

Producto: Sistema de evaluación temprana de la producción de resina.

Actividad: Sistema de evaluación temprana de la producción de resina.

Entregables:

- Guía metodológica para la evaluación precoz de la producción de resina en *Pinus pinaster*.



www.sust-forest.eu

SOCIOS | PATERNAIRES | PARCEIROS | PARTNERS



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

Proyecto Sust Forest Plus

“Estrategia y redes de colaboración para la multifuncionalidad, la conservación y el empleo en el territorio del sur de Europa a través de la extracción de la resina”

Entregable 1.22.1- Guía metodológica para la evaluación precoz de la producción de resina en *Pinus pinaster*

Producto 1.5-Sistema de evaluación temprana de la producción de resina

Autor/Responsable: INIA

Fecha entrega: 31/12/2020

Interreg
Sudoe

European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION



SUST
FOREST
PLUS

SOE2/P5/E0598

www.sust-forest.eu

SÓCIOS | PATERNAIRES | PARCEIROS | PARTNERS



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

Índice

- 1. Introducción**
- 2. Ensayos de evaluación realizados**
- 3. Metodo de evaluación precoz propuesto**



Guía metodológica para la evaluación precoz de la producción de resina en *Pinus pinaster*

1. Introducción

El Producto 1.5 sobre Sistema de evaluación temprana de la producción de resina, incluye dos actividades y dos entregables, de acuerdo a un plan de trabajo detallado en la descripción de la actividad. Uno de ellos es el sistema de evaluación precoz.

Producto 1.5-Sistema de evaluación temprana de la producción de resina -INIA (4/18 a 12/20 - 31/12/20)

Actividad 1.21-Sistema de predicción temprana de la producción resinera-INIA (4/18 a 12/20)

Entregable 1.22.1-Guía metodológica para la evaluación precoz de la producción de resina en *Pinus pinaster* -INIA (30/12/20)

Actividad 1.23-Mapas de potencial de resinación en una comarca resinera española basados en modelos de producción-INIA (7/20 a 2/21)

Entregable 1.24.1-Mapas de potencial de resinación en una comarca resinera española del espacio SUDOE-INIA (30/10/20)

Producto 1.5 Sistema de evaluación temprana de la producción de resina

Descripción del producto principal y su contribución a los objetivos específicos del proyecto.

Se pone a punto un sistema de evaluación temprana de la producción de resina en masas de *Pinus pinaster*.



Esta herramienta permitirá seleccionar a escala de rodal, las masas que serán objeto de resinación asegurando una rentabilidad adecuada para los resineros y para los propietarios forestales, además de permitir una planificación adecuada de la oferta de resinas en las zonas de trabajo.

El sistema se capitalizará dentro del proyecto para complementar actividades relacionadas con la toma de decisiones de explotación, la selección de material de reproducción, la red de parcelas permanentes o la verificación de los modelos de producción de resina.

El trabajo toma como punto de partida el estudio realizado en el INIA sobre métodos de microresinación, para implementar un sistema más eficaz de evaluación.

Este producto contribuye al desarrollo de " Herramientas de gestión de la estrategia para el aprovechamiento sostenible de las resinas naturales europeas " dentro del objetivo de "Convertir las masas del sudoeste europeo en una fuente abundante y sostenible de resina a medio y largo plazo".

Actividad 1.21. Sistema de predicción temprana de la producción resinera

Fecha de inicio 3.2018 Fecha de fin 9.2020

Se pone a punto un método de predicción de la producción de resina de las masas de Pinus pinaster, que puede aplicarse con antelación a la puesta en resinación real de los pies de la masa objeto de estudio, lo que facilitará la toma de decisiones de explotación y gestión.

Para su desarrollo se parte del trabajo previo realizado por el INIA sobre microresinación, y se integran otras técnicas de inducción de producción de resina mediante jasmonato.

Se realizará una evaluación de la producción de resina mediante métodos tradicionales y se compararán con los métodos de predicción temprana en distintas condiciones de sitio.

La actividad se realizará en una zona de estudio de la meseta Castellana, con masas de distintas edades para evaluar la producción de resina a escala de rodal.

Tareas:

1. Elección de las zonas de estudio

Montes en Segovia. Se elegirán varios tipos de montes. Se eligen al menos 3 zonas distintas y 2 repeticiones en cada zona. 10 árboles por tratamiento.

En cada caso. Tipos de masas.

a) masa joven. Antes de la primera clara. Para poder decidir si esa masa va a ser productora de resina o no. A ser posible en zonas próximas a zona ya resinada con datos de producción de resina.



- b) montes cerrados, para comienzo de resinación al año siguiente. 3 zonas en la proximidad de la anterior
- c) montes abiertos jóvenes. Primer año de resinación. (zona opuesta a la que se abre).
- d) montes abiertos viejos

Para cada zona y tipo de masa: 20 árboles*2 tratamientos= 40 árboles por monte x 2 repeticiones: 80 árboles por zona x 4 tipos de masa: 320 árboles.

3 zonas x 320 árboles: 960 árboles.

2. Evaluación de métodos de evaluación precoz de la producción de resina en las parcelas de estudio (microresinación, estimulación con jasmonato)

- a) Taladro + jasmonato (igual procedimiento al de Rafa / Luis, excepto poner bolsa).
- b) Taladro de 14 mm con bolsa. Dejarlo 1 mes. Estimulante ethrel.

Dejarlo un mes. En bolsas. No mucha cantidad de pasta para reducir el peligro de dejarlo para otro año.

4. Elaboración y propuesta de método de evaluación precoz.

Tras el análisis de datos

Este método podría ser utilizado en las parcelas permanentes de evaluación de resina y para monitorización.

Ejecuta: INIA



2. Ensayos de evaluación realizados

La metodología utilizada difirió de la planteada inicialmente al sustituirse los ensayos por jasmonato por un método basado en taladros. Este cambio se realizó dado que en la comarca resinera de Segovia se está comprobando un sistema de evaluación basado en la realización de taladros como método de resinación más sencillo que la técnica tradicional. Tampoco se ha seguido el plan inicial de elegir las parcelas en diferentes tipos de masas por la dificultad que entraña encontrar en las zonas de interés las masas con las características buscadas.

Se plantearon dos experimentos. El primero fue realizado en la campaña de 2019 en la zona de Coca, y Aldeanueva comparando el método tradicional con varios métodos de taladro realizando uno, dos o tres taladros durante la campaña, tangenciales o radiales.

En segundo experimento fue realizado en la campaña de 2020 en la misma zona de Coca y Cuéllar utilizando distintas parcelas para evaluar la producción de resina empleando el taladro radial. En primer lugar describiremos los dos ensayos realizados, los resultados obtenidos y como conclusión se propondrá el método para la evaluación de la producción de resina.

