

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Asentamiento Universitario San Martín de los Andes

Carrera Técnico Forestal

## PRÁCTICA LABORAL

### **Crecimiento estacional de árboles nativos y exóticos del bosque subantártico: los casos de *Nothofagus alpina*, *N. dombeyi* y *Pseudotsuga menziesii***



Alumno: Juan Andrés MILLER

Legajo: AUSMA - 155

Supervisores: Dr. Luis Mario CHAUCHARD  
Dr. Hernán ATTIS BELTRÁN  
Lic. Julieta MUÑIZ SAAVEDRA

BIBLIOTECA "Wladimir O. Genet"	
Fecha: Abril de 2017	
Libro	1
Nº de	0125

# CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	2
2.1.    Objetivo general .....	2
2.2.    Objetivos específicos .....	2
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	3
3.1.    Área de estudio .....	3
3.2.    Las especies .....	4
3.2.1. <i>Nothofagus alpina</i> .....	4
3.2.2. <i>Nothofagus dombeyi</i> .....	4
3.2.3. <i>Pseudotsuga menziesii</i> .....	5
3.3.    Selección de las muestras .....	5
3.4.    Marcación y medición .....	6
3.5.    Obtención de datos meteorológicos .....	7
3.6.    Obtención de datos complementarios .....	7
4. RESULTADOS .....	8
4.1.    Crecimiento estacional .....	8
4.1.1.    Incremento estacional del DAP .....	8
4.1.2.    Incremento estacional de las ramas .....	9
4.2.    Distribución de temperatura y precipitación a lo largo de la estación de crecimiento .....	10
4.2.1.    Temperatura .....	10
4.2.2.    Precipitación .....	10
4.3.    Vinculación del crecimiento de las especies estudiadas con la temperatura y precipitación a lo largo de la estación de crecimiento .....	10
4.3.1. <i>Nothofagus alpina</i> .....	10
4.3.2. <i>Nothofagus dombeyi</i> .....	11
4.3.3. <i>Pseudotsuga menziesii</i> .....	11
4.4.    Comparación del incremento periódico del DAP y las ramas de las especies estudiadas .....	12
4.4.1. <i>Nothofagus alpina</i> .....	12
4.4.2. <i>Nothofagus dombeyi</i> .....	12
4.4.3. <i>Pseudotsuga menziesii</i> .....	12
4.5.    Datos complementarios .....	13
5. DISCUSIÓN .....	13
6. RECOMENDACIONES .....	15
7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	16
8. GRADO DE APROVECHAMIENTO ALCANZADO .....	16
9. AGRADECIMIENTOS .....	16
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17
TABLAS Y FIGURAS .....	20

## TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Datos individuales y medios de los ejemplares de *N. alpina* medidos al inicio y fin de la EC 2015 – 2016. Estrato social: L (libre), DOM (dominante),  $DAP_{inicio}$  (DAP medido al inicio de la EC),  $DAP_{fin}$  (DAP medido al fin de la EC),  $IE_{DAP}$  (incremento estacional del DAP),  $R_{DAP}$  (relación  $IE_{DAP} / DAP_{inicio}$  expresado en porcentaje),  $ramas_{inicio}$  (ramas medidas al inicio de la EC),  $ramas_{fin}$  (ramas medidas al fin de la EC),  $IE_{ramas}$  (incremento estacional de las ramas),  $R_{ramas}$  (relación  $IE_{ramas} / ramas_{inicio}$  expresado en porcentaje),  $x$  (media aritmética),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación). .....20

Tabla 2: Datos individuales y medios de los ejemplares de *N. dombeyi* medidos al inicio y fin de la EC 2015 – 2016. Estrato social: L (libre), DOM (dominante),  $DAP_{inicio}$  (DAP medido al inicio de la EC),  $DAP_{fin}$  (DAP medido al fin de la EC),  $IE_{DAP}$  (incremento estacional del DAP),  $R_{DAP}$  (relación  $IE_{DAP} / DAP_{inicio}$  expresado en porcentaje),  $ramas_{inicio}$  (ramas medidas al inicio de la EC),  $ramas_{fin}$  (ramas medidas al fin de la EC),  $IE_{ramas}$  (incremento estacional de las ramas),  $R_{ramas}$  (relación  $IE_{ramas} / ramas_{inicio}$  expresado en porcentaje),  $x$  (media aritmética),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación). .....20

Tabla 3: Datos individuales y medios de los ejemplares de *P. menziesii* medidos al inicio y fin de la EC 2015 – 2016. Estrato social: L (libre), DOM (dominante),  $DAP_{inicio}$  (DAP medido al inicio de la EC),  $DAP_{fin}$  (DAP medido al fin de la EC),  $IE_{DAP}$  (incremento estacional del DAP),  $R_{DAP}$  (relación  $IE_{DAP} / DAP_{inicio}$  expresado en porcentaje),  $ramas_{inicio}$  (ramas medidas al inicio de la EC),  $ramas_{fin}$  (ramas medidas al fin de la EC),  $IE_{ramas}$  (incremento estacional de las ramas),  $R_{ramas}$  (relación  $IE_{ramas} / ramas_{inicio}$  expresado en porcentaje),  $x$  (media aritmética),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación). .....21

Tabla 4: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *N. alpina* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016.  $IP_{DAP}$  (Incremento periódico del DAP),  $IP(+)_DAP$  (incremento periódico acumulado del DAP),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación). .....21

Tabla 5: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *N. dombeyi* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016.  $IP_{DAP}$  (Incremento periódico del DAP),  $IP(+)_DAP$  (incremento periódico acumulado del DAP),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación). .....22

Tabla 6: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *P. menziesii* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016.  $IP_{DAP}$  (Incremento periódico del DAP),  $IP(+)_DAP$  (incremento periódico acumulado del DAP),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación). .....22

Tabla 7: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *N. alpina* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016.  $IP_{ramas}$  (Incremento periódico de las ramas),  $IP(+)_ramas$  (incremento periódico acumulado de las ramas),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación). .....23

Tabla 8: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *N. dombeyi* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016.  $IP_{ramas}$  (Incremento periódico de las ramas),  $IP(+)_ramas$  (incremento periódico acumulado de las ramas),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación). .....23

Tabla 9: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *P. menziesii* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016.  $IP_{ramas}$  (Incremento periódico de las ramas),  $IP(+)_ramas$  (incremento periódico acumulado de las ramas),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación). .....24

Tabla 10: Registro de temperatura y precipitación mensual a lo largo de la EC 2015 – 2016. Se indican temperatura máxima ( $T_{max}$ ), mínima ( $T_{min}$ ), media ( $T_{media}$ ), máxima absoluta  $T_{MAX}$ , mínima absoluta  $T_{MIN}$ , y precipitación acumulada ( $PP(+)$ ). .....24

Tabla 11: Datos individuales y medios de las condiciones del sitio (pendiente, exposición, altitud y cobertura del dosel) en que se encuentran los 30 individuos de *N. alpina*, *N. dombeyi* y *P. menziesii*, como así también las coordenadas geográficas con la ubicación de cada uno .....25

Figura 1: Imagen de ubicación del área de estudio. Jurisdicción Seccional Bandurrias, PN Lanín, provincia del Neuquén (40° 08' 44,00" S y 71° 20' 53,39" O; 840 m s.n.m.). Fuente: <a href="https://www.bing.com/mapspreview">https://www.bing.com/mapspreview</a> .	26
Figura 2: Climatodiagrama de la localidad de San Martín de los Andes (40° 09' 22" S, 71° 20' 51" O). Fuente: AIC-AUSMA y Familia Weber (Hotel Lácar). Período 2000-2014. Método de Walter y Lieth, 1960. Realizado por Julieta Muñiz Saavedra Cátedra Climatología – DGBA.	26
Figura 3: A: Medición del D30 de un ejemplar de <i>N. dombeyi</i> y B: medición del DAP de un ejemplar de <i>N. alpina</i> . La medición se realizó con papel milimetrado y siempre en el mismo lugar exacto del fuste con precisión de 1 mm (Autor: Sebastián Maciel).	27
Figura 4: A: Medición de las ramas de un ejemplar de <i>P. menziesii</i> y B: medición de las ramas de un ejemplar de <i>N. dombeyi</i> . La medición se realizó con una regla de aluminio graduada de 50 cm, con precisión de 5 mm (Autor: Sebastián Maciel).	27
Figura 5: Estimación de la cobertura vegetal mediante fotografías hemisféricas. A: Captura de fotografía hemisférica en el campo (Autor: Juan Andrés Miller). B: Fotografía hemisférica obtenida de una cámara fotográfica digital Nikon® D80, provista de una lente hemisférica SIGMA® 4,5 mm (Autores: Hernán Attis Beltrán y Abel Velázquez). C: Imagen procesada por el programa Gap Light Analyzer® ver. 2.0.	27
Figura 6: Incremento periódico medio del DAP de <i>N. alpina</i> (línea de rayas), <i>N. dombeyi</i> (línea continua) y <i>P. menziesii</i> (línea de puntos) a lo largo de la EC 2015 – 2016. $IP_{DAP}$ : incremento periódico del DAP.	28
Figura 7: Incremento periódico medio acumulado del DAP de <i>N. alpina</i> (línea de rayas), <i>N. dombeyi</i> (línea continua) y <i>P. menziesii</i> (línea de puntos) a lo largo de la EC 2015 - 2016. $IP(+)_DAP$ : incremento periódico acumulado del DAP.	28
Figura 8: Incremento periódico medio de las ramas de <i>N. alpina</i> (línea de rayas), <i>N. dombeyi</i> (línea continua) y <i>P. menziesii</i> (línea de puntos) a lo largo de la EC 2015 - 2016. $IP_{ramas}$ : incremento periódico de las ramas.	29
Figura 9: Incremento periódico medio acumulado de las ramas de <i>N. alpina</i> (línea de rayas), <i>N. dombeyi</i> (línea continua) y <i>P. menziesii</i> (línea de puntos) a lo largo de la EC 2015 - 2016. $IP_{ramas}$ : incremento periódico de las ramas.	29
Figura 10: Oscilación de la temperatura y precipitación semanal (línea punteada) y quincenal (línea continua) durante la EC 2015 - 2016. Rojo: temperatura máxima; verde: temperatura media; azul: temperatura mínima y negro: precipitación.	30
Figura 11: Vinculación de curvas medias de incremento periódico del DAP de <i>N. alpina</i> (línea de rayas), <i>N. dombeyi</i> (línea continua) y <i>P. menziesii</i> (línea de puntos) con la temperatura semanal (línea punteada) y quincenal (línea continua) durante la EC 2015 - 2016. Rojo: temperatura máxima; verde: temperatura media; azul: temperatura mínima. $IP_{DAP}$ : incremento periódico del DAP.	30
Figura 12: Vinculación de curvas medias de incremento periódico de las ramas de <i>N. alpina</i> (línea de rayas), <i>N. dombeyi</i> (línea continua) y <i>P. menziesii</i> (línea de puntos) con la temperatura semanal (línea punteada) y quincenal (línea continua) durante la EC 2015 - 2016. Rojo: temperatura máxima; verde: temperatura media; azul: temperatura mínima. $IP_{ramas}$ : incremento periódico de las ramas.	31
Figura 13: Vinculación de curvas medias de incremento periódico del DAP de <i>N. alpina</i> (línea de rayas), <i>N. dombeyi</i> (línea continua) y <i>P. menziesii</i> (línea de puntos) con la precipitación semanal (línea punteada) y quincenal (línea continua) durante la EC 2015 - 2016. $IP_{DAP}$ : incremento periódico del DAP.	31
Figura 14: Vinculación de curvas medias de incremento periódico de las ramas de <i>N. alpina</i> (línea de rayas), <i>N. dombeyi</i> (línea continua) y <i>P. menziesii</i> (línea de puntos) con la precipitación semanal (línea punteada) y quincenal (línea continua) durante la EC 2015 - 2016. $IP_{ramas}$ : incremento periódico de las ramas. Azul: precipitación.	32
Figura 15: Vinculación de curvas de incremento periódico medio del DAP (línea punteada) y de ramas (línea continua) de 2 árboles de <i>N. alpina</i> con la precipitación media semanal	

(línea punteada) y quincenal (línea continua) durante EC 2015 - 2016. Azul: precipitación. ....32

Figura 16: Cuadro comparativo de estrategias de crecimiento empleadas por *N. alpina*, *N. dombeyi* y *P. merziesii* a lo largo de la EC. Culminación de las ramas y culminación del diámetro corresponde al momento en que se producen los máximos de la curva de incremento. La distribución de las ramas y distribución del diámetro corresponden al porcentaje de la EC que la planta asigna al incremento de estas partes. La fase de incremento está dada por el momento en que se interceptan las curvas de incremento del diámetro y las ramas. La relación de incremento (ramas / diámetro) parte de la proporción en porcentaje del área bajo las curvas de incremento correspondiente a cada fase. ....33

# 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de una planta representa una variación de su tamaño y peso a lo largo del tiempo, que resulta básicamente del balance entre los procesos de fotosíntesis y respiración (Kozłowski & Pallardy, 1997). Este crecimiento se produce en zonas especializadas que reciben el nombre de meristemas que, de acuerdo a su origen, pueden dividirse en meristemas primarios y secundarios. Los meristemas primarios o terminales, están situados en los ápices del tallo y raíz, y son los encargados de dar lugar al crecimiento longitudinal. Los meristemas secundarios o laterales se disponen paralelamente en la periferia del tallo y la raíz, y son los responsables del crecimiento en diámetro.

La estación de crecimiento (EC) se refiere al periodo del año durante el cual las condiciones ambientales son las adecuadas para el crecimiento de las plantas. En las zonas templadas la EC se define como el periodo de tiempo, normalmente medido en días entre la última helada en primavera y la primera helada en el otoño (Smith & Smith, 2007). Durante la EC, las tasas relativas de fotosíntesis y respiración varían durante el transcurso del día y de un día a otro al variar la temperatura. La acumulación de carbono y el crecimiento de las plantas reflejan estas variaciones de temperatura durante el transcurso de la EC (Smith & Smith, 2007).

Existe una relación funcional, que está dada por la coordinación de los procesos de crecimiento de diferentes partes de una planta durante el ritmo estacional (Sinnott, 1963, Kramer & Kozłowski, 1983, Kozłowski & Pallardy, 1997). Estos procesos son coordinados por el ciclo anual y pueden variar de una especie a otra (Utkin, 1982; Terskov & Vaganov, 1978, Vaganov, 1981, Utkin et al., 1996).

En el transcurso de la EC, el incremento no se manifiesta en forma simultánea en todas las partes del árbol (v. g. el crecimiento en altura generalmente se presenta antes que el crecimiento en diámetro, mientras que el crecimiento de las raíces se lleva a cabo en un periodo mucho más largo que el de las partes aéreas) (Klepac, 1983). Además durante el periodo de crecimiento el incremento no es continuo, y puede estar interrumpido. (v. g. el curso del incremento en altura de *Pinus strobus* L. (pino blanco americano, Pinaceae), denota que al principio de la primavera el incremento lento es reemplazado por uno rápido; pronto se alcanza un máximo, después del cual éste decrece y se abate rápidamente) (Klepac, 1983). En relación a lo anterior, no todas las especies cuentan con los mismos patrones de crecimiento (v.g. si se observa el incremento semanal en altura de varias especies de *Pinus* sp. puede notarse que las curvas de incremento no son iguales) (Klepac, 1983).

El crecimiento estacional de las plantas es un parámetro muy influenciado por las condiciones del medio en el que habitan (Kozłowski, 1971, Kramer, 1973), y está determinado por las fluctuaciones ambientales asociadas con el ciclo anual (Vaganov, 2006). Además, el periodo de crecimiento depende en gran medida de las características genéticas de cada especie o ecotipo.

El sistema climático está directamente establecido por la interacción de los factores climáticos de la atmósfera, que se conforman en una latitud y longitud determinada del planeta, y ello promueve el desarrollo de los distintos ecosistemas. También, hay una influencia de la topografía, la cual determina el ambiente particular de una localidad o de los micrositos. Entre los factores climáticos se pueden mencionar la radiación solar, la temperatura del aire, el viento y la precipitación, aunque este último no es un factor climático de importancia directa ya que afecta el crecimiento de la planta primariamente a través de un efecto indirecto sobre la humedad del suelo (Spurr & Barnes, 1982). Los factores climáticos pueden actuar directamente incrementando o disminuyendo el crecimiento de los árboles, lo cual tiene un efecto sobre la distribución de las especies. Además el clima también puede actuar indirectamente predisponiendo a los árboles al ataque de plagas y enfermedades e intensificando una epidemia una vez que se ha iniciado (Spurr & Barnes, 1982). La mayoría de los procesos fisiológicos que se realizan en el crecimiento y desarrollo de las plantas, están fuertemente ligados a la temperatura, por lo que ésta ejerce influencia sobre los procesos metabólicos, la disponibilidad de nutrientes para la planta, la absorción de agua y sobre los procesos de difusión que ocurren dentro de la planta (Kramer, 1994).

