CASTAÑA Y RESINA
COMO APROVECHAMIENTO
MULTIFUNCIONAL PARA IMPULSAR
LA GESTIÓN FORESTAL ACTIVA
Y EL DESARROLLO RURAL
EN EL NOROESTE PENINSULAR

cares

MANUAL DE RESULTADOS:
MODELOS TÉCNICO ECONÓMICOS

PROEPLA GI-1716 PROXECTOS E PLANIFICACIÓN
USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
CETEMAS CENTRO TECNOLÓGICO FORESTAL Y DE LA MADERA
ceseFOR CORAZÓN FORESTAL, espíritu investigador
PEFC PEFC/14-1-1
JUMA JU

Introducción

En la actualidad, la gestión de los pinares atlánticos orientada a la producción de madera de calidad se enfrenta al desafío de mantener una selvicultura activa (raleos, podas y claras). Los elevados costes operativos de estas intervenciones, sumados a la compleja gestión del sotobosque y al creciente riesgo de incendios, comprometen tanto el valor añadido de las masas como la propia persistencia de los ecosistemas forestales en el noroeste peninsular. Ante esta coyuntura, el proyecto **CARES** (Castaña y resina como aprovechamiento multifuncional para impulsar la gestión forestal activa y el desarrollo rural) surge para dar respuesta a la necesidad de diversificar las rentas en el medio rural y profesionalizar el sector forestal.

El proyecto propone un modelo de gestión multifuncional donde la extracción de resina sobre pinares sea complementaria con el aprovechamiento de la castaña en soutos o la gestión de la propia biomasa de los pinares, evitando que operen como actividades aisladas. Sin embargo, para que este modelo sea transferible y escalable al sector forestal, es imprescindible cuantificar su viabilidad técnica y financiera mediante los modelos técnico-económicos que han sido objeto de actuación de la **Acción 4** del proyecto y que se detallan en este manual de resultados.

Para la correcta interpretación de este manual, es necesario conocer las fases previas que han suministrado los datos primarios para la modelización.

Optimización de la actividad resinera (Acción 1) , fase en la que se testaron y validaron las metodologías de extracción. Se evaluó el uso de la entalladura circular (pica mecanizada en superficie) para masas destinadas a madera noble, y el método borehole en altura (taladro en profundidad en sistema cerrado) para pies extraídos en primeras claras con destino a biomasa. Estas pruebas, realizadas en Galicia, León y Asturias, permitieron definir los rendimientos técnicos que integran las tablas de costes de este manual.

Determinación del potencial productivo (Acción 3), donde se establecieron redes de parcelas experimentales para medir la productividad real de los castañares en diferentes fases de maduración en Galicia, León y Asturias, así como la producción de biomasa sobre pinares jóvenes una vez resinados en Galicia y Asturias.

A partir del monitoreo de estas parcelas se han obtenido los datos de producción de resina, castaña y biomasa, así como los rendimientos de cada una de las operaciones necesarias para la gestión de las masas; parámetros sobre los cuales se han construido finalmente los modelos técnico-económicos de aprovechamiento conjunto **resina-castaña y resina-biomasa.**

1 ¿Qué son los modelos técnico-económicos?

Un modelo técnico-económico es una herramienta que permite evaluar la viabilidad financiera de un proyecto en base a las características técnicas de éste. A partir de las actividades que conforman el proceso productivo, se cuantifican los recursos necesarios (mano de obra, maquinaria y materiales) para obtener una estimación de la viabilidad global del proyecto.

Caracterización de la masa
Evaluación del estado sanitario de la masa

Senalización
Marcaje de árboles sobre los que realizar tratamientos

Tramitación de permisos
Solicitud de permisos de aprovechamiento de resina

Podas y restos de poda
Poda de los árboles y gestión de los restos de poda generados

Desbroche castaña
Desbroce de la parcela de producción de castaña

Desbroce pinar
Desbroce alrededor de los árboles que se van a resinar

Retirada pies muertos
Retirada de pies muertos para evitar problemas sanitarios

Desyeme y eliminación de brotes bajos
Eliminación de brotes innecesarios para mejorar la sanidad de la planta.