2.1. Ensayo de resinación. Campaña de 2019. Comarca Resinera de Coca

Durante el verano de 2019, en dos localidades de Segovia: Aldeanueva del Codonal (X-0372222, Y-4547083) y Coca (X-373956, Y-4565734), se llevaron a cabo dos ensayos de evaluación precoz de la producción de resina mediante taladros. En el primero de los ensayos se comparó la producción de resina entre árboles perforados con uno, dos o tres taladros y con la producción de árboles resinados mediante pica ascendente con estimulación química. En el segundo ensayo se compararon las producciones de árboles taladrados tangencialmente y radialmente. El estimulante químico utilizado en todos los ensayos fue una pasta¹ con ácido sulfúrico y Ethephon ®

Descripción método taladros:

Los árboles fueron perforados hasta una profundidad de 120 mm con un taladro BOSCH. Diámetro de la broca: 16mm. La perforación se efectuó con una inclinación respecto del plano horizontal de 15°, para favorecer el flujo descendente de resina. Para lograr el ángulo se utilizó una escuadra metálica ajustable al árbol mediante una cadena, La escuadra incorpora una guía para mantener el taladro en la inclinación deseada. Los taladros radiales se hicieron apuntando el taladro en dirección al centro del árbol. Los taladros tangenciales se efectuaron perpendicularmente a los radiales, calculando la distancia desde el centro a la que hay que perforar para conseguir una cuerda de circunferencia de

¹ 8% ethephon (60 % v/v), 14% ácido sulfúrico, 55% agua destilada, 1.7% polisorbato, 1% alcohol cetílico, 4% vaselina, 5.5% sílice y 10.8% serrín



longitud igual a la del taladro. En el orificio resultante se introduce un tubo de polietileno que posteriormente se rellena con estimulante por medio de una jeringa (25ml aprox). La resina se recoge en bolsas cerradas por todas las caras, atadas al tubo por medio de una brida.



Figura1: método de resinación con taladro. Izda: escuadra metálica con guía para efectuar taladro. Dcha: bolsa cerrada atada a tubo de polipropileno para recoger resina.

Ensayo del número de taladros:

El objeto de este ensayo es conocer con cuántos taladros **tangenciales** se obtiene una cantidad de resina más próxima a la obtenida por el método de control (tradicional), para lo que se establecieron tres tratamientos T1, T2 y T3 en los dos sitios experimentales sobre 20 pies por sitio:

-T1: Realización de un taladro a 60 cm de altura a finales de junio

-T2: Realización de un taladro a 60 cm de altura a finales de junio. A finales de julio se realizó un taladro adicional a 40cm de altura.

-T3: Realización de los dos mismos taladros de T2 en las mismas fechas, y adicionalmente se realizó un taladro a 20 cm de altura a finales de agosto.

Se pesa la resina acumulada en las bolsas mensualmente desde la ejecución de los taladros **hasta final de septiembre**.

Ensayo de dirección del taladro

En este ensayo se compara la producción de resina de árboles taladrados con dirección radial y tangencial con el objeto de confirmar si efectivamente los árboles taladrados tangencialmente producen más y para tratar de determinar si interesa taladrar tangencial o radialmente para evaluar precozmente la producción de resina, ya que el taladro tangencial es más complicado de ejecutar. En los dos sitios experimentales se llevaron a cabo dos tratamientos: T4 y T5 sobre 20 pies por sitio y tratamiento:

T4: Realización de un taladro radial a 40 cm de altura a primeros de julio.

T5: Realización de un taladro tangencial a 40 cm de altura a primeros de julio.

En este ensayo se hicieron dos pesadas de resina: a los 15 y 30 días desde la ejecución del taladro, frecuencia que coincide con el tiempo de revisita del método tradicional.

Control. Método tradicional

Como control se utilizaron 20 pies en cada sitio experimental resinados mediante el método de pica con corteza ascendente con estimulación química. La anchura de cara fue de 12 cm y el tiempo de revisita 15 días desde final de junio hasta final de septiembre. La resina se recogió en pote.

La Tabla 1 resume las principales características de ambos ensayos:

Se midió el diámetro normal a todos los árboles ensayados con el objeto de determinar si existe correlación entre la producción de resina y el diámetro del árbol.

Se ha aplicado un ANCOVA para detectar diferencias significativas entre tratamientos y sitios. Las comparaciones de medias se han realizado mediante tests de hipótesis aplicando la corrección de Bonferroni.

El modelo empleado para testar la significación de las variables explicativas así como de las diferencias entre tratamientos, sitios e interacciones fue el siguiente:

$$Resinat(g) = \alpha + \beta d + \gamma s + \delta * tto + \Psi * s * tto + \rho * d * s + \tau * d * tto + \varepsilon$$



Donde las letras griegas son coeficientes y d=diámetro, s=sitio, tto=tratamiento

Tabla1: Ensayos de evaluación precoz realizados en 2019.

*Desde que se efectúa el taladro o 1º pica

ENSAYOS 2019	TRATAMIENTOS	Altura taladro en árbol (cm)	<u>fecha ejecución taladro o 1º pica</u> (s _i =semana iª) finalización mediciones	Nº DE PIES	Tiempo de revisita* (días) /nº visitas
(1) Número de taladros	Control			20	
	Pica ascendente con estimulante (Ethephon)		<u>s₅ junio: s₅septiembre</u> Periodo revisita:15 días	Aldeanueva 20 Coca	15/6
	T1:1 taladro tangencial	60	<u>s₅ junio</u> <u>s₅septiembre</u> Periodo revisita: 1 mes	20 Aldeanueva 20 Coca	30 /3
	T2:2 taladros tangenciales	60/40	<u>s₅junio/s₅julio</u> <u>s₅septiembre</u> Periodo revisita: 1 mes	20 Aldeanueva 20 Coca	30/3
(2) Dirección del taladro	T3:3 taladros tangenciales	60/40/ 20	<u>s₅junio/s₅julio/s₅agosto</u> / <u>s₅septiembre</u> Periodo revisita: 1 mes	20 Aldeanueva 20 Coca	30/3
	T4:1taladro radial	40	<u>julio: s₁</u> Primera pesada a los 15 días. Segunda pesada a los 30 días	20 Aldeanueva 20 Coca	15/2
	T5:1taladro tangencial	40	<u>s₁ agosto</u> <u>julio: s₁</u> Primera pesada a los 15 días. Segunda pesada a los 30 días	20 Aldeanueva 20 Coca	15/2
			<u>s₁ agosto</u>		



RESULTADOS:

No se ha encontrado correlación entre el diámetro del árbol y su producción de resina en ninguno de los dos ensayos descritos realizados en 2019. La única interacción entre los factores estudiados en el modelo que resultó significativa fue sitioxdiámetro en el ensayo del número de taladros.

Ensayo del número de taladros:

La producción de resina en Coca y Aldeanueva no presenta diferencias de consideración estadística. No se han encontrado diferencias significativas en la producción obtenida a partir de uno o dos taladros. Tampoco las hay entre hacer tres taladros y el método tradicional. Sí hay, sin embargo diferencias entre hacer tres taladros o menos. Por tanto, para conseguir una producción similar a la obtenida con el control, hay que hacer tres taladros.

Tabla 2. Producción total de resina en los tratamientos de resinación con uno, dos o tres taladros T1, T2 y T3 y producción del método tradicional (control) en Aldeanueva y Coca y media de ambos sitios.

	T1	T2	T3	CONTROL
Aldeanueva	1176 ± 795a	1415 ± 669a	1721 ± 1217 bc	2309 ± 892 c
Coca	1022 ± 604 a	1193 ± 479a	2098 ± 1205 ab	2750 ± 897 b
Media	1099 ± 700	1304 ± 574	1909 ± 1211	2529 ± 895

La producción de resina de los árboles sometidos al tratamiento T3 es la suma de producción de tres taladros: el taladro hecho en junio, en julio y en agosto. Se ha comparado la producción de resina durante el mes de julio a partir de un solo taladro con la producción total de los tres taladros a final de septiembre sobre los mismos árboles. Esto es equivalente a comparar T1 con T3. Así se puede comprobar si la producción de un taladro puede utilizarse para predecir la producción total.

