



ARTÍCULO

Crecimiento del monte bajo de *Eucalyptus globulus* en la Región del Biobío

Pinilla S., Juan Carlos¹; Luengo V., Karina¹; Navarrete T., Mauricio¹; Navarrete U., Felipe¹.

¹ Instituto Forestal, Sede Biobío, Chile. jpinnacle@infor.cl

* Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.559>

Recibido: 20.12.2021; Aceptado 19.01.2022

RESUMEN

La búsqueda de opciones eficientes de manejo forestal para especies de rápido crecimiento es una de las líneas de trabajo del Instituto Forestal, investigando opciones en especial para rodales de pequeños y medianos propietarios forestales. La capacidad de retoñación y crecimiento de los retoños de *Eucalyptus globulus* generan una opción en este sentido, por lo que se presentan antecedentes de rodales de *Eucalyptus globulus* manejados como monte bajo en la Región del Biobío, en las comunas de Cañete y Copiulemu.

A los 6 años, los rodales logran entre 8 y 19 metros de altura y diámetros de 5,9 a 12,5 cm, cifras similares a lo reportado para *Eucalyptus globulus* originados por semillas creciendo en las mismas condiciones. Se observan valores de 1.320 a 2.500 árboles por hectárea, en una situación de uno o dos retoños por tocón. Las parcelas con un retoño presentan DAP, altura y volumen mayores con respecto a las parcelas con manejo de dos varas. En cuanto a volumen, se proyecta que este puede alcanzar de 140 a 270 m³/ha a los 13 años. Ello es un indicador del comportamiento de este tipo de rodales, dependiendo de las condiciones de sitio, características del rodal y manejo realizado.

Se recomienda la mantención de las unidades experimentales para aumentar la base de datos de trabajo, abarcando, además, otras áreas geográficas.

Palabras clave: *Eucalyptus, globulus*, Crecimiento, Retoños, Manejo

SUMMARY

The search for efficient forest management options for fast-growing species is one of the lines of work of the Forestry Institute, investigating options especially for stands of small and medium forest owners. The growth capacity of coppice of *Eucalyptus globulus* creates an option in this regard. For this reason, this document presents antecedents of growth of stands of *E. globulus* coppice in the Biobío Region, in the communes of Cañete and Copiulemu.

At 6 years old, the stands reach 8-19 meters in height and 5.9-12.5 cm in diameter, similar figures to that reported for *Eucalyptus globulus* originated by seeds growing under the same conditions. Values of 1,320 to 2,500 trees per hectare are observed, in a situation of one or two stems per stump. The plots with one stem have greater DBH, height and volume with respect to the plots with two stems management. Regarding volume, it is projected that this can reach 140 to 270 m³/ha at 13 years. This is an indication of the behavior of this type of stands, depending on the site conditions, the characteristics of the stand and the management carried out.

It is recommended to maintain the experimental units to increase the work database, also covering other geographic areas.

Key words: *Eucalyptus, globulus*, Grow, Coppice, Management.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de recuperar las superficies plantadas con *Eucalyptus globulus* afectadas por los grandes incendios forestales que afectaron al país, ha motivado la búsqueda de opciones que permitan la rápida restauración productiva de estos bosques.

Tanto después el fuego como después de la cosecha, estas plantaciones presentan una importante capacidad de regeneración a partir de los tocones, lo que constituye una interesante opción silvícola para reestablecerlas, evitándose de esta manera, incurrir en el alto costo que significa volver a plantar.

La regeneración a partir de la retoñación de los tocones, conocida como manejo del monte bajo, es una de las características propias de la especie *Eucalyptus globulus*, y constituye una opción de manejo utilizada por la pequeña y mediana propiedad forestal.

La adecuada utilización del monte bajo requiere del conocimiento y caracterización de este tipo de bosques y de su mejor técnica de manejo, de modo de efectivamente obtener los resultados esperados de cobertura y homogeneidad requeridos para regenerar el rodal sin necesidad de volver a plantarlo, y beneficiarse de las ventajas que el monte bajo ofrece:

- Bajos costos de formación de una nueva plantación
- Rápido crecimiento inicial
- Disminución en costos de establecimiento
- Mejora la rentabilidad de la plantación
- Cosecha en menos años, rotación más corta

El manejo de los retoños, permite lograr una mayor y mejor ocupación y aprovechamiento de los recursos del suelo, siendo una adecuada opción para pequeños y medianos propietarios, a quienes les permite generar un nuevo bosque, sin incurrir en gastos de plantación.

Para producir madera pulpable (metros rumas), el manejo de rebrotes, en buenos sitios, involucra una rotación de 8 a 10 años. Sin embargo, no en todos los terrenos se recomienda el manejo de rebrote, solo se recomienda, cuando:

- El terreno es de alta productividad, donde la plantación original generó al menos 200 metros rumas por hectárea.
- La plantación original no presentó crecimiento desperejo o evidencias de algún ataque de insectos o enfermedades.

Para obtener un máximo rendimiento mediante el manejo de la retoñación de eucalipto se debe considerar los siguientes factores:

- Época de corta de plantación antigua: Lo más recomendable es cosechar la plantación antigua, a fines de invierno o principios de primavera. Así evitara un posible daño de heladas y además permitirá que los rebrotes tengan un rápido crecimiento.
- Método de volteo: Durante el volteo, no se debe dañar la corteza, evitando el desprendimiento de la corteza. El corte de cosecha debe ser a no más de 15 cm del suelo, realizando un corte en forma de bisel (inclinado), para evitar acumulación de agua.
- Tratamientos posteriores a la corta: Para obtener un buen rebrote del tocón, luego de la cosecha, los tocones, deben ser despejados de ramas o residuos que dificulte el desarrollo de los rebrotes. Si no realiza esta limpieza, al tocón no llegará la luz y perderá la capacidad de rebrotación.
- Altura de corte del tocón: Esta debe ser a 10 o 15 centímetros del suelo. Al cortar a esta altura, optimiza el rendimiento en madera del árbol cortado y los retoños tendrán un mejor desarrollo, siendo estos más firmes al posible daño por viento.
- Diámetro y edad del tocón: La calidad, cantidad y mortalidad de los rebrotes dependen del diámetro del tocón, donde los diámetros intermedios, son los que han presentado mejor

regeneración y sobrevivencia. A medida que aumenta la edad del tocón disminuye la capacidad de retoñación.