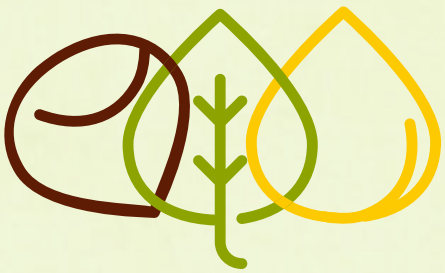
Remasa
Retirada del monte de las bolsas de resina para su posterior comercialización

Pica en blanco
Realización de un corte transversal en la zona superior a las picas sin emplear ácido, facilitando la cicatrización

Acondicionamiento de la parcela
Soplado de caminos y acondicionamiento general de la parcela tras la recolección

Desbroce de remate
Desbroce manual en la zona bajo la copa para facilitar la recolección

Resinado
Realización de las picas con la periodicidad deseada para la extracción de la resina



Son herramientas esenciales para la **toma de decisiones**, permitiendo a los interesados gestionar tiempos y costes con precisión antes de iniciar el aprovechamiento.

2 ¿Para qué sirven?

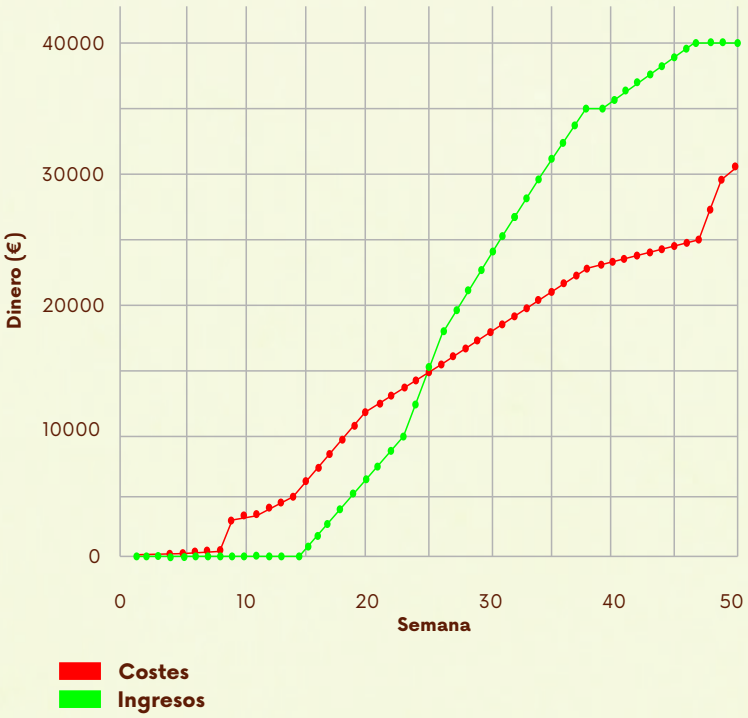
El objetivo primordial de estos modelos es determinar la **viabilidad técnica** y la **rentabilidad económica** de un aprovechamiento forestal multifuncional. Su utilidad se desglosa en los siguientes niveles de planificación:

Estimación y gestión del tiempo: Permiten al usuario obtener una proyección precisa del tiempo que desea, o ha de dedicar a su parcela, en relación con cada una de las actividades que integran el proceso productivo.

Pauta de actuaciones técnicas: El modelo suministra una hoja de ruta de los trabajos que se deben llevar a cabo para lograr una producción óptima, tanto en calidad como en cantidad.

Identificación de recursos críticos: Permite detectar de forma anticipada cuáles de las actividades requerirán una mayor dotación de recursos (mano de obra, maquinaria o insumos).

Esta información, aunque valiosa por sí misma para la planificación operativa, resulta insuficiente para la optimización de los costes de los operarios. Por ello, el modelo incorpora la **dimensión económica** mediante el cálculo del coste asociado a cada tarea. La integración de ambos vectores (técnico y económico) constituye una ayuda indispensable para la gestión del tiempo y la optimización financiera, especialmente en escenarios donde coexisten diversas alternativas de gestión silvícola.



Finalmente, estos modelos ofrecen la posibilidad de implementación en una **herramienta informática**. Esta digitalización aumenta exponencialmente su potencialidad, ya que permite aplicar el modelo parametrizado a una parcela concreta a elección del usuario. De este modo, el modelo se convierte en una herramienta de gestión flexible, precisa y eficiente para el propietario o técnico forestal.

3 ¿Cómo se construyen los modelos?

En la mayor parte de los modelos técnico-económicos desarrollados para sistemas agroforestales, se parte de determinados criterios técnicos y contables, homogéneos para todas las producciones y comarcas. Esto suele derivar en resultados generales con niveles de información limitada, basados en requerimientos de procesos, valores de rendimientos y magnitudes de costes medios obtenidos, en muchos casos, de fuentes secundarias.