También se ha comparado en los árboles resinados por el método tradicional la producción durante las dos primeras picas (un mes) con la producción total hasta final de septiembre. La figura 2 muestra la elevada correlación entre los datos de producción durante el primer mes (p1) y la producción durante tres meses (p3) tanto en el método de tres taladros T3 (3D en el gráfico) como en el método tradicional (TM en el gráfico). Estos resultados confirman la potencialidad predictora de la producción total a partir de la producción de un mes con un solo taladro.

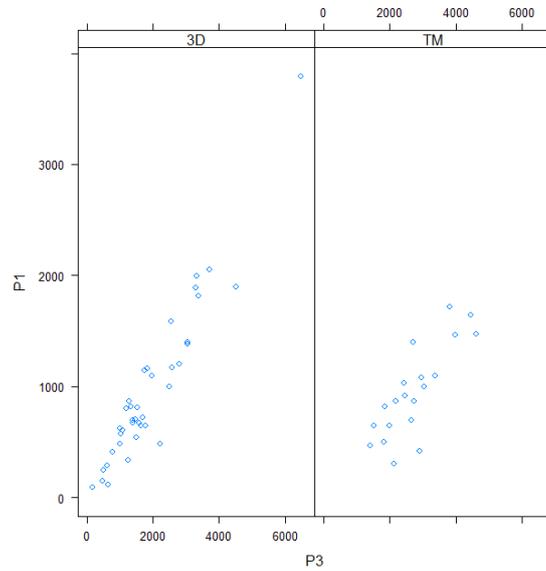


Figure 1. Producción de resina durante el primer mes (p1) frente a producción durante tres meses (p3) en los tratamientos T3(3D en la figura) y control (TM en la figura)

Ensayo de dirección del taladro y tiempo necesario de recogida de resina.

La producción de resina en este ensayo tampoco ha diferido entre sitios. Los resultados confirman que la producción obtenida con taladros tangenciales (tratamiento T5) supera a la obtenida con taladros radiales (T4) tanto a los quince como a los treinta días de efectuado el taladro. $p \leq 0.008$. (figura 3)

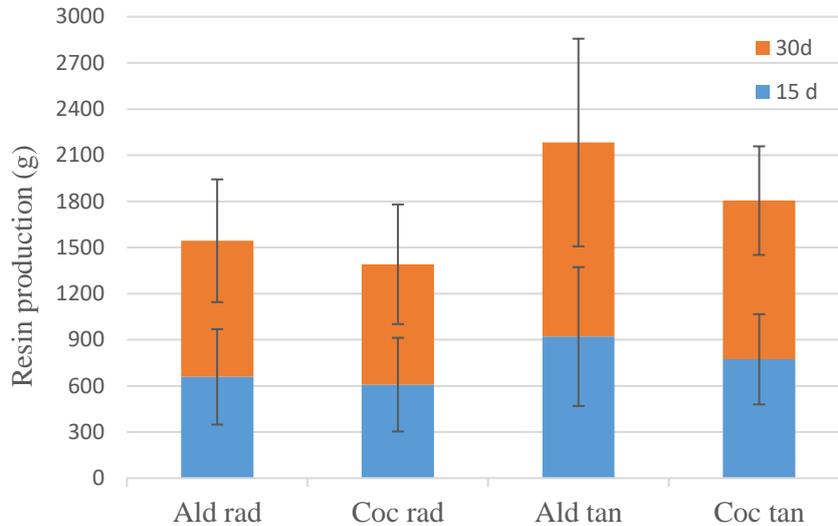


Figure 2. Producción de resina en Aldeanueva (Ald) y Coca (Coc) con el método radial (rad) y tangencial (tan) a los 15 días (azul) y a los 30 días (naranja)

Las producciones a los 15 y 30 días son significativamente diferentes ($p = 2 \times 10^{-6}$) y además están muy correlacionadas ($p < 10^{-10}$) (figura 4), de modo que si en el ensayo 1 se concluyó que la producción de un mes con taladros tangenciales podría utilizarse como método de predicción de la producción total, esta correlación encontrada entre las producciones de 15 y 30 días en los dos tratamientos muestra la posibilidad de hacer evaluación precoz de resina a partir de la producción a los 15 días. La tabla 2 muestra el porcentaje de resina obtenido con el método de evaluación precoz respecto de la producción total tradicional con los dos tratamientos empleados en el ensayo de dirección de taladro a los quince y a los treinta días de recogida de resina. Con un taladro tangencial en un mes se ha obtenido un porcentaje medio del 47% de la resina obtenida por el método de pica ascendente

Table 1. Porcentaje de resina respecto de la producción con métodos tradicionales empleando los siguientes métodos de resinación: taladro radial y pesada a los 15 días (R-15); taladro radial y pesada a los 30 días (R-30), taladro tangencial y pesada a los 15 días (T-15) y taladro tangencial y pesada a los 30 días (T-30).

	R15 %	R-30 %	T-15 %	T30 %
Aldeanueva	29	38	40	55
Coca	22	28	28	38
Mean	25	33	34	47

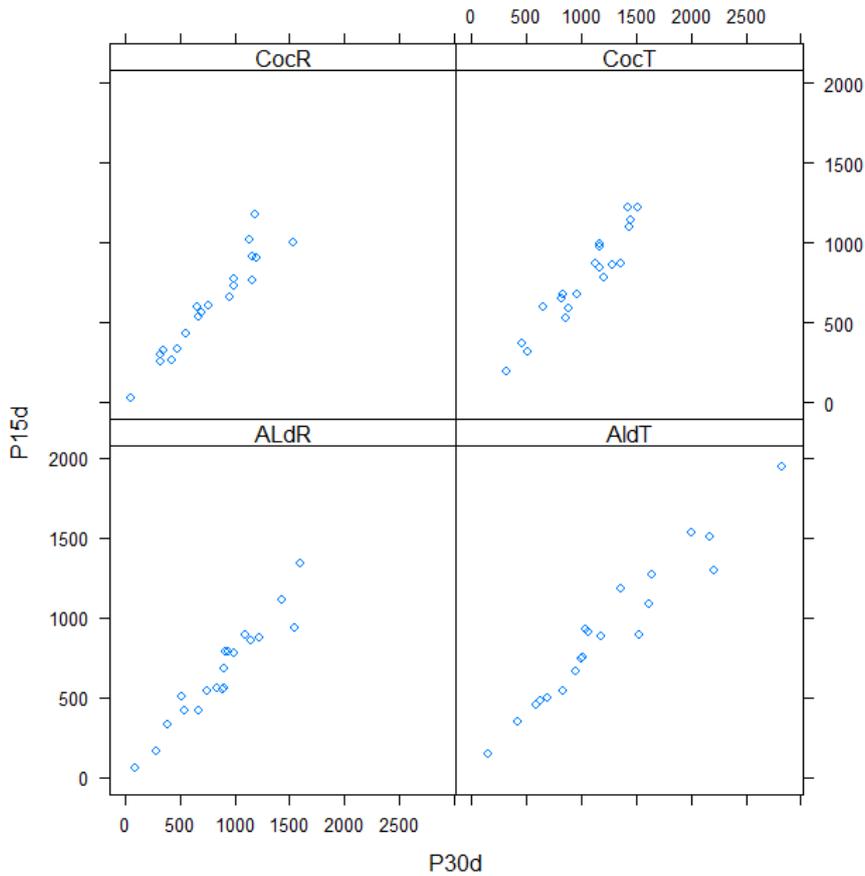


Figura 4. Relación entre la producción a los 15 y 30 días en Coca (Coc), Aldeanueva (Ald) con los métodos radial (R) y tangencial (T)