La política forestal se caracteriza actualmente por un compromiso hacia una gestión sostenible de los ecosistemas forestales, de la conservación de la biodiversidad y de los procesos ecológicos (Castillo et al., 2003). En ese sentido, el objetivo de la gestión forestal es asegurar la persistencia de los bosques, garantizando de forma continua y sostenible la provisión de bienes y servicios ecosistémicos que proveen: biodiversidad, fijación de carbono, regulación del ciclo hidrológico, hábitat, etc. (Molowny Horas & Espelta, 2013). Para llevar adelante dicho objetivo es necesario generar la suficiente información ecológica, biométrica y silvícola, que permita desarrollar sistemas de predicción y manejo que ayuden a pronosticar el crecimiento y la producción bajo diferentes escenarios silvícolas.

Entre los mecanismos de adaptación de las especies a los ambientes, está la regulación del crecimiento, como resultado de adaptaciones fisiológicas de los organismos. Estas adaptaciones se basan en la utilización de los recursos que el ambiente ofrece y ello determina la dinámica de crecimiento a lo largo del periodo de crecimiento. Esta dinámica estacional variará entonces en función de las condiciones climáticas de cada año y de las respuestas que las especies podrían ofrecer. Esto es particularmente importante en el escenario de cambio climático (CC) cuyos efectos variarán a lo largo y ancho del mismo. Uno de los focos para entender el impacto del CC sobre las especies, es el crecimiento estacional, el cual está influenciado por las condiciones del tiempo meteorológico imperantes en la EC. De manera que estudios de este tipo son clave para entender los mecanismos de resistencia a los efectos del CC y así poder adoptar medidas que conlleven a la conservación de los ecosistemas. Entender los comportamientos frente a oscilaciones bruscas de los factores climáticos permitirá simular modelos de impactos sobre la supervivencia de las especies (L. Chauchard, comunicación personal).

Son poco frecuentes los estudios sobre el crecimiento estacional de las especies y no se han registrado estudios de este tipo en el país, de manera que no se dispone de una metodología particular para estos estudios (L. Chauchard, comunicación personal). Este estudio sentará la base para su repetición anual y permitirá inferir las respuestas de las especies para la adaptación a las condiciones del tiempo meteorológico y luego a las condiciones climáticas y ello contribuirá a conocer los efectos que pueda producir el CC sobre la adaptación de las especies. Ello, sin lugar a dudas, tendrá una contribución adicional que permitirá mejorar las prácticas de manejo de los bosques, ayudando a tomar mejores decisiones de intervención en pos del manejo forestal sustentable (L. Chauchard, comunicación personal).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Establecer el patrón de crecimiento de *Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.) Oerst. = *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil., (raulí, Nothofagaceae), *N. dombeyi* (Mirb.) Oerst. (coihue) y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco. (pino oregón, Pinaceae), a lo largo de una EC, para facilitar el entendimiento de las estrategias vinculadas a las condiciones climáticas particulares.

### 2.2. Objetivos específicos

- Establecer una metodología y los materiales de medición.
- Determinar el crecimiento diamétrico del tallo y de ramas a lo largo de 2015 y 2016.
- Vincular este crecimiento a la temperatura y la precipitación.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de estudio

El área de estudio se ubica en la Jurisdicción de la Seccional Bandurrias del Parque Nacional (PN) Lanín (40° 08' 44,00" S y 71° 20' 53,39" O; 840 m s.n.m.), distante 3 km de la ciudad de San Martín de los Andes, en el faldeo del cerro Curruhuinca (Figura 1) teniéndose acceso por la Ruta provincial N° 48. El clima es templado frío. Los vientos dominantes con dirección O-NO vienen cargados con la humedad del océano Pacífico y se van tornando más secos a medida que se alejan de la cordillera (Paruelo et al., 1999). Las precipitaciones se concentran en el invierno, provocando un déficit hídrico en los meses de verano (SAyDS, 2005). Los registros más próximos de precipitación y temperatura corresponden a distintas fuentes obtenidas de la localidad de San Martín de los Andes (40° 09' 22" S, 71° 20' 51" O) (Figura 2). La precipitación media anual es de 1.281 mm y la temperatura media anual es de 10,6 °C (2000 – 2014). Durante los meses de invierno el cerro Curruhuinca queda cubierto de nieve, y la duración de este periodo depende de la intensidad de las nevadas. Las heladas tempranas ocurren durante abril, y las tardías durante octubre (Roat, 2002).

Geológicamente, la región se encuentra modelada por acción de los glaciares y posteriormente recubierta por material piroclástico (cenizas y arenas volcánicas, pómez) proveniente de la cadena de volcanes cordilleranos. El relieve es montañoso con laderas expuestas SSE. Las magnitudes de las pendientes son variadas (0° a >45°) siendo más comunes las pendientes pronunciadas. Las cenizas volcánicas, por acción de los vientos dominantes, llegaron a tener una gran dispersión en la Patagonia argentina y conjuntamente con el clima son las que le dan a la zona sus principales características en cuanto a tipo de suelos y de vegetación boscosa dominante (Broquen et al., 2002). Los suelos pertenecen al orden Andisoles (Soil Survey Staff, 1992), desarrollados a partir de cenizas volcánicas holocénicas. Poseen una secuencia de horizontes O-A-Bw-C o bisecuencias de esos horizontes debido a las sucesivas deposiciones de cenizas que dan lugar a suelos enterrados (Frugoni et al., 2005). Los suelos son franco arenosos en superficie y en profundidad, con pH relativamente ácido (4,7 a 4,9), alta a moderada capacidad de intercambio catiónico (CIC) y de muy elevada retención de fósforo (Broquen et al., 1996). Suelen ser suelos profundos a muy profundos, a excepción de áreas próximas a cimas erosionadas o a arroyos de acción torrencial, en donde el manto de cenizas es más delgado (Frugoni et al., 2005).

Fitogeográficamente, el bosque pertenece a la Provincia Subantártica, Distrito del Bosque Mixto Caducifolio (Cabrera, 1978). La vegetación natural está representada por bosque mixto de *N. dombeyi*, *N. alpina* y *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (roble pellín). Además, fuera del área de estudio se encuentran *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. (ñire), *Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser (lenga), *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. & Bizzarri (ciprés de la cordillera, Cupressaceae) y *Maytenus boaria* (Molina) (maitén, Celastraceae). El principal representante del sotobosque es *Chusquea culeou* (E. Desv.) (caña colihue, Poaceae), encontrándose en menor medida *Schinus patagonicus* (Phil.) I.M. Johnst. ex Cabrera (laura, Anacardiaceae), *Maytenus chubutensis* (Speg.) Lourteig, O' Donell & Sleumer (chaurilla, Celastraceae), *Berberis darwinii* (Hook.) (michay, Berberidaceae), *Berberis microphylla* (G. Forst.) (calafate), *Azara microphylla* (Hook. f.) (chin-chin, Flacourtiaceae), *Acaena ovalifolia* (Ruiz & Pav.) (cardillo, Rosaceae), *Osmorhiza chilensis* (Hook. & Arn.) (cacho de cabra, Umbeliferae), *Alstroemeria aurea* (Graham) (amancay, Amarilidaceae), *Mutisia decurrens* (Cav.) (mutisia, Asteraceae) y *Mutisia retusa* (J. Remy) (reina mora). Las especies exóticas presentes son *Cytisus scoparius* (L.) (retama negra, Fabaceae), *Rosa eglanteria* (L.) (mosqueta, Rosaceae), *Crataegus monogyna* (Jacq.) (espino albar, Rosaceae), *Prunus avium* (L.) L. (cerezo silvestre, Rosaceae), *Juniperus communis* (L.) (enebro, Cupressaceae), encontrándose en menor medida *P. menziesii*, *Sorbus aucuparia* (L.) (serbal del cazador, Rosaceae), *Rubus idaeus* (L.) (frambuesa, Rosaceae), *Potentilla chilensis* (frutilla, Rosaceae) y *Lupinus polyphyllus* (Lindl.) (lupino, Fabaceae).



## 3.2. Las especies

### 3.2.1. *Nothofagus alpina*

Es una especie caducifolia que se desarrolla en los Bosques Subantárticos Templados del hemisferio Sur en Chile y Argentina. En Argentina está situada en la provincia de Neuquén. El extremo septentrional se encuentra a los 39° 21' S, dentro del PN Lanín, mientras que el extremo austral se ubica a los 40° 35' S, en el PN Nahuel Huapi (Sabatier et al., 2011). Es un árbol de gran porte que pueden alcanzar alturas de entre 35 y 40 m y diámetros de hasta 3 m (Hueck, 1978, Donoso et al., 2006).

Generalmente crece entre los 800 y 1.000 m s.n.m., aunque en algunos sitios desciende a los 650 m s.n.m., incursionando en bosques mixtos con predominio de *N. obliqua* (Gallo et al., 2004). Se encuentra principalmente en pendientes con exposición S-E (Gallo et al., 2004), por encima de los bosques de *N. obliqua* y por debajo de los bosques de *N. pumilio* (Donoso et al., 2006). El centro de mayor desarrollo de los bosques de *N. alpina* en Argentina en términos de continuidad y densidad de área boscosa, se encuentra en la cuenca del Lago Lácar del PN Lanín, pero su presencia se extiende en un rango más amplio y se repite en las cuencas de los lagos Lolog, Curruhué, Huechulafquen-Paimún, Tromén, Quillén, Hermoso y Villarino (Sabatier et al., 2011).

La densidad de la madera de *N. alpina* seca es de 600 kg/m<sup>3</sup> y 940 kg/m<sup>3</sup> en estado verde (INTI-CITEMA, 2003). Posee muy buena estabilidad dimensional y es fácil de trabajar. En Argentina fue muy explotada, pero se encuentra mayormente en el PN Lanín, en áreas de conservación estricta y en zonas de reserva de uso múltiple. Actualmente su aprovechamiento es escaso y bajo planes manejo en zonas de Reserva Nacional. Por sus cualidades y por tener un crecimiento relativamente rápido, en Chile es una de las especies en las que se ha invertido mayores recursos para desarrollar su silvicultura (Donoso et al., 2006).

### 3.2.2. *Nothofagus dombeyi*

Es una especie perenne que se desarrolla en los Bosques Templados del hemisferio Sur en Chile y Argentina. Junto con *N. betuloides* (Mirb.) Oerst. (guindo), son las dos únicas especies perennifolias del género *Nothofagus* de la Patagonia argentina. En Argentina está situada en las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz. El extremo septentrional se encuentra a los 37° S, y el extremo austral se ubica a los 47° S. Es un árbol de gran porte que puede alcanzar dimensiones de hasta 40 m de altura y 4 m de diámetro (Díaz-Vas, 1987).

*N. dombeyi* se adapta a condiciones de alta humedad y temperaturas bajas, eludiendo condiciones de poca humedad tanto en el suelo como en el aire (Donoso et al., 2006). Crece a lo largo de cursos y espejos de agua en un rango altitudinal que va desde el nivel de los lagos y hasta los 1200 m s.n.m. En muchas situaciones se presenta como formación pura, pero también se lo encuentra asociado con *A. chilensis*, *N. pumilio* y *N. antarctica*, en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut. Además en la provincia del Neuquén se encuentra asociado con *N. obliqua*, *N. alpina* y *Araucaria araucana* (Mol.) C. Koch (pehuén, Araucariaceae).

La densidad de la madera de *N. dombeyi* seca es de 670 kg/m<sup>3</sup> y 1050 kg/m<sup>3</sup> en estado verde (INTI-CITEMA, 2003). Posee una madera que presenta dificultades en el secado, debido a que es propensa al colapso de las paredes celulares, y por poseer baja estabilidad dimensional. En Argentina es menos utilizada que otros *Nothofagus*, pero tiene aplicación para la construcción pesada (puentes y muelles) y también se la emplea para construcción en exterior (escaleras, decks, revestimientos, cercos, estructuras, etc.)

### 3.2.3. *Pseudotsuga menziesii*

Es una conífera originaria de América del Norte, que crece naturalmente a lo largo de la costa del Pacífico; al oeste de las Montañas de las Cascadas, desde la Columbia Británica en Canadá hasta California (*P. menziesii* var. *menziesii*) y a lo largo de las Montañas Rocosas, desde Canadá hasta México (*P. menziesii* var. *glauca*), desde el nivel del mar hasta los 2.000 m de altitud (Martínez Meier, 2006). Se trata de un árbol de grandes dimensiones; se han documentado alturas mayores de 100 m y diámetros mayores a 4,5 m.

La variedad *menziesii* es la que ha suscitado, a nivel mundial, el mayor interés, proporcionando buenos resultados de prendimiento y crecimiento, pero encontrándose limitada a sitios con suelos profundos, sueltos y humíferos (Silen, 1978). Requiere también un buen régimen pluviométrico, presentando gran susceptibilidad a heladas, principalmente las que se producen durante el período de crecimiento (Siegfried, 1978; Enricci, 1983, Refheldt 1983, Aikten & Adams, 1997, Martínez Meier et al., en prensa). Sin embargo, la variedad *glauca* se encuentra hacia el interior de la costa oeste, ocupando un área completamente distinta de la que ocupa la variedad *menziesii* caracterizada por un clima netamente continental y por la heterogeneidad de las condiciones climáticas, con menores precipitaciones e inviernos más rigurosos (Silen, 1978).

La densidad de la madera seca de *P. menziesii* es de 530 kg/m<sup>3</sup> (INTI-CITEMA, 2003). Posee muy buena estabilidad dimensional y es fácil de trabajar. Puede calificarse como de excelente calidad, y de hecho se importa de Norteamérica bajo esa misma denominación (pino oregón). La denominación vulgar pino oregón o abeto douglas, empleada muy frecuentemente para referirse tanto al árbol como a su madera, puede llevar a confusiones, ya que no se trata en absoluto de un pino, y se parece más a abetos y piceas, aunque no pertenecen al mismo género.

Si bien en la región Andino Patagónica, *Pinus ponderosa* (Dougl) Laws (pino ponderosa, Pinaceae) es la especie de mayor importancia por la superficie plantada, actualmente se reconoce en el sector forestal regional la mayor calidad de madera y rentabilidad de las plantaciones de *P. menziesii* (Martínez Meier, 2006). Esta especie no sólo es apreciada por su alta tasa de crecimiento y adaptabilidad (Andenmatten et al., 1995; Rey et al., 1995, Davel & Ortega, 2003), sino también por las características de su madera, su sanidad y la calidad de los productos que pueden obtenerse a partir de ella, con amplias aplicaciones en estructuras, pisos, muebles y aberturas (Johnson & Garthner, 2002).

### 3.3. Selección de las muestras

Se seleccionaron 30 renovales (10 plantas por especie), considerándose renoval a una planta con un DAP menor a 10 cm y una altura igual o mayor a 30 cm. Las plantas seleccionadas debían cumplir las siguientes condiciones:

- a) la especie (*N. dombeyi*, *N. alpina*, *P. menziesii*)
- b) la posición sociológica de los renovales, en función de la luz que llega al sotobosque (según la clasificación de copas de Kraft, 1884 en Donoso, 1993):
  - libre (L) (planta que se desarrolla sin competencia de otros renovales)
  - dominante (DOM) (aquel cuya copa sobresale ligeramente del estrato de renovales y tiene su copa bien iluminada hasta cierta profundidad.
- c) estado sanitario debe ser sano (árbol con apariencia saludable, sin daños)
- d) bien formado (árbol con fuste recto, sin grandes deformaciones ni bifurcaciones)

Por cuestiones operacionales se debió seleccionar un ejemplar de *P. menziesii* que superó el DAP considerado anteriormente.

La localización de los individuos se concentró en las inmediaciones de la Seccional de guardaparques Bandurrias del PN Lanín a excepción de cuatro plantas de *P. menziesii*, de las

cuales dos se ubicaron al borde del ejido municipal y dos al borde de la Ruta Provincial N° 48. Con el fin de optimizar el tiempo de campaña se realizó un croquis con la ubicación de las plantas elegidas y se proyectaron posibles recorridos para acceder a las mismas. La selección de los individuos se realizó durante el mes de septiembre.

