



**2025** | **16-20**  
**GIJÓN** | **JUNIO**

**9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL**

**9CFE-1232**

Actas del Noveno Congreso Forestal Español  
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**  
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





## Evaluación de la gestión nutricional de plantaciones de eucalipto

GONZÁLEZ-GARCÍA, M. (1), DÍAZ-ACEVEDO, E. (2), COLADO, D. y MAJADA, J. (1)  
 (1) Fundación Centro Tecnológico Forestal y de la Madera de Asturias (CETEMAS).  
 (2) Forestal Malleza SL. (FORESMA)

### Resumen

Este trabajo estudia la optimización de la gestión nutricional de las plantaciones de eucalipto empleando una red de ensayos experimentales instalada en el norte de España entre los años 2019 y 2021. Estos ensayos implementan distintas estrategias y programas de fertilización combinados con tratamientos selvícolas, todos ellos adaptados a las distintas tipologías de escenarios que nos podemos encontrar en el cultivo de *Eucalyptus globulus* en la región: nuevas plantaciones, plantaciones jóvenes y plantaciones de monte bajo. Se ha llevado a cabo un seguimiento del crecimiento de los árboles junto a un estudio nutricional de los ensayos. Las conclusiones indican que el uso de tratamientos de fertilización adaptados al establecimiento del cultivo combinados con una fertilización de mantenimiento y un adecuado control de la vegetación permiten mejorar la productividad y el estado nutricional de las masas de eucalipto del norte de España.

### Palabras clave

*Eucalyptus globulus*, abonado, fertilización, tratamientos selvícolas, productividad.

### 1.Introducción

El eucalipto desempeña un papel clave en el norte de España, donde se ha convertido en un motor económico que impulsa la creación de empleo y el desarrollo de áreas rurales. Según datos de 2022, el volumen de cortas anuales nacional de eucalipto alcanza los 7,5 millones de m<sup>3</sup> de madera siendo este volumen el 88% de la totalidad de las cortas de especies de frondosas en España (MITECO, 2024). Además de su valor económico, este árbol ofrece importantes beneficios ambientales, como la reducción de la erosión del suelo y la captura de dióxido de carbono. En total, se estima que las plantaciones de eucalipto y pino orientadas al sector papelero en España almacenan 11.203 mil toneladas de carbono y fijan 41.078 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (ASPAPPEL, 2023).

Aunque estas plantaciones son esenciales para el país, su productividad se ve afectada por diversos factores, como el envejecimiento de los cultivos, la falta de una gestión nutricional adecuada y problemas sanitarios. Estas limitaciones están reduciendo el rendimiento potencial del cultivo de eucalipto. Por esta razón, optimizar la gestión nutricional se ha convertido en una prioridad para todos los actores implicados en la cadena de valor de este cultivo, buscando maximizar su producción sin necesidad de incrementar la superficie actual.

El uso de fertilizantes con una dosificación adecuada garantiza un desarrollo óptimo de los árboles, evita carencias nutricionales y contribuye a mantener la productividad de los suelos. Estas prácticas son ampliamente utilizadas en las plantaciones de eucalipto desde hace décadas (JACOBS, 1981; GONZÁLEZ-RÍO et al., 1997) existiendo múltiples trabajos que respaldan el uso de la nutrición forestal para la mejora de la productividad (MERINO et al., 2003; SMETHURST et al., 2003).

No obstante, las técnicas empleadas en el norte de España siguen siendo tratamientos estándar y a menudo se limitan a la etapa inicial de plantación, sin considerar factores como las características del suelo o las necesidades específicas



de los árboles según su edad (VIERA et al., 2016). Asimismo, tampoco se consideran distintos tipos de plantaciones, como las necesidades en el recepe tras la corta en las plantaciones de monte bajo. Además, es necesario desarrollar programas de fertilización que aborden no solo las fases iniciales, y consideren las deficiencias comunes en suelos ácidos o en aquellos donde se han realizado múltiples rotaciones y se ha extraído la biomasa residual. Por ello, se considera de gran importancia establecer nuevas estrategias de gestión nutricional en plantaciones de eucalipto que junto con prácticas de gestión forestal sostenible permitan mejorar la gestión de estas plantaciones y conservar la fertilidad de los suelos forestales.

## 2. Objetivos

Los objetivos de este trabajo se centran en la presentación y evaluación de nuevos programas de fertilización diseñados para mejorar la gestión nutricional de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* en el norte de España.

## 3. Metodología

### 3.1. Diseño de los escenarios y tratamientos

El diseño experimental de la red de ensayos se realizó de acuerdo con el tipo de escenario. Se consideraron en total tres tipos de escenarios en relación con la tipología de masas de eucalipto existentes en la actualidad en el noroeste de España: nuevas plantaciones, plantaciones jóvenes y plantaciones de monte bajo.