2.2. Ensayo de resinación. Campaña de 2020. Comarca Resinera de Coca y Cuéllar

El ensayo de evaluación precoz instalado en la Comarca resinera de Coca y Cuéllar en 2020 se ha desarrollado en 20 parcelas instaladas *ad hoc*, cerca de otras 48 parcelas en las que el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Segovia disponía de datos de producción de resina tomados entre los años 2012 y 2017. La figura 5 muestra la distribución de las parcelas, representadas con un triángulo negro las instaladas en 2020 y con un triángulo rojo las del Servicio Territorial



En cada una de las 20 parcelas se midió en los 10 árboles la producción de resina extraída mediante taladro radial a 60 cm de altura, el diámetro normal, la altura del árbol y dos árboles representativos en cada parcela fueron barrenados para estimar su edad. Se anotó el número de caras de los árboles.



Figura 6: Izquierda: pesada de resina en parcela de evaluación precoz 2020. Derecha: barrenado para determinar la edad de la masa.

En las parcelas del Servicio Territorial se registraron datos de : peso de resina, altura, diámetro, edad y altura de la copa.

Resinación con taladro:

Durante los días 6 y 7 de julio de 2020 en la Comarca resinera de Coca y Cuéllar se ha ensayado un método de evaluación precoz de resina consistente en la ejecución de un taladro radial en cada árbol dentro de cada parcela. Los árboles fueron perforados radialmente hasta una profundidad de 120 mm con un taladro BOSCH. Diámetro de la broca: 16mm. La perforación se efectuó con una inclinación respecto del plano horizontal de 15°, para favorecer el flujo descendente de resina. Para lograr el ángulo se utilizó una escuadra metálica ajustable al árbol mediante una cadena, del mismo modo que en el ensayo de 2019 (fig1), La escuadra incorpora una guía para mantener el taladro en la inclinación deseada. En el orificio practicado se introduce un tubo de polietileno que posteriormente se rellena con estimulante (25ml aprox) y al que se ata por medio de una brida una bolsa de plástico



para recoger la resina. El estimulante químico utilizado fue una pasta² con ácido sulfúrico y Ethephon[®]

Se recogió la resina durante los días 27 y 28 de julio, a los 21 días de realizados los taladros.

Para el análisis de datos se han utilizado además datos del tratamiento T4 de las parcelas de 2019 situadas en Coca, Carbonero, Navas de Oro, Melque y Armuña para incrementar el rango temporal de datos de resina obtenida con taladro, El dato de producción de resina con taladro por parcela corresponde a la producción media por árbol durante 21 días de modo que en las parcelas de 2019 en las que se recogió resina cada 15 días se interpoló la producción a los 21 días linealmente.

Resinación por método tradicional: pica ascendente con estimulación química

Además de los datos de producción de resina mediante taladro radial, se han empleado datos de producción de resina obtenidos por el Servicio Territorial de Medio Ambiente de Segovia durante toda la campaña de verano en 48 parcelas medidas en 2012, 2013, 2014 y 2017. De las 20 parcelas instaladas en 2020, siete coinciden con las parcelas de producción por método tradicional, y el resto se encuentran cerca de ellas. No todos los años mencionados se dispone de datos de producción en todas las parcelas. El método de resinación utilizado fue el de pica ascendente con estimulación química consistente en eliminar franjas de tejidos de la corteza y aplicar en la línea superior de la herida un cordón de pasta estimulante que retrase la coagulación de la resina, que escurrirá por la superficie descortezada hacia un envase (pote) sujeto por un clavo al árbol y hacia el que se encauza la resina por medio de una grapa, una chapa en forma de v que se clava al árbol encima del pote y hace las veces de vertedero.



Figura7: Método de pica tradicional ascendente (PTA). Imagen tomada de <http://losrecursosdelbosque.blogspot.com>

En la tabla 3 se muestran los valores medio, máximo y mínimo de resina obtenida con taladro radial por árbol y parcela en 2020. El motivo de que haya parcelas que cuentan con menos de diez pies es que en

² 8% ethephon (60 % v/v), 14% ácido sulfúrico, 55% agua destilada, 1.7% polisorbato, 1% alcohol cetílico, 4% vaselina, 5.5% sílice y 10.8% serrín

algunos árboles el árbol no ha producido resina y ello se ha achacado a la ejecución del método y no a la capacidad productiva del árbol, por lo que se han eliminado esas observaciones.

Tabla3: valores medios, máximos y mínimos de resina obtenida con taladro en las parcelas instaladas en 2020 por el INIA. Las parcelas en **negrita** son aquellas para las que además se dispone de datos de resina obtenida por métodos tradicionales en el periodo 2012-2017.

Parcela-id	resina-taladro (g) por parcela			pies/parcela
	Media	Mínimo	Máximo	
100bis	516	95	1239	10
102BIS	397	83	1069	10
14bis	457	107	699	10
1BIS	636	249	1044	10
31	566	241	986	8
3BIS	754	156	1179	10
5BIS	892	403	1605	10
6BIS	833	426	1250	9
7BIS	633	199	1310	10
9BIS	664	95	1303	9
10	656	238	1084	10
11	523	34	927	10
13BIS	501	189	1218	10
17bis	1070	359	2214	10
19	516	128	1110	9
21	744	231	1452	8
22	401	59	1474	9
23	1015	170	1506	10

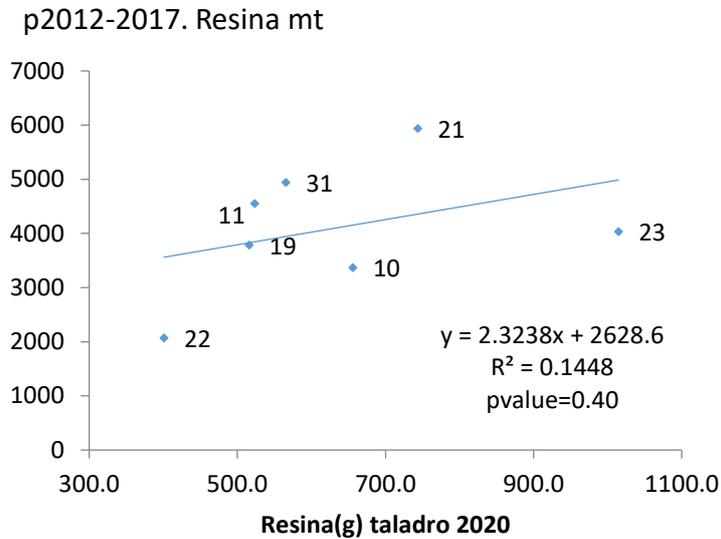


44BIS	875	649	1301	9
46bis	483	100	1022	10

Se ha realizado un análisis de regresión entre la producción de resina obtenida por pica ascendente entre 2012 y 2017 y la producción de resina obtenida con taladro en 2020 en las parcelas en las que se dispone de ambos datos, que son siete parcelas. El resultado se muestra en la figura 8. No hay una relación lineal significativa entre la producción de resina con taladro y la producción de resina con pica ascendente a no ser que eliminemos el término independiente de la recta de regresión, obligando a que pase por el cero. En tal caso la regresión sí es significativa. (Figura 9) En las figuras 2 y 4 se representan dispersiones de observaciones que relacionan datos de producción en diferentes fechas en los diferentes ensayos del experimento de 2019 (figs 2 y 4) cuya tendencia es pasar por el cero.