En el proyecto **CARES**, se propuso una metodología disruptiva basada en una **toma de datos precisa, repetida** y **controlada**. El objetivo fue alimentar cada uno de los modelos con información real de campo para contar con una herramienta de estimación de recursos y costes lo mejor calibrada posible. El proceso se estructuró en las siguientes fases:

3.1. Cronometraje y protocolos de campo

Durante los años 2024 y 2025 se realizó, en cada una de las localizaciones, la medición de los trabajos necesarios para producir resina, castaña y biomasa. Se diseñó un **protocolo de medición** que asegurase el rigor y la disminución de errores, describiendo de forma exacta qué acciones medir y cómo realizarlas (especificando hitos de inicio y fin, así como unidades de medida). En el caso del aprovechamiento resinero, se midieron rendimientos tanto para expertos como para noveles, determinando así el impacto de la experiencia en la productividad.

3.2. Variables de control y uniformización

Para uniformizar la toma de datos, se pautaron las variables a recoger:

- **Datos de actividad:** Trabajo realizado, superficie, tiempo y fecha.

Condiciones del entorno: Observaciones sobre temperaturas, pendiente del terreno o estado del árbol, factores que afectan directamente al desempeño del trabajador y, por ende, al modelo

3.3. Depuración y procesamiento de datos

Tras conformar el set de datos final, se procedió a una depuración exhaustiva para eliminar:

- **Mediciones anómalas:** Trabajo realizado, superficie, tiempo y fecha.
- **Tiempos no representativos:** Interrupciones por causas ajenas a la actividad o averías de maquinaria. Una vez depurados, los datos se clasificaron, ordenaron y promediaron para obtener las **duraciones medias** de las actividades del proceso productivo.

3.4. Monitorización y cálculo de costes

Además de las duraciones, se monitorizaron los costes asociados a cada trabajo:

- **Contrataciones externas:** Como los desbroces mecanizados
- **Labores por cuenta propia:** Se incluyeron costes de materiales y maquinaria, sumando el **coste de mano de obra** bajo el concepto de **coste de oportunidad**.
- **Cálculo de amortizaciones:** Para equipos sin coste horario conocido, se calculó su amortización siguiendo **la tabla de amortización simplificada de la agencia tributaria,** estimando sus horas de funcionamiento anuales..

3.5. Monitorización y cálculo de costes

Debido a la casuística forestal, las labores se parametrizaron de dos formas en la herramienta informática:

Por superficie: Para labores como el desbroce (calculado por hectárea o parcela).

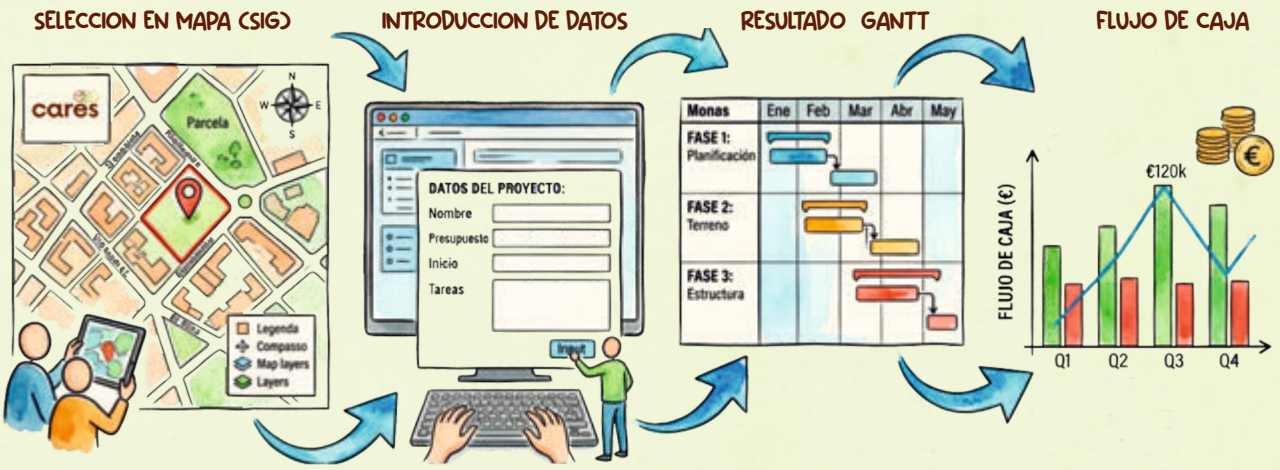
Por pie: Para labores individuales como la poda o la ejecución de entalladuras.