Los tratamientos y programas de fertilización empleados fueron seleccionados de referencias actuales para la especie en la península ibérica u otras regiones de interés próximas (CELPA, 2018ab; VIERA et al., 2016; RUÍZ et al., 2001). Las principales características de los tratamientos aplicados en cada uno de los escenarios se especifican en la *Tabla 1*.

- **Escenario de nuevas plantaciones**

Para la fertilización de establecimiento de la plantación se seleccionaron 4 tratamientos incluyendo el control (sin fertilización): *C*, *I*, *L* y *S* (*Tabla 1*). El tratamiento *I* se ha seleccionado por ser el más utilizado en la región, es un abonado de liberación inmediata donde todos sus componentes se aportan en forma totalmente asimilable para las plantas. Es un fertilizante NPK con alto contenido en fósforo y potasio. El tratamiento *L* por su parte es un fertilizante de liberación controlada, suministra nutrientes durante unos 9 meses minimizando su lavado por la lluvia y presenta un elevado nivel de magnesio que favorece la fotosíntesis. Por su parte el tratamiento *S*, además del producto del tratamiento *L*, incorpora un aporte extra de fósforo que favorece el desarrollo radicular de las plantas en la fase de establecimiento del cultivo.

A parte, de los tratamientos citados anteriormente referidos a la fertilización de establecimiento se realizaron en combinación las siguientes actuaciones: control (T0), desbroce (D), desbroce y fertilización de mantenimiento (D+T1), desbroce, fertilización de mantenimiento y herbicida (D+T1+H) y desbroce, fertilización, herbicida y tratamiento de encalado (D+T1+H+E). Este último tratamiento sólo se realizó en las parcelas donde previamente se tomó la decisión por sus características de llevar a cabo un encalado para incrementar el pH del suelo y mejorar sus deficiencias nutricionales.

La fertilización de mantenimiento o segunda fertilización se realizó empleando un producto de liberación controlada que contiene boro y azufre (*Tabla 1*), aplicado

manualmente en el radio que ocupa la proyección de las copas de los árboles, ya que es donde se estima que se encuentran las raíces por la edad de las plantaciones. Este abono es adecuado para la fertilización de mantenimiento en los primeros años tras la plantación aportando los elementos que necesita el cultivo y reduciendo por sus características la pérdida de nutrientes.

Finalmente, el producto seleccionado para el encalado (*E*), que se aplica del mismo modo que el anterior, combina los elementos calcio, magnesio y azufre y se define como un corrector de la acidez del suelo con alta solubilidad y durabilidad que permitirá incrementar el pH edáfico e incrementar la disponibilidad de nutrientes para el cultivo. Este producto sólo se ha aplicado en plantaciones predefinidas con pH muy ácido y con mayores deficiencias nutricionales.

Tabla 1. Características de los tratamientos de fertilización aplicados en los ensayos.

Escenarios	Tratamiento	Composición nutricional	Tipo de liberación	Dosis		
Nuevas plantaciones	C	Control	---	---		
I	NPK 8-24-16	Inmediata		200 g/planta		
L	NPK 11-21-9 +6MgO	Controlada		50 g/planta		
S	NPK 11-21-9+Mg	NPK 0-27-0	Controlada-	inmediata	50 g/planta	100 g/planta
Nuevas plantaciones	T1	NPK(S) 21-10-9 (23)+B	Controlada	500 g/planta		
Plantaciones jóvenes				500 g/planta		
Monte bajo				500 kg/ha		
Nuevas plantaciones	E	CaO (30%), MgO (4.5%) y SO <sub>3</sub> (10%)	Inmediata	500 g/planta		
Plantaciones jóvenes	CaO (55%) y MgO (30%)			500 g/planta		
Monte bajo				500 kg/ha		

En la *Figura 1* se muestra el diseño experimental de los ensayos que consiste en un diseño anidado (split-plot), donde a partir de las condiciones de control de la vegetación de competencia, se evaluaron con un diseño de bloques los tratamientos de fertilización de establecimiento



Figura 1. Esquema del diseño experimental del escenario nuevas plantaciones. Tratamientos: control (T0), desbroce (D), desbroce y fertilización de mantenimiento

(D+T1), desbroce, fertilización de mantenimiento y herbicida (D+T1+H), desbroce, fertilización, herbicida y encalado (D+T1+H+E), (C): control, (L): NPK 11-21-9+Mg, 50 g/planta, (I): NPK 8-24-16, 200 g/planta, (S): NPK 11-21-9+Mg, 50 g/planta + NPK 0-27-0, 100 g/planta.

- **Escenario plantaciones jóvenes**

En el caso de las plantaciones jóvenes de eucalipto se seleccionaron masas de entre 1 y 2 años, con materiales genéticos identificados y una única fertilización en el momento de la plantación de 100 g/planta con un fertilizante NPK 8-24-16. Para este escenario se definieron los siguientes tratamientos: control (T0), desbroce (D), desbroce y fertilización (D+T1), desbroce, fertilización y herbicida (D+T1+H) y finalmente el tratamiento de desbroce, fertilización, herbicida y encalado (D+T1+H+E) para los ensayos previamente seleccionados. En la [Figura 2](#) se muestra el diseño experimental de este escenario que es un diseño de bloques completos más sencillo que en caso anterior.



