

# COMUNIDADES VEGETALES Y ECOSISTEMAS TERRESTRES

## INFORME FINAL

Juan H. Gowda

### **Colaboradores:**

***Thomas Kitzberger***

(Informes 4 y 5, edición general)

***Mónica Mermoz***

(Métodos de clasificación de vegetación, dinámica de fuegos)

***Priscila Edwards***

***Laura Suarez***

(Elaboración Mapa, Informes 1 y 2)

***Santiago Quiroga***

***Laura Cavallero***

***Melisa Blackhall***

(Extracción maderera en PNNH)

***Eduardo Rapoport***

***Ana Ladio***

(Especies introducidas)

### **Revisores (DRPN)**

Claudio Chehebar

Anahí Perez

Cecilia Nuñez

Bariloche, 30 de enero de 2014

Actualización de los Planes de Manejo del Parque Nacional Lanín y Parque Nacional Nahuel Huapi. Programa de mejora de la competitividad del sector turismo.

CRÉDITO BID 1648/OC-AR

## Tabla de contenido

Resumen ejecutivo.....	3
Impacto antropogénico en el Parque Nacional Nahuel Huapi.....	6
Fuego como disturbio a escala de paisaje.....	6
Herbívoros introducidos al PN Nahuel Huapi.....	12
Extracción maderera y forestaciones con exóticas.....	15
Especies vegetales introducidas.....	22
Dinámica de comunidades del Parque.....	25
Redefiniendo el concepto de comunidades vegetales.....	25
Dinámica de bosques húmedos.....	30
Bosques subhúmedos.....	31
Bosques secos.....	32
El fuego, un disturbio complejo.....	33
Invasión de árboles en el ecotono, un cambio del último siglo.....	35
Matorrales y pastizales sucesionales.....	35
Integrando el marco teórico a la actualidad del PNNH.....	36
Dinámica de comunidades y cambio global.....	38
Regeneración del bosque y variabilidad climática.....	39
Fuego y clima.....	40
Comunidades vegetales y ambientes y/sitios de valor especial.....	41
Elaboración del Mapa de Vegetación del P.N. Nahuel Huapi.....	45
Características del mapa entregado.....	45
Caracterización de las Unidades de Vegetación.....	45
Metodología para elaboración del mapa.....	47
Estrategia de elaboración del mapa de vegetación.....	48
Captura de datos.....	49
Clasificación automática.....	50
Estrategia para el monitoreo de la vegetación del PNNH.....	51
Sistema de detección, relevamiento y seguimiento de eventos.....	52
Relevamiento de la magnitud y severidad de evento.....	54
Procesos de largo plazo.....	57
Parcelas de monitoreo básico.....	58
Sitios de investigación de largo plazo (LTRS).....	60
Propuesta de estrategia de monitoreo para el PNNH.....	64

## **Resumen ejecutivo**

En este informe se presenta una revisión del estado actual de las principales comunidades vegetales del Parque Nacional Nahuel Huapi, así como de los procesos, tanto naturales como antropogénicos, que determinan su dinámica y elaboramos propuestas concretas para establecer un sistema de captura de información sobre los mismos que permita a la Administración de Parques Nacionales una mayor comprensión de dichos procesos.

Complementariamente, documentamos los pasos dados para la elaboración del nuevo mapa de vegetación y proponemos una metodología sencilla de captura de datos que permita la actualización progresiva de componentes estructurales y composicionales de las comunidades mapeadas.

### ***Procesos antropogénicos***

Si bien el ser humano ha estado presente en los bosques y praderas que conforman hoy el PNNH, poco sabemos de su interacción con el entorno más allá de los últimos 100 años. Desde entonces, los procesos más relevantes a escala de paisaje asociados a la presencia del ser humano son el fuego, la ganadería, la extracción maderera y la introducción de nuevas especies.

### ***Fuegos***

Una revisión de mapas de históricos de vegetación y registros de fuegos indica que, luego de los grandes fuegos que marcaron la colonización de la región por colonos de origen europeo, el bosque está en un proceso claro de recuperación, siendo los bosques dominados por ciprés los que más están avanzando en la actualidad, colonizando principalmente matorrales post-fuego. Los registros de focos indican un aumento continuo de los mismos, principalmente asociados a caminos y ciudades, en tanto que los registros de áreas quemadas indican que las mismas están fuertemente asociadas con los grandes fuegos que ocurren esporádicamente en el Parque. Los grandes incendios están asociados por lo general a primaveras o veranos secos, afectando principalmente a comunidades de matorral en exposición norte y en áreas cercanas a centros urbanos. El avance de bosques tanto en áreas quemadas como a través de procesos sucesionales, por el contrario, se centra en áreas más retiradas de los caminos, asociándose a laderas sudeste, cursos de agua y roquedales.

