTER AITON. Pontevedra**

El objetivo de este seminario es el de presentar los avances en los trabajos de mejora genética y selvícola de *Pinus pinaster* y analizar las propuestas de actividades que mejoran la coordinación y avance en los programas de evaluación, selección y gestión de las masas productoras de resina.

**PROGRAMA**

**Sesión 1. 11:00 a 13:00 horas. Mejora genética para la producción de resina**

- Estrategia de mejora (R. Alía).
- Evaluación de genotipos (R. Zas, L. Sampedro)
- Evaluación precoz (R. Lopez)
- Materiales seleccionados en CYL (J. Tranque)
- Plan Nacional de mejora (F. Pérez)
- Discusión sobre sobre prioridades y coordinación de actuaciones. 1 hora (moderador: J. Majada)

**Temas propuestos:** Objetivos y zonas de mejora, métodos de selección y evaluación, propagación y obtención de material de reproducción, coordinación de actuaciones.

**Sesión 2. 15:00 a 17:00 horas. Mejora selvícola para la producción de resina**

- Variación temporal y espacial en la producción (A. Rodríguez)
- Factores relacionados con la producción (R. Zas, L. Sampedro)
- Métodos de extracción (J. Majada)
- Implantación de masas resineras de alta producción (R. Alía)
- Discusión sobre prioridades y coordinación de actuaciones. 1 hora (moderador: S. Mutke)

**Temas propuestos:** Métodos de extracción, monitorización de la producción resinera, modelos selvícolas para masas productoras de resina.



**PUBLICACIONES**

**Máster en Ingeniería de Montes. Trabajo Fin de Máster.**

**Análisis del efecto de nuevos estimulantes en la producción de resina procedente de masas naturales de *Pinus pinaster* Ait. subs. mesogeensis. Septiembre 2021. Faustino Rubio**