Figura 8: Resina mt método 2012-2017: campañas 2012- por árbol) frente a con un taladro en 2020 en las

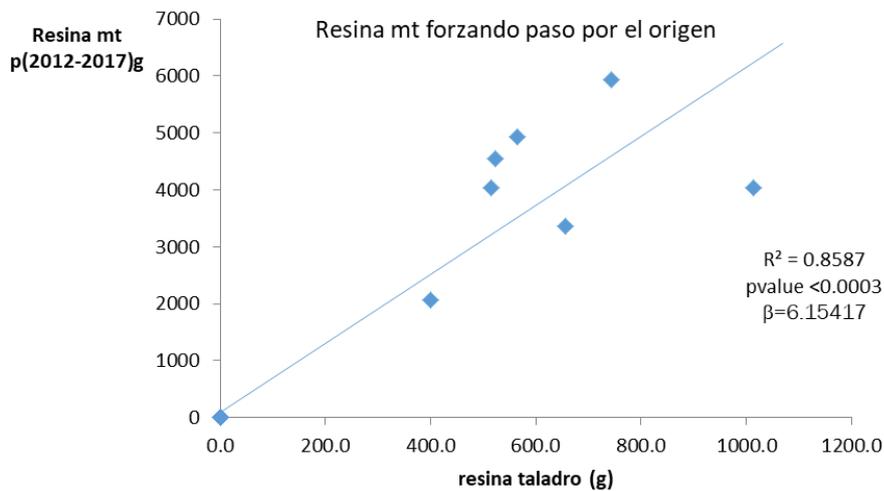


(obtenida por tradicional) p- durante las 2017 (valor medio resina obtenida radial por 21 días mismas parcelas.

Figura 9: entre la de resina métodos las completas 2017 y la con taladro taladro en 2020 (p2020) forzando la regresión a pasar por el origen. La unidad de medida es g/árbol. β es la pendiente de la regresión

regresión lineal producción media obtenida por tradicionales (mt) en campañas de 2012 (p2012) a producción obtenida en 21 días con

En algunas parcelas hubo árboles que no produjeron nada de resina con el método del taladro. Esto se



achacó a un error en la aplicación del método, pues lo habitual al herir el árbol es que segregue resina, por poca que sea. Esas observaciones no fueron tenidas en cuenta en los análisis. Sin embargo sí hay dato de producción de resina mt. Este sería el caso en el que vemos que la regresión no tiene por qué

pasar por el origen. Dado que estamos trabajando con medias de varios árboles, es improbable alcanzar el dato resina taladro=0.

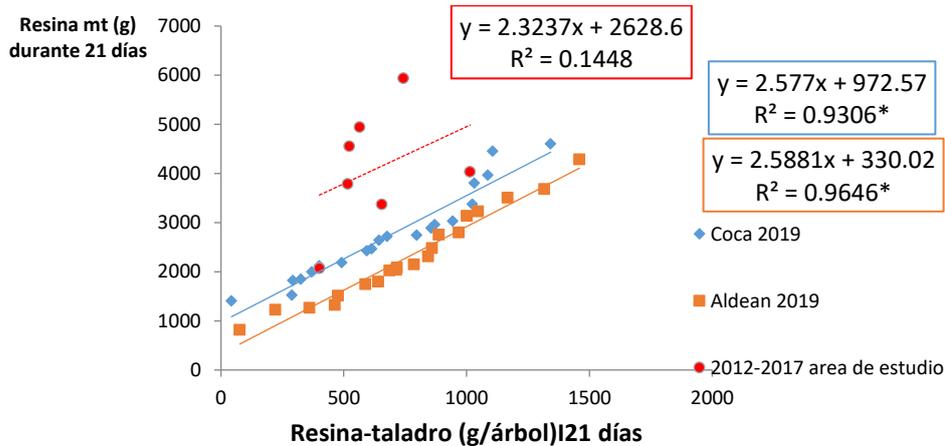
Analizamos si es justificable que se pueda eliminar el término independiente de la regresión de la figura 9, para lo cual estudiamos los datos de resina MT de 2019 para los que se dispone también de dato de resina-taladro en el mismo árbol (Aldeanueva y Coca). El gráfico se muestra en la figura 10.

El análisis de la covarianza empleando para analizar los datos de resina mt y resina taladro en 2019 en Coca y Aldeanueva se basa en el siguiente modelo :

$$Resina\ mt = Resina\ taladro + sitio + resina-taladro * sitio + \varepsilon$$

Aplicado a los datos de Coca y Aldeanueva da como resultado diferencias significativas entre sitios, una correlación muy significativa entre covariables y falta de correlación sitio*resina-taladro.

Figura 10: Las líneas azul y naranja muestran la regresión lineal entre la producción media de resina obtenida por pica tradicional ascendente en la campaña completa de 2019 y la producción obtenida con taladro en 21 días con taladro radial. La serie roja representa la resina obtenida por métodos tradicionales en las campañas entre 2012-2017 (la media) frente a la resina obtenida con taladro radial en 2020. (*) Regresión significativa estadísticamente. Ecuaciones de rectas y R² representadas en caja



del color de la serie correspondiente.

La falta de significación estadística en la regresión entre datos de resina-taladro y resina mt de campañas anteriores (serie roja) es probable que se deba a la escasez de datos de los que disponemos. No parece estar justificado hacer el análisis de regresión sin intercept. Tampoco tiene por qué ser igual la pendiente de las regresiones de 2019 que relacionan datos de resina taladro y resina mt dentro del mismo año y para los mismos árboles, que la pendiente de los datos de resina taladro 2020 que se relacionan con datos del pasado y además se trata de medias, no de datos de árbol individual. Necesitaríamos más datos para confirmar si se mantiene la pendiente en la relación entre evaluación precoz de resina y producción tradicional.

En el entregable 1.16.1 “Modelo de producción de resina basado en variables dasométricas y ambientales para el espacio SUDOE-INIA” se lleva a cabo un cokrigado universal espacio temporal para estimar la producción de resina en el área de estado a partir de valores de producción de resina mt y resina-taladro en diferentes parcelas y en diferentes momentos. La tabla 4 muestra los resultados del modelo en las parcelas instaladas en 2020 por el INIA.