### ***Ganadería***

Un análisis de las declaraciones juradas asociadas a permisos de pastaje indica que la presión ganadera ha disminuido fuertemente en el Parque, siendo hoy menos del 40% de la registrada al constituirse en área protegida. El ganado menor (ovejas y cabras) muestran la mayor reducción, habiéndose reducido a menos de 1000 individuos (menos del 20% del histórico), en tanto que el ganado vacuno y equino oscila entre 2000 y 3000 cabezas habiéndose documentado más de 3500 cabezas en la época de constitución del Parque. Mas allá de la política de protección del Parque, tendiente a reducir la presión ganadera en las áreas de mayor restricción, los datos de las declaraciones juradas indican una mayor reducción del número de animales en las áreas con menor valor de protección (Reserva), indicando que la reducción de la actividad ganadera puede estar parcialmente determinada por el avance de los bosques y matorrales sobre áreas incendiadas a principios de siglo

### ***Uso maderero***

En base a las guías de los últimos 20 años, hemos podido documentar un fuerte aumento en la extracción maderera del Parque. La mayor presión extractiva se concentra en matorrales de áreas fiscales, principalmente para la elaboración de leña. La principal especie forestal nativa extraída es el ciprés, habiéndose documentado un fuerte aumento en la extracción de coníferas exóticas durante los últimos 10 años.

### ***Especies introducidas***

Se registran aproximadamente 250 especies exóticas en el Parque, siendo por lo general plantas heliófilas asociadas a disturbios, lo que implica que su dispersión está asociada a otros procesos tales como los incendios, la ganadería y el mantenimiento de caminos. Algunas especies de alto impacto visual (retama, lupinos, sauces) muestran una expansión asociada a caminos y cursos de agua. Las coníferas introducidas muestran una tendencia a expandirse más allá de áreas disturbadas, invadiendo matorrales y bosques, por lo que podrían tener un alto impacto en la dinámica de las comunidades del parque. Por lo general, las especies introducidas son herbáceas y más del 60 % de las mismas han sido documentadas como comestibles. Dado que las mismas dominan las comunidades disturbadas, la promoción del uso de las mismas tendría un bajo impacto negativo sobre las comunidades nativas del Parque, pudiendo ser una buena alternativa para el desarrollo de actividades de educación ambiental de visitantes y residentes.

### ***Procesos naturales***

Si bien el Parque Nacional Nahuel Huapi fue fundado bajo un paradigma de conservación clásico, la interacción con la creciente población radicada en el mismo y su creciente afluencia turística ha llevado a una revisión continua de las prioridades de manejo y a la elaboración de un primer Plan de Manejo, durante el año 1986, el cual no sólo reconoce la importancia funcional del PN como cabecera de cuenca de dos sistemas hídricos de gran importancia económica, sino que expone las principales interacciones entre el ser humano y su entorno, incluyéndolas explícitamente en una visión de manejo.

Iniciamos el capítulo sobre procesos naturales con una breve descripción de los principales procesos que determinan la dinámica de los bosques del Parque, agrupándolos según los niveles de precipitación que reciben, ya que el fuerte gradiente de precipitación que caracteriza al Parque modela fuertemente la dinámica de sus bosques.

Describimos brevemente los procesos que han modelado la vegetación que domina hoy el Parque, centrándonos en aquellos que consideramos que han contribuido a determinar la dinámica actual de las principales comunidades vegetales (tectonismo, fuegos, supresión de fuego) y exploramos posibles escenarios futuros de cambio en la región, asociados al cambio climático.

Sobre la base de nuestra visión actual de la dinámica de las comunidades del Parque presentamos al final del capítulo algunas propuestas de determinación de sitios de alto valor de conservación. Para la determinación de los mismos focalizamos principalmente en su potencial como refugios de algunas especies ante un escenario de mayor variabilidad climática.

### ***Elaboración del nuevo mapa***

Se elaboró una actualización del mapa de vegetación del Parque Nacional Nahuel Huapi utilizando una combinación de digitalización manual en pantalla de imágenes Quickbird de alta resolución en la plataforma de Google Earth, y clasificación automática de series temporales de imágenes Aster utilizando el módulo MAXENT de la plataforma IDRISI. Se realizaron vuelos fotográficos de control en los Parques Nacionales Lanin y Nahuel Huapi, durante el otoño del 2010, que permitieron la estimación del error de clasificación entre comunidades vegetales del Parque. Un total de 15,000 fotos aéreas georreferenciadas tomadas durante dichos vuelos permitirán un seguimiento general de los cambios de cobertura del Parque en el futuro.