*Figura 2. Esquema del diseño experimental escenario plantaciones jóvenes. Tratamientos: control (T0), desbroce (D), desbroce y fertilización (D+T1), desbroce, fertilización y herbicida (D+T1+H), desbroce, fertilización, herbicida y encalado (D+T1+H+E).*

- **Escenario monte bajo**

Para el escenario de monte bajo se seleccionaron plantaciones en la segunda rotación, es decir siguiente rotación a la primera corta, donde se realizó un desbroce y la selección de brotes previa a los tratamientos. Las masas tenían una edad en torno a los 3 - 4 años.

En este escenario se aplicaron los siguientes tratamientos: tratamiento control (T0), fertilización (T1), fertilización y herbicida (T1+H), fertilización, herbicida y encalado (T1+H+E). Este último tratamiento, como en los casos anteriores, sólo se realizó en las parcelas donde se tomó la decisión por sus características de llevar a cabo un encalado para incrementar el pH del suelo.

Los tratamientos de fertilización y encalado en este escenario fueron los mismos que se emplearon en el escenario de plantaciones jóvenes y se aplicaron en la línea de plantación, dispersando el producto manualmente en una faja de 2 m tomando como referencia la línea para que llegara al área de dispersión de las raíces. En la [Figura 3](#) se puede ver el diseño del ensayo que está compuesto por bloques completos en cada tratamiento.



Figura 3. Esquema del diseño experimental escenario monte bajo. Tratamientos: control (T0), fertilización (T1), fertilización y herbicida (T1+H), fertilización, herbicida y encalado (T1+H+E).

### 3.2. Red experimental de ensayos

El dispositivo experimental de ensayos basado en los diseños especificados previamente fue instalado entre los años 2019 y 2021. La ubicación de los ensayos se seleccionó del listado de terrenos y plantaciones de *Eucalyptus globulus* de propiedad privada disponibles. Estas localizaciones cumplían una serie de criterios en función del escenario como superficie, momento de la plantación o edad, y a su vez fueron seleccionados para cubrir la variabilidad edafoclimática disponible. Esta red inicialmente incluyó 16 ensayos que ocupaban en total 26 ha. En la *Figura 4* y *Tabla 2* se muestra la ubicación de los distintos ensayos y se especifican sus principales características.

Tabla 2. Información de los ensayos de la red experimental.

Escenario	Ensayo	Concejo	Fecha instalación	Edad	(años)	Superf	(ha)	Altitud (m)
Nuevas plantaciones	Peñona 1	Pravia	Otoño 2019	---	1.5		375	
	Peñona 2	Pravia	Primavera 2020	---	1.5		373	
	Candalina	Cudillero	Otoño 2019	---	1.0		129	
	Relayo	Tapia	Primavera 2020	---	2.0		395	
	Cheidosa*	Valdés	Otoño 2019	---	3.0		321	
	Ayones*	Valdés	Primavera 2020	---	2.0		400	
	Budores*	Gozón	Primavera 2020	---	1.0		35	
Plantaciones jóvenes	El Valle	Tapia	Primavera 2020	2	2.0		365	
	Riberas	Pravia	Primavera 2020	2	1.0		72	
	Otero	Candamo	Primavera 2020	2	1.0		131	
	Cheidosa*	Valdés	Primavera 2020	1	2.0		575	
	Troncedo*	Cudillero	Primavera 2020	2	1.0		166	
Monte bajo	Carrandi	Colunga	Primavera 2020	4	2.0		377	

Carpintosa	Villaviciosa	Primavera 2020	4	2.0	228
Brañaivente *	Salas	Primavera 2020	4	2.0	460
Garduña*	Cudillero	Primavera 2020	4	1.0	122

*Nota: \*Plantaciones predefinidas inicialmente con mayores deficiencias nutricionales.*

*Figura 4. Localización de los ensayos de fertilización en Asturias.*

*Para el escenario de nuevas plantaciones la preparación del terreno se realizó mediante desbroce mecanizado de la vegetación y ahoyado con retroaraña. La plantación se llevó a cabo de forma manual con densidad de 1100 pies/ha aplicado simultáneamente con la fertilización y los tratamientos seleccionados. El escenario de plantaciones jóvenes se realizaron los tratamientos especificados en el apartado anterior. Finalmente, en el escenario de monte bajo, como ya se indicó anteriormente, se realizó un desbroce y la selección de brotes de las cepas previa a los tratamientos.*