- Cuando ejecutar el manejo de rebrotes: Se recomienda que la selección de rebrote se realice a los 18 meses de edad (1,5 años). Se debe esperar la selección natural de los retoños y debe considerarse que si maneja muy temprano (antes de los 18 meses), podría estimular una nueva brotación que dificultara el manejo final.
- Método de ejecución del manejo de rebrotes: La corta de los rebrotes a eliminar, la debe efectuar con tijerones, serruchos o motosierra. El corte debe ser bajo y limpio, sin dañar el tocón ni los rebrotes a dejar. Al seleccionar los rebrotes a dejar, en lo posible 2, debe dejar aquellos que están al lado de donde proviene el viento.
- Número de rebrotes: El número de rebrotes por tocón es flexible y depende del futuro uso de la madera. Para producir madera pulpable (metros rumas), lo más recomendable es dejar no más de dos rebrotes y debe considerarse el diámetro del tocón. Los rebrotes a dejar, deben ser similares en cuanto a su desarrollo.
- Selección y manejo de los rebrotes: Se deben eliminar los rebrotes más débiles y peor ubicados en el tocón, los que corresponden a los ubicados muy cerca del suelo ya que estos tienden a agarrarse de la corteza, y se deben dejar los que se ubican cerca del corte del tocón que son los que se adhieren a la madera del corte.
- Selección y manejo de los rebrotes: Se deben dejar los de mejor forma, los que presentan mejor desarrollo y se muestran vigorosos. Los rebrotes a dejar deben quedar bien distribuidos, para evitar competencia y así permitir un mejor crecimiento. Si deja más de dos rebrotes preocúpese que tengan suficiente espacio para crecer y desarrollarse.
- Número de ciclos de corta: Depende de la mortalidad que presenten los tocones, el número de cortas que soporte el tocón y la longitud de la rotación (edad de corta final)

El Instituto Forestal ha realizado investigación sobre manejo del monte bajo de eucalipto y de los factores que inciden en su rendimiento volumétrico (Pinilla *et al*, 2016). En este marco se generó el presente documento, en el que se entregan antecedentes de crecimiento y estimaciones de productividad de unidades experimentales establecidas en la Región del Biobío, con el objetivo de aportar información técnica que oriente la toma de decisiones respecto al uso de la regeneración natural de *Eucalyptus globulus* como herramienta de gestión para la restauración productiva de plantaciones.

La información que se entrega ha sido desarrollada por INFOR a través de su área de investigación *Silvicultura y Manejo de Ecosistemas Forestales Nativos y Exóticos*, en la línea de *Gestión de Plantaciones Forestales*, particularmente en el contexto del producto "Uso de la regeneración natural para la generación de plantaciones productivas".

MATERIAL Y MÉTODO

La metodología general utilizada correspondió a:

- Monitoreo permanente de las unidades de manejo del Monte bajo de *Eucalyptus globulus* establecidas por INFOR en los años anteriores en la Región del Biobío.
- Evaluación de unidades de manejo monte bajo eucalipto y traspaso de la información a bases de datos.
- Análisis de información recopilada desde las unidades mensuradas, generación de parámetros descriptores del rodal y búsqueda de información bibliográfica de referencia y comparación.

En primera instancia se ubicó sectores en la región del Biobío con renuevo de *Eucalyptus globulus* de 1,5 a 2 metros de altura. Una vez ubicado los rodales, se gestionó la autorización de sus propietarios para

realizar la selección de vástagos e iniciar el manejo de la retoñación. Los rodales definitivamente utilizados para establecer las parcelas que se analizan en este estudio se detallan en el Cuadro 1, en general correspondieron a bosques cosechados o afectados por incendios forestales, en donde el majeo se orientó a dejar 1 o 2 retoños por tocón (Figura 1).

Cuadro 1. Unidades experimentales utilizadas en la investigación.

Predio	Comuna	Edad	Observación
Lo Carmen	Copiulemu	4 años	Establecimiento 2019
Santa Ángela 3	Cañete	6 años	Con manejo
Santa Ángela 4	Cañete	6 años	Con manejo
Farellón 1	Cañete	6 años	Sin manejo
Farellón 2	Cañete	6 años	Con manejo
Chacay	Nacimiento	1 año	Establecimiento 2021, con manejo

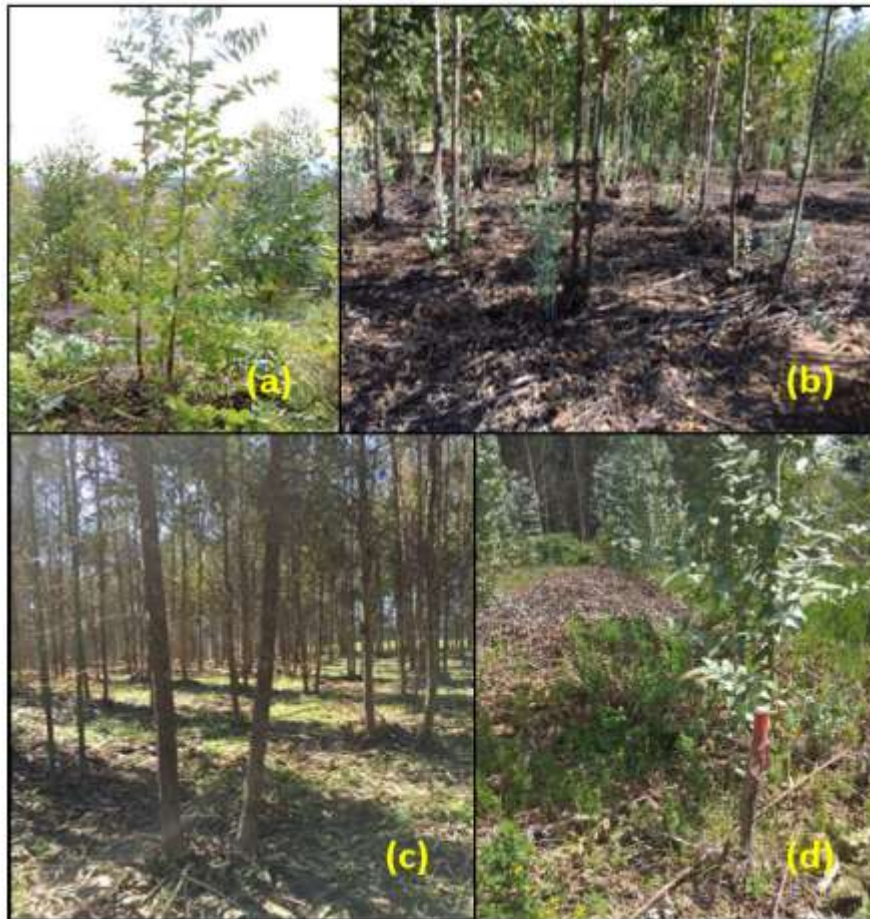


Figura 1. Unidad Lo Carmen, situación al 2019 (a) y al 2021 (b); Unidad Santa Ángela (c) y Unidad Chacay (d).

Una vez seleccionados los rodales a considerar, se estableció parcelas demostrativas circulares de 500 m² (radio de 12,6 m), en las que se contabiliza y enumera los árboles con dirección hacia el norte, y luego, se continúa hacia la dirección de las manecillas del reloj.

Se realiza manejo a los tocones dejando una o dos varas, según la parcela generada, y se procede a medir DAP y altura inicial, y registrar la coordenada de ubicación de las parcelas. A cada parcela se le realiza un seguimiento continuo cada uno o dos años, en donde se miden DAP y altura, con el objetivo de registrar estos datos y analizarlos, para ver el desarrollo de la especie según el tipo de manejo aplicado (Figura 2).



Figura 2. Medición parcela experimental de monte bajo de *Eucalyptus globulus*, Región del Biobío.

Usando las mediciones realizadas, se estima el crecimiento y rendimiento de los rodales de *Eucalyptus globulus* manejados como monte bajo, así como los volúmenes por hectárea factibles de obtener a una edad determinada. Estos valores fueron obtenidos usando el “Simulador experimental de crecimiento y rendimiento para *Eucalyptus globulus* de monte bajo”, el cual corresponde a una versión de prueba, basado en MS Visual Basic 6.0 para Excel desarrollada por INFOR (Figura 3).

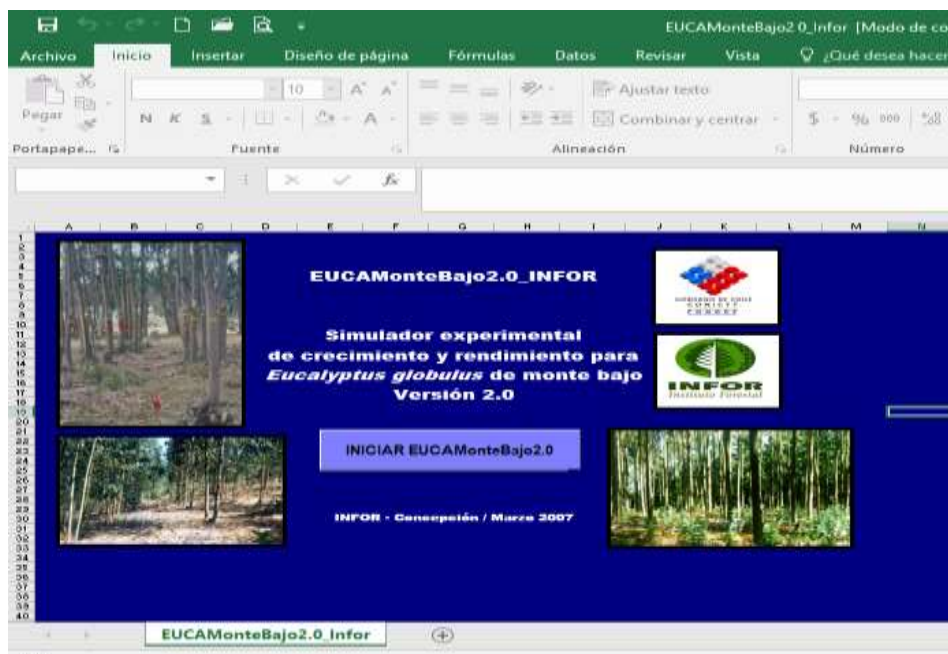


Figura 3. EUCA_Monte_Bajo 2.0, Simulador experimental de crecimiento y rendimiento para *Eucalyptus globulus* de monte bajo.

Este tipo de herramienta de gestión permite describir o caracterizar los rodales de monte bajo de esta especie, generando información acerca de variables de rodal según la edad, entre ellas el área basal, altura dominante, volumen e incrementos (Pinilla, 2007). Los antecedentes obtenidos de las mediciones realizadas en las unidades se ingresaron en el simulador de crecimiento y rendimiento, obteniendo datos de altura dominante y área basal, volumen y densidad por hectárea, a diferentes edades.

Con la información de crecimiento de las unidades experimentales se estudió el desarrollo y productividad de este tipo de manejo, fundamentar las ventajas de su utilización y actividades de capacitación y difusión hacia propietarios forestales o profesionales del área.

RESULTADOS

Estimación de Parámetros de Árbol Individual

La distribución de los DAP y altura de las unidades según año, se presentan en los gráficos de las Figuras 4 a 8.

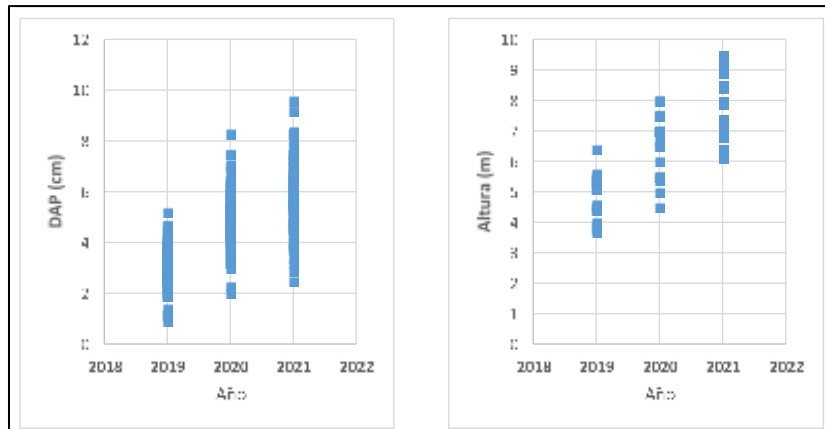


Figura 4. Distribución DAP y altura según año, Lo Carmen.

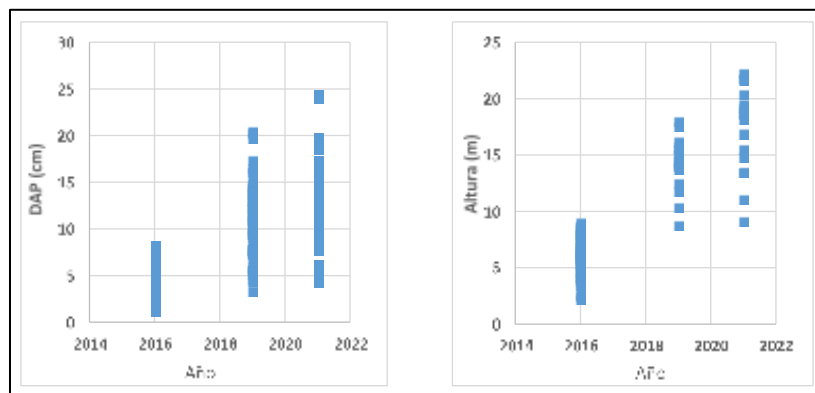


Figura 5. Distribución DAP y altura según año, Farellón 1.

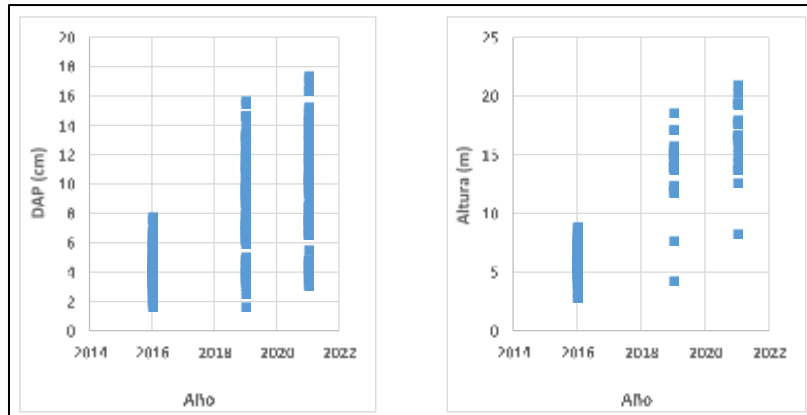


Figura 6. Distribución DAP y altura según año, Farellón 2.

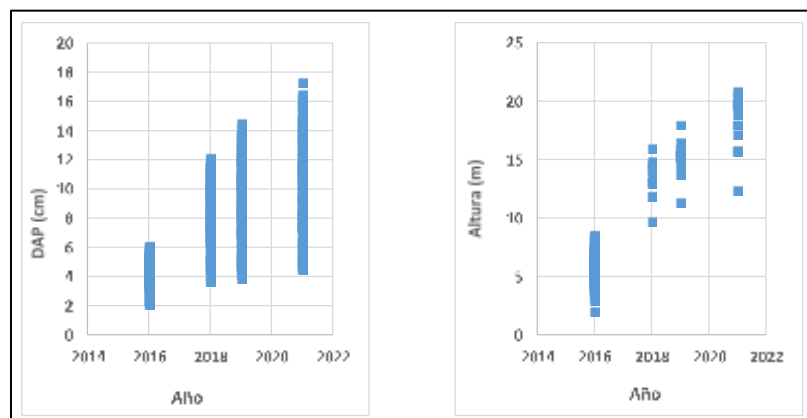


Figura 7. Distribución DAP y altura según año, Santa Ángela 3.

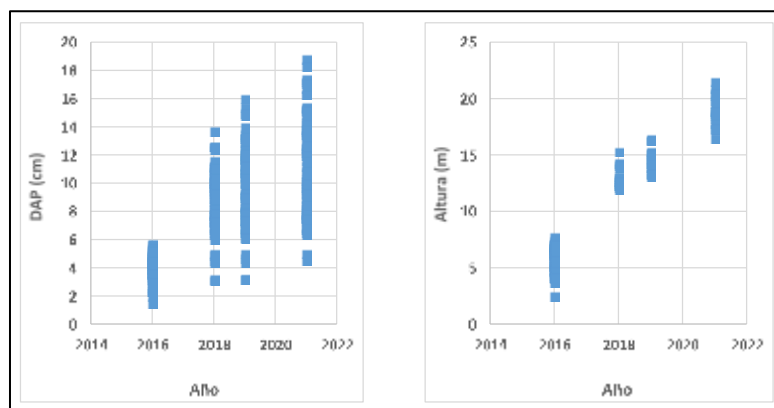


Figura 8. Distribución DAP y altura según año, Santa Ángela 4.

Los valores medios de dap y altura por unidad y año se resumen en el Cuadro 2, donde también se presenta la diferenciación estadística entre unidades para el año 2021.

Cuadro 2. Valores medios de DAP (D) y altura (H) por rodal y año.

Localidad	N° de retoños	2016		2018		2019		2020		2021	
		D (cm)	H (m)	D (cm)	H (m)	D (cm)	H (m)	D (cm)	H (m)	D (cm)	H (m)
Lo Carmen	2					3,06	4,87	4,97	6,61	5,86 d	7,89 d
Santa Ángela 3	1	4,01	5,87	8,81	13,04	9,78	14,67			11,12 bc	18,99 bc
Santa Ángela 4	2	4,34	5,92	8,33	13,38	9,22	15,22			10,15 b	18,05 ab
Farellón 1	1	5,08	6,11			11,05	14,22			12,53 a	17,18 bc
Farellón 2	2	4,43	6,05			8,58	13,77			9,45 c	16,48 c
Chacay	2									1,60 e	3,38 e

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

El análisis de varianza para las variables DAP y altura del año 2021 señala la existencia de diferencias significativas entre unidades.

La Unidad Farellón 1, con un retoño por tocón, presenta el mayor resultado en DAP, el cual es estadísticamente diferente del resto de las unidades evaluadas. Respecto a la altura, las unidades Santa Ángela 3 y 4, con uno y dos retoños por tocón, respectivamente, presentan los mayores crecimientos y resultan estadísticamente diferente del resto de las unidades evaluadas.

Se detecta un mayor crecimiento en DAP de las unidades que contaban con 1 retoño en relación a aquellas que contaban con 2 vástagos por tocón. Respecto a la altura se observa un crecimiento similar en todas las unidades, ya sea en rodales con uno o dos retoños tocón, con un menor valor en la unidad Lo Carmen que presenta una menor edad.

A partir de los resultados es posible observar el desarrollo en DAP y altura, donde se registra en promedio un crecimiento anual de 1,7 cm y 2,8 metros en DAP y altura, respectivamente. Los incrementos medios según unidad se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Incrementos medios anuales de DAP (D) y altura (H) por rodal según variable y unidad.

Unidad	Edad	N° de retoños	D (cm)	H (m)
Lo Carmen	4 años	2	1,47	1,97
Santa Ángela 3	6 años	1	1,85	3,17
Santa Ángela 4	6 años	2	1,69	3,01
Farellón 1	6 años	1	2,09	2,86
Farellón 2	6 años	2	1,58	2,75
Promedio			1,7	2,8

Estos valores son comparables con evaluaciones previas en las unidades, los que señalaban valores de 1,9 cm y 1,7 m para el DAP y Altura, respectivamente (Pinilla *et al.*, 2019), siendo similares a los obtenidos para *Eucalyptus globulus* creciendo como monte alto (plantaciones).

La relación DAP-Altura de todas las unidades analizadas en forma conjunta, en el año 2021, se grafica en la Figura 9. La misma relación, pero individualizada para cada unidad en particular se presenta en los gráficos de la Figura 10. En ellas se observa la tendencia normal en este tipo de formaciones en edades jóvenes donde existe una relación directa entre el DAP y la altura.

En relación con la mortalidad, las unidades presentaron una disminución del número de árboles por hectárea a través del tiempo, lo que se puede apreciar en el Cuadro 4.

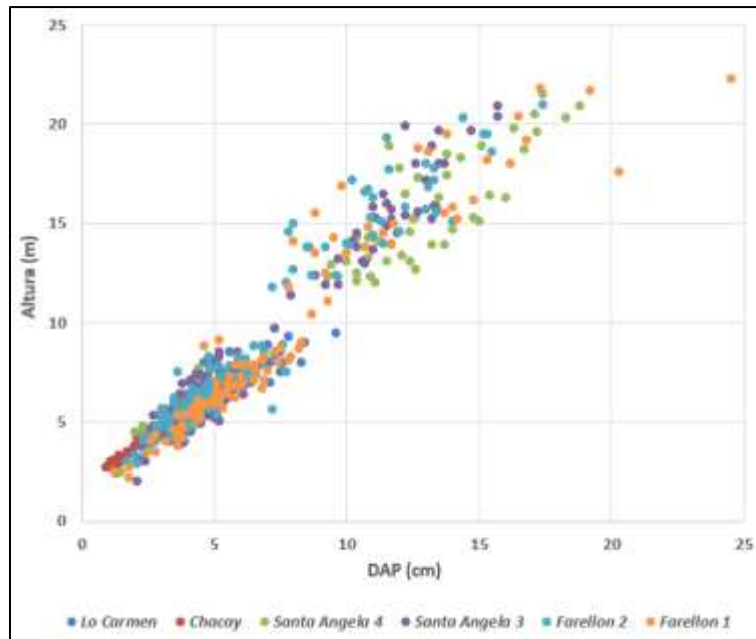


Figura 9. Relación DAP-Altura evaluación 2021.

Cuadro 4. Número de árboles por hectárea por rodal y año de medición.

Rodal	2016	2018	2019	2020	2021
Lo Carmen	-	-	2.600	2.500	2.500
Santa Ángela 3	1.500	1.440	1.440	-	1.400
Santa Ángela 4	2.600	2.560	2.560	-	2.540
Farellón 1	1.360	-	1.320	-	1.320
Farellón 2	2.240	-	2.240	-	2.200
Chacay	-	-	-	-	2.120

En cuanto a la tasa de mortalidad, con respecto al primer año medido, Lo Carmen presenta una mortalidad de 3,9% anual, en donde su primera medición fue en 2019; Santa Ángela 3 presentó la mayor tasa de mortalidad mostrando un 6,7% anual, en un lapso de 5 años; Santa Ángela 4 tiene una tasa de mortalidad anual de 2,3% de los individuos en un periodo de 5 años. Por otro lado, las parcelas establecidas en Farellón, presentaron mortalidades de 2,9 y 1,8% anual.

Las parcelas de Santa Ángela 3 y Farellón 1 son parcelas de un solo vástago, ambas parcelas fueron establecidas el 2016, por lo que ya tienen 5 años desde que se les realizó el manejo. Estas parcelas proyectan en promedio 1.360 árboles por hectárea, con un DAP medio de 11,8 cm y altura promedio de 18,1 m.

Por otro lado, Santa Ángela 2 y Farellón 2, son parcelas de dos vástagos, en rodales de 6 años. Estas parcelas presentan en promedio 2.370 individuos por hectárea, con un DAP medio de 9,8 cm y una altura promedio de 17,3 m. Por último, las parcelas de Chacay y Lo Carmen, son más pequeñas que las antes mencionadas, con 1 y 4 años, respectivamente. Ambas parcelas presentan dos vástagos, en donde Chacay presenta 2.120 árboles por hectárea con 1,6 cm de DAP y 3,4 m de altura, mientras que Lo Carmen cuenta con 2.500 individuos por hectárea, con un DAP y altura media de 5,9 cm y 7,9 m, respectivamente.

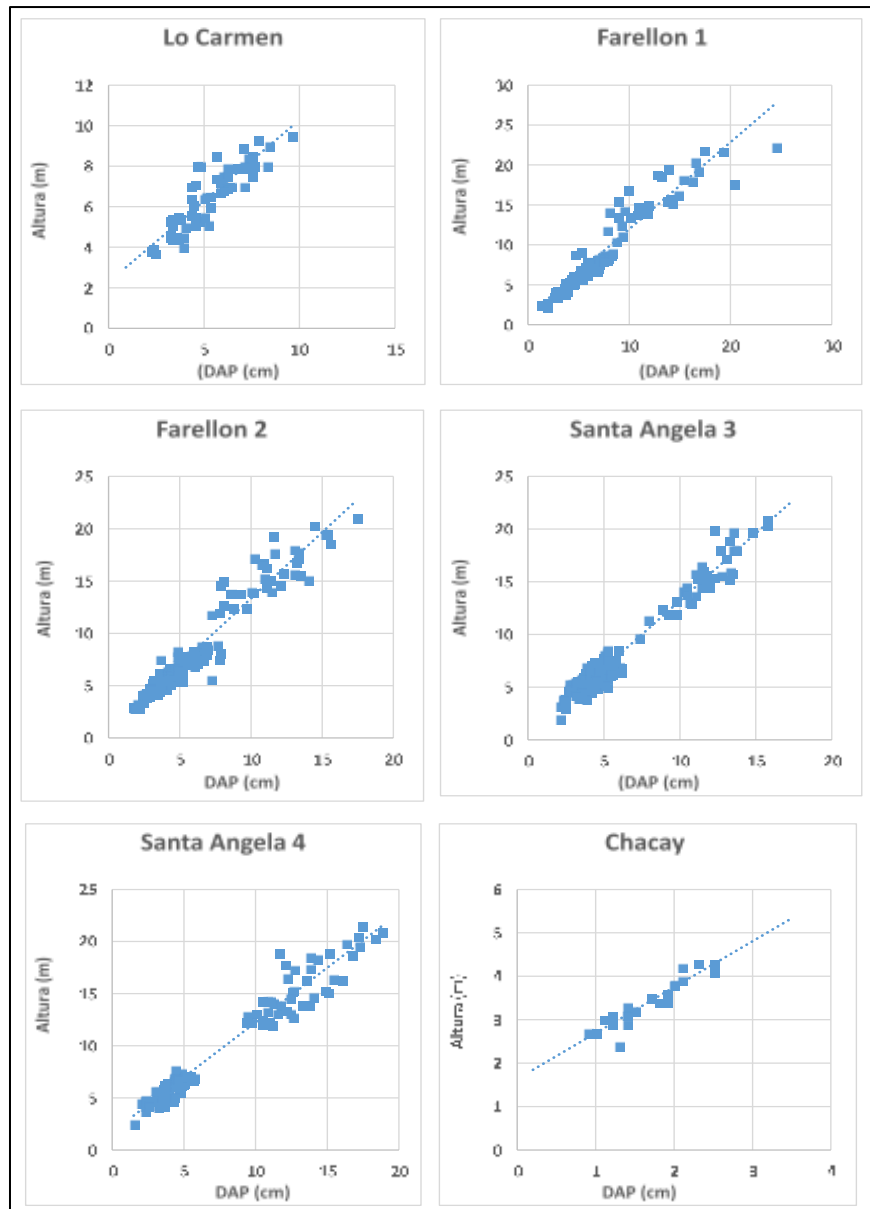


Figura 10. Relación DAP-Altura evaluación 2021 según unidad

Con la información anterior fue posible estimar el volumen individual y por hectárea, utilizando los DAP y alturas promedio por hectárea, utilizando la ecuación de Bahamondez *et al.* (1999):

$$V = 0,00198 + 0,000026756 * DAP^2 * H \quad (1)$$

Donde:

- V = Volumen de árbol individual en m³ ssc para un diámetro límite de utilización de 5 cm
- DAP = Diámetro a la altura del pecho, en centímetros
- H = Altura total, en metros

Los volúmenes estimados se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Volumen promedio por árbol individual según rodal.

Unidad	Edad (años)	N° de retoños	D (cm)	H (m)	Densidad (arb/ha)	Volumen individual promedio (m ³)
Santa Ángela 3	6	1	11,12	18,99	1.400	0,0897659 ab
Santa Ángela 4	6	2	10,15	18,05	2.540	0,1236381 a
Chacay	1	2	1,60	3,38	2.120	0,0022670 c
Lo Carmen	4	2	5,86	7,89	2.500	0,0116001 c
Farellón 1	6	1	12,53	17,18	1.320	0,1043751 ab
Farellón 2	6	2	9,45	16,48	2.200	0,0693536 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Se observa que los valores de volumen para las parcelas de 1 y 2 retoños a los 6 años, presentan valores estadísticamente similares, y diferentes a las unidades de menor edad.

Estimación de Parámetros de Rodal

Los resultados de las principales variables de rodal de los rodales mayores a 2 años y hasta una edad de estimación de 13 años (rotación estimada) se presentan en los gráficos de la Figura 11.

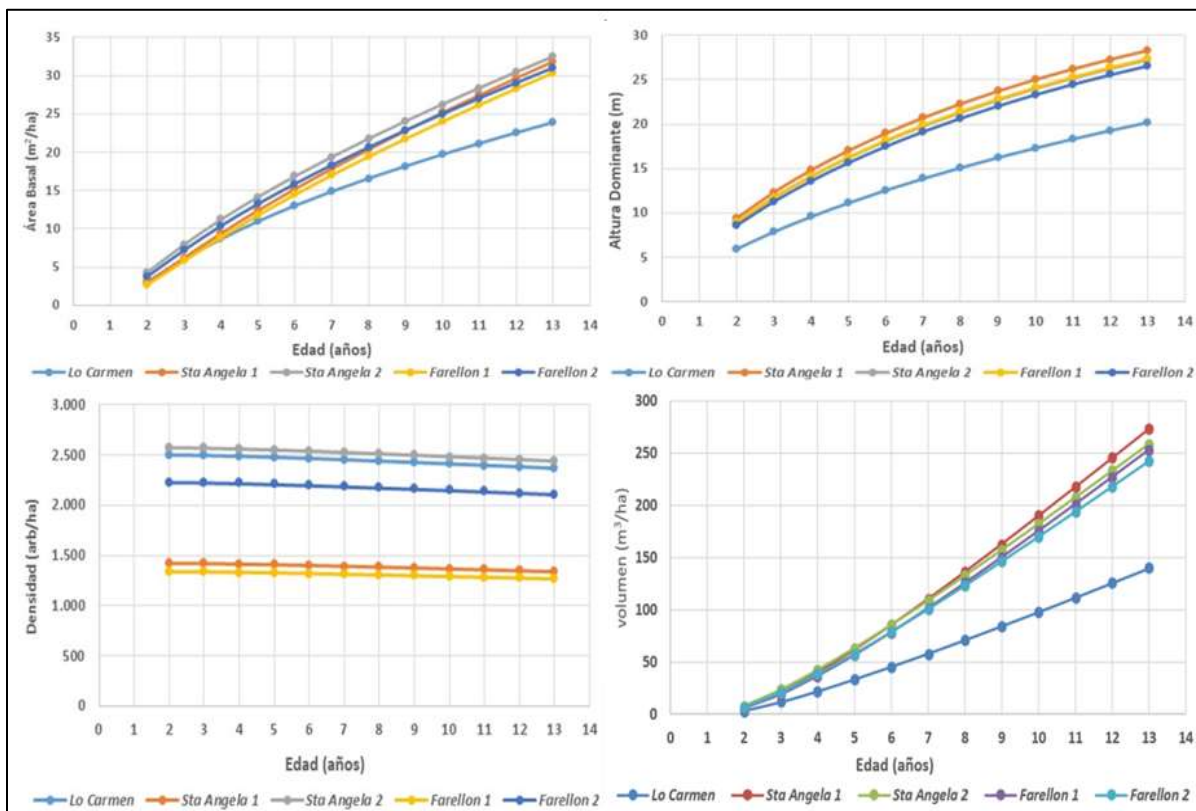


Figura 11. Proyecciones de área basal, altura dominante, número de árboles y volumen por rodal y edad (valores por hectárea)

En función de los datos emanados de la modelación, a la edad de corta de 13 años, el volumen a obtener se estima varía entre los 139 y 274 m³/ha, con una densidad entre los 1.266 y 2.436 arb/ha, y un área basal que oscila entre los 32,5 y 23,9 m²/ha.

Los incrementos corrientes y medios anuales registrado desde las unidades evaluadas se presentan en los gráficos de la Figura 12.

Se presentan incrementos hasta alrededor de los 12 años, con valores cercanos a los 13,1 m³/ha/año, lo que depende de la calidad del sitio donde está establecido el rodal y de su condición.

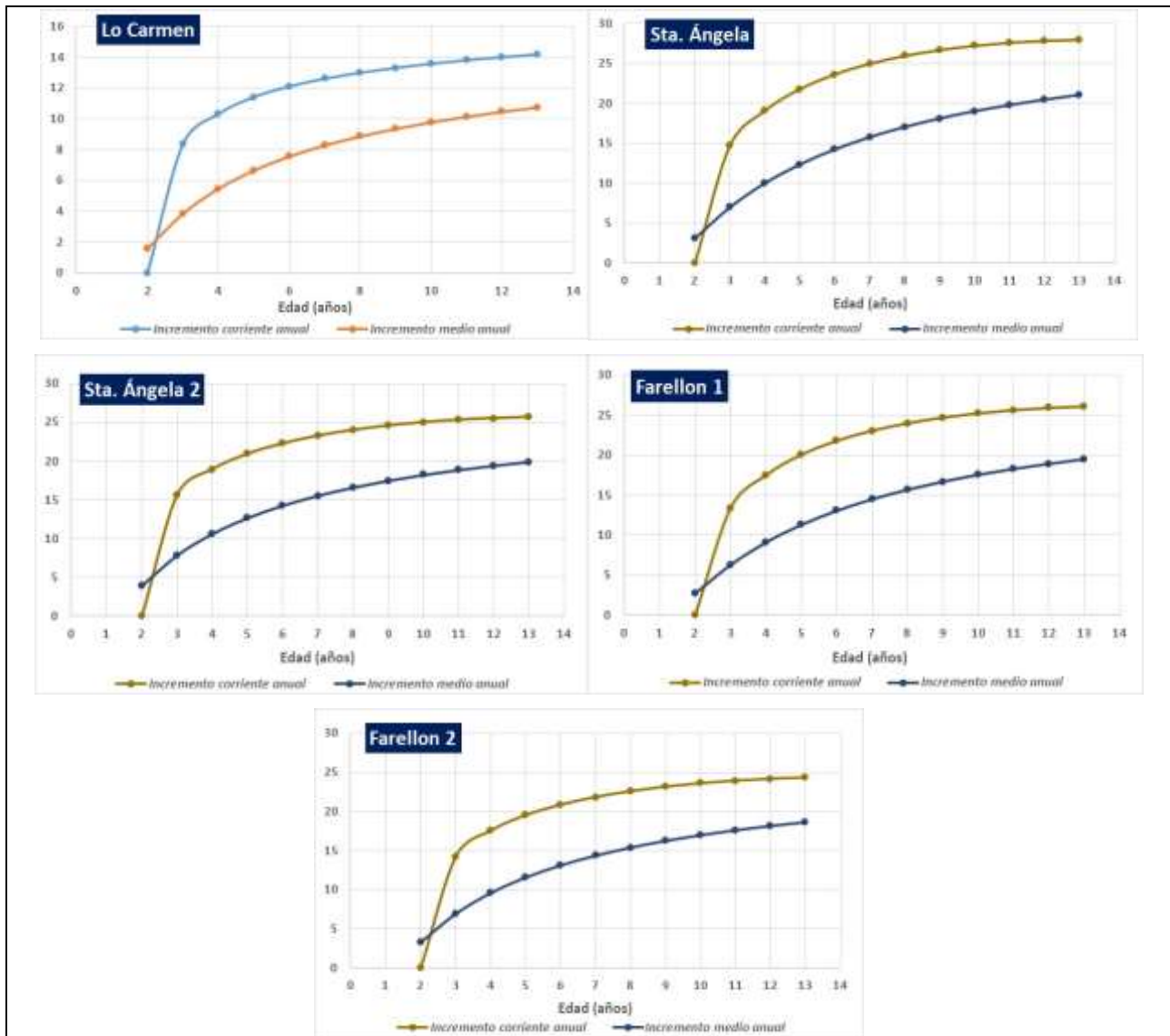


Figura 12. Incremento en volumen estimado en rodales de monte bajo de *Eucalyptus globulus* según edad.

DISCUSIÓN

Eucalyptus globulus es una especie que presenta una gran capacidad de retoñación, lo que permite a los propietarios generar una nueva plantación a través del manejo de los retoños. Este tipo de plantaciones son destinados principalmente a la producción de metros rumas para pulpa, polines y leña. La especie en sitios presenta interesantes rendimientos, expresado en volumen de madera, puede llegar a crecer entre 30 a 40 m³/ha/año equivalente entre 18 y 25 m³/ha/año.

Según la información de INFOR (2021), al año 2019 existen en Chile 580.726 hectáreas de plantaciones de *Eucalyptus globulus*, distribuidas principalmente entre las regiones del Maule a Los Lagos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Superficie de plantaciones de *Eucalyptus globulus* según región (2019).

Región	Superficie (ha)
Coquimbo	2.732
Valparaíso	36.142
Metropolitana	5.164
O'Higgins	45.320
Maule	53.137
Nuble	67.229
Biobío	183.273
Araucanía	145.894
Los Ríos	20.104
Los Lagos	21.731
Total	580.726

(Fuente: INFOR, 2021)

Del total de plantaciones de *E. globulus*, se estima que un 64% pertenece a pequeños y medianos propietarios. Un porcentaje de estas plantaciones, corresponden a crecimiento de segunda rotación, rebrotes de los tocones de la cosecha anterior, denominadas como plantaciones de Monte Bajo. Los propietarios de este tipo de plantaciones, requieren de un conocimiento técnico, que les permita obtener los máximos rendimientos de estos nuevos bosques.

Pinilla *et al.* (2007) mencionan que a partir de la segunda corta es difícil que los brotes puedan superar en producción de madera a una nueva plantación, lo cual también es señalado por otros autores (Andrade *et al.*, 1997; Ayling y Martins, 1981; Camargo *et al.*, 1997; Gonzalez *et al.*, 1997).

Los rodales de monte bajo de *E. globulus* presentan un acelerado crecimiento inicial y rendimientos volumétricos semejantes a los obtenidos para el monte alto (Pinilla *et al.*, 2007). Al respecto, los autores destacan la necesidad de desarrollar herramientas de apoyo para el manejo eficiente del monte bajo con esta especie.

Sobre el manejo de estas formaciones, se señala que basta con dejar uno o dos retoños por tocón para obtener la máxima ocupación de sitio, rendimiento volumétrico, aprovechamiento de los recursos del suelo, disminuir costos y actividades para asegurar el establecimiento y generar a corto plazo un recurso de alta demanda y rentabilidad. La ventaja en este último se manifiesta en obtener diámetros superiores y un menor número de árboles por hectárea, lo que influye a su vez en los costos y eficiencia de la cosecha final (Prado *et al.*, 1990; Toral, 1988; Pinilla, 2005; Pinilla *et al.*, 2007).

Para la adecuada selección del método de regeneración que se utilizará para reestablecer una plantación cosechada, o una pérdida por un incendio forestal, se debe estudiar el crecimiento y productividad de especies forestales sometidas al manejo de la regeneración utilizando diversas metodologías, particularmente la opción del manejo del rebrote de los tocones remanentes, respecto del establecimiento de una nueva plantación

El manejo del monte bajo se vislumbra como una opción adecuada para pequeños y medianos propietarios, principalmente para la producción de pulpa, postes y leña.

Un elemento de decisión para decidir la adopción del monte bajo como mecanismo de regeneración puede ser el establecer el volumen observado en el rodal en esas condiciones, y si este valor se estima cercano a los 125 MR/ha (200 m³/ha aproximadamente), o superior, entonces sería posible reestablecer

el bosque usando el manejo de los retoños. Si no es así, o si no existe una adecuada retoñación de los tocones, es necesario establecer una nueva plantación de *Eucalyptus globulus*.

El análisis de las unidades de monte bajo establecidas en los rodales de la Región del Biobío, indica que entre los 4 y 6 años de edad se observan valores de 8-19 metros de altura y 5,9-12,5 cm de DAP. Estos valores son similares a los reportados para *Eucalyptus globulus* originados de semilla y creciendo en las mismas condiciones. En cuanto a las densidades, se observan valores de 1.320 a 2.500 árboles por hectárea, en una situación de uno o dos retoños por tocón.

En cuanto a los volúmenes estimados, a los 13 años, ellos fluctúan entre los 140 y 270 m³/ha. Este volumen es un indicador del comportamiento de este tipo de rodales, el que depende en gran medida de las condiciones de sitio y de las características del rodal original, siendo el eucalipto susceptible de daños por factores de clima, plagas, suelo, etc.

Respecto al número de retoños manejados por tocón, se observa que las parcelas con un retoño, presentan DAP y alturas mayores con respecto a las parcelas con manejo de dos varas. Respecto del volumen total, las proyecciones indican que las parcelas que conservaron dos retoños por tocón, presentan un rendimiento inferior en relación a parcelas de un solo vástago (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de crecimiento según número de retoños manejados en rodales de *Eucalyptus globulus* de 6 años.

Manejo	D (cm)	H (m)	Densidad (arb/ha)	Volumen (m ³ /ha)
1 Retoño	11,8	18,1	1.360	263
2 Retoños	9,8	17,3	2.370	251

El análisis estadístico indica que la Unidad Farellón 1, con un retoño por tocón, presentó el año 2021 el mayor resultado en DAP, el cual fue estadísticamente diferente del resto de las unidades evaluadas, en especial de las unidades con similar edad. En el caso de la altura, las unidades Santa Ángela 3 y 4, con un y dos retoños por tocón, respectivamente, presentan el mayor crecimiento en altura, estadísticamente diferente del resto de las unidades evaluadas, excepto a Farellón 1 que también se encuentra entre las unidades de mayor altura.

En general se observa una baja tasa de mortalidad, e incidencia de daños, los que se deberían a efecto del viento y otros factores del clima.

En estos análisis de la investigación Pinilla *et al.* (2017) mencionan que existen incertidumbres acerca de la productividad y de los efectos del manejo de los retoños que solo podrán ser superadas cuando se cuente con mayor número de mediciones en edades superiores cercanas a los turnos de rotación, agregando que los modelos de estimación para el monte bajo están fuertemente afectados por la edad de la información con que se cuenta.

La información generada se requiere y utiliza en actividades de capacitación y difusión del manejo del monte bajo, lo que, agregado al set de modelos matemáticos para la estimación del crecimiento y productividad, permiten generar un escenario donde los propietarios pequeños y medianos, pueden contar con herramientas que les permiten tomar decisiones al momento de utilizar este tipo de manejo, las oportunidades de cosecha y de negocio a la que se ven expuestos.

Esta información y los modelos generados son un paso más, en un proceso de constante mejora y aumento de amplitud geográfica de aplicación. A ello se debe agregar que los efectos derivados del cambio climático que está afectando el crecimiento y productividad de este tipo de bosques, la información y los modelos de gestión a utilizar, deben estar acordes y ajustados a los nuevos escenarios ambientales.

En el proceso de investigación permanente de INFOR, se considera la mejora de la información y modelos, lo que será posible al contar con mayor número de mediciones y con una mayor densidad de estas para mayores rangos de edad, a fin de establecer si los resultados obtenidos hasta ahora se mantienen o varían en el tiempo.

CONCLUSIONES

El trabajo de investigación en este tipo de rodales permite además de conocer antecedentes acerca del crecimiento, manejo y usos de estos bosques, contar con información que es útil para el desarrollo de herramientas de apoyo para el manejo eficiente del monte bajo de *E. globulus*, lo que permitiría su uso para la estimación y generación de biomasa con fines pulpables o dendroenergéticos, aprovechando ciclos cortos de corta basado en el rápido crecimiento del monte bajo.

Se destaca el interesante crecimiento registrado en la Región del Biobío por el monte bajo de *Eucalyptus globulus* y la necesidad del desarrollo de herramientas de apoyo para su manejo forestal eficiente.

Se registró a edades de 4 y 6 años, valores entre los 8 y 19 metros de altura y diámetros entre los 5,9 y 12,5 cm. En cuanto a las densidades, se observan valores de 1.320 a 2.500 árboles por hectárea, en una situación de uno o dos retoños por tocón. Estos valores son similares a los reportados para *Eucalyptus globulus* originados por semillas creciendo en las mismas condiciones.

En cuanto a los volúmenes las proyecciones indican que a la edad de cosecha de 13 años es posible obtener volúmenes entre los 140 a 270 m³/ha. Ello es un indicador del comportamiento de este tipo de rodales, el que dependen en gran medida de las condiciones de sitio y de las características del rodal original, siendo el eucalipto susceptible de daños por factores de clima, plagas, etc. Se observa que los valores de volumen de árbol individual para las parcelas de 1 y 2 retoños a los 6 años, presentan valores estadísticamente similares, y diferentes a las unidades de menor edad.

Para una mejora permanente de este trabajo y desarrollo de herramientas, se requiere contar con un mayor número de mediciones, mayor cobertura geográfica y por sobre todo con una mayor densidad de estas para el rango de edades que va de los 2 a 15 años de edad.

Esto se hace más evidente y necesario dado las actuales variaciones derivadas de los efectos del cambio climático y que tiene incidencia directa sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus*, dado que es una especie muy sensible a los períodos de estrés hídrico o disminución del rango de precipitaciones. Estas variaciones y su efecto sobre el crecimiento de los rodales sólo pueden ser capturado a través de ciclos de sucesivas mediciones y el análisis de la información respectiva.

Se requiere en este caso de investigaciones que permitan generar la información para hacer más eficiente su manejo, obtención de productos y entregar una aproximación a la estimación de parámetros, que permitan darle un valor económico y promover su manejo adecuado.

Es imprescindible mantener la medición de unidades experimentales para aumentar la base de datos de trabajo y análisis, abarcando además otras áreas geográficas.

REFERENCIAS

- Andrade, H., Benedetti, V., Madaschi, J. & Bernardo, V. (1997). Aumento da Produtividade da Segunda Rotação de Eucalipto em Função do Método de Desbrotas. Serie Técnica IPEF, 11(30): 105-116.
- Ayling, R.D., Martins, P.J. (1981). The Growing of Eucalypts on Short Rotation in Brazil. Forestry Chronicle, 57(1): 9-16. <https://doi.org/10.5558/tfc57009-1>
- Bahamóndez, C., Ferrando, M., Martín, M. & Pinilla, J.C. (1995). Determinación de funciones de volumen y razón de volumen para eucalipto. Documento Instituto Forestal. Santiago.
- Camargo, F., Silva, C. & Stape, J. (1997). Resultados Experimentais da Fase de emissão de Brotação em *Eucalyptus* Manejado por Talhadia. Serie Técnica IPEF, 11(30): 115-122.

- Gonzalez-Río, F., Castellanos, A., Fernández, O., Astorga, R. & Gómez, C. (1997). El Cultivo del Eucalipto. Manual Práctico del Selvicultor. Celulosas de Asturias S.A. Principado de Asturias. 9Sp. <http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/eucalipto/indice.html>
- INFOR. (2021). Anuario Forestal 2021. En: <https://wef.infor.cl/publicaciones/publicaciones.php>. Consulta: diciembre, 2021.
- Pinilla, J.C. (2005). La Opción del Monte Bajo para el *Eucalyptus globulus*. En: Chile Forestal, 316. Pp: 26-29.
- Pinilla, J.C., Molina, M.P. & Aguilera, M. (2007). Antecedentes para el uso del monte bajo de *Eucalyptus globulus* en Chile. Ciencia & Investigación Forestal, 13(1): 5-21. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2007.267>
- Pinilla, J.C. (2007). Síntesis de resultados del proyecto FONDEF DO211117 Incremento del negocio forestal a través de modelos de manejo y gestión innovativa para la Pyme forestal: La opción del monte bajo de *Eucalyptus globulus*. Instituto Forestal. Concepción, Chile. 26 p.
- Pinilla J.C., Luengo, K.; Navarrete, M., García, E. y Villarroel, A. (2016). Gestión eficiente de plantaciones forestales orientados a pequeños propietarios forestales. Reporte Regiones del Maule a Los Ríos. Informe de proyecto. Ministerio de Agricultura de Chile. Instituto Forestal, Sede Biobío. Concepción, Chile. 25 p. + anexos.
- Pinilla, J.C., Luengo, K. & Navarrete, M. (2017). Antecedentes para la utilización del monte bajo de *Eucalyptus globulus* en Chile. Avances del programa de investigación. Presentación en 7° Congreso Forestal Español. Placencia, España. 26-30 junio.
- Pinilla, J.C., Luengo, K. & Navarrete, M. (2019). Reporte Productividad del manejo del monte bajo de *Eucalyptus globulus*. Informe trimestral proyecto MINAGRI. 25 p.
- Prado, J.A., Bañados, J. C. & Bello, A. (1990). Antecedentes sobre la capacidad de retoñación de algunas especies del género *Eucalyptus* en Chile. Ciencia & Investigación Forestal, 4(2): 183-190. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1990.139>
- Toral, M. (1988). El efecto de diversas intensidades de clareo en el crecimiento de monte bajo de *Eucalyptus globulus*. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*. Viña del Mar, Chile. 9-10 junio, 1988. INFOR-CORFO. Pp: 310-333.