#### **Captura de datos estructurales y composicionales**

Se presentó una propuesta concreta para captura sistemática de datos composicionales y estructurales a escala local, elaborándose una base de datos relacional en Access que permitiría asociar los datos capturados al mapa general de vegetación. Un registro continuo de estos datos en una planilla estándar es un mecanismo sencillo y económico para mejorar paulatinamente el mapa de vegetación, incrementando las posibilidades de análisis de su dinámica.

### ***Sistema de monitoreo***

Se propone dividir el monitoreo de procesos y eventos característicos del Parque en dos líneas de trabajo: La captura de datos asociados a ***eventos*** debería realizarse mediante esfuerzos dirigidos específicamente a la determinación de su magnitud y severidad, combinados con una inversión en equipamiento adecuado para la captación continua de parámetros base (temperatura, viento, precipitación, movimiento, productividad, producción de frutos y semillas, establecimiento, mortandad, etc.) a escala local. El estudio detallado de ***procesos*** considerados de importancia para la dinámica del Parque debería centrarse en áreas que permitan la integración de estudios sistemáticos de largo plazo. Para estos últimos, consideramos que la creación y mantenimiento de Sitios de Investigación de Largo Plazo (LTRS en inglés) constituiría una estrategia adecuada para el Parque, debido a su alto valor para la comprensión de procesos a diferentes escalas. El PNNH tiene varios sitios que ya nuclean un importante número de investigadores, siendo adecuados por su ubicación, infraestructura y para constituirse también en centros de educación ambiental y de divulgación.

## ***Impacto antropogénico en el Parque Nacional Nahuel Huapi***

Los seres humanos han mantenido una presencia continua en el Parque nacional Nahuel Huapi desde hace aproximadamente 3000 años. Estudios recientes al sur del PN dan sustento a una hipótesis de presencia humana continua desde al menos 1500 años y de un incremento de la misma hace aproximadamente 500 años.

A partir de mediados del 1800, la creciente afluencia de colonos de origen europeo a la región del Parque implica un cambio dramático y bien documentado de la interacción del hombre con el paisaje que caracterizaba a la zona actualmente delimitada por el PN. A la fecha de creación del Parque Nacional Nahuel Huapi en su configuración actual, aproximadamente 40 familias habitaban la zona considerada hoy como Parque Nacional, bajo un esquema de permisos precarios de ocupación, y otras tantas mantenían títulos de propiedad, principalmente en la zona Nordeste del PN, considerada hoy como Reserva.

Desde entonces, la población rural del PN no ha experimentado cambios significativos, pero sí los centros urbanos y periurbanos, así como el desarrollo turístico. Ambos se han expandido durante las últimas décadas, siendo hoy una de las principales condicionantes de procesos de cambio en el PN. En particular, las ciudades de Bariloche y Villa La Angostura basan gran parte de sus economías en actividades turísticas asociadas al PN, en tanto que Villa Traful, Mascardi y Villegas se han consolidado como pequeños centros urbanos de actividades múltiples.

Si bien desconocemos la magnitud de la interacción entre seres humanos y su entorno en tiempos remotos, existe una clara evidencia de presencia recurrente en los valles y áreas ecotoniales de Patagonia norte de comunidades nómades dedicadas principalmente a la caza y recolección y que utilizaron el fuego como herramienta de cacería, al menos en las la zona de transición entre bosque y estepa. Las mismas fueron reemplazadas hace 150 años por colonos que establecieron sistemas agrícolas de subsistencia y ganadería extensiva. Un rápido crecimiento de los centros urbanos asociados al Parque (principalmente Bariloche y Villa La Angostura) y la expansión del uso del PN para actividades asociadas al turismo en contacto con la naturaleza constituyen hoy la principal actividad antrópica en el parque.

En el presente informe, definiremos los principales procesos asociados a las actividades humanas descritas arriba para cuantificar su posible impacto sobre la dinámica de la comunidad vegetal del PN Nahuel Huapi. Si bien muchos de los procesos analizados en este informe son relevantes para los PN Lanin, Lago Puelo y Los Alerces, los datos utilizados se limitan a aquellos generados por la Intendencia del PN Nahuel Huapi, por lo que cualquier extrapolación debería ser revisada por las respectivas intendencias.

### **Fuego como disturbio a escala de paisaje**

#### ***Fuego y cacería en el ecotono entre bosque y estepa***

Si bien existen pocos datos sobre recurrencia de fuego para series de largo plazo, estudios dendrocronológicos indican que antes de la inmigración de colonos europeos a la región, los bosques andinos estaban caracterizados por una alta recurrencia de fuego en la zona de transición entre bosque y estepa (Este del PN Nahuel Huapi), asociados principalmente con el sistema de cacería por parte de las comunidades originarias de la región y de una muy baja recurrencia de fuegos en las zonas boscosas mas húmedas (>150 años).