### **3.3. Evaluación de los ensayos**

*La caracterización nutricional de los ensayos se realizó mediante análisis edáficos y foliares que permitió disponer de información esencial para conocer el estado previo de las plantaciones y estudiar su evolución tras la aplicación de tratamientos. Para llevar a cabo dicha caracterización se ha acudido a una recopilación de fuentes bibliográficas publicadas en el noroeste de España que establecen los rangos nutricionales foliares para plantaciones jóvenes de *Eucalyptus globulus* (VIERA et al., 2016) incluyéndose otras referencias de Asturias con masas de mayor edad (AFIF-KHOURI et al., 2010), niveles críticos de la especie (JUDD et al., 1996) así como referencias de otros proyectos (CELPA 2018ab). Para simplificar este trabajo, la publicación se centra en la evolución del crecimiento y no se incluye la parte de evaluación nutricional que por su importancia será considerada en futuras publicaciones sobre los programas de fertilización de la red de ensayos cuando se disponga de más información.*

*El seguimiento de la evolución del crecimiento de los árboles se está realizando mediante inventarios dendrométricos periódicos. el último inventario se realizó en primavera de 2024 para algunos de los ensayos. Para el seguimiento, en cada tratamiento de cada ensayo se ha instalado una parcela permanente de medición. Estas parcelas se ubican en una zona homogénea y representativa de la masa dentro de cada tratamiento, evitando el efecto borde, que contienen un mínimo 30 árboles. Las variables recogidas en los inventarios fueron las siguientes: h: altura total del árbol (m), hv: altura de copa viva del árbol (m) y d: diámetros cruzados a la altura normal (1,30 m del suelo) (cm). También se recogieron variables como la supervivencia de los árboles y otras observaciones relevantes sobre el estado del árbol (bifurcaciones, deformaciones, estado sanitario...). Los equipos empleados en la medición de los ensayos fueron: forcípula para la medición de los diámetros, Hipsómetro Vértex III para medir alturas y estadillos en Tablet para el registro de datos en campo.*

*En la Figura 5 pueden verse el estado general de algunos de los ensayos de la red experimental durante los inventarios.*



Figura 5. Imágenes de los ensayos de nuevas plantaciones: Peñona (Pravia) y Ayones (Valdés), plantaciones jóvenes: Valle (Tapia) y monte bajo: Garduña (Cudillero)

### 3.4. Análisis estadístico de los resultados

A partir de las principales variables dendrométricas registradas en los estadillos se calculó el volumen individual de cada árbol con corteza en cada uno de los tratamientos empleados usando ecuaciones de biomasa disponibles (GARCÍA-VILLABRILLE, J.D.; 2015) para conocer la productividad de los mismos. El análisis comparativo de crecimiento y producción se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANOVA) en el que se estudiaron las principales variables productivas con respecto al tratamiento en cada ensayo. Cuando se comprobó que existían diferencias significativas en la variable respuesta ( $p < 0,05$ ) se llevó a cabo una comparación múltiple de medias con el objetivo de clasificar los tratamientos en grupos de igual productividad. Para el propósito de la comparación de medias se utilizó el test de Tukey.

## 4. Resultados

### 4.1. Escenario nuevas plantaciones

Los ensayos analizados en el escenario de nuevas plantaciones fueron los ensayos de Peñona 2 y Budores, ya que algunos ensayos como Peñona 1 presentaron grandes daños por viento y una alta mortalidad en múltiples bloques del ensayo lo que no permitió una evaluación adecuada.

El análisis de varianza realizado en el ensayo de Peñona 2 presentó diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre los tratamientos selvícolas y de fertilización. El tratamiento con mayor productividad, significativamente superior al resto, fue el que combinaba los tratamientos de control de la vegetación desbroce y herbicida y una fertilización de mantenimiento (D+T1+H) ( $V=13.21\text{dm}^3/\text{árbol}$ ), seguido por el tratamiento de desbroce y fertilización de mantenimiento (D+T1) ( $V=10.88\text{dm}^3/\text{árbol}$ ). Según el test de Tukey, los bloques sin tratamiento de fertilización de mantenimiento presentaron significativamente menor productividad (Figura 6) con volúmenes de madera con corteza inferiores a  $3\text{dm}^3/\text{árbol}$ . En el ensayo de Budores por su parte, el ANOVA realizado mostró diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre los distintos tratamientos selvícolas y de fertilización. Los tratamientos que incluyen una fertilización de mantenimiento (T1), son los que mejor crecimiento y producción en

volumen han obtenido ya que alcanzan hasta un volumen de 50.22  $\text{dm}^3/\text{árbol}$  ( $D+T1+H$ ) y los que peor aquellos que no tienen tratamiento de fertilización de mantenimiento, como el control ( $T0$ ) ( $V=33.71\text{dm}^3/\text{árbol}$ ) o el que sólo presenta el desbroce de la vegetación ( $D$ ) ( $V=33.01\text{dm}^3/\text{árbol}$ ). El test de Tukey mostró que existen 3 grupos de tratamientos en función de la productividad (Figura 6). En este caso, el uso de tratamientos de encalado no ha mostrado crecimientos significativamente superiores al resto de tratamientos sin su aplicación.