### 3.4. Marcación y medición

Las plantas seleccionadas fueron marcadas en el fuste utilizando una cinta fluorescente escrita con pintura indeleble. A cada especie se le asignó un código y número de muestra:

- a) Ra-n° (*N. alpina*-número de muestra)
- b) Co-n° (*N. dombeyi*-número de muestra)
- c) Or-n° (*P. menziesii*-número de muestra)

Para medir el diámetro de la planta, se realizó una marca con fibra indeleble en el DAP (diámetro a la altura de pecho), o en su defecto a 30 cm de la base del fuste (D30). La medición de los incrementos se efectuó con papel milimetrado (del tipo que se emplea en medicina para efectuar electrocardiograma). El papel se cortó en cintas de una longitud acorde a los diámetros de las plantas seleccionadas y se graduó para facilitar la lectura en el campo. La lectura de la medición se efectuó siempre en el mismo lugar exacto del fuste con precisión de 1 mm (Figura 3).

Se seleccionaron dos ramas libres de fácil acceso y se marcaron con pintura indeleble a 10 cm de la yema apical. Para identificar a cada rama se le colocó una cinta color fluo escrita con pintura indeleble: R1 (rama n° 1); R2, (rama n° 2). La medición del incremento se realizó mediante una regla de aluminio graduada de 50 cm de longitud. La lectura de la medición se efectuó ubicando el 0 (cero) de la regla en la marca con pintura indeleble, tomando como medida de incremento hasta la base de la yema apical con precisión de 5 mm (Figura 4).

Además se estimó la altura de los individuos al inicio de la EC, empleando cinta métrica clinómetro SUUNTO® y una vara de 3 m graduada. Los datos de altura se obtuvieron para complementar la información de cada individuo.

Las mediciones se efectuaron durante la EC 2015 - 2016 (182 días). Dicha temporada comprendió los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, y abril. Por cuestiones prácticas la EC se definió tomando en cuenta desde el momento que explotaron las yemas (octubre), hasta el momento en que se formaron las yemas de invierno y no se registraron incrementos en las tres especies en sucesivas mediciones (abril). La frecuencia de medición fue quincenal. El registro de los datos de las mediciones se efectuó en planillas de campo utilizando un planillero, papel, lápiz y goma de borrar, y luego se procesaron en gabinete con el programa EXCEL®.

Para cada individuo, se estimó:

- a) incremento estacional del DAP ( $IE_{DAP}$ ), dado por la diferencia entre el DAP medido al inicio ( $DAP_{inicio}$ ) y el DAP al medido al final de la EC ( $DAP_{fin}$ )
- b) incremento estacional de las ramas ( $IE_{ramas}$ ), dado por la diferencia entre el tamaño de las ramas medido al inicio ( $ramas_{inicio}$ ) y el tamaño de las ramas al medido al final de la EC ( $ramas_{fin}$ )
- c) Crecimiento relativo del DAP ( $R_{DAP}$ ) dada por la relación  $IE_{DAP} / DAP_{inicio}$  expresado en porcentaje
- d) Crecimiento relativo de las ramas ( $R_{ramas}$ ) dada por la relación  $IE_{ramas} / ramas_{inicio}$  expresado en porcentaje
- e) Incremento periódico del DAP ( $IP_{DAP}$ ) e incremento periódico acumulado del DAP ( $IP(+)_DAP$ )
- f) Incremento periódico de las ramas ( $IP_{ramas}$ ) e incremento periódico acumulado de las ramas ( $IP(+)_ramas$ )

Además se calcularon la media aritmética ( $\bar{x}$ ), la desviación estándar ( $\sigma$ ) y el coeficiente de variación (C.V.) de las variables mencionadas anteriormente.

Con los valores obtenidos de  $IP_{DAP}$ ,  $IP(+)_DAP$ ,  $IP_{ramas}$ , y  $IP(+)_ramas$  se confeccionaron curvas de incremento periódico medio para cada una de las especies y se estimó el área bajo las curvas mediante un programa CAD a fin de obtener la relación porcentual entre el incremento del diámetro y el incremento de las ramas.

### 3.5. Obtención de datos meteorológicos

Se obtuvo la temperatura y precipitación diarias del sitio web <http://www.accuweather.com> y de la estación meteorológica Sinometer® WS 1080 de la oficina de la División de Incendios Comunicaciones y Emergencias (ICE) ubicada en la Administración del PN Lanín, Perito Moreno N° 1006, San Martín de los Andes. Los datos obtenidos durante el periodo octubre del 2015 y abril del 2016 se procesaron en el gabinete con planilla de cálculo EXCEL®.

Los registros de temperatura y precipitación se emplearon para confeccionar curvas de distribución (diaria, semanal y quincenal) que se utilizaron para vincular con las curvas de  $IP_{DAP}$  y de  $IP_{ramas}$  de las especies estudiadas.

### 3.6. Obtención de datos complementarios

Para caracterizar el sitio donde se encontraban los individuos se llevaron a cabo las siguientes mediciones en el campo:

- a) Cobertura del dosel, se estimó a través de fotografías hemisféricas (Figura 5). Las mismas fueron tomadas junto a cada individuo, a 1,2 m sobre el nivel del suelo y en días nublados para optimizar el contraste entre el follaje y el cielo. El equipo consistió en una cámara fotográfica digital Nikon® D80, provista de una lente hemisférica SIGMA® 4,5 mm, que se montó sobre un trípode para mantener la lente en forma horizontal
- b) altitud (mediante altímetro)
- c) pendiente (mediante clinómetro SUUNTO®)
- d) exposición (mediante brújula SUUNTO®)
- e) coordenadas geográficas (GPS GARMIN® GPSMAP® 64)

Los datos luego se procesaron en gabinete con los programas EXCEL® y Gap Light Analyzer® ver. 2.0 (Frazer et al., 2000).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Crecimiento estacional

#### 4.1.1. Incremento estacional del DAP

Los valores individuales y medios de incremento estacional de los ejemplares de *Nothofagus* y *Pseudotsuga* están representados por las tablas 1, 2 y 3. Dichos valores corresponden al inicio y fin de la EC.

Los DAP<sub>inicio</sub> de las tres especies oscilaron de 0,54 a 10,20 cm y los DAP<sub>fin</sub> de 0,57 a 10,84 cm. La especie que presentó los ejemplares de mayor DAP<sub>inicio</sub> fue *P. menziesii* con  $\bar{x} = 5,06$  cm, seguida por *N. alpina* con  $\bar{x} = 2,29$  cm y finalmente *N. dombeyi* con  $\bar{x} = 2,09$  cm. Además *P. menziesii* ha sido la especie que registró el mayor IE<sub>DAP</sub> siendo de  $\bar{x} = 0,95$  cm, seguido por *N. dombeyi* con  $\bar{x} = 0,21$  cm y *N. alpina* con  $\bar{x} = 0,18$  cm. No obstante *P. menziesii* exhibió el mayor C.V. de IE<sub>DAP</sub>, siendo C.V. = 64,76 %, seguido por *N. dombeyi* con C.V. = 49,95 % y *N. alpina* con C.V. = 45,67 %. La especie que presentó el mayor valor R<sub>DAP</sub> fue *P. menziesii* con  $\bar{x} = 25,11$  %, seguida por *N. dombeyi* con  $\bar{x} = 11,33$  % y *N. alpina* con  $\bar{x} = 10,31$  %.

##### 4.1.1.1. *Nothofagus alpina*

Los DAP<sub>inicio</sub> oscilaron entre 0,54 y 3,90 cm. Dichos DAP presentaron una  $\bar{x} = 2,29$  cm con  $\sigma = 1,18$  cm y C.V. = 51,82 %. Asimismo los valores de los DAP<sub>fin</sub> oscilaron entre 0,67 y 4,01 cm con una  $\bar{x} = 2,46$  cm con  $\sigma = 1,21$  cm y C.V. = 49,07 %. Respecto a los valores IE<sub>DAP</sub>, fueron de 0,06 a 0,29 cm y presentaron una  $\bar{x} = 0,18$  cm, con  $\sigma = 0,08$  cm y C.V. = 45,67 %. (Tabla 1)

La distribución del crecimiento estacional quedó representada por la tabla 4 y la figura 6. *N. alpina* describió una curva de IP<sub>DAP</sub> con tres culminaciones, los picos se dieron durante fines de octubre, fines de noviembre y a principios de enero (15, 30 y 53% de la EC respectivamente). El incremento se concentró en los meses de octubre, noviembre y diciembre. El comportamiento estacional (Figura 7), correspondió al IP(+)<sub>DAP</sub>, el cual se completó al 100 % al promediar la EC a comienzos de marzo (84% de la EC).

##### 4.1.1.2. *Nothofagus dombeyi*

Los DAP<sub>inicio</sub> oscilaron entre 0,76 y 3,63 cm. Dichos DAP presentaron una  $\bar{x} = 2,09$  cm con  $\sigma = 1,00$  cm y (C.V.) = 47,84 %. Asimismo los valores de los DAP<sub>fin</sub> oscilaron entre 0,83 y 3,85 cm con una  $\bar{x} = 2,30$  cm con  $\sigma = 1,04$  cm y C.V. = 45,16 %. Respecto a los valores IE<sub>DAP</sub>, fueron de 0,83 a 3,85 cm, y presentaron una  $\bar{x} = 0,21$  cm con  $\sigma = 0,10$  cm y C.V. = 49,95 %. (Tabla 2).

La distribución del crecimiento estacional quedó representada por la tabla 5 y la figura 6. *N. dombeyi* describió una curva de IP<sub>DAP</sub> con dos culminaciones, cuyos picos se dieron a mediados de noviembre y a fines de diciembre (23 y 45% de la EC respectivamente). El incremento se concentró en los meses de octubre, noviembre y diciembre. El comportamiento estacional (Figura 7), correspondió al IP(+)<sub>DAP</sub>, el cual se completó al 100 % al promediar la EC a comienzos de marzo (84% de la EC).

#### 4.1.1.3. *Pseudotsuga menziesii*

Los DAP<sub>inicio</sub> oscilaron entre 1,02 y 10,22 cm. Dichos DAP presentaron una  $\bar{x} = 5,06$  cm con  $\sigma = 3,28$  cm y C.V. = 64,76 %. Asimismo los valores de los DAP<sub>fin</sub> oscilaron entre 1,50 y 11,84 cm con una  $\bar{x} = 6,01$  cm con  $\sigma = 3,57$  cm y C.V. = 45,16 %. Respecto a los valores IE<sub>DAP</sub>, fueron de 0,48 a 1,62 cm, y presentaron una  $\bar{x} = 0,95$  cm con  $\sigma = 0,35$  cm y C.V. = 59,41 %. (Tabla 3).

La distribución del crecimiento estacional quedó representada por la tabla 6.y la figura 6. *P. menziesii* describió una curva de IP<sub>DAP</sub> con tres culminaciones, cuyos picos se produjeron a mediados de noviembre, a mediados de diciembre y a mediados de enero (20 y 40 y 55 % de la EC respectivamente). El incremento se concentró en los meses de octubre, noviembre y diciembre. El comportamiento estacional (Figura 7), correspondió al IP(+)<sub>DAP</sub>, el cual se completó al 100 % al promediar la EC a mediados de marzo (92% de la EC).

#### 4.1.2. Incremento estacional de las ramas

Los valores individuales y medios del incremento estacional de los ejemplares de *Nothofagus* y *Pseudotsuga* están representados por las tablas 1, 2 y 3. Dichos valores corresponden al inicio y fin de la EC.

El tamaño de las ramas<sub>inicio</sub> de las tres especies osciló de 10,50 a 176,90 cm y el tamaño de las ramas<sub>fin</sub> de 17,00 a 201,50 cm. La especie que presentó los ejemplares de mayor tamaño de ramas<sub>inicio</sub> fue *P. menziesii* con  $\bar{x} = 104,84$  cm, seguida por *N. alpina* con  $\bar{x} = 90,90$  cm y finalmente *N. dombeyi* con  $\bar{x} = 88,40$  cm. Por otro lado *P. menziesii* ha sido la especie que registró el mayor IE<sub>ramas</sub> siendo de  $\bar{x} = 29,21$  cm, seguido por *N. dombeyi* con  $\bar{x} = 11,60$  cm y *N. alpina* con  $\bar{x} = 10,35$  cm. Asimismo *N. alpina* expuso el mayor C.V. de incremento estacional con CV = 90,26 %, seguido por *P. menziesii* con C.V. = 49,28 % y *N. dombeyi* con C.V. = 40,28 %. La especie que presentó el mayor R<sub>ramas</sub> fue *P. menziesii* con  $\bar{x} = 40,08$  % seguida por *N. alpina* con  $\bar{x} = 22,29$  % y *N. dombeyi* con  $\bar{x} = 16,27$  %.

##### 4.1.2.1. *Nothofagus alpina*

Los tamaños de las ramas<sub>inicio</sub> oscilaron entre 10,50 y 172,90 cm y presentaron una  $\bar{x} = 90,90$  cm con  $\sigma = 51,37$  cm y C.V. = 56,51 %. Asimismo los valores de ramas<sub>fin</sub> oscilaron entre 17,00 y 181,00 cm con una  $\bar{x} = 101,25$  cm con  $\sigma = 50,22$  cm y C.V. = 49,60 %. Respecto a los valores IE<sub>ramas</sub>, fueron de 5,20 a 33,25 cm y presentaron una  $\bar{x} = 10,35$  cm, con  $\sigma = 9,34$  cm y C.V. = 90,26 %. (Tabla 1).

La distribución del crecimiento estacional quedó representada por la tabla 7.y la figura 7. *N. alpina* describió una curva normal de IP<sub>ramas</sub> con un pico que se dio hacia fines de octubre, (15 % de la EC). El incremento se concentró durante el mes de octubre. El comportamiento estacional (Figura 8), correspondió al IP(+)<sub>ramas</sub>, el cual se completó al 100 % al promediar la EC a comienzos de febrero (69% de la EC).

##### 4.1.2.2. *Nothofagus dombeyi*

Los tamaños de las ramas<sub>inicio</sub> oscilaron entre 42,5 y 135,5 cm. Las ramas medidas presentaron una  $\bar{x} = 88,40$  cm con  $\sigma = 32,97$  cm y C.V. = 37,29 %. Asimismo los valores de ramas<sub>fin</sub> oscilaron entre 42,00 y 147,00 cm con una  $\bar{x} = 100,00$  cm con  $\sigma = 31,86$  cm y C.V. = 31,86 %. Respecto a los valores IE<sub>ramas</sub>, fueron de 3,40 a 17,25 cm, estos valores presentaron una  $\bar{x} = 11,60$  cm con  $\sigma = 4,67$  cm y C.V. = 40,28 %. (Tabla 2).

La distribución del crecimiento estacional quedó representada por la tabla 8.y la figura 7. *N. dombeyi* describió una curva con dos culminaciones de IP<sub>ramas</sub> cuyos picos se produjeron a mediados de diciembre y a principios de enero, (40 y 70 % de la EC respectivamente). El incremento se concentró durante el mes de noviembre y diciembre. El comportamiento

estacional (Figura 8), correspondió al  $IP(+)$ <sub>ramas</sub>, el cual se completó al 100 % al promediar la EC a finales de marzo (100% de la EC).

#### 4.1.2.3. *Pseudotsuga menziesii*

Los tamaños de las ramas<sub>inicio</sub> oscilaron entre 21,55 y 176,90 cm. Las ramas medidas presentaron una  $\bar{x}$  = 104,84 cm, con  $\sigma$  = 32,97 cm y C.V. = 43,44 %. Asimismo los valores de ramas<sub>fin</sub> oscilaron entre 47,00 y 201,50 cm con una  $\bar{x}$  = 29,21 cm con  $\sigma$  = 14,40 cm y C.V. = 49,28 %. Respecto a los valores  $IE$ <sub>ramas</sub>, fueron de 12,50 a 62,30 cm, estos valores presentaron una  $\bar{x}$  = 29,21 cm, con  $\sigma$  = 14,40 cm y C.V. = 49,28 %. (Tabla 3).

La distribución del crecimiento estacional quedó representada por la tabla 9 y la figura 7. *P. menziesii* describió una curva con tres culminaciones de  $IP$ <sub>ramas</sub> cuyos picos se produjeron a comienzos de noviembre, a comienzos de diciembre y principios de enero (20, 38 y 52 % de la EC respectivamente). El incremento se concentró durante el mes de noviembre y diciembre. El comportamiento estacional (Figura 8), correspondió al  $IP(+)$ <sub>ramas</sub>, el cual se completó al 100 % al promediar la EC a comienzos de marzo (84 % de la EC).