La colonización de la región por inmigrantes de origen europeo conllevó el exterminio de gran parte de la población indígena y la finalización del régimen de fuego asociado a las cacerías. El uso del arma de fuego, la introducción de ganado ovino y posiblemente enfermedades asociadas al mismo como la aftosa podrían haber precipitado la dramática reducción del huemul en áreas de transición y valles.

El efecto mensurable de dicho cambio de uso del suelo ha sido una expansión de los bosques de ciprés en la zona del ecotono, proceso que continúa hoy el cual está condicionado principalmente por la ganadería extensiva y la recurrencia de fuegos naturales. El área noreste del PN Nahuel Huapi es representativa de este proceso de recuperación. Mas adelante analizaremos los principales condicionantes actuales del mismo. La magnitud del cambio asociado a la desaparición de los sistemas tradicionales de cacería son difíciles de evaluar a escala de paisaje ya que se confunde con procesos históricos más recientes.

### *Fuego y expansión ganadera*

El establecimiento de familias de colonos en los bosques de la región fue acompañado por un período de grandes incendios que permitieron a los pobladores generar las pasturas necesarias para alimentar a su ganado. Durante aproximadamente 50 años, los bosques de la región se retrajeron como resultado de dichos incendios. Este período llega a su fin a principios del siglo XX. Según los mapas de uso del suelo elaborados en 1914, aproximadamente el 5% del PN había sido recientemente afectado por incendios (Mapa 1). Consideramos hoy que estos fuegos fueron por lo general iniciados intencionalmente, afectando posiblemente bosques maduros y matorrales, y dando inicio a una fase de recuperación dominada por matorrales, pastizales y en muchos casos renovales de coihue, lenga y ciprés.

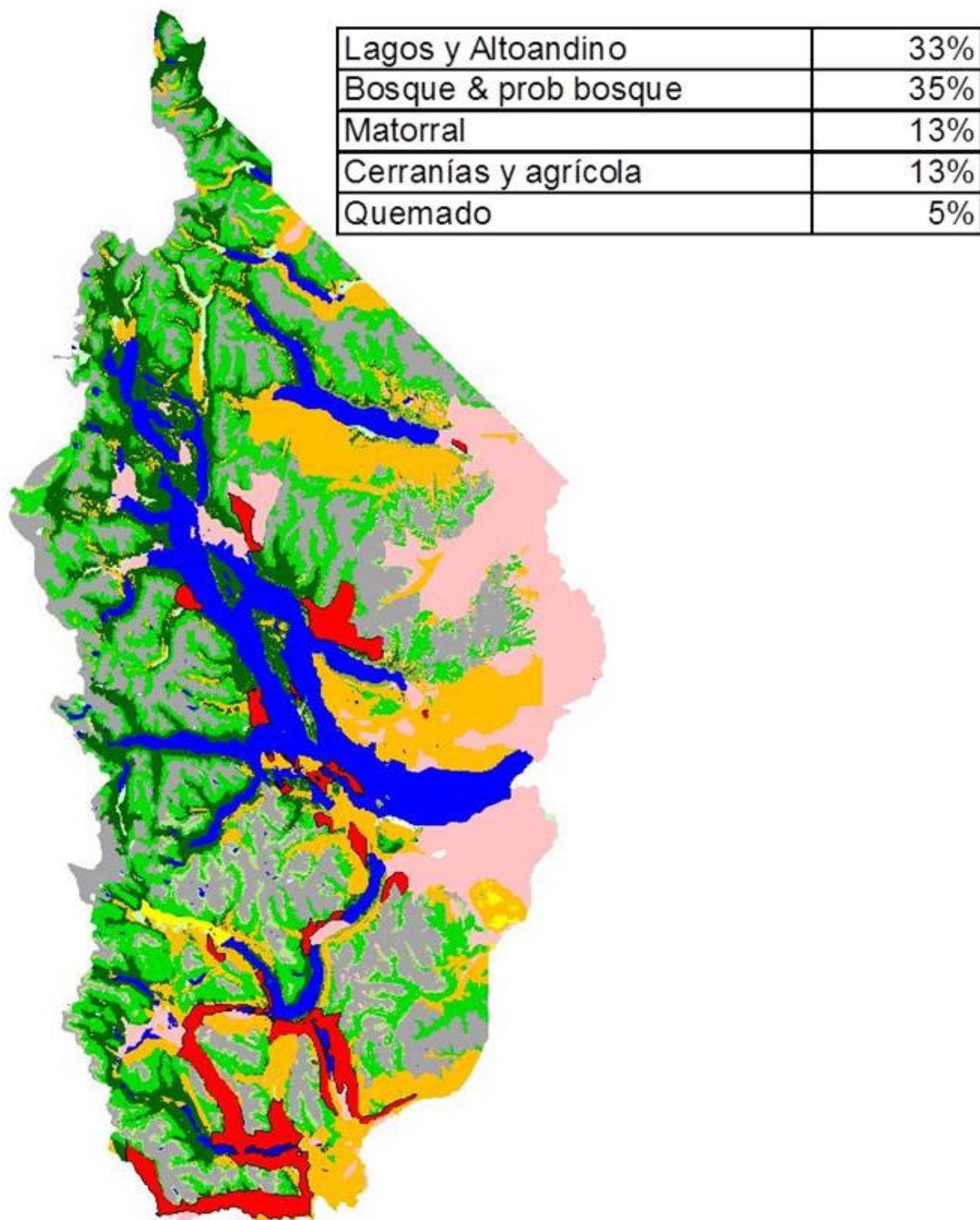
Si bien desconocemos la proporción de comunidades vegetales afectadas por los incendios de este período, consideramos que los bosques dominados por ciprés y en menor grado coihue deberían ser los más afectados. Un indicador de la posible recuperación de los bosques incendiados es la vegetación actual de las áreas afectadas por incendios de principios de siglo. En la **tabla 1** presentamos un resumen del aumento registrado por los principales tipos de bosque del PN en el que se evidencia que los bosques de coihue son los que más se han expandido en áreas incendiadas, en tanto que los bosques dominados por ciprés y lenga muestran una mayor regeneración en áreas cubiertas históricamente por matorral. Cabe destacar que los bosques de ciprés muestran un aumento relativo muy superior a las otras comunidades boscosas (tabla 1). Estos bosques son los menos abundantes del PN, pero los que tienen mayor valor maderero, lo que determina otra interacción con los habitantes de la región.