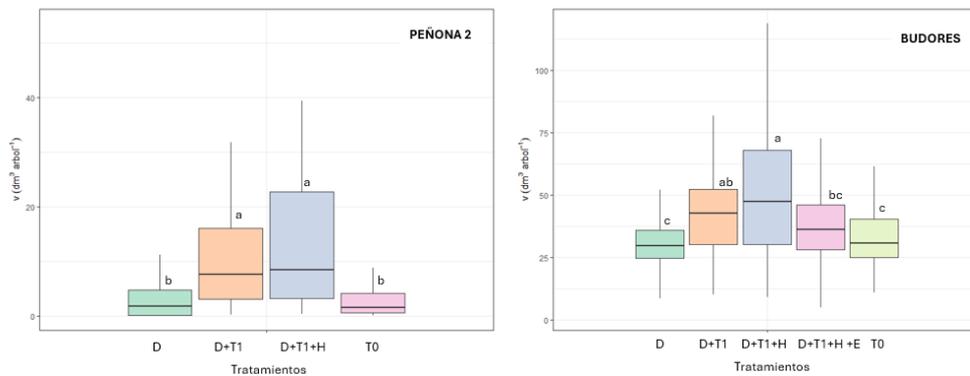


Figura 6. Volumen de madera con corteza por árbol en el escenario de Nuevas plantaciones en los ensayos de Peñona 2 y Budores para los tratamientos de fertilización y selvícolas combinados. Tratamientos: control ( $T0$ ), desbroce ( $T0+D$ ), desbroce y fertilización de mantenimiento ( $T0+D+T1$ ), desbroce, fertilización de mantenimiento y herbicida ( $T0+D+T1+H$ ).

Por otra parte, en cuanto a los distintos tratamientos de fertilización de establecimiento evaluados en el ensayo de Peñona 2, las producciones de los tratamientos (S), (L) e (I) fueron significativamente mejores ( $p < 0,01$ ) que el control ( $V=1.63\text{dm}^3/\text{árbol}$ ), que presentó escasa variabilidad. El mejor tratamiento fue el (S) con un volumen medio de madera de 8.9  $\text{dm}^3/\text{árbol}$ , pero no se encontraron diferencias significativas entre estos tres tratamientos de fertilización según el test de Tukey. En el ensayo de Budores también existieron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,01$ ) destacando el tratamiento (S) ( $V=22.3 \text{dm}^3/\text{árbol}$ ) como el mejor aunque que no presenta diferencias frente al (L) en productividad de volumen de madera ( $V=20.68 \text{dm}^3/\text{árbol}$ ) y encontrándose en el punto opuesto el tratamiento control (C) cuya productividad es inferior con un volumen medio de 15.18  $\text{dm}^3/\text{árbol}$  (Figura 7).

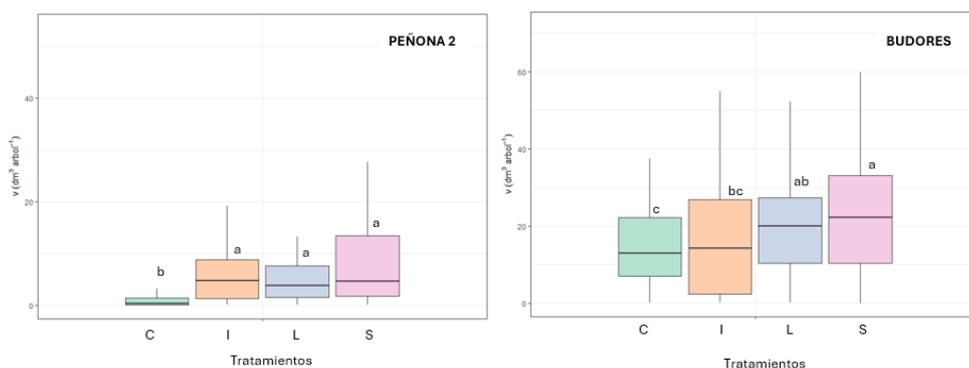


Figura 7. Volumen de madera con corteza por árbol en el escenario de Nuevas plantaciones en los ensayos de Peñona 2 y Budores para los tratamientos de fertilización en el establecimiento. Tratamientos: (C): control, (L): NPK 11-21-9+Mg, 50 g/planta, (I): NPK 8-24-16, 200 g/planta, (S): NPK 11-21-9+Mg, 50 g/planta + NPK 0-27-0, 100 g/planta.

#### 4.2. Escenario plantaciones jóvenes

Los ensayos analizados en el escenario de plantaciones jóvenes fueron los ensayos del Valle y Cheidosa. En este caso para el estudio de la evolución de la producción se ha considerado la situación inicial de la parcela evaluada mediante un inventario antes de aplicar los tratamientos (inventario 0) en cada parcela del ensayo y se analizado el porcentaje de incremento de crecimiento desde el momento de instalación del ensayo.

En el ensayo de Troncedo, se han encontrado diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) en la productividad en volumen de los distintos tratamientos obteniéndose mejor producción donde se combina la limpieza de la vegetación y la fertilización de mantenimiento (T1), aunque existe un tratamiento con sólo desbroce (D) en el mismo rango de porcentaje de crecimiento en volumen de madera. El uso de tratamientos de encalado no ha mostrado crecimientos significativamente superiores frente a tratamientos que no lo incluyen (Figura 8).

En el ensayo de Cheidosa los resultados obtenidos muestran patrones claros de comportamiento con diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,01$ ) cuando se analiza el incremento en porcentaje de volumen de madera. La productividad de los árboles resulta superior, llegando hasta 103,00  $\text{dm}^3/\text{ha}$ , cuando se aplica una segunda fertilización (T1) junto con el control de la vegetación, esencial en los primeros años de cultivo del árbol (Figura 8), respecto a la no aplicación en los tratamientos control (T0) y sólo desbroce (D) cuyo volumen es inferior a 38,00  $\text{dm}^3/\text{ha}$ . En este caso tampoco hay conclusiones certeras respecto a la aplicación de los tratamientos de encalado (E).

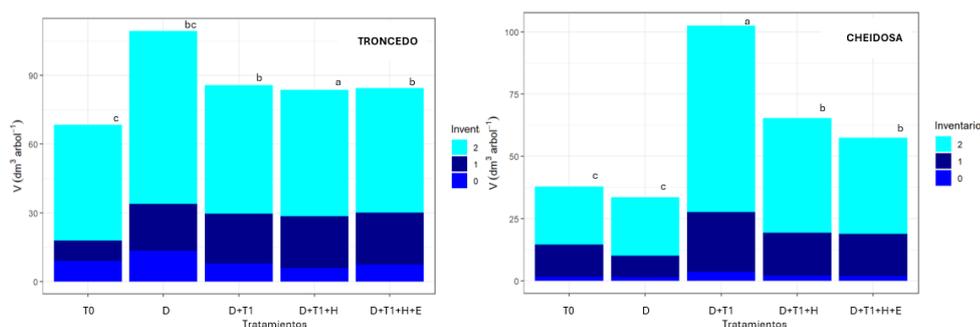


Figura 8. Volumen de madera con corteza por árbol en el escenario de plantaciones jóvenes en los ensayos de Troncedo y Cheidosa para los tratamientos de fertilización y selvícolas combinados. Tratamientos: control (T0), desbroce (D), desbroce y fertilización de mantenimiento (D+T1), desbroce, fertilización de mantenimiento y herbicida (D+T1+H), desbroce, fertilización de mantenimiento, herbicida y encalado (D+T1+H+E).

#### 4.3. Escenario monte bajo

Para el escenario de monte bajo se han seleccionado los ensayos de Carpintosa y Garduña. Al igual que en el escenario de plantaciones jóvenes se parte de una situación inicial de crecimiento en la plantación la cual ha sido evaluada

previamente a la instalación del ensayo. En este caso todos los ensayos fueron desbrozados antes de realizar la selección de brotes y por lo tanto con anterioridad a la instalación de los ensayos por lo que el tratamiento de desbroce no se incluye en los ensayos.

En el ensayo de Carpintosa la producción en volumen de madera es superior en el tratamiento que incluye fertilización y tratamiento de la vegetación con herbicida (T1+H) con 80,97 dm<sup>3</sup>/árbol seguido por sólo fertilización (F1) (V=54,98 dm<sup>3</sup>/árbol) y el control (T0) (V=48,89 dm<sup>3</sup>/árbol). Sin embargo, los resultados obtenidos en el análisis de varianza no muestran diferencias significativas frente a los incrementos en los tratamientos ni en la productividad total.

Por otra parte, en el caso del ensayo de Garduña los tratamientos si muestran diferencias significativas entre ellos ( $p < 0,01$ ) en el ANOVA realizado. En este caso el tratamiento que mayor incremento de producción ha tenido, es el que incluye aplicación de herbicida y encalado (T1+H+E) con un volumen de madera de 51,36 dm<sup>3</sup>/árbol que ha resultado significativamente diferente al resto. El control ha sido de menor incremento en la producción, con un volumen medio de madera de 34,92 dm<sup>3</sup>/ha pero no ha presentado diferencias significativas con el resto de tratamientos.

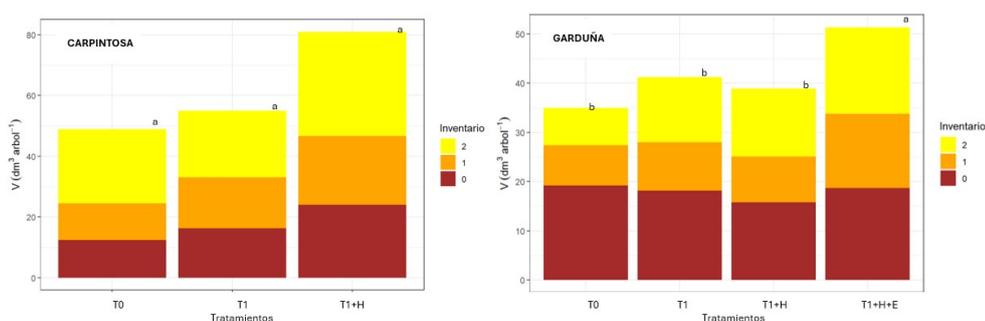


Figura 9. Volumen de madera con corteza por árbol en el escenario de plantaciones jóvenes en los ensayos de Carpintosa y Garduña para los tratamientos de fertilización y selvícolas combinados. Tratamientos: control (T0), fertilización de mantenimiento (T1), desbroce, fertilización de mantenimiento y herbicida (D+T1+H), fertilización de mantenimiento, herbicida y encalado (D+T1+H+E).

## 5. Discusión

La fertilización en plantaciones de eucalipto es una práctica esencial para optimizar su productividad y garantizar la sostenibilidad de los suelos forestales. Sin embargo, la aplicación de tratamientos fertilizantes de manera genérica, sin considerar las características del emplazamiento, el contexto ambiental, ni la edad de los cultivos, limita su efectividad. En esta discusión se analiza cómo la fertilización adaptada a las necesidades específicas del cultivo, especialmente según su etapa de desarrollo, es crucial para mejorar el rendimiento y la sostenibilidad de las plantaciones de *Eucalyptus globulus*. En este trabajo se presenta una red experimental de parcelas con nuevos programas de fertilización de *globulus* adaptados a la edad y a las necesidades del cultivo: nuevas plantaciones, plantaciones jóvenes y monte bajo en el primer rebrote.

En el caso de las nuevas plantaciones los resultados de los tratamientos de fertilización en el establecimiento remarcan claramente la importancia de aportar nutrientes a los cultivos en su implantación como ha sido demostrado (MERINO et al., 2003) existiendo diferencias significativas con el control (C) donde no se aporta



ningún tipo de nutriente.

La demanda de nutrientes del eucalipto varía significativamente a lo largo de su ciclo de vida. Durante las primeras etapas, las plantas necesitan una cantidad considerable de nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, para desarrollar un sistema radicular robusto y un crecimiento inicial vigoroso (GONZÁLEZ-RÍO et al., 1997). Por ello, en cuanto a los distintos tratamientos de fertilización de establecimiento el tratamiento con mayor producción ha resultado el (S) que es el tratamiento más completo, aportando de manera controlada los nutrientes que necesita la planta en la fase inicial (NPK 11-21-9+Mg) y dándole un aporte extra de P (NPK 0-27-0) para impulsar el desarrollo radicular en el enraizamiento de la planta (VIERA et al., 2016). Este tratamiento (S) sin embargo en líneas generales no muestra diferencias frente al (L) (NPK 11-21-9+Mg que no incluye el superfosfato y en uno de los ensayos frente al fertilizante usado de forma tradicional (I) (NPK 8-24-16).

A medida que las plantaciones maduran, las necesidades nutricionales cambian, centrándose más en el mantenimiento de la biomasa y la formación de madera de calidad (SMETHURST et al., 2003). Por lo tanto, la fertilización debe ajustarse tanto en tipo como en cantidad según la etapa de desarrollo del cultivo. Los ensayos analizados en la fase de mantenimiento tanto en el segundo año de las nuevas plantaciones como en las plantaciones jóvenes de 1-2 años muestran un incremento en la productividad cuando se aplican fertilizantes en los siguientes años a la plantación. Este tratamiento de fertilización adecuado para esta etapa (T1) (NPK(S) 21-10-9 (23)+B), incluye también boro, un importante micronutriente a considerar en eucalipto, ya que su deficiencia en la planta es un factor limitante para el desarrollo (SAKYA et al., 2002). La fertilización de mantenimiento combinada con el control de la vegetación con desbroces (D) y aplicación herbicida (H) como se ha demostrado en este trabajo reduce la competencia del cultivo y mejora notablemente su productividad (RUIZ et al., 2008)

En monte bajo por su parte, como en los escenarios anteriores también se necesitan programas de fertilización a disposición de los propietarios y los gestores ya que la corta y la regeneración de brotes requieren estrategias específicas para reponer los nutrientes extraídos con la biomasa (JACOBS, 1981). En este trabajo se muestra que la producción en volumen de madera es superior en los tratamientos que se incluye fertilización (T1) (NPK(S) 21-10-9 (23)+B) frente a los controles donde no se aportan nutrientes, sin embargo no hay diferencias significativas que lo respalden habiendo múltiples factores que por su parte pueden afectar al crecimiento de los árboles.

Finalmente cabe destacar que, aunque este trabajo se ha centrado únicamente en evaluar el incremento de la producción en las plantaciones el enfoque de estos programas está adaptado no solo mejora la productividad, sino también a la contribución de la sostenibilidad nutricional de los suelos forestales. El desarrollo de tratamientos de gestión nutricional adecuados permite mantener la fertilidad del suelo a largo plazo. Por ello, es necesario seguir evaluando estos ensayos y desarrollar futuros programas que, basados en evidencia científica y experiencias prácticas, junto con el desarrollo de tecnologías accesibles para pequeños y medianos productores, permita maximizar el potencial del eucalipto como recurso renovable a la vez que se hace una gestión sostenible de los montes.

## 6. Conclusiones

La fertilización adaptada a la edad del cultivo de eucalipto es una estrategia



fundamental para optimizar su productividad y garantizar la sostenibilidad de las plantaciones. Al ajustar los tratamientos a las necesidades específicas de cada etapa de desarrollo, se maximiza la eficiencia del uso de recursos y se minimizan los impactos negativos sobre el suelo y el medio ambiente. Las conclusiones obtenidas en este trabajo muestran que el uso de tratamientos de fertilización adaptados al establecimiento del cultivo combinados con una fertilización posterior de mantenimiento y el adecuado control de la vegetación en las plantaciones permiten mejorar la productividad y el estado nutricional de las masas de eucalipto.

### 7. Agradecimientos

Los trabajos desarrollados en esta comunicación han sido financiados por el Proyecto de Grupos Operativos de Innovación en Nutrición y Gestión del Eucalipto globulus en Asturias (NUTRIGEST). El proyecto cuenta con financiación de la Consejería de Medio Rural y Política Agraria del Principado de Asturias, del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). Por otra parte, la red experimental empleada para la recogida de datos ha sido desarrollada en el marco de un proyecto anterior de Innovación de Grupos Operativos de la AEI para la Productividad del Cultivo de Eucalyptus globulus con la financiación de la Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). Los miembros de este GOI fueron: COVIASUR, S.L., ASMADERA, PROFOAS, ENCE Energía & Celulosa, a través de su filial Celulosas de Asturias, S.A., FORESMA y CETEMAS.

### 8. Bibliografía

- AFIF-KHOURI, E.; CANGA LÍBANO, E.; OLIVEIRA PRENDES, J. A.; GORGOSO VARELA, J.J.; CÁMARA OBREGÓN, M.A.; 2010. Crecimiento en volumen y estado nutricional de Eucalyptus globulus Labill. y Pinus radiata D. Don en Asturias, España. *Rev Mex Cienc For* 1(1) 47-54
- ASPAPPEL; 2024. Actualización datos 2023 Memoria Sostenibilidad del Papel, ASPAPPEL. Madrid.
- CELPA; 2018a. Fertilização Florestal. Proyecto Melhor Eucalipto. CELPA.
- CELPA; 2018b. Manutenção de Povoamentos de Eucalipto: Adubação e Controlo do mato (Aspectos Práticos). CELPA.
- JACOBS, M. R.; 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. FAO. Roma.
- JUDD, T. S.; 1996. Nutrient concentrations in Eucalyptus: a synthesis in relation to differences between taxa, sites and components. In *Nutrition of Eucalyptus*. Attiwill, P.M., Adams, M.A., Eds. CSIRO. Clayton, Australia
- GARCÍA-VILLABRILLE, J.D.; 2015. Modelización del crecimiento y la producción de plantaciones de Eucalyptus globulus Labill. en el noroeste de España. Tesis doctoral. Departamento de Enxeñaría Agroforestal. Escola Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo.
- GONZÁLEZ-RÍO, F.; CASTELLANOS, A.; FERNÁNDEZ, O.; ASTORGA, R. GÓMEZ, C.; 1997. El cultivo del eucalipto: Manual práctico del silvicultor. Krk Ediciones. Navia.
- MITECO; 2024. Anuario de Estadística Forestal 2022. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 189p. Madrid.
- MERINO, A.; LÓPEZ, A.R.; BRAÑAS, J.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; 2003. Nutrition and growth in newly established plantations of Eucalyptus globulus in northwestern



*Spain. Ann For Sci 60 509–517*

RUIZ, F.; LÓPEZ, G.; TOVAL, G.; ALEJANO, R.; 2008. *Selvicultura del Eucalyptus globulus Labill.* SERRADA, R.; MONTERO, G.; REQUE, J. A. Ed.. *Compendio de selvicultura aplicada en España. 1178p, Madrid.*

SAKYA A. T.; DELL B.; HUANG L.; 2002. *Boron requirements for Eucalyptus globulus seedlings.* *Plant Soil 246 87-95*

SMETHURST, P.; BAILLIE, C.; CHERRY, M.; HOLZ, G.; 2003. *Fertilizer effects on LAI and growth of four Eucalyptus nitens plantations.* *For Ecol Manage 176 531–542*

VIERA, M.; RUÍZ FERNÁNDEZ, F.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R.; 2016. *Nutritional Prescriptions for Eucalyptus Plantations: Lessons Learned from Spain.* *Forests 7 84*