

UNIDAD DEMOSTRATIVA PANGUIPULLI

**PROGRAMA DE
ADAPTACIÓN DE**

**BOSQUE NATIVO A LOS
EFECTOS DEL CAMBIO
CLIMÁTICO**



AGOSTO 2011

Introducción

Se estima que los ecosistemas complejos y dominados por especies de larga vida como son los bosques nativos, requerirían mucho tiempo para adaptarse a las condiciones de clima futuro, lo que pone en riesgo el desarrollo de estos bosques como hoy los conocemos y, por ende, también la provisión de bienes y servicios que ellos entregan.

Los ciclos de crecimiento, floración, fructificación y, en general, su metabolismo base, son todos procesos que responden a los factores del clima, en particular, la temperatura, precipitación y radiación solar. Es así como los cambios en dichos factores influirán sobre las tasas de crecimiento.

Una fase crítica en este aspecto es la fase de regeneración o implementación del bosque. Las pequeñas plantas son muy susceptibles a variaciones de radiación y al suministro de agua, y el fracaso de su establecimiento pone en peligro la existencia de cualquier vegetación boscosa a mediano plazo.

Es por ello, que se propone crear conocimiento para desarrollar prácticas silvícolas que disminuyan la vulnerabilidad del bosque nativo en el centro-sur del país y entender mejor la relación de factores ambientales y la producción de biomasa para mejorar las predicciones de la respuesta fisiológica de los árboles al Cambio de Climático.

Se han establecido unidades demostrativas que permitan comparar el balance de Carbono en respuesta a intervenciones silvícolas y también ensayos que permiten simular el factor precipitación de un clima futuro. Esto, con el objetivo de difundir a otros grupos de interés y a la población en general, los resultados que éstas vayan entregando.

Estas unidades demostrativas son monitoreadas como un proceso continuo que permite identificar los cambios y las tendencias a través del tiempo.

Predio

Hasta el año 2000, el predio fue parte del fundo ganadero Millahue, ubicado en la comuna de Panguipulli, pasando luego a la propiedad de la empresa familiar Renovales Müller-Using Ltda. quienes aplican un uso eminentemente forestal. El sector en el cual se encuentran ubicados las unidades de monitoreo abarca las laderas sur, con alto porcentaje de bosque nativo, en su mayoría renovales de roble y una parte tienen un fuerte componente de especies siempreverdes. Estos renovales se comenzaron a intervenir en el año 2000. La mayoría tiene alrededor de 45 años de edad, excepto algunos más jóvenes de aproximadamente 20 años. En el predio hay, además 15 ha de bosque adulto siempreverde con muy lindo estrato de robles emergentes, 20 ha de bosque de mirtáceas, 20 ha de praderas para pastoreo, de las que se forestaron 3 ha con roble, y 20 ha de matorral húmedo.

Antecedentes de sitio

Las unidades demostrativas se encuentran a una altitud de 275-300 msnm. La temperatura media anual, oscila entre 19 °C y 6 °C. Los suelos son profundos en la ladera alta a ligeramente profundos en la parte baja donde corresponden a un antiguo ñadi, de origen sedimentario formado por cenizas volcánicas depositados sobre materiales fluvioglaciares. La Figura 1 muestra las estaciones de monitoreo ubicadas en el predio.

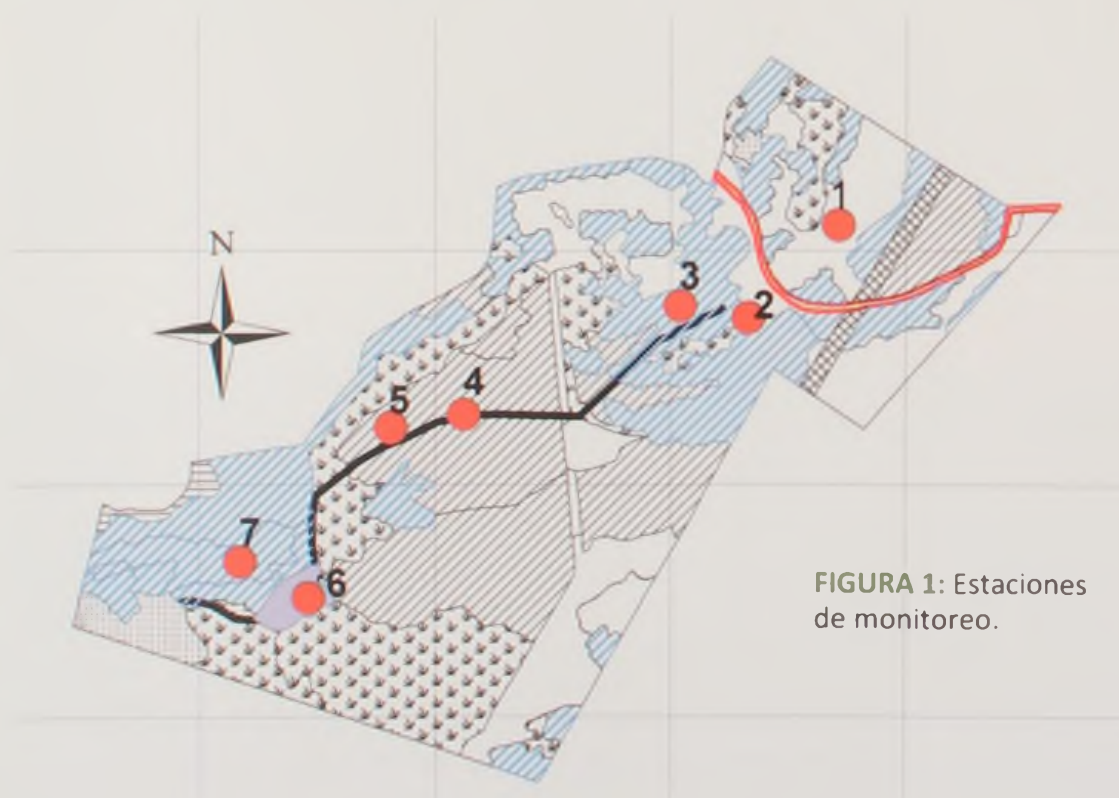


FIGURA 1: Estaciones de monitoreo.

ESTACIÓN 1

Estación Meteorológica

Las condiciones climáticas son registradas por una estación meteorológica que monitorea los parámetros de precipitación, temperatura, radiación solar fotosintéticamente activa, velocidad y dirección del viento y humedad ambiental. La energía requerida para el funcionamiento del sistema de manera autónoma, es entregada a través de un panel solar y es almacenada en una batería lo que permite un funcionamiento ininterrumpido. El sistema utilizado registra de forma continua las variables climáticas y transfiere esta información vía GPRS a un servidor en WEB, quedando disponible la información colectada en tiempo real.



ESTACIÓN 2

Ensayo Simulación de Condiciones Futuras

HIPÓTESIS: Las condiciones climáticas futuras muestran la disminución de precipitaciones en verano, así como cambios en la distribución y cantidad de las precipitaciones del año; afectando con esto la cantidad de biomasa producida como la distribución entre sus componentes aéreos y radicales y el crecimiento de la regeneración de las especies a evaluar.

OBJETIVO: Evaluar el comportamiento de roble y rauli a la disminución de un 40% de las precipitaciones actuales en un futuro escenario climático.

METODOLOGÍA: Establecimiento de una plantación de dos unidades: una testigo y otra intervenida, bajo un régimen de alta densidad, con el fin de evaluar la biomasa de las plantas. Para esto, se define un distanciamiento medio entre plantas de 50 x 50 centímetros, intercalando hileras de raulí con hileras de roble.

Para simular los efectos del déficit hídrico en una de las unidades, se instala un techo plegable que limite aproximadamente en un 40% las precipitaciones normales de esta área, según cifras esperadas de clima futuro para la zona.

Cada unidad comprende 15 hileras con 15 plantas cada una. Las plantas provienen de producción a raíz desnuda 1-0 de viveros locales. La superficie total del ensayo cubre 128 m².



Primeros resultados: Bajo igual número de muestras, la sobrevivencia es similar pero se observan diferencias en longitud y diámetro de cuello, según muestra la Tabla 1.

TABLA 1: Sobrevivencia de la plantación de roble y raulí.

Variables	Bajo techo	Sin Restricción	Sin Restricción a igual N° hileras (*)
N° hileras	5	24	5
N° plantas promedio por Hilera	15	12	
Diámetro de cuello promedio (mm)	3,9	3,2	3,6
Longitud (cm)	26,5	22,9	34
Sobrevivencia (%)	97,3	71,1	97,3

(*) Valores sólo referenciales para comparación a igual número de hileras y de plantas por hilera.

ESTACION 3

Silvicultura de Adaptación al Cambio climático: Diversidad y Estabilidad

HIPÓTESIS: La resistencia y plasticidad de un rodal frente al cambio aumenta con la diversidad de especies que contenga.