Tabla 4: estimación de resina obtenida por el método tradicional (MT) mediante un cokrigado universal espacio temporal en las parcelas instaladas en 2020. Tabla superior: utilizando la orientación como variable auxiliar, tabla inferior: utilizando las bandas de Landsat como variables auxiliares

parcela	X_etr89 UTM h30	Y_etr89 UTM h30	Año	Resina- taladro (g/árbol)	Rêsina mt (g/árbol)
Carbonero	395987.0	4558170.0	2019	988.3	4256.0
Coca	373955.0	4565733.0	2019	713.8	2135.7
Melque de Cercos	375381.0	4547082.0	2019	621.6	1382.8
Navas de Oro	384693.0	4560155.0	2019	691.2	1960.6
CU20P100bis	388722.8	4579951.8	2020	515.9	2165.7
CU20P102BIS	391145.2	4578497.8	2020	396.6	1243.3
CU20P14bis	379610.2	4570700.9	2020	457.0	1702.6
CU20P1BIS	376341.0	4576543.5	2020	636.4	2303.2
CU20P31	399971.0	4570205.0	2020	565.5	2507.9
CU20P3BIS	374775.7	4576617.4	2020	753.5	3719.6
CU20P5BIS	381863.4	4581306.6	2020	891.8	5069.2
CU20P6BIS	380196.3	4581037.2	2020	833.1	4414.6
CU20P7BIS	397379.8	4575242.6	2020	632.9	3069.4
CU20P9BIS	400709.1	4571008.2	2020	664.2	3086.5
SG20P10	374571.9	4570387.2	2020	655.9	3022.2
SG20P11	374156.0	4564979.1	2020	523.3	2223.1
SG20P13BIS	378580.5	4561061.0	2020	500.5	2046.7
SG20P17bis	388693.0	4561095.1	2020	1069.5	6216.9



SG20P19	371860.0	4566136.2	2020	516.0	1925.1
SG20P21	373275.9	4569978.2	2020	743.5	3923.7
SG20P22	370222.0	4561836.2	2020	400.9	1012.3
SG20P23BIS	371271.1	4562949.7	2020	1014.6	6017.7
SG20P44BIS	384889.4	4560423.1	2020	875.3	4942.0
SG20P46bis	384881.8	4560396.3	2020	482.7	1909.3

Codigo	X_etr89	Y_etr89	Resina taladro	Prediccion Resina
CU20P1BIS	376341.0	4576543.5	636.4	3384.8
CU20P3BIS	374775.7	4576617.4	753.5	4447.9
CU20P5BIS	381863.4	4581306.6	891.8	4355.9
CU20P6BIS	380196.3	4581037.2	833.1	3897.8
CU20P7BIS	397379.8	4575242.6	632.9	5791.3
CU20P9BIS	400709.1	4571008.2	664.2	5831.4
SG20P10	374541.9	4570287.2	655.9	3805.1
SG20P11	374156.0	4564979.1	523.3	4249.1
SG20p13BIS	378580.5	4561061.0	500.5	4218.1
CU20P14bis	379610.2	4570700.9	457	3080.5
SG20P17bis	388693.0	4561095.1	1069.5	4189.4
SG20P19	371860.0	4566136.1	516	3717.4
SG20P21	373275.9	4569978.2	743.5	4523.8
SG20P22	370222.1	4561836.2	400.8	2761.5
SG20P23BIS	371271.1	4562949.7	1014.6	3278.3
CU20P31	399971.0	4570204.9	565.5	5170.5
SG20P44BIS	384889.4	4560423.1	875.3	4074.6
SG20P46bis	384881.8	4560396.3	482.7	4119.1
CU20P100bis	388722.8	4579951.8	515.9	4677.6
CU20P102BIS	391145.2	4578497.8	396.6	4007.4

La figura 11 representa los valores estimados de resina mt con el cokrigado frente a los valores observados de resina-taladro. Los gráficos superiores muestran los datos del cokrigado realizado utilizando la orientación como variable auxiliar y los gráficos inferiores muestran los datos del cokrigado utilizando bandas de teledetección como variable auxiliar. En el gráfico



izquierdo superior se muestran todos los registros y en el derecho solamente los correspondientes a 2020

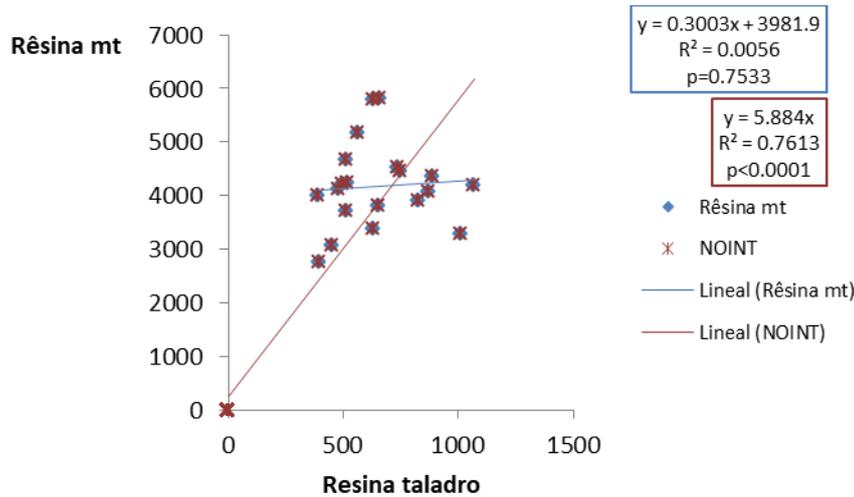
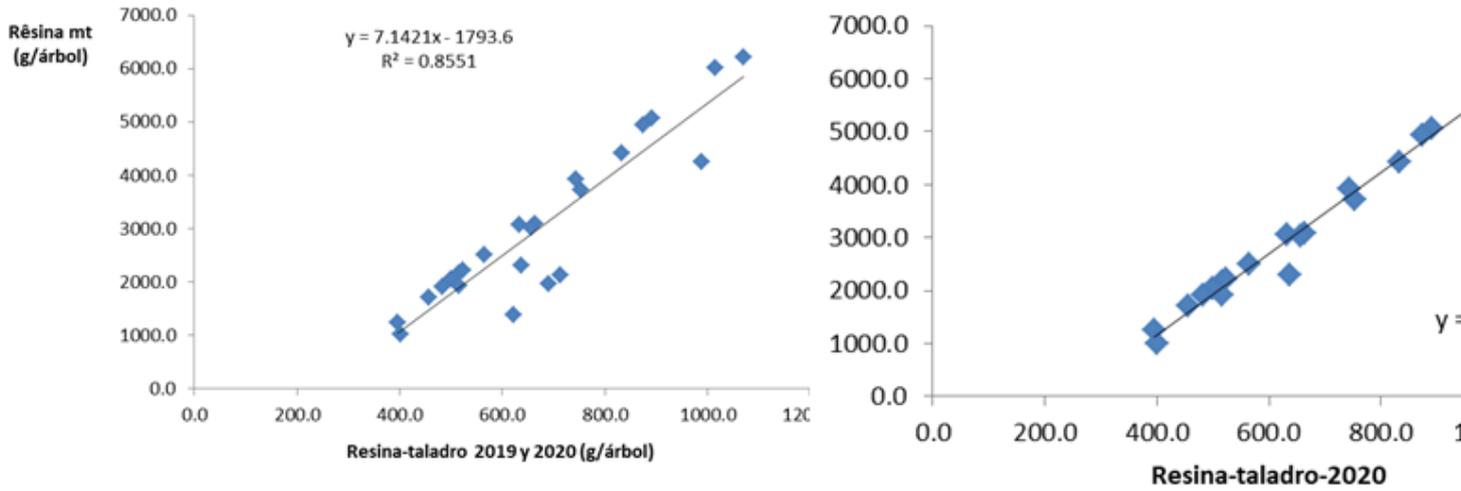


Figura 11: valores estimados para el año 2020 de resina obtenida con método tradicional ((Rêsina mt) frente a los valores observados de resina-taladro en las parcelas instaladas en 2019 (superior izquierdo) y 2019 y 2020 (superior derecho). Los gráficos superiores representan estimaciones obtenidas con un cokrigado universal espacio temporal empleando la orientación como covariable. El gráfico superior

izquierdo incluye datos de resina taladro de 2019 y 2020 y el derecho solamente de 2020 . El gráfico inferior muestra los resultados en las parcelas INIA-2020 de la estimación de un cokrigado espacio temporal empleando como variables auxiliares las bandas de imágenes de Landsat. Se han ajustado a esas estimaciones una recta de regresión, (noint=no intercept).