Con esta estructura de información, el proyecto CARES construyó los modelos técnico-económicos de producción combinada resina/castaña y resina/biomasa. Estos, complementados con el modelo de producción, permiten calcular el beneficio real de la actividad y facilitar la toma de decisiones estratégicas en la gestión.

4 Aplicabilidad de los modelos técnico-económicos

Aunque el modelo técnico-económico obtenido inicialmente contiene toda la información necesaria para su aplicación, el manejo manual de la totalidad de los datos de duración y costes de las actividades que conforman el proceso productivo puede resultar engorroso para el usuario final. Por este motivo, su implementación en una **aplicación informática** resulta fundamental para lograr un mayor uso del modelo y una difusión efectiva de la actividad.

La digitalización de estos modelos permite integrar funcionalidades avanzadas que potencian la capacidad de decisión del gestor:



Integración con visores SIG: Facilita la elección y delimitación de las parcelas de actuación sobre una base cartográfica real, permitiendo una selección precisa del terreno de estudio.

Generación de diagramas de Gantt automáticos: Proporcionan una visualización clara y estructurada de la distribución temporal de las actividades, optimizando la planificación de las labores a lo largo del ciclo productivo.

Eficiencia y flexibilidad: La herramienta informática permite automatizar cálculos complejos, convirtiendo un set de datos denso en un simulador ágil que responde a las necesidades específicas de cada explotación.

5 Principales resultados

5.1. Método de entalladura circular en superficie para extracción de resina

Este método de extracción ha sido ejecutado sobre pinar adulto de *Pinus pinaster* cuyo destino final de la madera sería de uso estructural.

En la **Tabla 1** se pueden observar las características de las actividades que se realizaron en la parte de resina, desglosadas por localización y por la experiencia del resinero. Mientras que en la **Tabla 2**, se muestran los costes asociados a dichas actividades, los cuales están íntimamente relacionados con el rendimiento de los operarios.

Rendimientos horarios de las actividades relacionadas con la extracción de resina

RENDIMIENTOS HORARIOS	GALICIA		LEÓN		ASTURIAS
Actividad	**Experto (h/pie)**	**Novel (h/pie)**	**Experto (h/pie)**	**Novel (h/pie)**	**Novel (h/pie)**
1ª y 2ª Entalladura	0,0172	0,0135	0,0085	0,0144	0,0222
3ª Entalladura en adelante	0,0173	0,0128	0,0076	0,0159	0,0222
Pica en blanco	0,0077	0,0122	0,0076	0,0133	
Remasa	0,0276	0,0202	0,0281	0,0248	0,0215

Costes asociados a las actividades para el aprovechamiento resinero

RENDIMIENTOS HORARIOS	GALICIA		LEÓN		ASTURIAS
Actividad	**Experto (€/pie)**	**Novel (€/pie)**	**Experto (€/pie)**	**Novel (€/pie)**	**Novel (€/pie)**
1ª y 2ª Entalladura	0,495	0,439	0,363	0,452	0,570
3ª Entalladura en adelante	0,2742	0,206	0,128	0,253	0,111
Pica en blanco	0,123	0,196		0,213	
Remasa	0,417	0,304	0,423	0,374	0,324

5.2 Aprovechamiento de castaña

El estudio ofreció la posibilidad de elegir simulaciones en sotos maduros y en producción, plantaciones jóvenes o bien sotos abandonados (los cuales requieren de la aplicación de labores específicas de recuperación). En la **Tabla 3** se muestran los resultados obtenidos en las actividades realizadas en un soto maduro y en producción.