**Tabla 1.** Posible composición de la vegetación del área afectada al PN en 1914 y contribución de áreas incendiadas, matorrales y serranías al incremento en la superficie actualmente cubierta por bosques.

NH 2010\NH 1914	Bosques 1914	Incendios	Matorrales	Serranías y agrícola	Incremento (has)	Incremento (%)	
Lenga	74,939	5,081	11,347	5,923	22,351	30%	
Coihue	72,548	12,273	7,342	4,618	24,233	33%	
Cipres	5,288	1,589	6,318	6,022	13,929	263%	
Lenga achaparrada	5,303						
Balance bosque	-	34,786	18,943	25,007	16,563	25,727	13%
Contribución neta	-18%	10%	13%	9%	13%		



**Mapa 1.** Principales comunidades vegetales del PN a principios del siglo XX. Interpretación sobre mapas de BW 1914



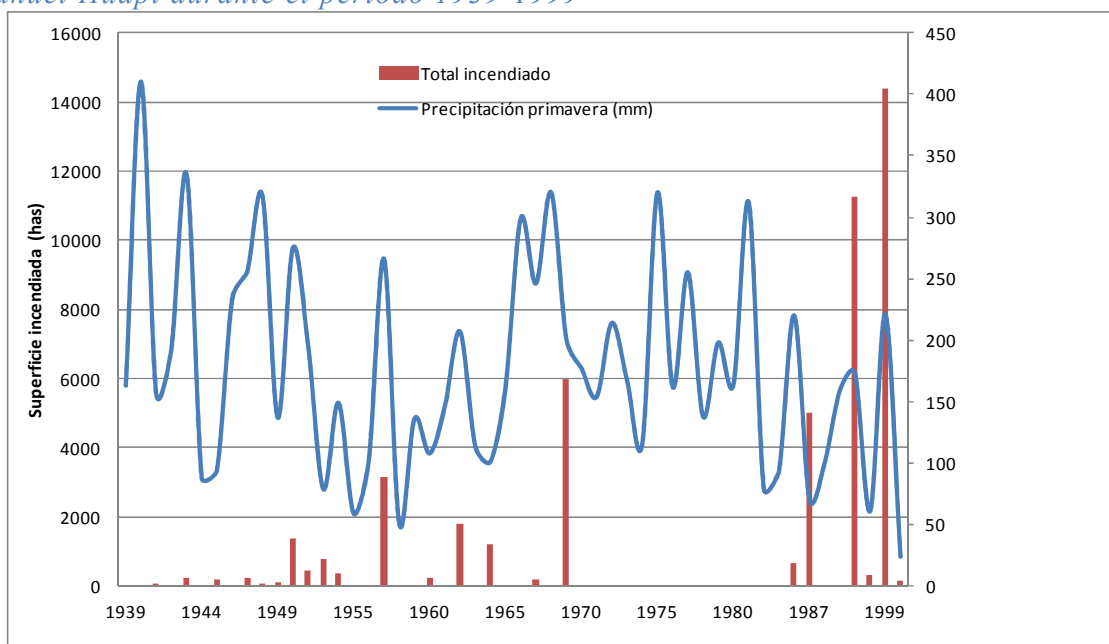


### *Incendios recientes, mayor presencia humana y variabilidad climática*

El PN Nahuel Huapi mantiene un registro de incendios que se inicia en 1939. La historia de fuego de los últimos 70 años puede dividirse en períodos caracterizados por precipitaciones relativamente altas y ausencia de grandes incendios, alternados con períodos de bajas precipitaciones y grandes incendios (Figura 1):

Un análisis de la serie de datos del Parque indica que los grandes incendios de matorral y bosques en el PN Nahuel Huapi están asociados con primaveras con precipitaciones inferiores a la media.

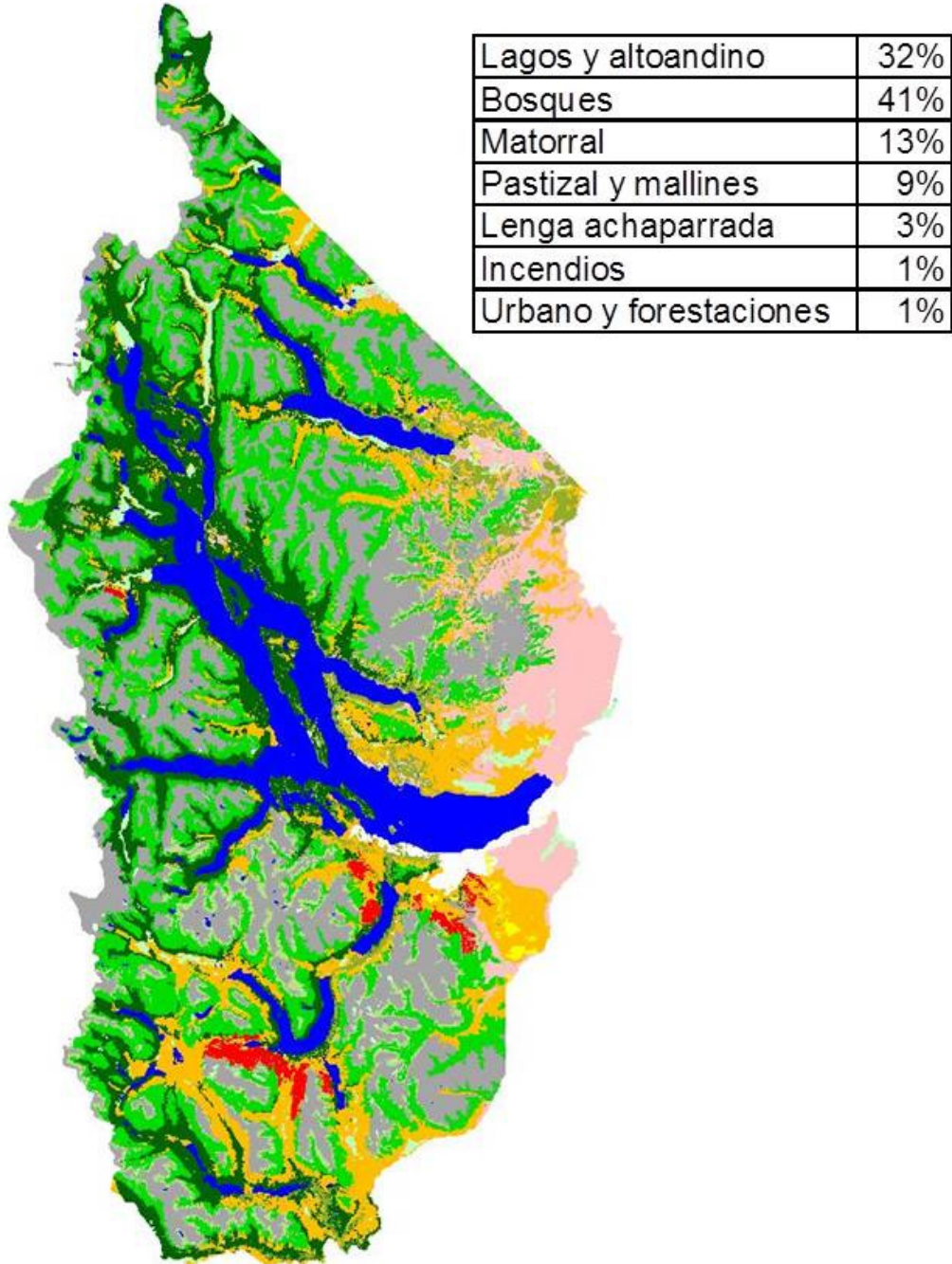
*Figura 1. Precipitación de primavera y superficie quemada según registros del PN Nahuel Huapi durante el período 1939-1999*