## 4.2. Distribución de temperatura y precipitación a lo largo de la estación de crecimiento

### 4.2.1. Temperatura

El procesamiento de los datos meteorológicos obtenidos durante la EC 2015 - 2016 dio como resultado los valores de temperatura mensuales esperados (Tabla 10) de acuerdo a los registros históricos (Figura 2). Dichos valores mostraron que octubre fue el mes más frío de la EC con una temperatura media de 8,7 °C y enero el mes más cálido con una temperatura media de 18,8 °C. Sin embargo noviembre registró la temperatura más fría de la EC (-3,0 °C) y febrero la más cálida (37,0 °C). En este sentido, se observa que la temperatura media mensual aumentó en mayor grado hacia el mes de enero, luego disminuyó paulatinamente hacia el mes de marzo, y finalmente se produjo un descenso en mayor grado hacia abril. La forma en la que la temperatura osciló en forma diaria, semanal y quincenal estuvo dentro de los valores esperados para la EC en el área de estudio (Figura 10).

### 4.2.2. Precipitación

Las precipitaciones producidas durante la EC 2015 - 2016 han sido de un total de 118 mm acumulados en siete (7) meses (Tabla 10). La representación de la distribución semanal y quincenal de las lluvias durante la EC quedó representada por la curva de la figura 10.

## 4.3. Vinculación del crecimiento de las especies estudiadas con la temperatura y precipitación a lo largo de la estación de crecimiento

### 4.3.1. *Nothofagus alpina*

Con respecto a la distribución  $IP$ <sub>DAP</sub> se observa que aumentó gradualmente desde octubre hasta fines de noviembre, momento en que se produjo la temperatura mínima absoluta de dicho mes, y luego continuó aumentando junto con la temperatura, hasta que culminó aproximadamente a mediados de enero. Nótese que en ese momento comenzaron a registrarse temperaturas máximas cercanas a los 25 °C. (Figura 11)

El  $IP_{ramas}$  de *N. alpina* respondió al ascenso de la temperatura de octubre y noviembre (Figura 12). Nótese que al momento de la culminación de la curva de incremento, se registró la temperatura máxima absoluta de noviembre. (30,9 °C). Luego se observa que el incremento disminuyó conforme descendió la temperatura, hasta que se produjo la mínima absoluta de noviembre (-3,0 °C). En concordancia a este hecho ocurrió la merma del  $IP_{ramas}$ .

Al observar la vinculación del  $IP_{DAP}$  de *N. alpina* a la precipitación durante la EC (Figura 13) se denota que la culminación del  $IP_{DAP}$  estuvo precedido por el momento en que se produjeron las precipitaciones del mes de diciembre (13 mm mensuales acumulados). Respecto al  $IP_{ramas}$  no se observa ninguna vinculación.

Sin embargo, al observar el comportamiento del  $IP_{DAP}$  y el  $IP_{ramas}$  de los individuos (Ra-3 y Ra-9), se denota que tras acontecerse la precipitación del mes de diciembre hubo una reactivación del  $IP_{DAP}$  y el  $IP_{ramas}$ . De modo similar, se observa que durante el mes febrero, el  $IP_{DAP}$  se reanudó tras producirse precipitaciones (Figura 15).

#### 4.3.2. *Nothofagus dombeyi*

Respecto a la distribución de  $IP_{DAP}$  se observa que aumentó de octubre a noviembre conforme ascendió la temperatura y presentó una primera culminación en el mismo momento que se produjo la máxima absoluta de noviembre. Luego, continuó disminuyendo conforme se produjo el descenso de la temperatura y se detuvo durante la primera mitad de diciembre. Luego se produjo un incremento constante acompañado por el ascenso de las temperaturas hasta comienzos de enero. Nótese que ese momento comenzaron a registrarse temperaturas máximas cercanas a los 25,0 °C (Figura 11).

Al observar el  $IP_{ramas}$  se denota que inició en noviembre, conforme se produjo el ascenso de la temperatura y continuó constante hasta mediados diciembre, momento en el cual se produjo un pico. En concordancia a este hecho se registró la máxima absoluta de dicho mes (29 °C). Nótese que en el mes de noviembre, el  $IP_{ramas}$  se mantuvo constante y sin ser afectado por el fuerte descenso de la temperatura que se aconteció a fin de dicho mes. Luego, a partir de mediados de diciembre, se observa que el incremento disminuyó constantemente hasta mediados del mes de enero. Acto seguido se reanudó el incremento y se presentó la segunda culminación que concordó con la máxima absoluta del mes de febrero (37,0 °C). Finalmente se observa que la disminución del incremento estuvo asociada al descenso de temperatura, hasta que se produjo la mínima absoluta del mes de marzo (1,4 °C). En concordancia a este hecho ocurrió la merma del  $IP_{ramas}$  (Figura 12).

La vinculación del  $IP_{DAP}$  de *N. dombeyi* a la precipitación durante la EC (Figura 13) denota que la culminación del incremento del DAP que ocurrió en el mes de diciembre estuvo precedido por el momento en que se produjeron las precipitaciones del mismo mes (13 mm mensuales acumulados). Respecto al  $IP_{ramas}$  se observa que las culminaciones se sucedieron al momento en que se registraron las precipitaciones de los meses de diciembre y febrero (13 y 19 mm acumulados respectivamente) (Figura 14).

#### 4.3.3. *Pseudotsuga menziesii*

Se observa que durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, la distribución de  $IP_{DAP}$  se desarrolló de manera muy similar al  $IP_{ramas}$ , con la salvedad, de que a partir de mediados de diciembre, el  $IP_{DAP}$  aumentó, en lugar de disminuir. Durante el mes de enero se observa que la curva de incremento del DAP presentó una meseta que respondió a un periodo de altas temperaturas. Finalmente, comenzó a disminuir al momento que se produjo la máxima temperatura de dicho mes (34,7 °C) y continuó disminuyendo durante el resto de la EC hasta producirse una merma en a finales de marzo (Figura 11). El  $IP_{ramas}$  respondió al ascenso y descenso de la temperatura de los meses de octubre, noviembre y diciembre. Nótese que durante ese periodo la curva de incremento denota tres culminaciones que se correspondieron con los picos de máxima temperatura registrados en noviembre, diciembre y enero (23,1, 29,7



y 26,2 °C respectivamente). Luego cayó abruptamente hasta que se produjo la merma a principios de febrero (Figura 12).

Al observar la vinculación del  $IP_{\text{ramas}}$  de *P. menziesii* a precipitación durante la EC (Figura 13) se observa que la culminación del  $IP_{\text{ramas}}$  ocurrió momento en que se produjeron las precipitaciones del mismo mes (13 mm mensuales acumulados). Respecto al  $IP_{\text{DAP}}$ , no se observa ninguna vinculación.

#### 4.4. Comparación del incremento periódico del DAP y las ramas de las especies estudiadas

##### 4.4.1. *Nothofagus alpina*

Esta especie empleó aproximadamente un 60 % del total de la EC para asignar sus recursos al incremento de sus partes (30 % se asignó al incremento de las ramas y 55% al incremento del diámetro, aproximadamente una relación 2:1 respectivamente). Presentó dos (2) fases de incremento (las fases están dadas por la intersección entre la curvas de  $IP_{\text{DAP}}$  e  $IP_{\text{ramas}}$ ). En la fase 1 se denota que primero asignó sus recursos a las ramas, y luego al diámetro, existiendo una relación de 80 % / 20 % (ramas / diámetro) durante toda la fase. En la fase 2, la asignación de recursos se dio principalmente al diámetro, siendo una relación de 10 % / 90 % (ramas / diámetro). En cuanto al número de culminaciones, se observa que se dieron tres (3) picos de incremento del diámetro y un (1) pico de incremento de las ramas, los cuales se dieron de la siguiente forma: en la fase 1, el primer pico de incremento del diámetro se dio en simultáneo con el primer pico de las ramas, luego, en la fase 2 se dio el segundo pico de incremento del diámetro al momento de producirse la merma del incremento de las ramas y finalmente se dio el tercer pico de incremento del diámetro. (Figura 16).

##### 4.4.2. *Nothofagus dombeyi*

*N. dombeyi* empleó aproximadamente un 80 % del total de la EC para asignar sus recursos al incremento de sus partes (75 % se asignó al incremento de las ramas y 80% se asignó al incremento del diámetro, aproximadamente una relación 1:1 respectivamente). *N. dombeyi* presentó cuatro (4) fases de incremento; en la fase 1 se denota que primero asignó sus recursos al diámetro, y luego a las ramas, existiendo una relación de 40 % / 60 % (ramas / diámetro) durante toda la fase. En la fase 2, la asignación de recursos se revirtió, siendo una relación de 55 % / 45 % (ramas / diámetro) y en la fase 3 se equiparó. Finalmente en la fase 4 la asignación de recursos se dio principalmente al diámetro, siendo una relación de 30 % / 70 % (ramas / diámetro). En cuanto al número de culminaciones, se observa que se dieron dos (2) picos de incremento del diámetro y dos (2) picos de incremento de las ramas, los cuales se dieron en forma intercalada y presentando la siguiente secuencia: primer pico de diámetro (fase 1); primer pico de ramas (fase 2); segundo pico de diámetro (fase 3); y segundo pico de ramas (fase 4). (Figura 16).

##### 4.4.3. *Pseudotsuga menziesii*

*P. menziesii* empleó aproximadamente un 90 % del total de la EC para asignar sus recursos al incremento de sus partes (60 % se asignó al incremento de las ramas y 75% se asignó al incremento del diámetro, aproximadamente una relación 1:1 respectivamente). Presentó tres (3) fases de incremento; en la fase 1 se denota que primero asignó sus recursos al diámetro y luego a las ramas, siendo una relación de 40 % / 60 % (ramas / diámetro) durante toda la fase. En la fase 2, la asignación de recursos se revirtió, siendo una relación de 60 % / 40 % (ramas /

diámetro). Finalmente en la fase 4 la asignación de recursos se dio principalmente al diámetro, siendo una relación de 20 % / 80 % (ramas / diámetro). En cuanto al número de culminaciones, se observa que se dieron tres (3) picos de incremento del diámetro y tres (3) picos de incremento de las ramas. Todos los picos se dieron en la fase 2, y se presentaron de la siguiente manera: el primer y segundo pico de diámetro en simultáneo con el primer y segundo pico de las ramas, y luego, se dio el tercer pico de las ramas y finalmente se dio el tercer pico de diámetro. (Figura 16).

#### 4.5. Datos complementarios

Los datos complementarios, que se resumen en la tabla 11, representan las condiciones del sitio (pendiente, exposición, altitud y cobertura del dosel) de cada uno de los individuos.

Los valores de la pendiente tienen una oscilación del orden de 0° y 45°, y registran un valor medio de 16°. La exposición media de los individuos es de 161,8° (SSE) y varía entre 180° (SUR) y 125° (SE). Respecto a la altitud, la cota más baja se encuentra a 740 m y la cota más alta a 870 m (130 m de diferencia), siendo el valor medio de 841,2 m.

Por último, de acuerdo con las mediciones de la cobertura del dosel, el valor medio es de 63,2 % y que los valores de cobertura tienen una oscilación que va de 0 % a 91 %. Aunque sólo se registraron dos (2) árboles (Or-5 y Or-8) con cobertura nula (ubicados al borde de la Ruta Provincial N° 48), se puede inferir que las condiciones de cobertura en las que se encuentran los individuos fueron homogéneas.

## 5. DISCUSIÓN

En la presente sección se discuten los resultados más sobresalientes y la metodología empleada.

- Existe una gran variabilidad en los valores individuales, algo que podría representar las diferencias entre las condiciones en las que se encontraron los ejemplares (v. g. micrositio) y su fenotipo.
- *P. menziesii* fue la especie que más ha crecido, tanto en diámetro como en ramas ( $IE_{DAP}$  con  $\bar{x} = 0,95$  cm,  $IE_{ramas}$  con  $\bar{x} = 29,21$  cm) Además presentó la relación más alta de incremento estacional con el tamaño inicial de sus partes ( $R_{DAP}$  con  $\bar{x} = 25,11$  % y  $R_{ramas}$  con  $\bar{x} = 40,08$  %). Este hecho probablemente esté vinculado a que los ejemplares seleccionados de *P. menziesii* resultaron ser los de mayor tamaño respecto a *Nothofagus*.
- Por su parte *N. dombeyi* presentó un mayor  $IE_{DAP}$ ,  $IE_{ramas}$  y  $R_{DAP}$  que *N. alpina*. No obstante *N. dombeyi* presentó menor  $R_{ramas}$  que *N. alpina*. Aunque este comportamiento pareciera no sucederse del mismo modo que ocurrió con el DAP (las especies que con mayor  $IE_{DAP}$  presentaron mayor  $R_{DAP}$ ), este hecho podría estar vinculado a que los valores de  $R_{ramas}$  de *N. alpina* presentaron un elevado C.V. (130,76 %). Sin embargo para los fines de este trabajo no es relevante saber "cuánto crecieron las especies", sino que lo que interesa saber es "cómo es que las especies distribuyeron su crecimiento a lo largo de la EC".
- Respecto al objetivo específico de vincular el crecimiento a la temperatura y precipitación, si bien en este trabajo se realizó una descripción por método gráfico, este objetivo se abordó con un grado de análisis pobre. En líneas generales se observó que el incremento del diámetro y las ramas respondió al ascenso y descenso de la temperatura, pero cada especie lo hizo de manera diferente.

- Al contrastar las curvas medias de  $IP_{DAP}$  y de  $IP_{ramas}$  de las especies estudiadas se puede observar que cada especie distribuyó su crecimiento en forma diferente:
- *N. dombeyi* y *P. menziesii* asignaron una mayor cantidad de recursos al crecimiento secundario (diámetro) durante el inicio de la EC respecto a *N. alpina*. En general, en bosques mixtos las especies siempreverdes son más eficientes que las deciduas porque fotosintetizan cuando las condiciones son más favorables, sin esperar el desarrollo anual del follaje (Kozłowski & Pallardy, Smith et al. Barnes et al., 1998).
- *N. alpina* presentó 2 fases de incremento marcadas: una primera fase de asignación que fue principalmente a las partes aéreas y una segunda fase de asignación que fue en mayor grado al diámetro. Por otro lado esta especie empleó un menor porcentaje del total de la EC (60 %) respecto a *N. dombeyi* y *P. menziesii* (80 % y 90 % respectivamente).
- *N. dombeyi* presentó 4 fases de incremento: la primera, segunda y tercera fase tuvieron una relación de asignación de recursos bastante equilibrada, mientras que en la cuarta fase se asignaron recursos principalmente al diámetro. Por otro lado, esta especie ha demostrado ser más equitativa en distribución del crecimiento respecto a *N. alpina* y *P. menziesii*.
- *P. menziesii* presentó 3 fases de incremento marcadas: una primera fase de asignación que fue en mayor grado al diámetro, una segunda fase de asignación que fue en mayor grado a las partes aéreas, y una tercera fase de asignación que fue principalmente al diámetro. Por otro lado esta especie concentró todas las culminaciones del incremento del diámetro y las ramas en una sola fase.
- La metodología que se empleó para la medición de diámetros posee un grado de precisión muy bajo (1,00 mm) y se encuentra sujeta al error del observador. Durante el transcurso del estudio algunos ejemplares de *Nothofagus* no registraron incremento dimétrico por periodos mayores a tres quincenas, hecho que no ocurrió con *Pseudotsuga*, probablemente por ser, esta última una especie que presenta un rápido crecimiento. Contar con un mayor grado de precisión permitiría captar el crecimiento durante periodos más cortos como ser el transcurso diario o semanal, y ello conllevaría a percibir una mayor captación de los cambios producidos en el crecimiento de los individuos.
- Una alternativa a la metodología que se empleó en este trabajo, podría ser optar por dispositivos de medición más precisos como los dendrómetros. Hoy en día los dendrómetros automáticos permiten la medición continua de la actividad cambial en árboles con precisión de micras a escalas temporales que pueden variar desde segundos a días. Normalmente los dispositivos experimentales disponen de un datalogger que recoge los datos. El datalogger debe ser alimentado por baterías o placas solares y los datos son descargados "in situ". Raúl Tapias, Javier Vázquez y Arantazu González desarrollaron un dendrómetro potenciométrico capaz de medir de manera continua el crecimiento diametral de árboles, ramas y frutos, permitiendo monitorizar y cuantificar el crecimiento de la planta, el inicio y finalización del periodo vegetativo. Este sistema promete una elevada autonomía y bajo coste de fabricación y mantenimiento, además su instalación es sencilla y permite la adición de otros sensores (Vázquez-Piqué, et. al, 2009).

## 6. RECOMENDACIONES

En este punto se hará hincapié en dar una serie de recomendaciones respecto a la metodología y los materiales utilizados para la realización de este trabajo.

Durante el transcurso de la campaña se ha ido ajustando la metodología y materiales de medición, a fin de lograr optimizar las tareas de campo y en lo posible minimizar errores en la toma de los datos. A continuación se mencionan una serie de sugerencias para tener en cuenta en caso de volverse a repetir este estudio:

### a) Selección de las muestras

- La selección de los individuos debería realizarse antes del comienzo de la EC.
- Plantas con diámetros muy pequeños ( $DAP < 2$  cm) se tornan difíciles de medir, y pueden llevar a cometer errores en la obtención de datos.
- La zona del fuste debería ser lo más lisa y cilíndrica posible (v. g. libre de daños, cicatrices, bolsas de resina, etc.)
- Al momento de seleccionar las ramas del individuo es deseable que las mismas sean de fácil acceso, y estén libres (v. g. evitar ramas superpuestas). Las mismas deben contar con buen estado sanitario y sin daños en todas sus partes (yemas, tallo y, hojas en caso de especies siempreverdes).

### b) Papel milimetrado

- Al estar midiendo muy pequeñas variaciones o incrementos quincenales de las variables, la escala que se utilice debe ser acorde a ello. Durante las primeras mediciones se emplearon distintos tipos de materiales para efectuar la medición del diámetro, ajustándose mejor para este propósito el papel milimetrado. Es recomendable usar un papel milimetrado de gramaje bajo (menor espesor) y buena calidad. Una buena opción es utilizar el papel que se emplea en registro de electrocardiograma. La ventaja del papel milimetrado es que éste ya viene graduado, y puede marcarse con una escala, de modo que permita facilitar la lectura.
- El papel milimetrado debería ser siempre el mismo, ya que el empleo de diferentes gramajes puede llevar a cometer errores de medición. Por otro lado un papel de gramaje alto es menos maleable y tiende a romperse con más facilidad.

### c) Medición

- Como el diámetro debe ser medido siempre en el mismo lugar exacto del fuste, la marca que se realiza con pintura indeleble debería ser de un color que permita que la misma sea bien legible, y estar trazada lo más prolijamente posible. Una buena opción al momento de realizar la marca en el fuste es utilizar un trozo de cinta como guía (v. g. cinta de fibra de vidrio).
- Para la medición de las ramas, las mismas deberían ser manipuladas con suma precaución, de modo que puedan prevenirse roturas o daños que conlleven a la interrupción o pérdida del incremento.

Por otro lado, como se ha mencionado anteriormente, el crecimiento de las plantas está reflejado por las variaciones de temperatura durante el transcurso de la EC. Esto se observa claramente en la vinculación de crecimiento de *N. alpina*, *N. dombeyi* y *P. menziesii* con las temperaturas a lo largo de la EC. Partiendo de este razonamiento se procede a mencionar algunas sugerencias respecto a la metodología, que podrían complementar futuros estudios:

a) Cobertura del dosel

- El bosque produce importantes efectos en la temperatura que prevalece bajo el dosel, efectos que varían para diferentes regiones y según el tipo de cubierta vegetal y densidad (Spurr & Barnes, 1982). Si bien en este trabajo se ha medido la cobertura, este dato no se ha utilizado para ser vinculado con el crecimiento de las especies. Tampoco se ha tenido en cuenta un criterio de selección de renovales bajo distintos grados de cobertura. Es por ello podría considerarse implementarse un criterio de selección de individuos que comprenda tres rangos de cobertura del dosel (bajo, medio y alto).

b) Cota altitudinal

- Si se toma en cuenta el gradiente adiabático (aproximadamente 6° C cada 1000 m) (Smith & Smith, 2007) podría considerarse implementarse un criterio de selección de individuos que comprenda diferentes cotas altitudinales.

## 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Lugar	Tiempo (horas)
Revisión bibliográfica	gabinete	25
Reconocimiento del área de estudio (marcación de los individuos)	Seccional Bandurrias (campo)	10
Recolección de datos (medición de los incrementos y obtención de datos complementarios)	Seccional Bandurrias (campo)	160
Recolección de datos meteorológicos	ICE, APN (gabinete)	5
Análisis de datos	gabinete	50
Elaboración del informe final	gabinete	100
<b>TOTAL</b>		<b>350</b>

## 8. GRADO DE APROVECHAMIENTO ALCANZADO

Considero que se ha logrado cumplir con todos los objetivos planteados en este trabajo. Asimismo puedo decir que esta instancia de la Carrera ha cumplido su propósito:

- Se ha establecido una vinculación entre los conocimientos adquiridos por el estudiante y el desempeño de las labores propias del Técnico Forestal.
- Se ha adquirido disciplina, confianza y seguridad en la toma de decisiones y en la resolución de problemas reales propios del trabajo profesional.

## 9. AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a la Universidad Nacional del Comahue por todo lo que me ha brindado, tanto en mi formación académica, como personal.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almaguer-Sierra, P. 2010. Relación entre la producción de biomasa de *Opuntia ficus indica* (L.) y el índice térmico grados-día. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León, Escobedo, N. L., México. pp.: 21.
- Avery, T., H. Burkhardt. 1983. Forest measurements. McGraw-Hill, New York. 480 p.
- Bräuning, A., J. Krepkowski, A. Gebrekirstos. 2009. Seasonal growth dynamics of different tree species and their climatic control in Munessa Forest, Ethiopia. In: Levanic, T., J. Gricar, P. Hafner, R. Krajnc, S. Jagodic, H. Gärtner, I. Heinrich, G. Helle (eds.) (2010): TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Vol. 8: Proceedings of the DENDROSYMPOSIUM 2009, April 16th - 19th 2009, Otočec, Slovenia. GFZ Potsdam, Scientific Technical Report STR 10/05, Potsdam, pp. 146 - 150.
- Broquen, P., F. Candan, G. Falbo, J.L. Girardin, A. Aparian. 2002. Efecto del *Pinus ponderosa* Dougl. sobre la reacción del suelo en el Sudeste del Neuquén, Argentina. *Bosque*, 23 (1): 47-59.
- Cabrera, A., A. Willink. 1980. Biogeografía de América Latina. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington. 122 p.
- Cabrera, L. 1976. Regiones fitogeográficas de la República Argentina. ACME. Buenos Aires. 88 p.
- Campoe, O.C., J.S.B. Munhoz, C.A. Alvares, R.L. Carneiro, E.M. Mattos, A.P.C. Ferez, J.L. Stape. 2016. Meteorological seasonality affecting individual tree growth in forest plantations in Brazil. *Forest Ecology and Management*, 380: 149-160. (URL: [www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco)).
- Casierra-Posada, F., V.E. Barreto, O.L. Fonseca. 2004. Crecimiento de frutos y ramas de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch, cv. 'Conservero') en los altiplanos colombianos. *Agronomía Colombiana*, 22 (1): 40-45.
- Castillo, F.J., J.B. Imbert, J.A. Blanco, C. Traver, F. Puertas. 2003. Gestión forestal sostenible de masas de pino silvestre en el Pirineo Navarro. *Ecosistemas*, 13 (3). (URL: <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/228>)
- Chianucci, F., A. Cufini. 2016. Digital hemispherical photography for estimating forest canopy properties: current controversies and opportunities. *Impact iForest - Biogeosciences and Forestry*. DOI: 10.3832/ifor0775-005.
- CIEFAP, MAyDS, 2016. Actualización de la Clasificación de Tipos Forestales y Cobertura del Suelo de la Región Bosque Andino Patagónico. Informe Final. CIEFAP. 111 p. (<https://drive.google.com/file/d/0BxfNQUifxheaUHNCQm9IYmk5RnM/view>)
- Deslauriers, A., S. Rossi, T. Anfodillo. 2006. Dendrometer and intra-annual tree growth: What kind of information can be inferred? *Dendrochronologia*, 25 (2):113-124.
- Díaz-Vas, J.E. 1987. Anatomía de madera de *Nothofagus dombeyi* (Mirbel) Oerstedt. *Bosque*, 8 (1): 63-65.
- Diéguez-Aranda, U., M. Barrio-Anta, F. Castedo-Dorado, A.D. Ruíz-González, M.F. Álvarez-Taboada, J. Álvarez-González, A. Rojo-Alboreca. 2003. *Dendrometría*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 327 p.
- Diéguez-Aranda, U., A. Rojo-Alboreca, F. Castedo-Dorado, J. Álvarez-González, M. Barrio-Anta, F. Crecente-Campo, F. Sánchez-Rodríguez. 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia. 259 p.
- Dimitri, M.J. 1977. Pequeña flora ilustrada de los Parques Nacionales Andino-Patagónicos. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería, Subsecretaría de recursos naturales renovables y ecología, Servicio Nacional de Parques Nacionales, 13 (46): 1-122.

- Donoso, C. 1998. Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 484 p.
- Frazer, G., C. Canham, K. Lertzman. 2000. Gap Light Analyser- version 2.0. Bulletin of the Ecological Society of America, 81: 191-197.
- Frugoni, M.C., A. Rabino, L. Chauchard. 2005. La distribución de los bosques de *Nothofagus* y su relación con los factores de sitio en una sub-cuenca de la Patagonia Andina. Acta del tercer Congreso Forestal Argentino y latinoamericano (ID 145): 89-90. Corrientes. Argentina. ISSN 0329-1103.
- Guerrero-Campo, J., J.J. Camarero, E. Gutiérrez. 1998. Crecimiento estacional y caída de acículas en *Pinus sylvestris* y *P. uncinata*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). ISSN: 1131-7965.
- Husch, B., C. Miller, T. Beers. 1982. Forest Mensuration. 3<sup>rd</sup> Ed, Wiley, New York. 402 p.
- Imaña, E., B. Encinas. 2008. Epidometría forestal. Brasilia, Brasil. Mérida, Venezuela. 69 p.
- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales, Departamento de Enseñanza, investigación y servicio en bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 365 p.
- Kozłowski, T., S. Pallardy. 1997. Physiology of woody plants. Academic Press. San Diego. 469 p.
- León, R.J.C., D. Bran, M. Collantes, J.M. Paruelo, A. Soriano. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. Ecología Austral, 8: 125-144.
- Martínez Meier, A. 2006. Evaluación del crecimiento inicial de distintos orígenes y procedencias de Pino Oregon (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco) en Patagonia Andina, Argentina. Asentamiento Universitario S.M. Andes. Universidad Nacional del Comahue. Manuscrito. 25 p.
- Mauro-Díaz, G., J.D. Lencinas, H. del Valle. 2014. Introducción a la fotografía hemisférica en ciencias forestales. Madera y Bosques, 20 (1): 109-117.
- Molowny-Horas, R., J.M. Espelta. 2013. Modelos integrales de proyección como instrumentos para la gestión medioambiental forestal. En J.A Blanco (Ed.) Aplicaciones e modelos ecológicos a la gestión de recursos naturales. Barcelona: OmniaScience. pp. 125-140.
- Paruelo, J.M., A. Beltrán, E. Jobbágy, O.E. Sala, R.A. Gulloscio. 1998. The climate of Patagonia: general patterns and controls on the biotic processes. Ecología Austral, 8: 85-101.
- Prodan, M., R. Peters, F. Cox, P. Real. 1997. Mensura Forestal. San José, C. R.: Deutsche Gessellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 586 p.
- Promis, A., G. Cruz. 2016. Fotografías Hemisféricas: un método para estimar estructuras del dosel arbóreo e iluminación en el interior del bosque. Bosque Nativo, 44: 12-15.
- Puntieri, G.J., J.E. Grosfeld, M. Stecconi, C. Brion, M.M. Azpilicueta, L. Gallo. 2006. Desarrollo temprano del roble (*Nothofagus obliqua*): un análisis arquitectural de procedencias de Argentina. Bosque 27 (1): 44-51
- Puntieri, G.J., C. Torres, S. Ghirardi. Crecimiento y ramificación de *Nothofagus alpina* y *Nothofagus obliqua* (Nothofagaceae) bajo diferentes condiciones lumínicas. 2013. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 48 (2): 277-293.
- Rich, P.M. 1989. A manual for analysis of hemispherical Canopy Photography. Los Alamos National Laboratory, L. A., New Mexico. LA-11733-M, Manual. 92 p.
- Roat, D.R. 2002. Edad y crecimiento de renovales de *Nothofagus* en áreas clausuradas bajo manejo forestal. Asentamiento Universitario S.M. Andes. Universidad Nacional del Comahue. Manuscrito. 42 p.

- Sabatier, Y. M.M. Azpilicueta, P. Marchelli, M. González-Peñalba, L. Lozano, L. Donaldo, A. Martínez, L.A. Gallo, F. Umaña, D. Bran, M.J. Pastorino. 2011. Distribución natural de *Nothofagus alpina* y *Nothofagus obliqua* (Nothofagaceae) en Argentina, dos especies de primera importancia forestal de los bosques templados norpatagónicos. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica*, 46 (1-2): 131-138.
- SAGPyA. 2007. Primer Inventario Nacional de Bosque Nativo, Informe Regional Bosque Andino Patagónico. Producciones Gráficas S.A. pp. 61.
- Sanguinetti, J., L. Buria L. Malmierca, A.E.J. Valenzuela, C. Núñez, H. Pastore, L. Chauchard, N. Ferreyra, G. Massaccesi, E. Gallo, C. Chehébar. 2004. Manejo de especies exóticas invasoras en Patagonia, Argentina: Priorización, logros y desafíos de integración entre ciencia y gestión identificados desde la Administración de Parques Nacionales. *Ecología Austral*, 24:183-192.
- Serey, I., S. Claros. 1995. Comparación del patrón de dinámica del follaje de las especies *Nothofagus alpina*, *N. obliqua*, *N. glauca*. Reunión de Avances en Silvicultura, Santiago (Chile), 2-3 Nov. *Ciencias Forestales*, 10 (1-2): 99-106.
- Smith, T.M., R.L. Smith. 2007. *Ecología* 6ª edición. Pearson Educación. S.A. Madrid. 776 p.
- Soil Survey Staff, 1992; Soil Survey Staff; Keys to Soil Taxonomy, SMSS Tech. Monogr. No. 19 (fifth edition). Pocahontas Press, Blacksburg, Virginia (1992), p. 541.
- Spurr, S.H. 1952. *Forest inventory*. Ronald Press, New York. 476 p.
- Spurr, S., B. Barnes. 1982. *Ecología Forestal*. Editorial AGT. México 660 p.
- Toral M.I., A. Fratti, L.A. Gonzalez. 2005. Crecimiento estacional y rentabilidad de plantaciones forestales comerciales de pino radiata en suelos de trumao según método de establecimiento. *Bosque* 26(1): 43-54.
- Vaganov, E.A., M.K. Hughes, A.V. Shashkin. 2006. *Growth dynamics of Conifer Tree Rings, Images of Past and Future Environments*. Springer Berlin Heidelberg. 358 p.
- Valladares, F. 2006. La disponibilidad de luz bajo el dosel de los bosques y matorrales Ibéricos estimada mediante fotografía hemisférica. *Ecología*, 20: 11-30.
- Vázquez-Piqué, J., Tapias Martín, R., González-Pérez, A. 2009. Desarrollo, características y aplicaciones de un dendrómetro potenciométrico para la medición continua del crecimiento diametral de especies arbóreas. *Actas del V Congreso Forestal Español. Congreso Forestal Español (5)*. Num. 5. Ávila. Sociedad Española de Ciencias Forestales. pp. 1-11.
- Veblen, T.T., T. Kitzberger, R. Villalba. 2004. Nuevos paradigmas en ecología y su influencia sobre el conocimiento de la dinámica de los bosques del sur de Argentina y Chile. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Capítulo en: *Ecología y manejo de bosques de Argentina*. Arturi MF, JL Frangi & JF Goya (eds). pp 1-48.



## TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Datos individuales y medios de los ejemplares de *N. alpina* medidos al inicio y fin de la EC 2015 – 2016. Estrato social: L (libre), DOM (dominante), DAP<sub>inicio</sub> (DAP medido al inicio de la EC), DAP<sub>fin</sub> (DAP medido al fin de la EC), IE<sub>DAP</sub> (incremento estacional del DAP), R<sub>DAP</sub> (relación IE<sub>DAP</sub> / DAP<sub>inicio</sub> expresado en porcentaje), ramas<sub>inicio</sub> (ramas medidas al inicio de la EC), ramas<sub>fin</sub> (ramas medidas al fin de la EC), IE<sub>ramas</sub> (incremento estacional de las ramas), R<sub>ramas</sub> (relación IE<sub>ramas</sub> / ramas<sub>inicio</sub> expresado en porcentaje),  $\bar{x}$  (media aritmética),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación).

Individuo	Estrato social	Altura [m]	DAP <sub>inicio</sub> [cm]	DAP <sub>fin</sub> [cm]	IE <sub>DAP</sub> [cm]	R <sub>DAP</sub> [%]	Ramas <sub>inicio</sub> [cm]	Ramas <sub>fin</sub> [cm]	IE <sub>ramas</sub> [cm]	R <sub>ramas</sub> [%]
Ra-1	L	5,76	2,77	2,99	0,22	7,94	123,35	144,00	20,65	16,74
Ra-2	DOM	6,82	3,88	4,01	0,13	3,35	117,80	123,00	5,20	4,41
Ra-3	DOM	2,77	0,99	1,08	0,09	9,09	37,75	71,00	33,25	88,08
Ra-4	L	4,16	2,39	2,45	0,06	2,51	111,00	118,00	7,00	6,31
Ra-5	L	6,20	2,86	3,15	0,29	10,14	103,15	110,00	6,85	6,64
Ra-6	L	5,42	2,86	3,12	0,26	9,09	122,50	125,50	3,00	2,45
Ra-7	DOM	6,90	3,76	3,92	0,16	4,26	172,90	181,00	8,10	4,68
Ra-8	L	4,10	2,01	2,29	0,28	13,93	85,30	92,50	7,20	8,44
Ra-9	DOM	1,06	0,80	0,95	0,15	18,75	24,75	30,50	5,75	23,23
Ra-10	DOM	1,10	0,54	0,67	0,13	24,07	10,50	17,00	6,50	61,90
$\bar{x}$	---	---	<b>2,29</b>	<b>2,46</b>	<b>0,18</b>	<b>10,31</b>	<b>90,90</b>	<b>101,25</b>	<b>10,35</b>	<b>22,29</b>
$\sigma$	---	---	<b>1,18</b>	<b>1,21</b>	<b>0,08</b>	<b>6,90</b>	<b>51,37</b>	<b>50,22</b>	<b>9,34</b>	<b>29,14</b>
C.V.	---	---	<b>51,82</b>	<b>49,07</b>	<b>45,67</b>	<b>66,89</b>	<b>56,51</b>	<b>49,60</b>	<b>90,26</b>	<b>130,76</b>

Tabla 2: Datos individuales y medios de los ejemplares de *N. dombeyi* medidos al inicio y fin de la EC 2015 – 2016. Estrato social: L (libre), DOM (dominante), DAP<sub>inicio</sub> (DAP medido al inicio de la EC), DAP<sub>fin</sub> (DAP medido al fin de la EC), IE<sub>DAP</sub> (incremento estacional del DAP), R<sub>DAP</sub> (relación IE<sub>DAP</sub> / DAP<sub>inicio</sub> expresado en porcentaje), ramas<sub>inicio</sub> (ramas medidas al inicio de la EC), ramas<sub>fin</sub> (ramas medidas al fin de la EC), IE<sub>ramas</sub> (incremento estacional de las ramas), R<sub>ramas</sub> (relación IE<sub>ramas</sub> / ramas<sub>inicio</sub> expresado en porcentaje),  $\bar{x}$  (media aritmética),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación).

Individuo	Estrato social	Altura [m]	DAP <sub>inicio</sub> [cm]	DAP <sub>fin</sub> [cm]	IE <sub>DAP</sub> [cm]	R <sub>DAP</sub> [%]	Ramas <sub>inicio</sub> [cm]	Ramas <sub>fin</sub> [cm]	IE <sub>ramas</sub> [cm]	R <sub>ramas</sub> [%]
Co-1	DOM	4,86	2,39	2,55	0,16	6,69	90,75	108,00	17,25	19,01
Co-2	DOM	3,32	0,80	0,95	0,15	18,75	76,35	87,00	10,65	13,95
Co-3	L	1,78	1,72	2,10	0,38	22,09	42,50	61,50	19,00	44,71
Co-4	L	4,92	2,48	2,74	0,26	10,48	90,00	101,00	11,00	12,22
Co-5	L	3,88	1,81	2,13	0,32	17,68	82,35	97,50	15,15	18,40
Co-6	L	3,55	2,32	2,39	0,07	3,02	101,70	114,00	12,30	12,09
Co-7	DOM	5,10	3,63	3,85	0,22	6,06	133,10	140,50	7,40	5,56
Co-8	L	4,85	3,57	3,85	0,28	7,84	135,50	147,00	11,50	8,49
Co-9	DOM	2,14	0,76	0,83	0,07	9,21	98,10	101,50	3,40	3,47
Co-10	L	1,69	1,40	1,56	0,16	11,43	33,65	42,00	8,35	24,81
$\bar{x}$	---	---	<b>2,09</b>	<b>2,30</b>	<b>0,21</b>	<b>11,33</b>	<b>88,40</b>	<b>100,00</b>	<b>11,60</b>	<b>16,27</b>
$\sigma$	---	---	<b>1,00</b>	<b>1,04</b>	<b>0,10</b>	<b>6,21</b>	<b>32,97</b>	<b>31,86</b>	<b>4,67</b>	<b>11,89</b>
C.V.	---	---	<b>47,84</b>	<b>45,16</b>	<b>49,95</b>	<b>54,82</b>	<b>37,29</b>	<b>31,86</b>	<b>40,28</b>	<b>73,07</b>

Tabla 3: Datos individuales y medios de los ejemplares de *P. menziesii* medidos al inicio y fin de la EC 2015 – 2016. Estrato social: L (libre), DOM (dominante), DAP<sub>inicio</sub> (DAP medido al inicio de la EC), DAP<sub>fin</sub> (DAP medido al fin de la EC), IE<sub>DAP</sub> (incremento estacional del DAP), R<sub>DAP</sub> (relación IE<sub>DAP</sub> / DAP<sub>inicio</sub> expresado en porcentaje), ramas<sub>inicio</sub> (ramas medidas al inicio de la EC), ramas<sub>fin</sub> (ramas medidas al fin de la EC), IE<sub>ramas</sub> (incremento estacional de las ramas), R<sub>ramas</sub> (relación IE<sub>ramas</sub> / ramas<sub>inicio</sub> expresado en porcentaje),  $\bar{x}$  (media aritmética),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación).

Individuo	Estrato social	Altura [m]	DAP <sub>inicio</sub> [cm]	DAP <sub>fin</sub> [cm]	IE <sub>DAP</sub> [cm]	R <sub>DAP</sub> [%]	Ramas <sub>inicio</sub> [cm]	Ramas <sub>fin</sub> [cm]	IE <sub>ramas</sub> [cm]	R <sub>ramas</sub> [%]
Or-1	L	9,50	10,22	11,84	1,62	15,85	176,90	201,50	24,60	13,91
Or-2	DOM	1,24	1,02	1,50	0,48	47,06	21,55	47,00	25,45	118,10
Or-3	DOM	9,50	6,56	7,42	0,86	13,11	155,25	172,00	16,75	10,79
Or-4	DOM	10,80	9,01	10,15	1,14	12,65	100,25	116,00	15,75	15,71
Or-5	L	4,45	2,51	3,63	1,12	44,62	70,20	131,50	61,30	87,32
Or-6	DOM	4,35	1,94	2,67	0,73	37,63	81,25	111,50	30,25	37,23
Or-7	L	7,40	7,89	9,17	1,28	16,22	142,50	155,00	12,50	8,77
Or-8	L	6,80	5,95	6,84	0,89	14,96	122,25	153,00	30,75	25,15
Or-9	L	4,50	3,21	3,98	0,77	23,99	89,25	131,50	42,25	47,34
Or-10	DOM	4,10	2,32	2,90	0,58	25,00	89,00	121,50	32,50	36,52
$\bar{x}$	---	---	5,06	6,01	0,95	25,11	104,84	134,05	29,21	40,08
$\sigma$	---	---	3,28	3,57	0,35	13,28	45,54	41,33	14,40	36,10
C.V.	---	---	64,76	59,41	36,46	52,89	43,44	30,83	49,28	90,07

Tabla 4: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *N. alpina* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016. IP<sub>DAP</sub> (Incremento periódico del DAP), IP(+)<sub>DAP</sub> (incremento periódico acumulado del DAP),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación).

Medición [n°]	Mes	EC [%]	IP <sub>DAP</sub> [%]	IP(+) <sub>DAP</sub> [%]	$\sigma$	C.V.
1	octubre	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	octubre	7	0,00	0,00	0,00	0,00
3	noviembre	15	8,47	8,47	20,23	238,75
4	noviembre	23	7,40	15,87	8,72	117,84
5	noviembre	31	17,98	33,86	13,24	73,62
6	diciembre	39	17,55	51,41	10,16	57,91
7	diciembre	46	20,23	71,64	14,04	69,39
8	enero	53	23,02	94,67	16,22	70,46
9	enero	61	1,11	95,78	3,51	316,23
10	febrero	69	1,11	96,89	3,51	316,23
11	febrero	77	2,00	98,89	6,32	0,00
12	marzo	84	1,11	100,00	3,51	316,23
13	marzo	92	0,00	100,00	0,00	0,00
14	marzo	100	0,00	100,00	0,00	0,00

Tabla 5: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *N. dombeyi* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016.  $IP_{DAP}$  (Incremento periódico del DAP),  $IP(+)_DAP$  (incremento periódico acumulado del DAP),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación).

Medición [n°]	Mes	EC [%]	$IP_{DAP}$ [%]	$IP(+)_DAP$ [%]	$\sigma$	C.V.
1	octubre	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	octubre	7	0,00	0,00	0,00	0,00
3	noviembre	15	9,26	9,26	12,83	138,57
4	noviembre	23	12,68	21,94	13,14	103,60
5	noviembre	31	7,11	29,05	10,37	145,88
6	diciembre	39	7,08	36,13	12,58	177,58
7	diciembre	46	18,86	54,99	18,70	99,15
8	enero	53	18,57	73,56	12,84	69,17
9	enero	61	13,21	86,77	15,50	117,34
10	febrero	69	6,46	93,22	7,03	108,88
11	febrero	77	3,94	97,17	6,97	176,72
12	marzo	84	2,83	100,00	6,58	232,09
13	marzo	92	0,00	100,00	0,00	0,00
14	marzo	100	0,00	100,00	0,00	0,00

Tabla 6: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *P. menziesii* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016.  $IP_{DAP}$  (Incremento periódico del DAP),  $IP(+)_DAP$  (incremento periódico acumulado del DAP),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación).

Medición [n°]	Mes	EC [%]	$IP_{DAP}$ [%]	$IP(+)_DAP$ [%]	$\sigma$	C.V.
1	octubre	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	octubre	7	1,96	1,96	3,19	162,56
3	noviembre	15	7,84	9,80	7,16	91,32
4	noviembre	23	16,04	25,84	7,41	46,23
5	noviembre	31	12,41	38,25	4,82	38,86
6	diciembre	39	13,92	52,17	4,01	28,83
7	diciembre	46	8,45	60,62	4,37	51,75
8	enero	53	11,63	72,24	2,65	22,77
9	enero	61	11,63	83,87	3,17	27,25
10	febrero	69	6,85	90,71	3,03	44,25
11	febrero	77	5,84	96,55	4,30	73,66
12	marzo	84	2,49	99,05	2,41	96,69
13	marzo	92	0,95	100,00	1,59	166,77
14	marzo	100	0,00	100,00	0,00	0,00

Tabla 7: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *N. alpina* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016.  $IP_{ramas}$  (Incremento periódico de las ramas),  $IP(+)_ramas$  (incremento periódico acumulado de las ramas),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación).

Medición [n°]	Mes	EC [%]	$IP_{ramas}$ [%]	$IP(+)_ramas$ [%]	$\sigma$	C.V.
1	octubre	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	octubre	7	25,49	25,49	15,40	60,39
3	noviembre	15	41,40	66,89	17,61	42,54
4	noviembre	23	23,43	90,33	20,96	89,45
5	noviembre	31	1,66	91,98	2,97	178,99
6	diciembre	39	1,33	93,32	4,71	353,55
7	diciembre	46	1,02	94,33	1,33	130,17
8	enero	53	2,52	96,86	5,85	231,73
9	enero	61	1,95	98,81	6,91	353,55
10	febrero	69	1,19	100,00	2,66	224,01
11	febrero	77	0,00	100,00	0,00	0,00
12	marzo	84	0,00	100,00	0,00	0,00
13	marzo	92	0,00	100,00	0,00	0,00
14	marzo	100	0,00	100,00	0,00	0,00

Tabla 8: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *N. dombeyi* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016.  $IP_{ramas}$  (Incremento periódico de las ramas),  $IP(+)_ramas$  (incremento periódico acumulado de las ramas),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación).

Medición [n°]	Mes	EC [%]	$IP_{ramas}$ [%]	$IP(+)_ramas$ [%]	$\sigma$	C.V.
1	octubre	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	octubre	7	1,69	1,69	2,30	136,18
3	noviembre	15	0,23	1,92	0,72	316,23
4	noviembre	23	11,04	12,95	10,20	92,45
5	noviembre	31	19,47	32,43	11,44	58,76
6	diciembre	39	25,71	58,14	12,29	47,81
7	diciembre	46	11,58	69,72	14,44	124,69
8	enero	53	8,95	78,67	8,21	91,78
9	enero	61	3,78	82,45	3,88	102,70
10	febrero	69	8,46	90,92	10,20	120,52
11	febrero	77	7,09	98,00	10,15	143,24
12	marzo	84	1,41	99,41	2,79	198,09
13	marzo	92	0,00	99,41	0,00	0,00
14	marzo	100	0,59	100,00	1,24	210,85

Tabla 9: Datos medios de incremento periódico de los ejemplares de *P. menziesii* durante el transcurso de la EC 2015 – 2016.  $IP_{ramas}$  (Incremento periódico de las ramas),  $IP(+)_ramas$  (incremento periódico acumulado de las ramas),  $\sigma$  (desviación estándar), C.V. (coeficiente de variación).

Medición [n°]	Mes	EC [%]	$IP_{ramas}$ [%]	$IP(+)_ramas$ [%]	$\sigma$	C.V.
1	octubre	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	octubre	7	0,00	0,00	0,00	0,00
3	noviembre	15	1,07	1,07	1,42	132,14
4	noviembre	23	22,20	23,27	8,62	38,84
5	noviembre	31	19,92	43,19	3,95	19,86
6	diciembre	39	27,68	70,87	5,27	19,05
7	diciembre	46	14,87	85,74	3,72	25,04
8	enero	53	12,98	98,72	7,06	54,37
9	enero	61	0,85	99,57	1,87	218,93
10	febrero	69	0,11	99,69	0,36	316,23
11	febrero	77	0,16	99,85	0,35	210,83
12	marzo	84	0,15	100,00	0,47	316,23
13	marzo	92	0,00	100,00	0,00	0,00
14	marzo	100	0,00	100,00	0,00	0,00

Tabla 10: Registro de temperatura y precipitación mensual a lo largo de la EC 2015 – 2016. Se indican temperatura máxima ( $T_{max}$ ), mínima ( $T_{min}$ ), media ( $T_{media}$ ), máxima absoluta  $T_{MAX}$ , mínima absoluta  $T_{MIN}$ , y precipitación acumulada ( $PP(+)$ ).