Características de las actividades correspondientes a la castaña

ACTIVIDAD	RENDIMIENTO	COSTE
Caracterización de la masa	13,77 h/ha	314,09 €/ha
Señalamiento	13,84 h/ha	315,69 €/ha
Acondicionamiento de caminos		
Eliminación de piedras y ramas	0,0085 h/m	0,13€/m
Desbroce caminos parcela	0,0011 h/m	0,088 €/m
Desbroce manual	24,41 h/ha	377,71 €/ha
Desbroce entre filas	1,34 h/ha	20,70 €/ha
Desbroce manual de remate	4,83 h/ha	74,75 €/ha
Desbroce mecanizado tractor desbrozador	6,09 h/ha	149,84 €/ha
Desbroce mecanizado desbrozadora martillos y tractor	3,96 h/ha	317,44 €/ha
Ahoyado y destoconado con minipala	0,085 h/hoyo	5,31 €/hoyo
Abonado	0,008 h/plan.	0,71 €/planta
Desyeme	0,103 h/pie	1,37 €/pie
Eliminación de brotes bajos	0,019h/pie	0,25 €/pie
Poda de ramas secas	0,093 h/pie	1,24 €/pie
Poda sanitaria	0,111 h/pie	1,48 €/pie
Poda	0,208 h/pie	4,53 €/pie
Clasificación de la madera cortada	0,401 h/pie	5,31 €/pie
Retirada y amontonamiento de restos sólidos	0,0775 h/pie	1,03€/pie
Quema de restos	0,076 h/pie	1,01 €/pie
Reparto de plantas y plantación	0,042 h/plan.	20,67 €/planta
Escarda mecánica	0,059 h/pie	0,78 €/pie
Binado manual	0,031 h/pie	0,41 €/pie
Aporcado de restos	0,013 h/pie	0,17 €/pie
Entutoramiento y protección definitivos	0,075 h/pie	3,17 €/pie
Injertos	0,231 h/pie	3,16 €/pie
Riego	0,067 h/pie	0,89 €/pie
Recogida manual a hecho	26,97 kg/h	0,66 €/kg
Recogida manual con selección	23,81 kg/h	0,68 €/kg
Recogida con redes	27,47 kg/h	0,71 €/kg
Recogida mecanizada con aspiradora	99,69 kg/h	0,58 €/kg
Acondicionamiento mecanizado de la parcela	1,045 h/ha	15,91 €/ha
Acondicionamiento manual de la parcela	13,057 h/ha	172,85 €/ha

5.3. Método borehole en altura para extracción de resina

El modelo técnico económico de resina y biomasa se fundamenta en la valorización integral de pies jóvenes que iban a ser extraídos en una primera clara. A diferencia de los métodos tradicionales de extracción, aquí se emplea el método borehole en altura, con el que perforamos en profundidad el tronco del pino que posteriormente será talado para aprovechamiento de biomasa.

Los datos de rendimientos obtenidos en las tablas 4 y 5 muestran resultados superiores a los obtenidos para el método de entalladura circular en superficie debido al cambio en la metodología de extracción (1 agujero en entalladura circular frente a 3 en borehole).

Rendimientos horarios de las actividades relacionadas con la extracción de resina.

ACTIVIDAD	EXPERTO	NOVEL
Pica 1ª	0,0292 h/pie	0,0343 h/pie
Pica 2ª en adelante	0,0292 h/pie	0,0343 h/pie
Remasa	0,017 h/pie	

Costes asociados a las actividades para el aprovechamiento resinero.

ACTIVIDAD	EXPERTO	NOVEL
Pica 1ª	1,68 €/pie	1,76 €/pie
Pica 2ª en adelante	0,45€/pie	0,52 €/pie
Remasa	0,258 €/pie	

5.4.Aprovechamiento de biomasa de pies resinados por el método borehole

Con respecto a los trabajos de trituración para aprovechamiento como biomasa de los árboles resinados, se presentan los resultados en la siguiente tabla:

Rendimiento y coste de las actividades de trituración para biomasa de los árboles resinados.

ACTIVIDAD	EXPERTO	NOVEL
Apeo	0,0581 h/pie	1,47 €/pie
Arrastre	0,06 h/pie	3,72 €/pie
Desembosque	0,029 h/pie	1,81 €/pie
Transporte	0,029 h/pie	2,11 €/pie
Astillado	0,042 h/pie	5,77 €/pie

6 Conclusiones y aplicabilidad final

Ambos modelos están disponibles para su uso en la plataforma: ***https://cares.proepla.com/***

Esta aplicación permite al usuario simular, para una parcela concreta, un aprovechamiento combinado. El funcionamiento se diseñó de forma intuitiva: tras seleccionar el modelo, el usuario pulsa sobre la parcela objetivo y responde a una breve encuesta; el sistema procesa automáticamente todos los cálculos de la simulación.

Tras el análisis de los modelos obtenidos, se extraen las siguientes conclusiones principales:

Resina

El factor humano y el método de extracción son factores muy relevantes, pues la determinación de la capacidad de producción y los costes de las entalladuras están fuertemente ligados al rendimiento del operario, siendo un punto a favor (aunque no limitante) la experiencia previa del resinero.

Castaña

La incorporación de labores mecanizadas (desbroce y recogida) supone una reducción drástica en los costes de producción, además de mejorar la ergonomía laboral y aumentar la capacidad productiva total.

Financiación:
CARES cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.

Fundación Biodiversidad

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU