



ARTÍCULO

Evaluación de métodos de manejo de la regeneración natural de *Pinus radiata* para restablecer rodales productivos post incendios forestales

Juan Pinilla Suarez^{1*}; Mauricio Navarrete Torres¹; Joaquín García Inostroza¹; Felipe Navarrete Ulloa.¹ & Karina Luengo Vergara¹.

¹ Instituto Forestal, sede Biobío. jpinilla@infor.cl

*Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2023.582>

Recibido: 27.12.2022; Aceptado 23.03.2023

RESUMEN

Se presentan antecedentes de manejo de regeneración en 2 bosques de pino radiata afectados por los incendios del año 2017 en la comuna de Florida, región del Biobío, donde se realizó manejo utilizando desbrozadora, herbicidas y herramientas manuales. Los resultados indican que a los 4 años de aplicados los tratamientos de manejo, el control manual sigue presentando los menores valores de crecimiento en diámetro y altura de las plantas, mientras que la utilización del control químico continúa siendo el mejor tratamiento, con diferencias estadísticamente significativas en relación a los tratamientos restantes, tanto para el DAP como para la altura. La utilización de desbrozadora o el método manual, no siempre permiten eliminar la totalidad de las especies que no son de interés, por lo que generan mayor competencia por nutrientes, luz y agua; estos métodos tampoco limitan el desarrollo de regeneración natural a través del tiempo, de modo que es necesario repetirlos en el tiempo para mantener el rendimiento deseado. Los resultados iniciales confirman la potencialidad del manejo de la regeneración natural post incendio de bosques de pino radiata como herramienta de gestión forestal para el repoblamiento de bosques productivos con esta especie. Se requiere de evaluaciones permanentes que permitan determinar el efecto de los diferentes tratamientos utilizados sobre el crecimiento y productividad del rodal en distintas etapas de la rotación, información necesaria para la toma de decisiones en relación a la recuperación de plantaciones afectadas por incendios forestales, especialmente en el sector de pequeños y medianos propietarios.

Palabras clave: Pino radiata, regeneración, incendios, manejo.

SUMMARY

Background of regeneration management in 2 radiata pine forests affected by the fires of 2017 in the commune of Florida, Biobío region, where management was carried out using brushcutter, herbicides and manual tools. The results indicate that 4 years after the management treatments were applied, manual control continues to present the lowest values of growth in plant diameter and height, while the use of chemical control continues to be the best treatment, with statistically significant differences in relation to the remaining treatments, both for DBH and height. The use of the brush cutter or the manual method does not always allow the elimination of all the species that are not of interest, thus generating greater competition for nutrients, light and water; these methods also do not limit the development of natural regeneration over time, so it is necessary to repeat them over time to maintain the desired yield. The initial results confirm the potential of post-fire natural regeneration management of radiata pine forests as a forest management tool for restocking productive forests with this species. Permanent evaluations are required to determine the effect of the different treatments used on the growth and productivity of the stand at different stages of the rotation, information necessary for decision making in relation to the recovery of plantations affected by forest fires, especially in the sector of small and medium landowners.

Key words: Radiata pine, regeneration, fires, management

INTRODUCCIÓN

La necesidad de una rápida restauración productiva de superficies de pino radiata que han sido afectadas por incendios forestales requiere de información validada respecto de las diferentes opciones que se pueden utilizar en este escenario como medio para una eficiente recuperación del bosque afectado.

El uso de la regeneración natural es una de tales opciones, por cuanto el calor generado por el fuego provoca la apertura de los conos y la liberación de las semillas, las que germinan profusamente dando lugar a la formación de extensas superficies densamente cubiertas con nuevas plantas. Estas plantas, con un adecuado manejo, pueden restablecer el bosque original.

Para este efecto se requiere disponer de una adecuada superficie cubierta con regeneración natural, caracterizar las plantas, su cobertura y homogeneidad. Con esta información es posible analizar la factibilidad de manejar la regeneración para restablecer un nuevo bosque de adecuadas características productivas, sin la necesidad de plantarlo nuevamente.

El Instituto Forestal en su sede de Concepción, Región del Biobío, ha abordado este tipo de estudios, cuyo objetivo es caracterizar la regeneración natural de pino radiata y su respuesta al manejo, en áreas afectadas por incendios forestales.

Los resultados iniciales de un ensayo establecido con este propósito en un área afectada por los incendios forestales del año 2017 y cuya regeneración fue manejada durante el año 2018, señalaban que la densidad y tamaño de las plantas influyen sobre la eficiencia del manejo y sobre los resultados de las variables como el DAC, DAP y la altura de las plantas. En esa ocasión, el control manual presentó los menores valores en cuanto al crecimiento de las plantas, mientras que el control químico presentó los valores más altos, tanto en DAP como en altura de las plantas (Pinilla *et al.*, 2021).

Esos resultados iniciales confirmaron el interés y la potencialidad del manejo de la regeneración natural post incendio en pino radiata como herramienta de gestión forestal para el repoblamiento de bosques productivos con esta especie.

En el marco del necesario monitoreo de estos ensayos, en el presente documento se entregan nuevos resultados derivados de la evaluación del año 2022 de estas unidades, con el objetivo de generar antecedentes técnicos en apoyo a la toma de decisiones para utilizar la regeneración natural de *Pinus radiata* en la recuperación productiva de bosques, postulando que el manejo de tal regeneración en especies de rápido crecimiento, efectivamente puede ser utilizado para restablecer unidades productivas.

MATERIAL Y MÉTODO

Durante el año 2018 se demarcaron 2 unidades experimentales con *Pinus radiata* en la comuna de Copiulemu, región del Biobío, una en el predio Santa Elisa y la otra en el predio Lo Carmen, aprovechando en ambos casos el renuevo generado luego de un megaincendio que afectó a la región el año 2017 (**Cuadro 1**, **Figuras 1 y 2**).

Cuadro 1. Predios seleccionados para realización estudio regeneración natural de pino radiata, Región del Biobío.

Predio	Coordenadas	Especie afectada
Lo Carmen	18H 693623; 5912742	<i>Pinus radiata</i> , <i>Eucalyptus globulus</i>
Santa Elisa	18H 694188; 5915342	<i>Pinus radiata</i>



Figura 1. Situación predio Lo Carmen, 02 de febrero 2017.



Figura 2. Situación predio Santa Elisa, 19 de febrero 2017.

Cada sitio fue dividido en tres sectores, para realizar tres tratamientos de control de la regeneración natural:

- Desbrozadora
- Control Químico
- Control Manual (rozón y machete)

Para cada tratamiento, se consideró una superficie de 500 m², cada una con 20 metros ancho por 25 metros largo. A cada sitio se le realizó una parcela circular de 100 m², donde se han realizado mediciones de diámetro y altura.

La asignación de los tratamientos en cada predio se presenta en el **Cuadro 2**. En el **Cuadro 3** se resume la situación original de la regeneración de pino en cada predio. Más antecedentes acerca de la instalación de las unidades se pueden encontrar en [Pinilla *et al.*, \(2021\)](#).

Cuadro 2. Tipo de manejo de la regeneración natural de pino radiata aplicado en cada sector analizado.

Predio	Tipo de manejo
Lo Carmen	Desbrozadora
	Control Manual
	Control Químico
Santa Elisa Ladera	Control Químico
	Desbrozadora
Santa Elisa Cima	Desbrozadora

Cuadro 3. Resultados estimación regeneración natural de pino radiata.

Predio	N° plantas por hectárea	Altura (cm)
Lo Carmen	330.000	32,2
Santa Elisa Ladera	170.000	33,5
Santa Elisa Cima	430.000	26,8
Promedio	310.000	30,8

(Fuente: [Pinilla *et al.*, 2021](#))

En Santa Elisa, se aplicaron dos tratamientos: control químico y uso de desbrozadora. El tratamiento desbrozador se aplicó en dos condiciones del predio: cima y ladera del cerro.

La **Figura 3** muestra la instalación de parcelas en cada predio. Las **Figuras 4 y 5** entrega una visión de las parcelas de cada predio después de aplicar los tratamientos de manejo de regeneración.

Durante el año 2022 se realizó una nueva evaluación de las unidades, ocasión en que se midió el diámetro y altura de las plantas de regeneración natural en cada tratamiento de manejo (**Figura 6**).



Figura 3. Instalación Parcela predio Lo Carmen (arriba) y Santa Elisa (bajo).



Figura 4. Situación final luego de la aplicación de los métodos de manejo manual y mecánico



Figura 5. Situación final luego de la aplicación de los métodos de manejo manual y mecánico (arriba) y químico (abajo)



Figura 6. Medición de Diámetros y Alturas de cada parcela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación Regeneración Natural Pino Radiata 2022

A través del establecimiento de 3 parcelas temporales en cada una de las áreas donde se aplicaron los tratamientos fue posible obtener la información para la evaluación de las unidades. Los resultados de crecimiento en altura y DAP de las plantas de los tres tratamientos, en ambos predios, se resumen en el **Cuadro 4**, donde se evidencia el mejor desempeño de las plantas de las parcelas que recibieron el tratamiento de control químico de la regeneración. En la **Figura 7** se muestra la relación diámetro–altura de las plantas de cada tratamiento, confirmándose los mejores resultados para el tratamiento de control químico.

Cuadro 4. Resultados evaluación 2022 según variable y tratamiento (*)

Sector	Tratamiento	DAP (cm)	Altura (m)
Lo Carmen	Manual	5,24a	4,60a
	Desbrozadora	5,18a	4,72a
	Químico	7,84b	6,91b
Santa Elisa, Cima	Desbrozadora	7,53b	5,59b
	Químico	8,44b	6,87b
Santa Elisa, Ladera	Desbrozadora	5,50a	5,18a

(*): Valores con misma letra señala no existen diferencias estadísticamente significativas al 95% según test de comparación de Tukey

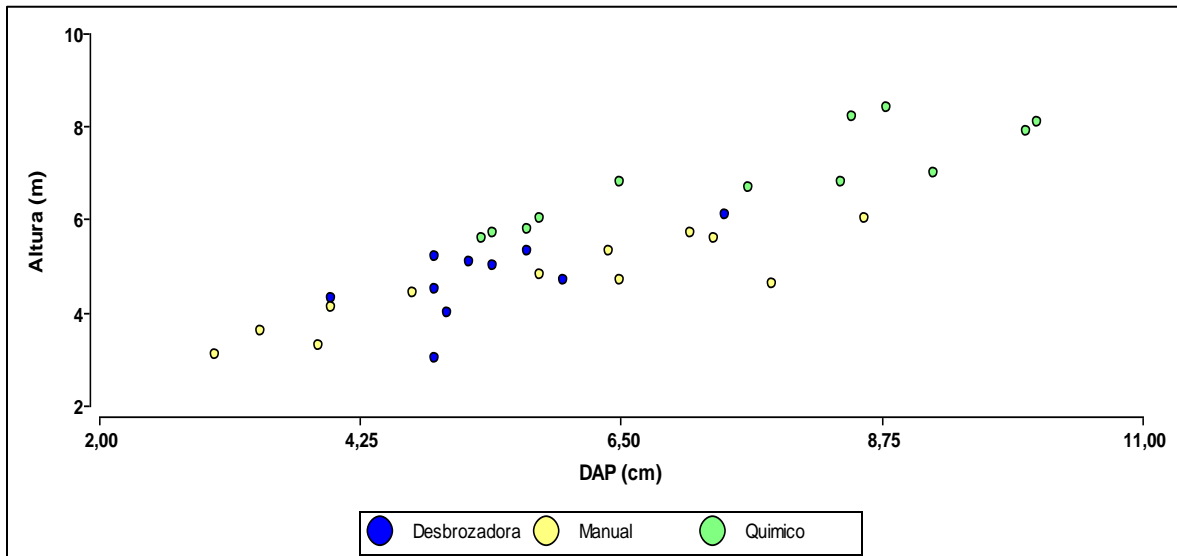


Figura 7. Relación DAP-Altura según tratamiento evaluación 2022.

Análisis Temporal de la Regeneración Natural de Pino Radiata

Se han realizado cuatro mediciones en años sucesivos de los individuos de cada tratamiento, los resultados de altura, diámetro de cuello y diámetro a la altura del pecho, registrados en los tratamientos de cada ensayo entre los años 2019 y 2022 se resumen en los **Cuadros 5 y 6**.

Cuadro 5. Resultados de altura y diámetros en unidad Lo Carmen según año de evaluación.

Tratamiento	Año	Parámetro		
		Promedio [desviación estándar]		
		Altura (m)	DAC (cm)	DAP (cm)
Control Manual	2019	0,91 [0,21]	1,80 [0,54]	
	2020	1,28 [0,33]	2,40 [0,86]	
	2021	2,14 [0,63]		2,44 [1,07]
	2022	4,60 [0,95]		5,24 [1,63]
Desbrozadora	2019	0,91 [0,40]	1,90 [0,16]	
	2020	1,24 [0,15]	2,20 [0,45]	
	2021	2,19 [0,53]		2,30 [0,71]
	2022	4,72 [0,84]		5,18 [0,97]
Control Químico	2019	1,21 [0,22]	2,30 [0,61]	
	2020	2,01 [0,36]	3,50 [0,87]	
	2021	3,65 [0,79]		4,30 [1,21]
	2022	6,91 [1,02]		7,84 [1,72]

Cuadro 6. Resultados de altura y diámetros en unidad Santa Elisa según año de evaluación.

Tratamiento	Año	Parámetro		
		Promedio [desviación estándar]		
		Altura (m)	DAC (cm)	DAP (cm)
Desbrozadora Cima	2019	0,80 [0,26]	1,20 [0,50]	
	2020	1,54 [0,34]	2,90 [0,91]	
	2021	2,86 [0,61]		3,50 [1,19]
	2022	5,59 [0,83]		7,53 [1,61]
Desbrozadora Ladera	2019	0,94 [0,25]	1,8 [0,57]	
	2020	1,31 [0,33]	2,00 [0,51]	
	2021	2,34 [0,53]		2,2 [0,75]
	2022	5,18 [0,82]		5,5 [1,09]
Control Químico	2019	1,02 [0,29]	1,8 [0,65]	
	2020	1,99 [0,51]	3,5 [1,23]	
	2021	3,63 [0,71]		4,3 [1,37]
	2022	6,87 [1,31]		8,44 [1,90]

En Lo Carmen (**Cuadro 5**), el menor diámetro para el año 2020 fue el del tratamiento con desbrozadora; en el 2021 fue el control manual, observándose en general un rendimiento similar entre ambos métodos. Para el año 2022, el peor desempeño en diámetro volvió a corresponder al tratamiento con desbrozadora. En cambio, entre el 2019 y el 2021, el tratamiento que presentó mejor rendimiento para el diámetro, fue la aplicación de químico, el que sigue siendo el tratamiento con mejores resultados preliminares.

En cuanto al diámetro en Santa Elisa (**Cuadro 6**), el tratamiento de peor rendimiento, entre los años 2019 y 2022, fue el uso de desbrozadora aplicado en ladera. Mientras que el tratamiento de mejor rendimiento hasta 2022 (cuatro años post manejo), fue la aplicación de químicos.

Respecto a la altura en Lo Carmen (**Cuadro 5**), al igual que con el diámetro, la aplicación de desbrozadora y el control manual presentan rendimientos similares y más bajos que el de control químico. En el sector Santa Elisa (**Cuadro 6**), es muy notorio que el uso de desbrozadora en una ladera, presenta rendimientos más bajos que los otros dos métodos de control. Para ambos sectores (ladera y cima plana), las plantas de las parcelas cuya regeneración se manejó con aplicación de químicos presentan mejor crecimiento en altura.

Independiente del parámetro estudiado (altura, dac, dap), el mejor rendimiento se asocia a la aplicación de químicos, esto puede deberse, a que el herbicida elimina de mejor manera a los ejemplares que no son de interés, por lo que se asume un mejor desarrollo de los individuos remanentes al contar con un mayor aporte de nutrientes y menor competencia por agua y luz; además el control químico limita la regeneración no deseada por un mayor periodo de tiempo.

El uso de desbrozadora y el control manual, si bien eliminan a las especies y ejemplares que no son de interés, no siempre permiten eliminar a la totalidad de ellos, por lo que no limita suficientemente la competencia por nutrientes, luz y agua, para los individuos remanentes que se desea conservar; además, estos métodos no limitan el desarrollo de regeneración natural a través del tiempo, por lo que es necesario volver a aplicar estos tratamientos en el tiempo para mantener el rendimiento deseado.

Otro factor relevante que se identifica, es la ubicación, ya que, en el sector Santa Elisa, existe una notoria diferencia del crecimiento en diámetro y altura entre la cima y la ladera del mismo cerro.

Cuadro 7. Tasa de crecimiento según tratamiento y año.

Unidad	Tratamiento	Tasa de crecimiento		
		Año	2021	2022
Lo Carmen	Manual	Diámetro*	0,00%	115,78%
		Altura	67,20%	114,47%
	Desbrozadora	Diámetro*	22,00%	125,05%
		Altura	76,60%	115,21%
	Químico	Diámetro*	22,90%	84,56%
		Altura	81,60%	84,38%
Santa Elisa	Desbrozadora (cima plana)	Diámetro*	20,70%	115,88%
		Altura	85,70%	95,38%
	Desbrozadora (Ladera)	Diámetro*	4,50%	149,35%
		Altura	76,60%	121,82%
	Químico	Diámetro*	22,90%	96,16%
		Altura	82,40%	89,39%

* La tasa de crecimiento de diámetro mostrado en el año 2021, corresponde a una comparación entre la media del Dac del año 2020 vs la media del DAP del año 2021

Análisis de Regresión DAP-Altura

Como una forma de establecer las relaciones entre el DAP y la altura de los árboles se realizó un ajuste de modelos de crecimiento para ambos predios y tratamientos, utilizando la totalidad de las mediciones y posteriormente limitándose a los datos solo de la medición 2022.

- *Análisis con Todos los Datos*

El resultado de este análisis (**Figura 8**) generó el modelo de la expresión (1) como predictor de la altura en función del DAP.

$$\text{Altura (m)} = 0,7134 \cdot \text{DAP (cm)} + 0,1654 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,84$$

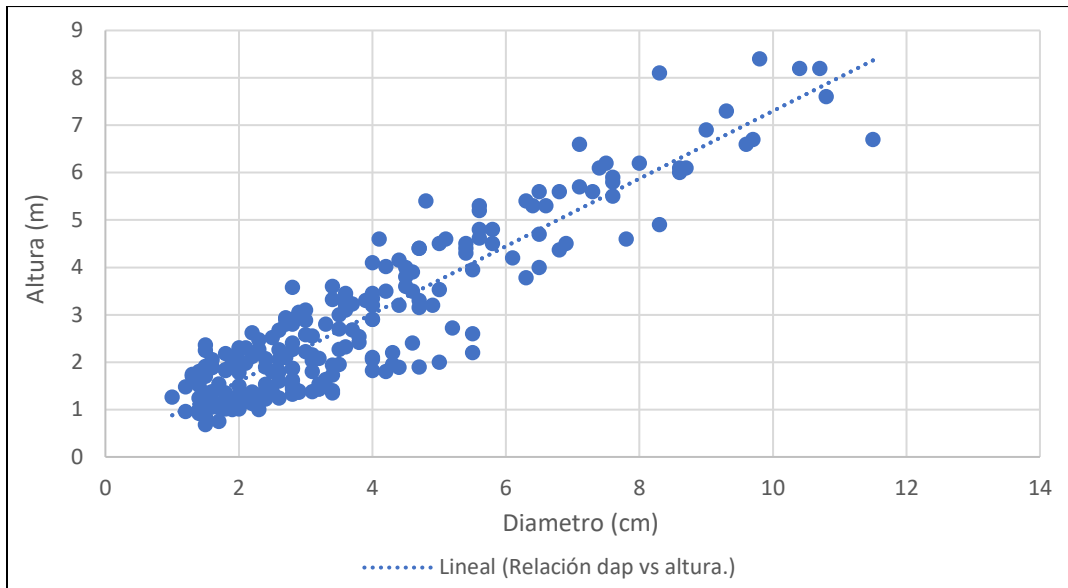


Figura 8. Relación de crecimiento DAP v/s Altura ambos sectores (datos 2019 a 2022).

- *Análisis Año 2022*

El resultado de este análisis (**Figura 9**) generó el modelo de la expresión (2)

$$\begin{aligned} \text{Altura (m)} &= 0,5685 \times \text{DAP (cm)} + 1,7668 \\ R^2 &= 0,71 \end{aligned} \tag{2}$$

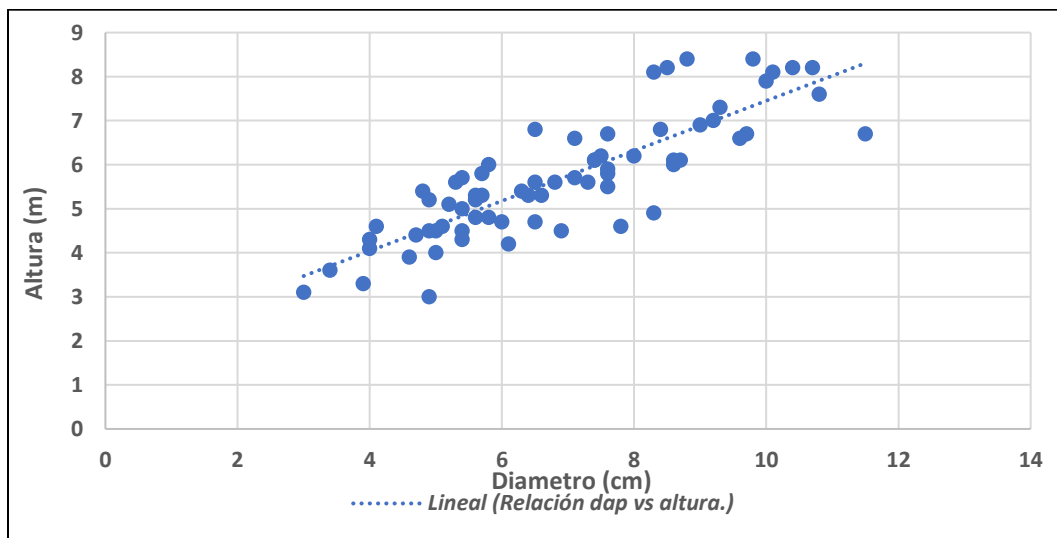


Figura 9. Relación de crecimiento DAP v/s Altura ambos sectores (datos 2022).

En ambos gráficos se muestra una relación creciente entre los diámetros y las alturas, con una alta correlación con la línea de tendencia. Para los años 2020, 2021 y 2022, se observa una tendencia mayor en el crecimiento del diámetro. Se aprecia mayor robustez en el primer gráfico, debido principalmente a la mayor cantidad de datos considerados.

CONCLUSIONES

La gestión forestal donde han ocurrido incendios de gran magnitud que afectan a plantaciones comerciales, requiere información para elegir la opción adecuada para recuperar rápidamente la superficie afectada y la función productiva de estos bosques.

El manejo de la regeneración natural de bosques de pino radiata afectado por incendios forestales es una alternativa interesante. Ella se basa en las características colonizadoras de esta especie, que presenta una alta germinación luego del paso de un incendio, debido a que el calor provoca la apertura de sus conos serotinos y la dispersión de las semillas. Lo anterior conduce a una situación que se caracteriza por la presencia de una alta densidad de plantas de regeneración natural, hasta más de 64.500 pl/ha (Promis *et al.*, 2019), las cuales, constituyen una opción silvícola para regenerar la masa quemada (Buesa, 2003; Castelán & Arteaga, 2009; Raga *et al.*, 2018).

Dependiendo de las características de cada situación, el manejo de la regeneración natural de pino post incendio podría constituir una opción para que pequeños y medianos propietarios restablezcan sus bosques quemados, priorizando para este efecto los mejores sitios Tejera *et al.* (2022)

La decisión de utilizar la regeneración natural de pino radiata luego de un incendio forestal debe considerar los recursos involucrados y el estado de la regeneración (calidad, forma, altura, densidad, espaciamiento final deseado y otras), entre otras. Se ha mencionado y la práctica también lo señala que cuando el manejo de la regeneración se inicia en forma tardía, se dificulta el manejo de la misma.

Los resultados obtenidos en la evaluación del año 2022 permiten señalar que el control manual presentó los menores valores en crecimiento en relación a los otros tipos de manejo utilizados.

La utilización del control químico utilizado genera a la fecha los mayores valores en DAP presentando el mismo efecto sobre la variable del crecimiento en altura. La utilización de desbrozadora presenta variaciones en los resultados, ya que en una de las unidades su efecto fue similar e incluso inferior al obtenido con manejo manual.

Se requiere de nuevas evaluaciones para detectar los reales efectos de los diferentes tipos de manejos sobre la productividad del rodal.

Con estos antecedentes se podrán establecer nuevas unidades experimentales en donde se puedan comparar el crecimiento de rodales de pino radiata originados a través del manejo de la regeneración natural post incendios forestales, eventos de cada vez mayor ocurrencia en el país y su comparación con los resultados de una plantación tradicional establecida en el mismo tipo de sitio.

A partir de la información validada del efecto del manejo de la regeneración natural de bosques de pino radiata afectados por incendios se podrán establecer modelos de gestión específicos para distintos tipos de propietarios y escenarios y su capacitación en ello.

REFERENCIAS

- Buesa V., A. (2003). Regeneración de pino radiata después de un incendio en el monte de UP Núm. 147 "Posadero". Montes. Revista de Ámbito Forestal, 3(73): 46-48.
- Castelán Lorenzo, M. & Arteaga Martínez, B. (2009). Establecimiento de regeneración de *Pinus patula* Schl. et Cham., en cortas bajo el método de árboles padres. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15(1): 49-57.
- Pinilla, J.C., Luengo, K. & Navarrete. M. (2021). Uso de la Regeneración Natural para la Generación de Plantaciones Productivas de Pino Radiata. Ciencia & Investigación Forestal, 27(1): 55-67. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.472>

- Promis, A., Olivares, S., Acuña, S. & Cruz, G. (2019).** Respuesta temprana de la regeneración de plantas leñosas después del incendio forestal denominado "Las Máquinas" en la Región del Maule, Chile. *Gayana Botanica*, 76(2): 257-262. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432019000200257>
- Raga, F., Valdebenito, G. & Barros, S. (2018).** Reforestación de plantaciones forestales quemadas análisis de la viabilidad de aplicación de incentivos estatales y de la rentabilidad para el estado y particulares. *Ciencia & Investigación Forestal*, 24(2): 87-100. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2018.499>
- Tejera, L.; Honorato, M. & Salvador, G. (2022).** Manejo de la regeneración post incendio de Pino Radiata Estación Experimental Agroforestal Esquel. *Revista Forestal* N° 34. Pp: 144-149. Septiembre 2022.