OBJETIVO: Aplicar un método silvícola que permite aumentar la biodiversidad y la estabilidad frente al Cambio Climático

METODOLOGÍA: Manejo para traspaso de un robleal puro a un bosque siempreverde con roble. Se realizó un raleo mixto entre raleo por lo bajo y por lo alto. Se marcaron los árboles futuro sacando 1 a 2 competidores. También se sacó una parte importante de árboles suprimidos con copa deficiente y pocas posibilidades de sobrevivir hasta el próximo raleo. Objetivo principal de esta intervención fue favorecer al estrato de las especies tolerantes para aumentar la biodiversidad del rodal.

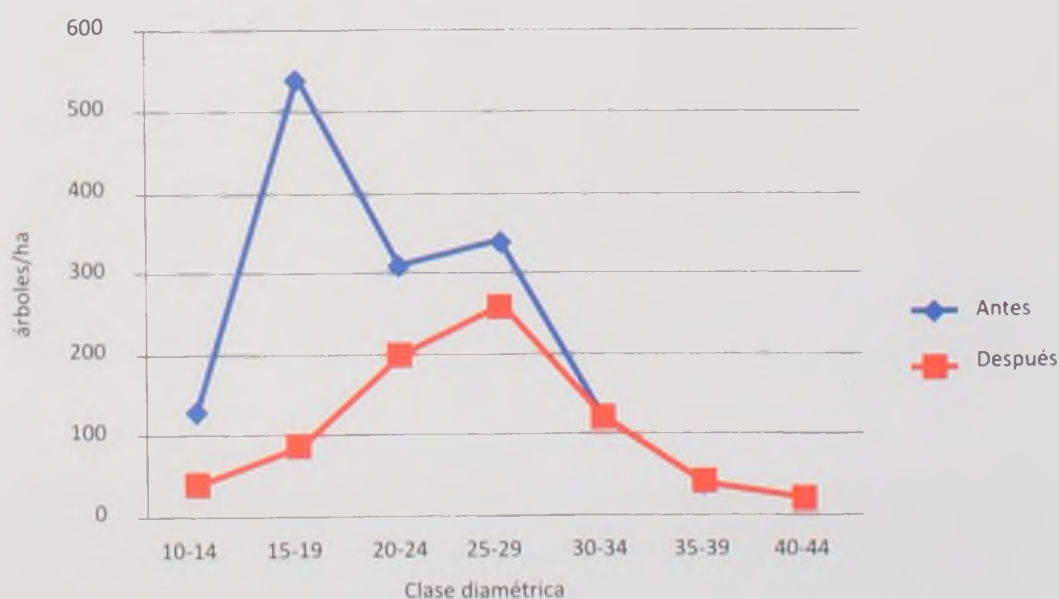


FIGURA 2: Distribución diamétrica antes y después del raleo. (Fuente: Pinilla 2004)

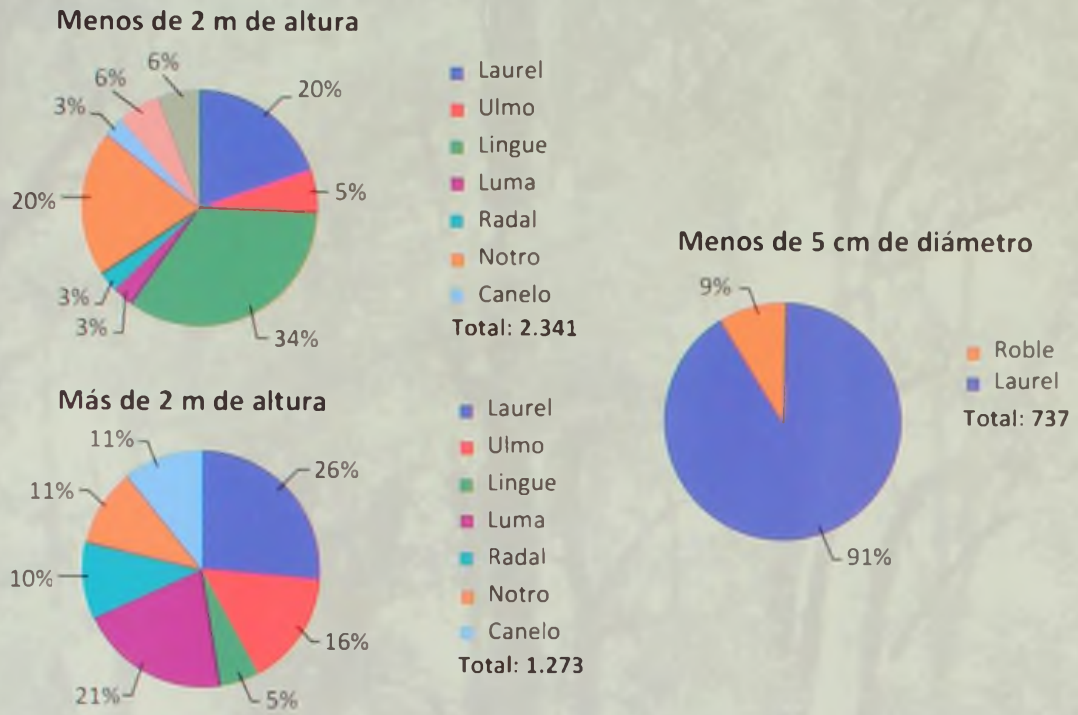


FIGURA 3: Composición de especies en los estratos bajos.



Se sigue de igual forma que en el caso anterior con los raleos consecutivos. Se excluye cualquier acceso de ganado. Así se contará con una paulatina aparición de especies siempreverdes como ulmo, laurel, lingue etc., de las cuales ya se ve una “vanguardia”.

La ventajas de este traspaso a un rodal de siempreverdes con robles, consiste en establecer a largo plazo un manejo heteroetáneo, dentro del patrón de la dinámica de estos bosques, sustentables a nivel de rodal, sin problemas de quila, menos riesgo de incendios, oferta de distintas especies con interesantes propiedades tecnológicas y estéticas, además de fomentar la biodiversidad como meta de políticas ambientales.

PRIMEROS RESULTADOS

TABLA 2: Variables de rodal y CAP
(Crecimiento anual periódico de diámetro) antes y después del raleo.

Variable de estado	Antes del raleo	Después del raleo
Densidad (nº/ha)	1235	430
Area basal	49	28,4
DMC	2.5	29
% extracción AB		42
CAP estrato dominante (roble)	0,65	0,82
CAP estrato codominante (roble)	0,37	0,49
CAP estrato intermedio (tolerantes)	0,46	0,73
Altura dominante (m)	24,6	24,9
Altura media (m)	19,5	23,5
a) Vol. (m ³) s/c 0.3 al ápice (func)	341,6	238,1
b) Vol. (m ³) con factor forma	340,0	300,3
Edad mínima	24	24
Edad máxima	56	56
Edad	44	45

Fuente: Müller-Using, B. 2009. Guía de Terreno, Día silvícola Millahue

ESTACIÓN 4

Recuperación de un Área Degradada

HIPÓTESIS: La recuperación de biomasa como mecanismo de fijación de Carbono a través de una combinación de regeneración natural y artificial es independiente del tipo de intervención y del tamaño de la misma.

OBJETIVO: Evaluar la recuperación de la biomasa en un área degradada con plantación suplementaria de roble y raulí.

METODOLOGÍA: Después de un evento de floración del colihue (*Chusquea sp.*), se estableció en el año 2006 una plantación de roble y raulí de 30 cm de altura con un distanciamiento de 3m x 5m. En superficie, esta situación comprende 1.975 m² (79 m x 25 m). En los dos años siguientes se limpiaron las fajas de la plantación.

Primeros Resultados:

TABLA 3: Estado de la plantación suplementaria en el área degradada.

Ensayo	Especie	Nº plantas (n/área)	Dac medio (cm)	Altura Media (m)
Degradación	raulí	56	3,3	3,5
	roble	74	3	2,6

En esta área se establecieron dos transectos sobre los cuales se evaluaron nueve de 2 x 2 m en superficie. En cada una de estas parcelas se evaluó la abundancia de vegetación y de regeneración arbórea en estratos de altura, entregando los siguientes valores medios por metro cuadrado.



ESTACIÓN 5

Regeneración en Hoyos de Luz

HIPÓTESIS: La recuperación de biomasa como mecanismo de fijación de Carbono a través de una combinación de regeneración natural y artificial es independiente del tipo de intervención y del tamaño de la misma.

OBJETIVO: Evaluar la recuperación de la biomasa en hoyos de luz con plantación suplementaria de roble.

METODOLOGÍA: En el año 2004 se realizó una corta en hoyos de luz en un bosque multietáneo mixto dominado por especies del tipo forestal siempreverde y una alta participación en el estrato superior de las especies de roble, y coigüe.

TABLA 4: Área basal y volumen del rodal antes de la intervención

Especie	Área basal m ² /ha	Volumen total m ³ /ha
Ulmo	32,61	371,3
Laurel	12,08	141,4
Roble	5,05	70,7
Tepa	2,14	19,1
Coihue	1,77	22,8
Lingue	1,03	10,3
Olivillo	0,07	0,6
Otros	2,31	8,6
Total	57,06	644,8

Primeros resultados:

Las siguientes figuras muestran las formas de los hoyos de luz ejecutados y la tabla de parámetros en términos de la superficie exterior e interior de cada experiencia junto a parámetros de los árboles borde. Se observa en la tabla, que estas operaciones son relativamente pequeñas no alcanzando a los 1.000 m².

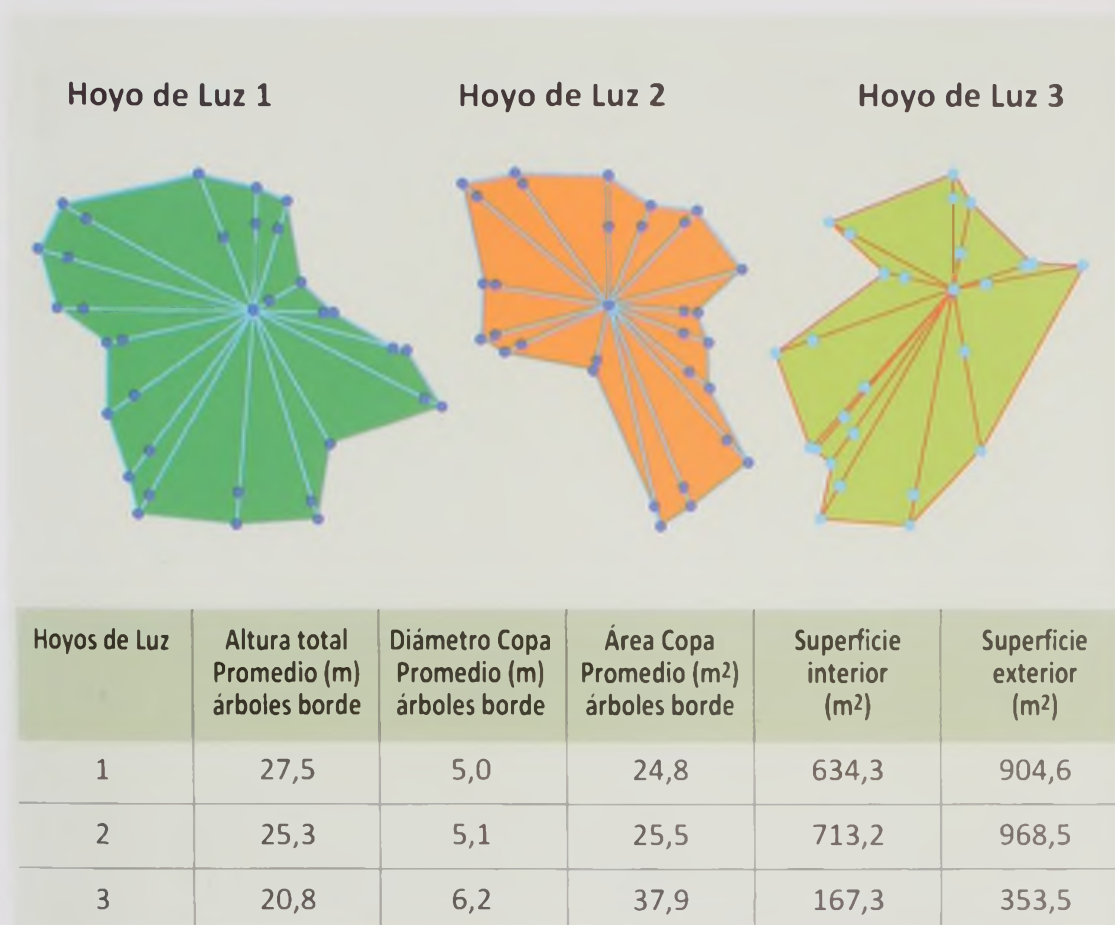


FIGURA 4: Caracterización de los hoyos de luz.

La plantación establecida en cada hoyo de luz utiliza la especie roble (*Nothofagus obliqua*) donde la plantas alcanzan hoy un promedio de 3,3 m de altura.

TABLA 5: Estado de la plantación suplementaria en los hoyos de luz.

Ensayo	Especie	Nº Plantas	DAC medio (cm)	Altura media (m)
HL1	Roble	26	2,7	3,5
HL2	Roble	46	2,7	3,2
HL3	Roble	43	2,4	3,4

En cada hoyo de luz se establecieron dos transectos sobre los cuales se evaluaron ocho parcelas en los hoyos de luz 1 y 2, y cinco parcelas en el hoyo de luz 3, cada parcela de 2 x 2 m. En cada una de estas parcelas se evaluó la abundancia de vegetación y de regeneración arbórea en estratos de altura.

TABLA 6: Existencia de regeneración natural en el año 2011 (plantas/m²).Número de plantas por m²

ENSAYO	ESTRATO 1		Total	ESTRATO 2		Total	ESTRATO 3		Total	ESTRATO 4		Total	Total estratos
	arbóreas	no arbóreas		arbóreas	no arbóreas		arbóreas	no arbóreas		arbóreas	no arbóreas		
Hoyo de Luz 1	1	5	6	2	2	4	1	3	4	2	1	3	17
Hoyo de Luz 2	1	3	4	2	1	3	2	1	3	1	1	2	12
Hoyo de Luz 3	3	2	5	2	1	3	3	1	4	5	1	6	18
Degradación	1	6	7	0	2	2	0	1	1	1	1	2	12
Tala Rasa	1	5	6	2	3	5	1	2	3	0	0	0	14



ESTACIÓN 6

Regeneración tras una Tala Rasa

HIPÓTESIS: La recuperación de biomasa como mecanismo de fijación de Carbono a través de una combinación de regeneración natural y artificial es independiente del tipo de intervención y del tamaño de la misma.

OBJETIVO: Evaluar la recuperación de la biomasa en una tala rasa con plantación suplementaria de tino y laurel.

METODOLOGÍA: Se cosechó un rodal de roble de aproximadamente 60 años en tala rasa en julio 2010 y se plantaron 300 plantas de laurel y 300 plantas de tino de 30-40 cm en la misma temporada.

En un área que abarcó casi 3.000 m² se establecieron dos transectos sobre los cuales se evaluaron 10 de 2 x 2 m en superficie. En cada una de estas parcelas se evaluó la abundancia de vegetación y de regeneración arbórea en estratos de altura, entregando los siguientes valores medios por metro cuadrado.



TABLA 7: Distribución diamétrica del rodal cosechado.

Clase diamétrica	N	AB	Vol total
38,5	29	3,38	59,41
43,5	9	1,34	24,77
48,5	34	6,29	121,37
53,5	3	0,68	13,51
58,5	17	4,58	94,45
63,5	9	2,77	60,56
total	101	19,04	374,07

Primeros Resultados

TABLA 8: Estado de la plantación suplementaria en la tala rasa.

Ensayo	Especie	Nº plantas (n/área)	Dac medio (cm)	Altura Media (m)
Tala Rasa	laurel	94	0,3	0,2
	tineo	51	0,4	0,3

ESTACIÓN 7

Silvicultura de Adaptación al Cambio climático: Carbono y Agua

HIPÓTESIS: La transición de un rodal sin manejo a un rodal manejado, está ligada a emisiones de Carbono. Éstas son menores en los raleos y alcanza su máximo en la cosecha.

- La rápida recuperación de la biomasa luego de la intervención, es uno de los factores que se pueden manejar a favor de la mitigación de las emisiones generadas.

OBJETIVO: Comparar el balance de Carbono de las intervenciones silvícolas, y mejorar la comprensión respecto de la relación existente entre las actividades silvícolas y la distribución y emisión de Carbono.

METODOLOGÍA: Se establecieron tres parcelas en una situación sin raleo (densidad relativa) y tres parcelas en una situación con raleo (densidad relativa 30%). Estas parcelas están debidamente individualizadas, con la identificación de cada árbol. En las parcelas se realizan mediciones periódicas anuales de los diámetros y alturas de los árboles.

Un importante componente en el balance de Carbono de un bosque son las hojas que anualmente, como hojarasca, se incorporan al suelo. Dado que las intervenciones silvícolas, en este caso los raleos, afectan los procesos como la producción y descomposición de la hojarasca, se plantea evaluar experimentalmente, a través del tiempo, este efecto sobre la producción y la tasa de descomposición de hojarasca.

La producción de hojarasca se evalúa como peso seco por unidad de superficie ($\text{g}/0,25 \text{ m}^2$), utilizando nueve trampas recolectoras por situación, ubicadas a 0,8-1 m sobre el suelo, de acuerdo con la metodología empleada por Palacios-Bianchi (2002). La biomasa de hojarasca acumulada en el horizonte superficial del suelo se evalúa mediante la extracción de toda la hojarasca en los cuadrantes establecidos. La hojarasca que se extrae, se seca a 80°C hasta peso constante, expresando la biomasa como masa en peso seco.

Esta evaluación de la tasa de producción se realiza cada dos meses entre los meses de marzo a noviembre.

De las distintas especies que componen el rodal (Figura 5), el roble es la especie principal, representando un 80% del área basal y del número de árboles.

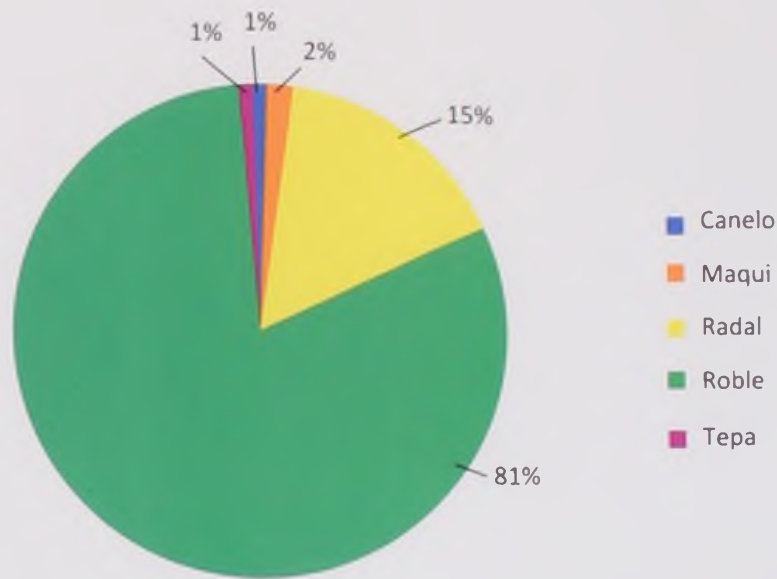


FIGURA 6: Composición de especies en el rodal antes del raleo.

TABLA 9: Parámetros de rodal antes y después del raleo.

Raleo 2009	Antes	Después
Nº árb/ ha	3002	1600
DMC (cm)	10,9	12,0
AB (m ² /ha)	28,4	18,1

TABLA 10: Biomasa y Carbono antes y después del raleo.

	Biomasa		Biomasa t/ha		Carbono t/ha	
	Antes de Raleo	Después de Raleo	Antes de Raleo	Después de Raleo	Antes de Raleo	Después de Raleo
Fuste	31,14	42,10	93.491,48	67.353,96	40.519,21	29.191,21
Fuste No comercial	10,03	13,55	30.097,09	21.682,82	13.044,08	9.397,33
Fuste Comercial	21,12	28,54	63.394,38	45.671,15	27.475,13	19.793,87
Hojas	0,51	0,69	1.536,60	1.107,01	638,61	460,07
Ramas	4,25	5,74	12.749,99	9.185,46	5.043,90	3.633,77
Corteza	6,40	8,65	19.213,88	13.842,24	7.650,97	3.046,62
Raíces	12,14	16,41	36.433,99	26.248,10	15.499,02	6.593,28
TOTAL Sin Raíz	42,30	57,18	126.991,96	91.488,67	53.852,68	36.331,67
Total Con Raíz	54,44	73,59	163.425,95	117.736,77	69.351,70	42.924,95

TABLA 11: Biomasa y Carbono antes y después del raleo.

	Profundidad cm	Densidad g/cm ³	Masa t/ha	Carbono %	Carbono t/ha
Hojarasca (L)			4	45,17	1,81
Horizonte Of	5,2	0,1	52	38,79	20,17
Horizonte Ah	24,8	0,55	1.364	10,72	146,22
Total <30 cm					168,20

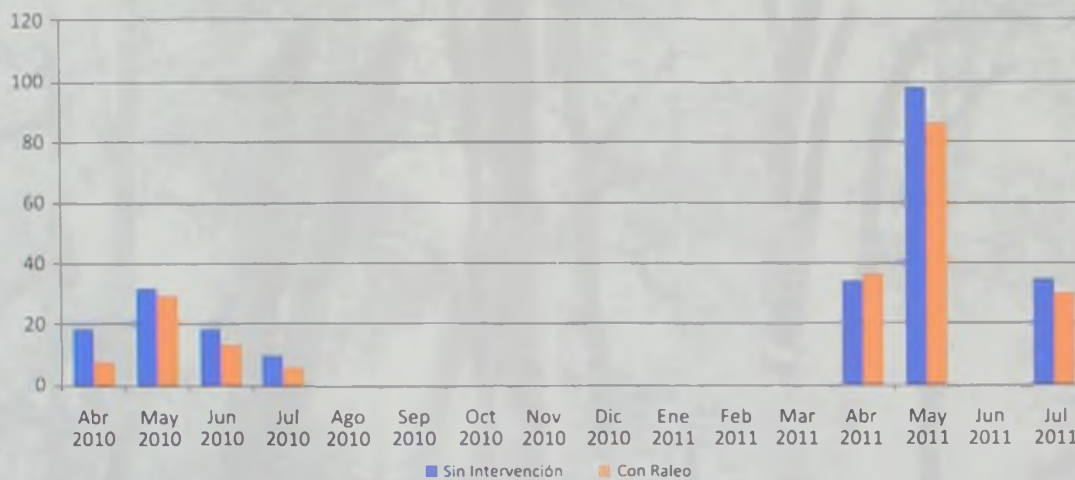


FIGURA 7: Peso de muestras de hojarasca, (g), según fecha de colecta y tratamiento

La producción anual de hojarasca el año 2010 fue 3,46 t/ha en el bosque sin intervención y 2,31 t/ha en el bosque intervenido. La producción total de hojarasca difiere en más de una tonelada de materia seca entre un bosque intervenido y otro sin intervención (Figura 12). Sin embargo, este análisis debe continuarse a través del tiempo ya que este resultado refleja el estado justo después de la intervención, sin que el bosque intervenido haya tenido oportunidad de adaptarse a las nuevas características de luminosidad y disponibilidad de otros recursos. Para ambas situaciones, la producción máxima de hojarasca ocurrió en el mes de mayo y la producción mínima en julio.

Descomposición de hojarasca

Para estudiar la descomposición de hojarasca, esta se evalúa como la pérdida de biomasa de hojarasca a través del tiempo en relación con el peso inicial. Las bolsas de descomposición se ubicaron en la superficie del suelo, tapadas con hojas. Mes a mes, se retira una bolsa al azar de cada grupo, su contenido se seca en bolsas de papel a 80°C hasta peso constante. El porcentaje de descomposición, de las hojas refleja la pérdida de biomasa de las muestras durante un periodo definido de tiempo.

Los resultados a la fecha no muestran grandes diferencias entre las parcelas con intervención y sin intervención. La tasa de descomposición, expresada en porcentaje de materia seca que se descompone anualmente, alcanza a 26,2% para las parcelas con raleo y 29,8% para las parcelas sin intervención.



Monitoreo del agua

HIPÓTESIS: La intervención silvícola de un bosque o su reemplazo por otro tipo de cubierta vegetal, induce a alteraciones en los componentes de la redistribución de las precipitaciones, origina variaciones en las reservas de agua del suelo y en los montos de agua involucrados en la evapotranspiración y percolación

OBJETIVO: Conocer las consecuencias de los raleos en los componentes hidrológicos del ecosistema.

METODOLOGÍA: En una primera etapa se ha establecido la medición del escurrimiento fustal y la escorrentía superficial en las parcelas del ensayo de intervención silvícola.

Escurrimiento fustal

Para medir esta parte del balance hídrico, se han instalado collarines de goma sellados alrededor del tronco de algunos árboles (tres por parcela, en esta etapa de calibración), tanto en el área raleada como en la no-intervenida. Por el momento, el agua es recogida en acumuladores que se irán revisando periódicamente, con el fin de medir el flujo capturado.

Escorrentía superficial

Para determinar la escorrentía superficial, se han instalado muestreadores Gerlach (Leon 2003). Se establecieron seis bandejas ubicadas a media ladera en las parcelas de control y tratadas. Para su instalación se hicieron excavaciones que permitieron introducir lateralmente las bandejas en cada una de las cuatro paredes del perfil. Cada muestreador está conectado mediante un tubo a un recipiente plástico con capacidad de cinco litros. La cuantificación del agua se realiza a través de visitas periódicas, se registran datos del volumen de agua recogido y de la cantidad de sedimentos decantados.

Literatura

Leon, J. 2003. Métodos experimentales para el seguimiento y estudio de la erosión hídrica. Rev. Gestión y Ambiente (Medellin). p. 39-56.

Palacios-Bianchi, P. 2002. Producción y descomposición de hojarasca en un bosque Maulino fragmentado. Seminario de Título, Biología Ambiental. Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Pinilla, A. 2004. Propuesta y evaluación de esquemas silviculturales a nivel predial para renovales de roble (*Nothofagus obliqua*), ubicados en la Comuna de Panguipulli. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile, Valdivia/Chile.



0015493

— Alejandro Bery

Agradecimientos al propietario Dr. Burkhard Müller-Using.

Grupo de trabajo en cambio Climático:

Yasna Rojas Ponce - yrojas@infor.cl



INFOR CHILE, Sede Valdivia
Fundo Teja Norte s/n
www.infor.cl