En la figura 12 se representan juntas las rectas de regresión obtenidas en Aldeanueva y Coca de la figura 10 junto con las salidas de los dos cokrigados y la regresión entre resina mt de las parcelas del Servicio Territorial y la resina-taladro de INIA-2019 en las parcelas coincidentes.

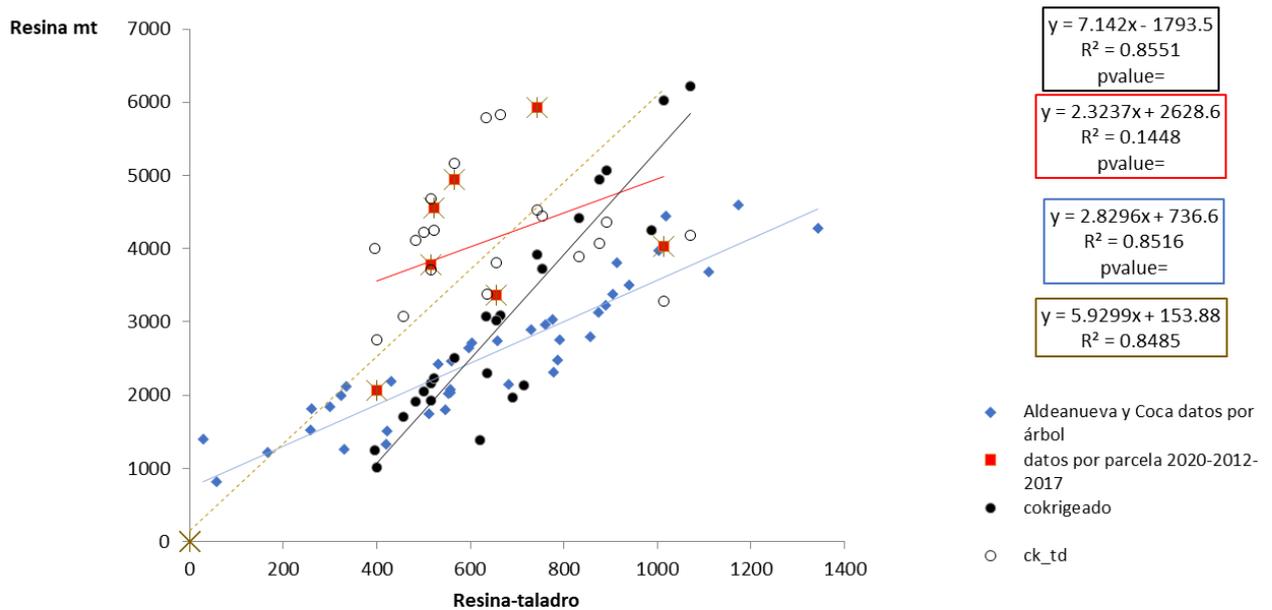


Figura 12: en esta figura se representan: con rombos azules los valores de resina MT (método tradicional) registrados en los mismos árboles en que se tomó la medición de resina-taladro, son observaciones por árbol tomadas en Aldeanueva y Coca en 2019; con cuadrados rojos, datos medios por parcela de resina mt correspondiente a campañas pasadas (dato medio campañas 2012-2017) para cada registro de resina taladro (dato medio por parcela 2019 y 2020). Los círculos representan la estimación con cokrigado del dato medio por árbol de resina mt en 2020 a partir de datos de resina taladro de 2019 y 2020. Los negros corresponden al cokrigado con la orientación como variable auxiliar y los vacíos al ck con las imágenes de satélite como variable auxiliar.

3. Metodo propuesto

De los ensayos realizados en 2019 se concluye que con **el método de tres taladros** se obtiene una producción de resina que no difiere significativamente de la obtenida con métodos tradicionales y por tanto **podría ser una opción de mecanización**,

Dada la correlación existente entre las producciones obtenidas con el tratamiento de tres taladros tangenciales a los 15 y a los 30 días, así como a los 30 días y a los 3 meses, el método de **un taladro tangencial a los 15 días parece un método aplicable para la evaluación precoz de resina**. Con taladros radiales se ha testado la correlación entre 15 y 30 días y también ha resultado significativa. Desde un punto de vista práctico resulta más interesante utilizar el taladro radial en la evaluación precoz por su mayor sencillez de ejecución.

La **resinación mediante taladros presenta una serie de ventajas** frente a los métodos tradicionales como son:

- No se evaporan sustancias volátiles valiosas para la industria, por lo que la calidad de la miera obtenida se incrementa, y con ella, sería de esperar que lo hiciera su precio
- La producción del árbol no está influenciada por la pericia del resinero.
- El número de impurezas se reduce drásticamente, disminuyendo la necesidad de filtrados en fábrica y abaratando el procesado de la resina
- El número de visitas al árbol puede disminuir o limitarse a vigilar el nivel de resina de las bolsas. De este modo puede incrementarse el rendimiento del resinero que podría incrementar el número de árboles de su mata.

En cuanto a la **relación entre resina obtenida con taladro radial y resina obtenida por método tradicional**, los datos de 2019 en Coca y Aldeanueva **muestran una clara correlación** significativa con efecto sitio pero no difiere la tasa de incremento de resina mt con resina t con el sitio (no hay diferencia entre las pendientes de las regresiones. Es decir, que la relación entre producción de resina taladro y resina mt es sitio-dependiente, por lo tanto, para utilizar el método del taladro como **método de evaluación precoz de resina, hay que ensayarlo al menos una vez antes de utilizarlo. Si cambia la relación entre resina mt y resina-taladro entre años no es fácil afirmarlo a partir de los datos disponibles**. Dado que en 2020 no disponemos de datos de producción de resina por métodos tradicionales, se han comparado los datos de resina-taladro de 2020 con datos obtenidos por métodos tradicionales recogidos en el pasado (2012-2017). Como solamente hay siete parcelas en las que se dispone de datos de resina obtenidos por los dos métodos, el análisis de regresión no resulta significativo. Se ha estimado la producción de resina obtenida por métodos tradicionales (mt) mediante un cokrigado universal espacio temporal y el resultado en nuestras parcelas se ha representado junto a los datos de 2019, mostrando una pendiente diferente a la de la regresión entre los dos métodos de resina utilizados en 2019.