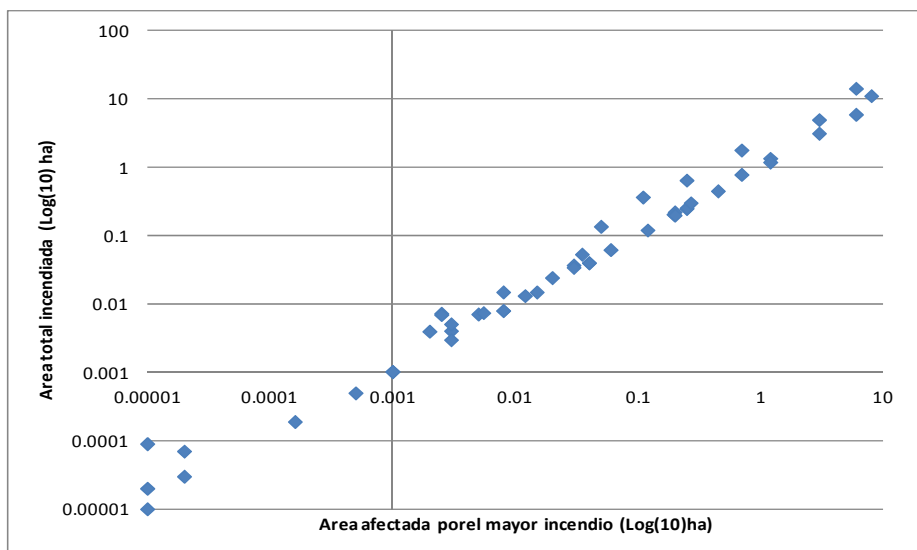
Durante el período 1987-1999 se registra la mayor superficie anualmente afectada por incendios desde la creación del PN. A diferencia del resto de los registros, durante este período, el mayor incendio de un determinado año sólo contribuye con el 35-70% de la superficie total quemada (Figura 2).

Si bien se verifica un incremento en la frecuencia de grandes incendios en el Parque a partir del año 1987, la superficie total quemada desde entonces es sensiblemente inferior a la estimada para la zona hace 100 años. Esto se refleja a escala de paisaje en un aumento generalizado de los bosques de la región, en particular aquellos dominados por cipres, a través de procesos sucesionales, y los de coihue en áreas históricamente incendiadas (Mapa 2).

**Mapa 2.** Principales comunidades vegetales del PN a principios del siglo XXI. Interpretación sobre imágenes Quickbird y Aster 2005-2007. Incendios 1996 - 1999



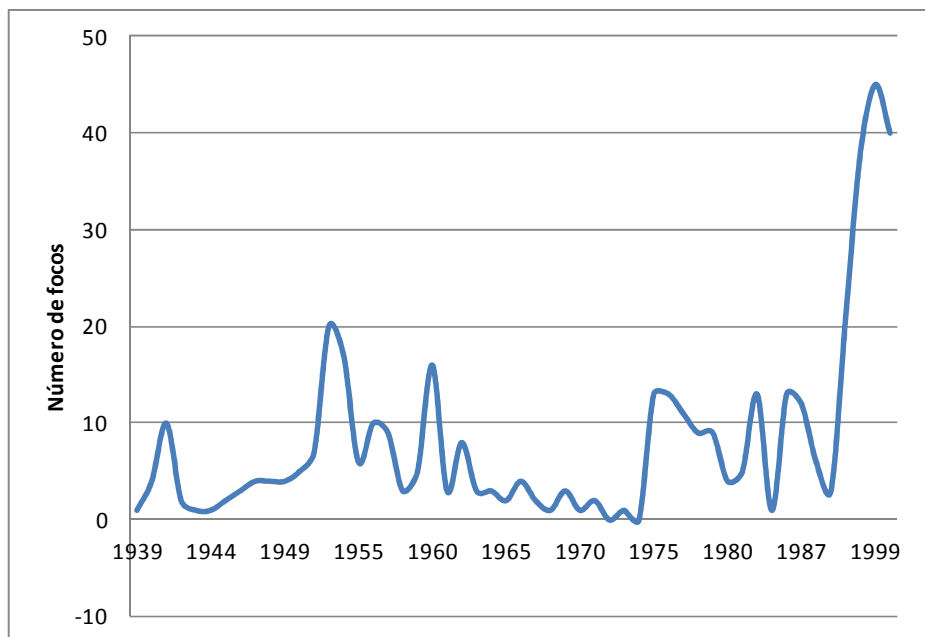
**Figura 2.** Relación entre la superficie afectada por el mayor incendio y superficie total quemada durante el período 1939 y 1999 en el Parque Nacional Nahuel Huapi.



Una revisión de las principales variables asociadas con los incendios recientes del parque indican que los matorrales en exposición norte y áreas de precipitación intermedia son más afectados que otras comunidades vegetales del Parque.