Mes	$T_{max}$ [°C]	$T_{min}$ [°C]	$T_{media}$ [°C]	$T_{MAX}$ [°C]	$T_{MIN}$ [°C]	$PP(+)$ [mm]
octubre	14,0	3,5	8,7	23,1	-1,9	9,00
noviembre	19,4	5,8	12,5	30,9	-3,0	7,00
diciembre	21,7	9,3	15,5	29,7	0,0	13,00
enero	25,5	11,7	18,7	34,7	16,5	6,00
febrero	24,5	11,3	17,6	37,0	6,6	19,00
marzo	24,3	9,7	16,0	30,5	1,4	4,00
abril	19,7	7,5	12,8	22,9	-1,4	60,00

Tabla 11: Datos individuales y medios de las condiciones del sitio (pendiente, exposición, altitud y cobertura del dosel) en que se encuentran los 30 individuos de *N. alpina*, *N. dombeyi* y *P. menziesii*, como así también las coordenadas geográficas con la ubicación de cada uno

Individuo	Pendiente [°]	Exposición [°]	Altitud [m s.n.m.]	Cobertura del dosel [%]	Coordenadas geográficas
Ra-1	10	160	840	77,18	S 40°08'44,09" W 71°20'52,46"
Ra-2	12	160	840	77,18	S 40°08'44,28" W 71°20'52,33"
Ra-3	10	180	840	91,50	S 40°08'43,98" W 71°20'52,79"
Ra-4	33	180	850	56,42	S 40°08'43,07" W 71°20'53,25"
Ra-5	32	160	850	56,42	S 40°08'43,28" W 71°20'53,41"
Ra-6	30	180	855	51,56	S 40°08'42,25" W 71°20'52,40"
Ra-7	18	125	860	68,05	S 40°08'42,33" W 71°20'53,23"
Ra-8	0	195	865	53,33	S 40°08'41,79" W 71°20'53,64"
Ra-9	10	180	840	91,50	S 40°08'43,98" W 71°20'52,79"
Ra-10	10	180	840	91,50	S 40°08'43,98" W 71°20'52,79"
Co-1	10	160	840	77,18	S 40°08'44,09" W 71°20'52,46"
Co-2	10	160	840	77,18	S 40°08'44,28" W 71°20'52,33"
Co-3	10	150	870	61,00	S 40°08'40,40" W 71°20'49,14"
Co-4	15	180	855	69,00	S 40°08'42,91" W 71°20'54,10"
Co-5	5	150	870	61,00	S 40°08'40,50" W 71°20'49,35"
Co-6	0	195	865	53,33	S 40°08'41,79" W 71°20'53,64"
Co-7	18	125	860	68,05	S 40°08'42,33" W 71°20'53,23"
Co-8	18	125	860	68,05	S 40°08'42,33" W 71°20'53,23"
Co-9	30	180	855	51,56	S 40°08'42,25" W 71°20'52,40"
Co-10	10	160	840	59,10	S 40°08'43,86" W 71°20'51,79"
Or-1	10	160	840	59,10	S 40°08'43,47" W 71°20'51,92"
Or-2	10	160	840	91,50	S 40°08'43,98" W 71°20'52,79"
Or-3	30	180	855	51,56	S 40°08'42,25" W 71°20'52,40"
Or-4	10	160	840	59,10	S 40°08'43,22" W 71°20'52,17"
Or-5	45	170	810	5,00	S 40°08'44,58" W 71°20'39,55"
Or-6	19	120	860	68,5	S 40°08'41,27" W 71°20'47,52"
Or-7	23	120	865	61,00	S 40°08'42,22" W 71°20'49,51"
Or-8	4	150	760	0,00	S 40°08'42,98" W 71°20'11,13"
Or-9	19	180	790	70,00	S 40°08'49,51" W 71°20'43,74"
Or-10	20	170	740	70,00	S 40°08'53,74" W 71°20'55,78"
$\bar{x}$	16,00	161,80	841,20	63,20	---
$\sigma$	2,49	10,60	21,43	30,02	---
C.V.	1,50	7,50	28,00	3,10	---

Figura 1: Imagen de ubicación del área de estudio. Jurisdicción Seccional Bandurrias, PN Lanín, provincia del Neuquén ( $40^{\circ} 08' 44,00''$  S y  $71^{\circ} 20' 53,39''$  O; 840 m s.n.m.). Fuente: <https://www.bing.com/mapspreview>.

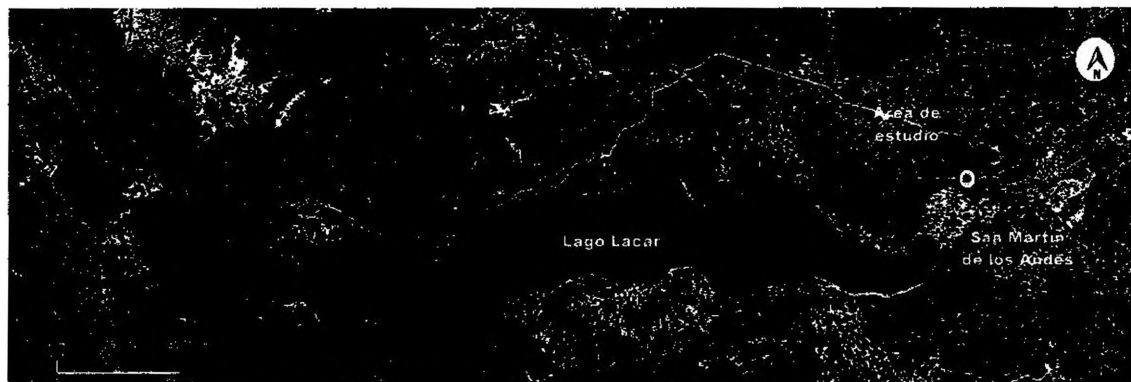


Figura 2: Climatodiagrama de la localidad de San Martín de los Andes ( $40^{\circ} 09' 22''$  S,  $71^{\circ} 20' 51''$  O). Fuente: AIC-AUSMA y Familia Weber (Hotel Lácar). Período 2000-2014. Método de Walter y Lieth, 1960. Realizado por Julieta Muñiz Saavedra Cátedra Climatología – DGBA.

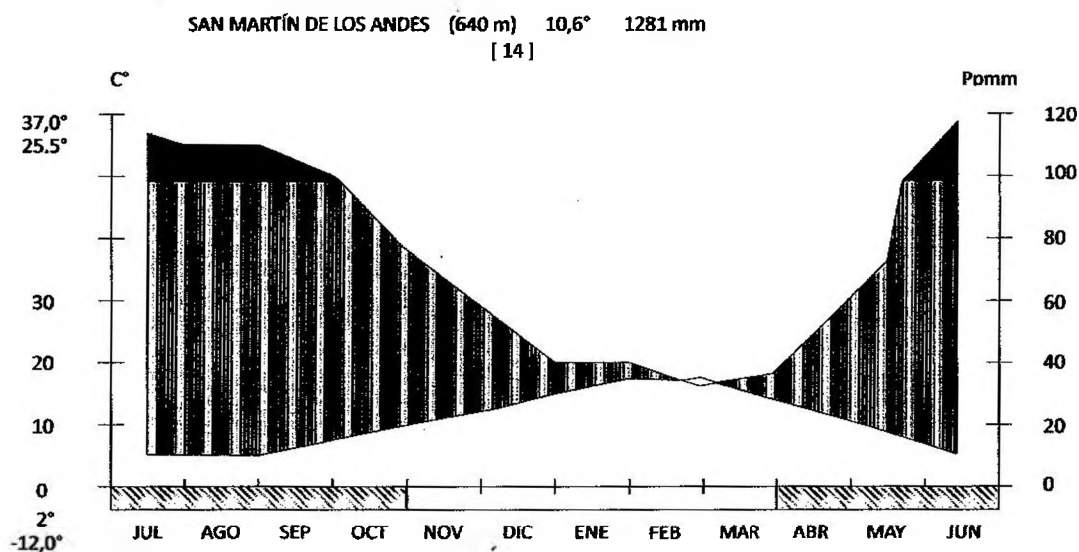


Figura 3: A: Medición del D30 de un ejemplar de *N. dombeyi* y B: medición del DAP de un ejemplar de *N. alpina*. La medición se realizó con papel milimetrado y siempre en el mismo lugar exacto del fuste con precisión de 1 mm (Autor: Sebastián Maciel).



Figura 4: A: Medición de las ramas de un ejemplar de *P. menziesii* y B: medición de las ramas de un ejemplar de *N. dombeyi*. La medición se realizó con una regla de aluminio graduada de 50 cm, con precisión de 5 mm (Autor: Sebastián Maciel).

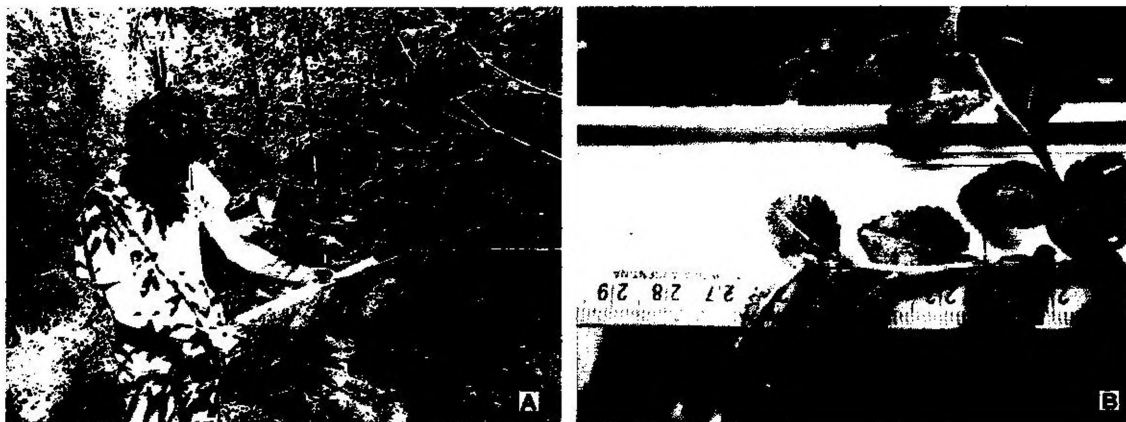


Figura 5: Estimación de la cobertura vegetal mediante fotografías hemisféricas. A: Captura de fotografía hemisférica en el campo (Autor: Juan Andrés Miller). B: Fotografía hemisférica obtenida de una cámara fotográfica digital Nikon® D80, provista de una lente hemisférica SIGMA® 4,5 mm (Autores: Hernán Attis Beltrán y Abel Velázquez). C: Imagen procesada por el programa Gap Light Analyzer® ver. 2.0.

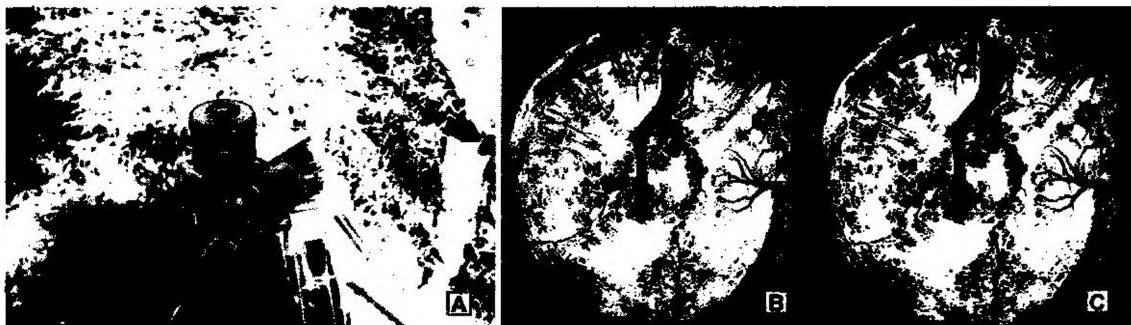




Figura 6: Incremento periódico medio del DAP de *N. alpina* (línea de rayas), *N. dombeyi* (línea continua) y *P. menziesii* (línea de puntos) a lo largo de la EC 2015 – 2016.  $IP_{DAP}$ : incremento periódico del DAP.

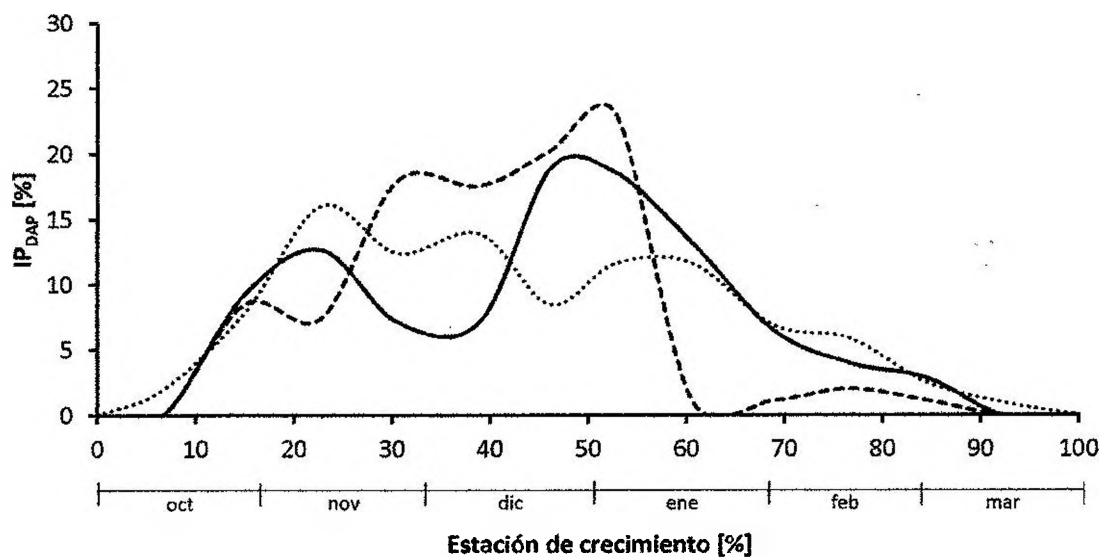


Figura 7: Incremento periódico medio acumulado del DAP de *N. alpina* (línea de rayas), *N. dombeyi* (línea continua) y *P. menziesii* (línea de puntos) a lo largo de la EC 2015 - 2016.  $IP(+)_DAP$ : incremento periódico acumulado del DAP.

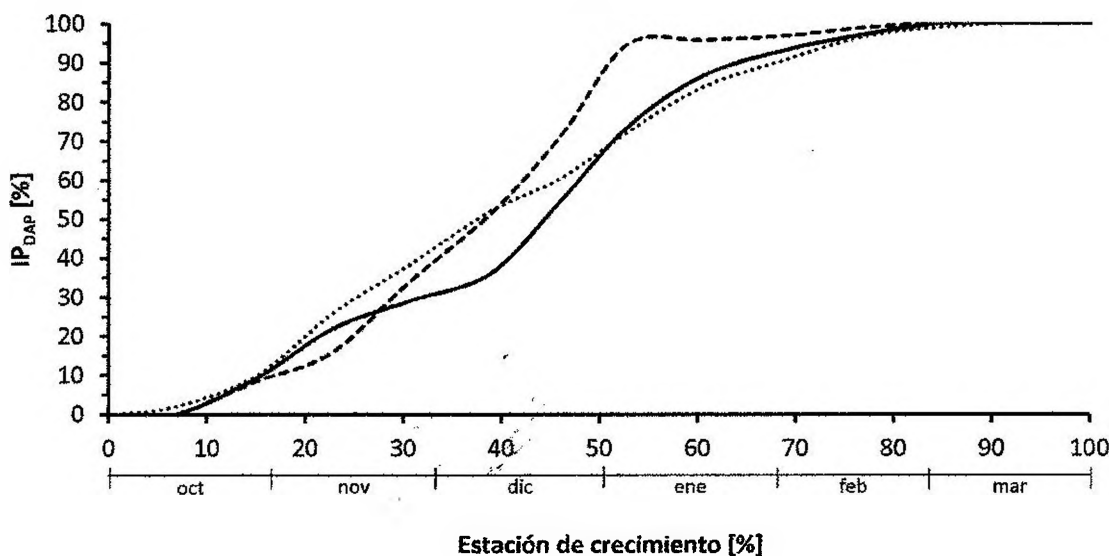


Figura 8: Incremento periódico medio de las ramas de *N. alpina* (línea de rayas), *N. dombeyi* (línea continua) y *P. menziesii* (línea de puntos) a lo largo de la EC 2015 - 2016.  $IP_{\text{ramas}}$ : incremento periódico de las ramas.

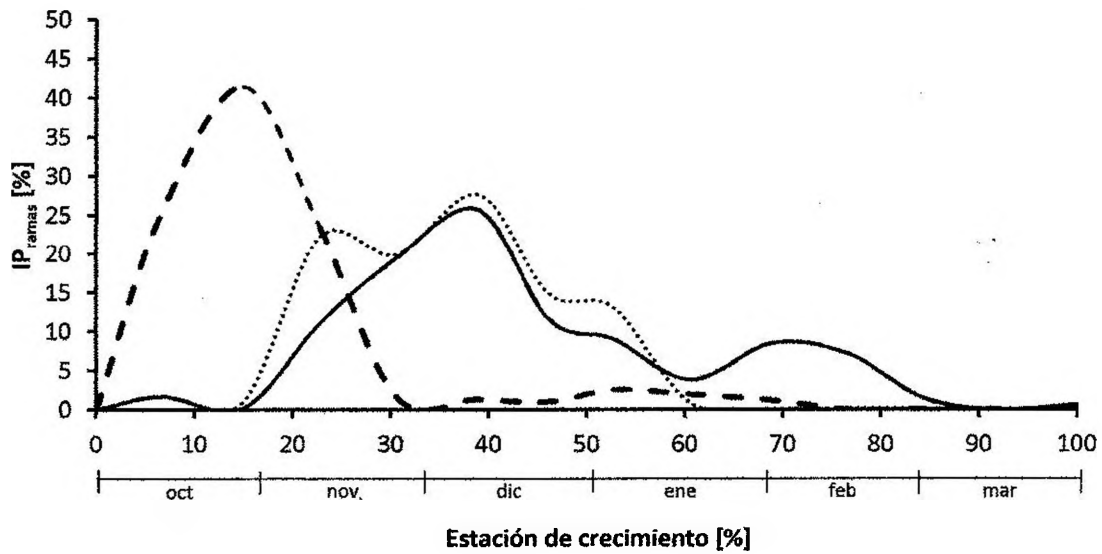


Figura 9: Incremento periódico medio acumulado de las ramas de *N. alpina* (línea de rayas), *N. dombeyi* (línea continua) y *P. menziesii* (línea de puntos) a lo largo de la EC 2015 - 2016.  $IP_{\text{ramas}}$ : incremento periódico de las ramas.