Teledetección: utilizando imágenes de satélite como variables auxiliares en el cokrigado, en el entregable citado anteriormente se ha obtenido como resultado una relación lineal estadísticamente significativa entre la producción de resina (mt) y las bandas de Landsat correspondientes a las longitudes de onda del verde (correlación negativa) y del rojo (correlación positiva). La producción más alta de resina se observa en condiciones de poca reflectancia en el verde (las plantas verdes reflejan este color) y mucha reflectancia en el rojo, que es una de las longitudes de onda en que la clorofila presenta un máximo de absorción, lo que podría interpretarse como que la concentración de pigmento es menor por una baja densidad de arbolado en el pixel analizado. Los mayores valores de resina por árbol, que es lo que estamos modelizando es mayor cuando las densidades son bajas. (Rodríguez-García et al 2005).

Recomendaciones:

Es necesario seguir recabando datos de resina-taladro y resina-tradicional para determinar si la pendiente de esos modelos de regresión se mantiene en el tiempo y entre otros sitios de ensayo.

A la vista del entregable 1.16.1 algunas variables como el número de caras y la edad están correlacionadas con la producción de resina y podrían utilizarse también como indicadores para evaluar la producción de resina, si bien, el modelo se ha realizado con pocos datos y el error de estimación supera el 27%, por lo que interesa seguir midiendo esas variables. El repositorio de datos de parcelas de resina (resinlab) no contiene información sobre el tamaño de las parcelas, que es muy interesante para conocer la densidad de la masa y su relación con la producción, por lo que se incluye como recomendación incorporar este dato a futuras mediciones de campo, y así transformar los datos de producción por árbol en datos de producción por hectárea.

Para disminuir el error del cokrigado respecto al nivel actual (27%) un muestreo sistemático permitiría conocer la distribución de la varianza regularmente en el terreno, lo cual resulta de gran interés en el estudio de producciones como la resina, que presentan elevada variabilidad. (Montes et al 2005). Otras recomendaciones relacionadas con el inventario son:

-La importancia de la precisión en la toma de coordenadas de cara a utilizar luego herramientas como la teledetección o cualquier variable auxiliar georeferenciada. Cuanto menor sea la precisión la seguridad de que el valor asignado de la variable auxiliar es el que corresponde a la localización de nuestras parcelas disminuirá.

-También conviene tener en mente, cuando se va a realizar posteriormente un análisis espacial, utilizar parcelas con el mismo tamaño o mismo número de árboles para recoger dentro de las parcelas el mismo nivel de variabilidad. Cuanto menor es la parcela mayor será la variabilidad entre parcelas y viceversa. Como el variograma, que es la base de todos los análisis espaciales, representa la variación con la distancia de la varianza de la variable, es fundamental que trabajemos con elementos del mismo tipo, para modelizar adecuadamente el variograma y poder mezclar todos los datos disponibles sin que el modelo empeore al incluir datos nuevos.



3.1. Tipo y tamaño de parcela

Se propone la realización de parcelas circulares de 10 árboles. En cada parcela se evaluará la superficie ocupada, los diámetros y altura de cada árbol. Variables adicionales (eg. Distancia entre árboles, tamaño de copa, caras de resinación) se pueden realizar según el objetivo.

3.2 Método de resinación

In order to minimize the effect of different workers performing the experiment, we standardized a resin extraction method. We designed a calibrated double angle ruler that we tied to the pine with a chain. One of the angles had a guide to direct the twist drill, which was inclined 15° in the vertical axis and moved through a calibrated rail. Next, we explain how we did the radial method (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**):

1. Select the side facing southeast on the pine and mark the drill height.
2. At the same height measure both diameter and bark thickness and mark the centre of the trunk (without bark thickness) at the height marked on selected face in previous step.
3. Remove some bark in the mark so as not to drill in a crack of the bark and getting the tube to hold better. Measure the final bark thickness in this point.
4. Place the double angle ruler at the marked point and tied it to the trunk with the chain.
5. Add the mark bark thickness to the drill depth (120 mm) and paint it on the drill bit (16 mm diameter).
6. Drill until the drill bit mark coincides with the beginning of the bark.
7. Insert the syringe tube to the bottom of the hole and start releasing stimulant as you take it out until it is filled (approx. 25 mL).
8. Place in the hole the half of the tube that is not tied to the bag.

For the tangential method, we replicated the radial method steps with the next changes in the second step:

- 2.A. Calculate the real radius of tree (without bark).
- 2.B. Calculate a 120 mm geometric rope of a circle and the distance to the centre.
- 2.C. Subtract that measurement from the radius and mark it by measuring from the outside (note the thickness of bark).





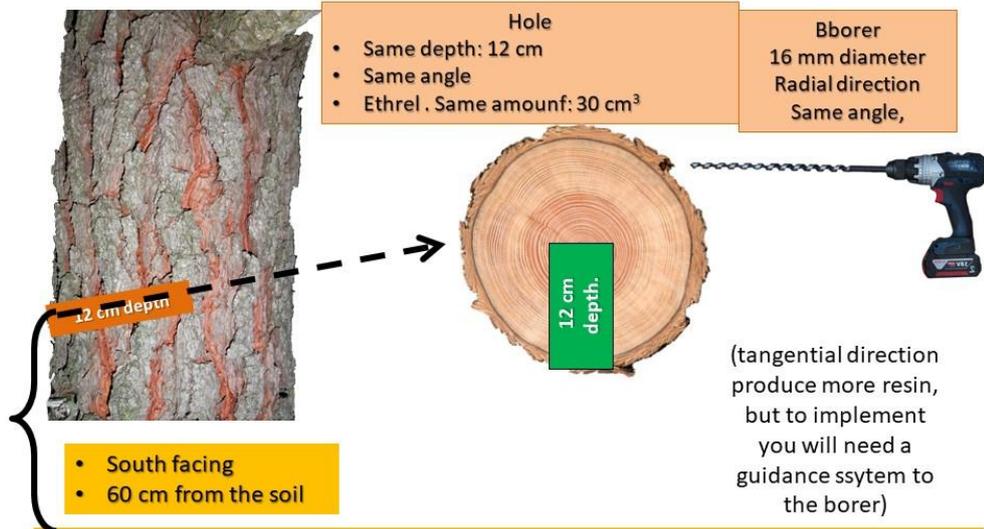
Number of Drills

1 drill end-June at 60 cm

Weight time

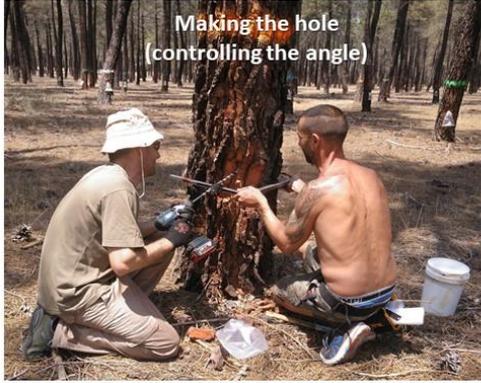
We weight the resin production 15 (middle July) and 30 days (end of July) after drilling the tree.





Materials

Standardization of a method for evaluation



Same amount of
estimulant
Ethrel,



Same bags to collect the resin
Drop watering material for
collectin the resin



All the material is the same in the different plots



Weight: 30 days after the treatment
(it is also possible to make at 15 days, but the same period for all the plots)