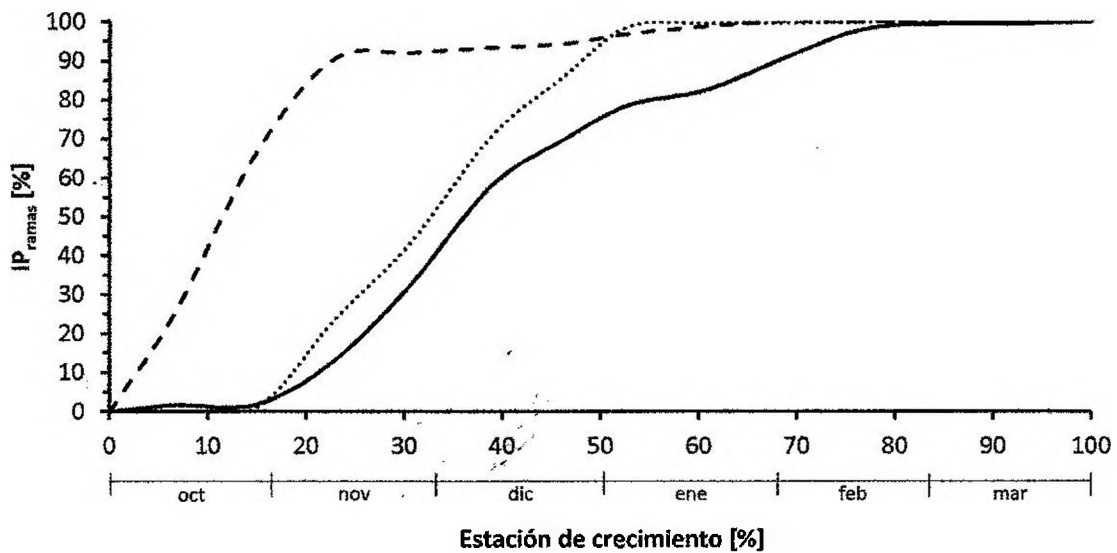


Figura 10: Oscilación de la temperatura y precipitación semanal (línea punteada) y quincenal (línea continua) durante la EC 2015 - 2016. Rojo: temperatura máxima; verde: temperatura media; azul: temperatura mínima y negro: precipitación.

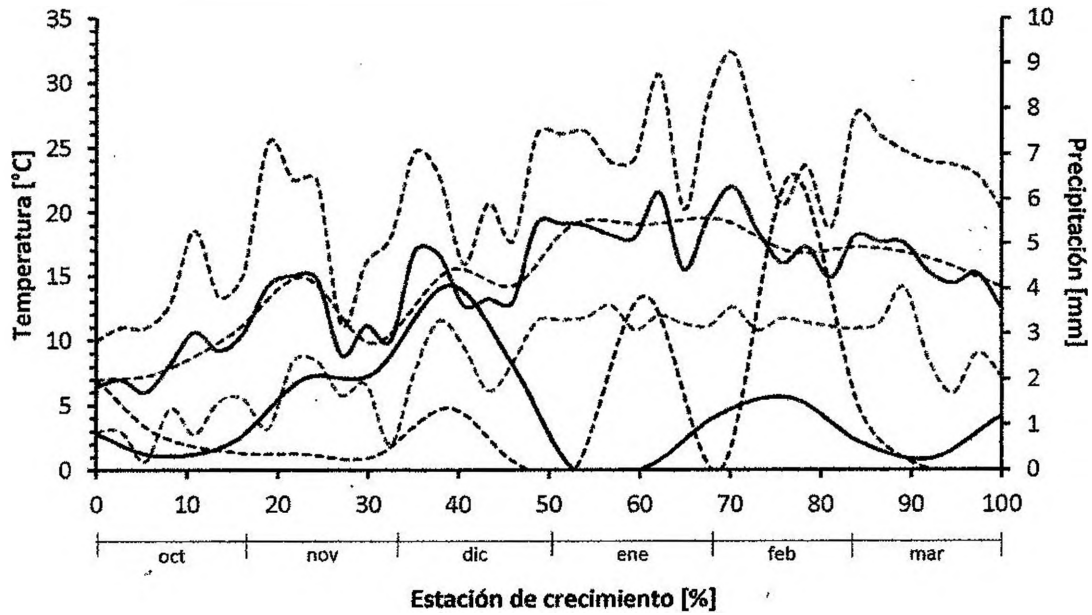


Figura 11: Vinculación de curvas medias de incremento periódico del DAP de *N. alpina* (línea de rayas), *N. dombeyi* (línea continua) y *P. menziesii* (línea de puntos) con la temperatura semanal (línea punteada) y quincenal (línea continua) durante la EC 2015 - 2016. Rojo: temperatura máxima; verde: temperatura media; azul: temperatura mínima.  $IP_{DAP}$ : incremento periódico del DAP.

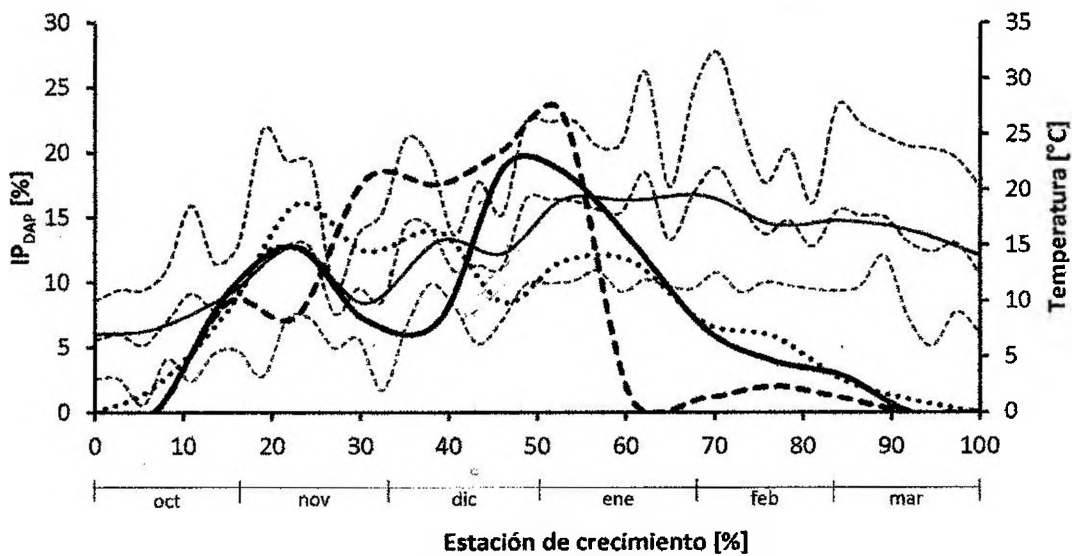


Figura 12: Vinculación de curvas medias de incremento periódico de las ramas de *N. alpina* (línea de rayas), *N. dombeyi* (línea continua) y *P. menziesii* (línea de puntos) con la temperatura semanal (línea punteada) y quincenal (línea continua) durante la EC 2015 - 2016 Rojo: temperatura máxima; verde: temperatura media; azul: temperatura mínima.  $IP_{ramas}$ : incremento periódico de las ramas.

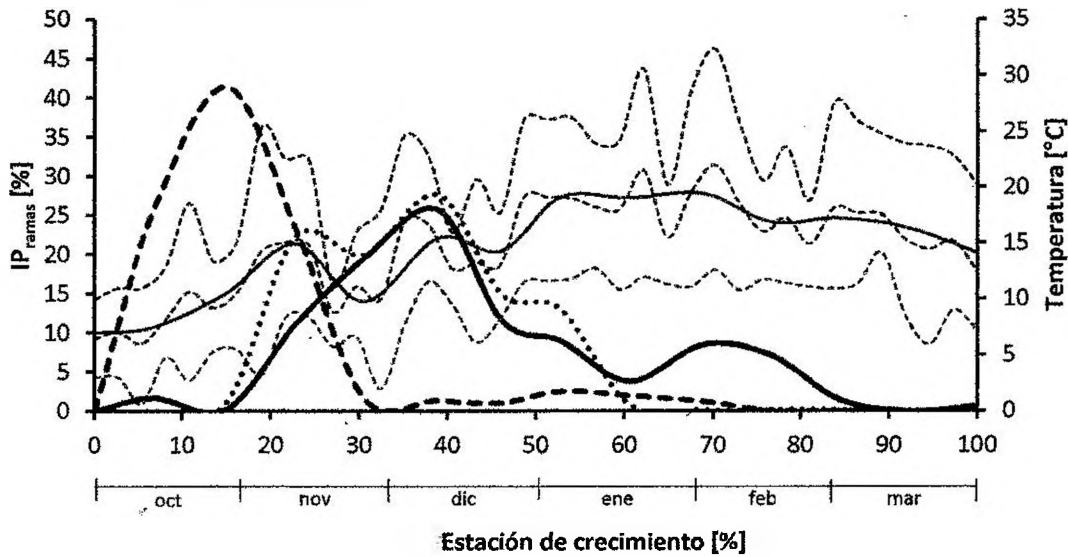


Figura 13: Vinculación de curvas medias de incremento periódico del DAP de *N. alpina* (línea de rayas), *N. dombeyi* (línea continua) y *P. menziesii* (línea de puntos) con la precipitación semanal (línea punteada) y quincenal (línea continua) durante la EC 2015 - 2016.  $IP_{DAP}$ : incremento periódico del DAP.

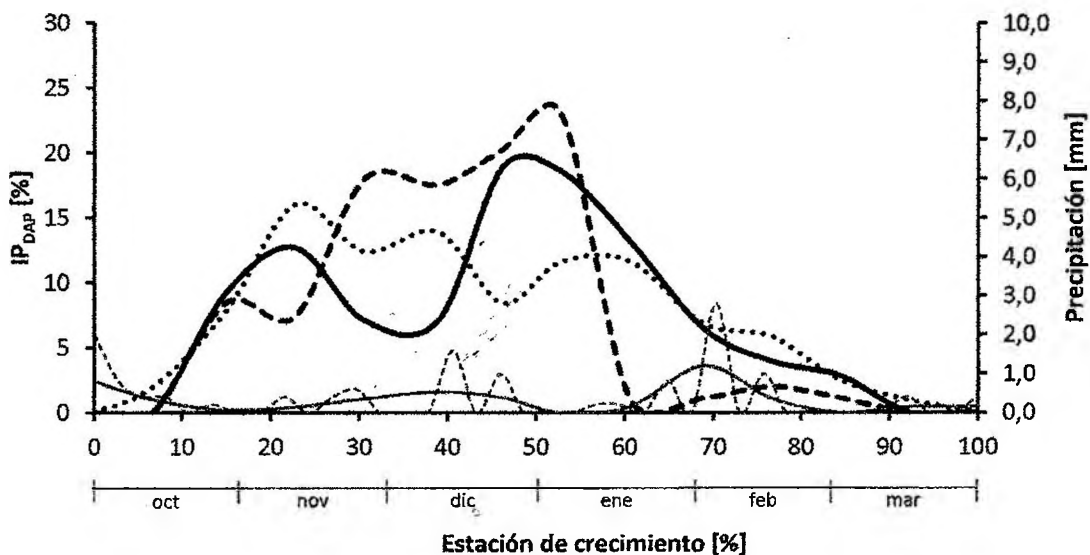


Figura 14: Vinculación de curvas medias de incremento periódico de las ramas de *N. alpina* (línea de rayas), *N. dombeyi* (línea continua) y *P. menziesii* (línea de puntos) con la precipitación semanal (línea punteada) y quincenal (línea continua) durante la EC 2015 - 2016.  $IP_{ramas}$ : incremento periódico de las ramas. Azul: precipitación

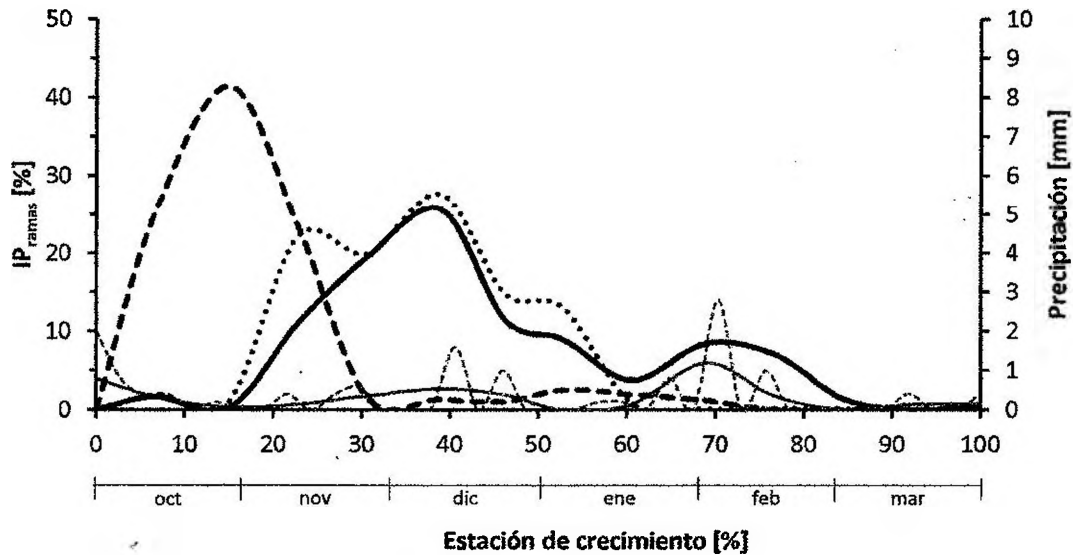


Figura 15: Vinculación de curvas de incremento periódico medio del DAP (línea punteada) y de ramas (línea continua) de 2 árboles de *N. alpina* con la precipitación media semanal (línea punteada) y quincenal (línea continua) durante EC 2015 - 2016. Azul: precipitación.

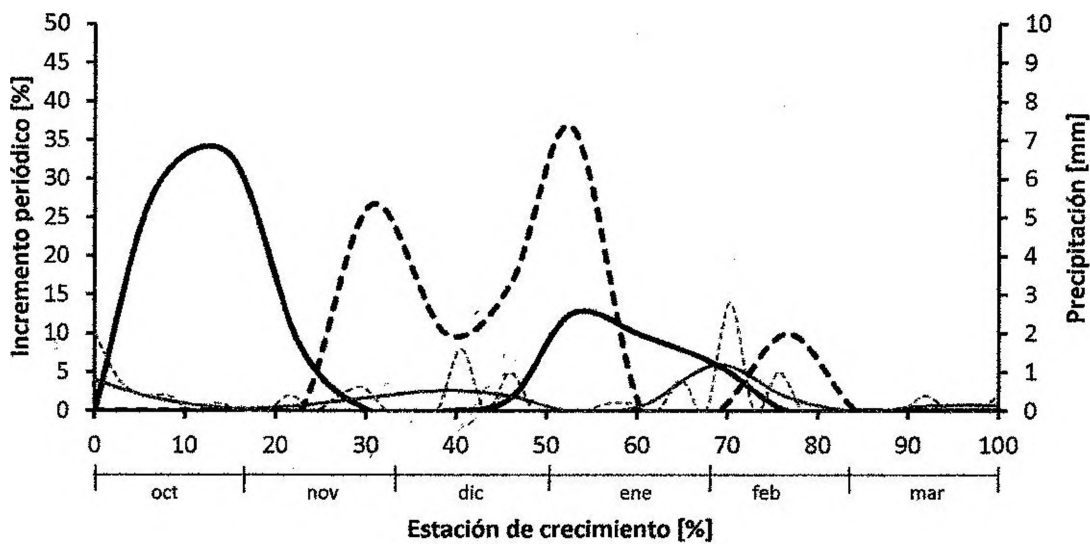


Figura 16: Cuadro comparativo de estrategias de crecimiento empleadas por *N. alpina*, *N. dombeyi* y *P. menziesii* a lo largo de la EC. Culminación de las ramas y culminación del diámetro corresponde al momento en que se producen los máximos de la curva de incremento. La distribución de las ramas y distribución del diámetro corresponden al porcentaje de la EC que la planta asigna al incremento de estas partes. La fase de incremento está dada por el momento en que se interceptan las curvas de incremento del diámetro y las ramas. La relación de incremento (ramas / diámetro) parte de la proporción en porcentaje del área bajo las curvas de incremento correspondiente a cada fase.