La estadística del PN indica también que la mayoría de los focos de incendio están asociados a caminos, siendo en gran medida de origen antrópico directo. El número de focos ha aumentado los años 1996-1999 (figura 3), lo que incide en la probabilidad de inicio de grandes incendios.

**Figura 3.** Número de focos registrados en el PN Nahuel Huapi durante el período 1939-1999



### **Consideraciones, incendios**

Estudios recientes indican que en sistemas con baja recurrencia de incendios, el clima es el principal condicionante del área anualmente afectada, siendo poco eficientes tanto la prevención como el combate de los mismos.

La dinámica de fuegos del PN está determinada en gran medida por la expansión de matorrales asociada a los grandes incendios de fines del siglo XIX, siendo afectada por variables climáticas (períodos de baja precipitación), edáficas (exposición) y antropogénicas (focos principalmente asociados a actividad humana, cambio climático aumenta la variabilidad de las precipitaciones), lo que permite determinar con bastante certeza períodos y áreas de mayor riesgo de incendio sobre los que focalizar estrategias de prevención.

Consideramos que a escala de paisaje el PN Nahuel Huapi está constituido por matorrales altamente combustibles cercanos a los principales caminos y áreas urbanas, que recuperan su combustibilidad a los pocos años de ser afectados por un incendio, y bosques de menor combustibilidad, en particular en su estadio adulto, que funcionan como cortafuegos naturales durante años de precipitaciones medias o altas, pero que pueden ser afectados por grandes incendios durante períodos prolongados de bajas precipitaciones.

Dado que grandes incendios asociados a condiciones climáticas extremas no son por lo general controlables y que el número de focos ha aumentado los últimos años, los esfuerzos deberían centrarse más en la prevención (educación ambiental de los visitantes y habitantes del PN, reducción de combustibilidad de áreas cercanas a sitios de alto valor de conservación mediante manejo silvícola, etc) que en el combate de incendios mayores a 10 hectáreas.

### **Herbívoros introducidos al PN Nahuel Huapi**

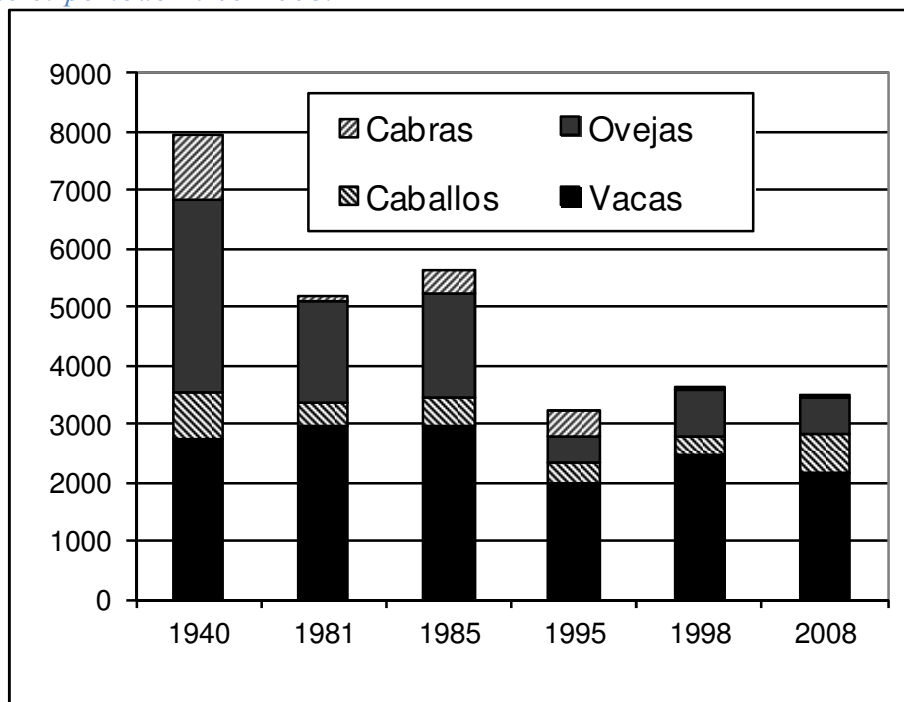
Si bien ya existía ganado vacuno cimarrón en los boques de la región a mediados del siglo XIX, los grandes incendios de fines del siglo XIX permitieron su rápida expansión, dando origen a un sistema de manejo semiextensivo de invernadas en los valles y veranadas en las praderas y mallines altoandinos.

El ganado formó la base de la economía familiar de las poblaciones rurales de los bosques, en tanto que los ovinos pasaron a constituir una fuente importante de carne para el consumo doméstico durante los meses de verano, aumentando su densidad en la zona de transición entre bosque y estepa.

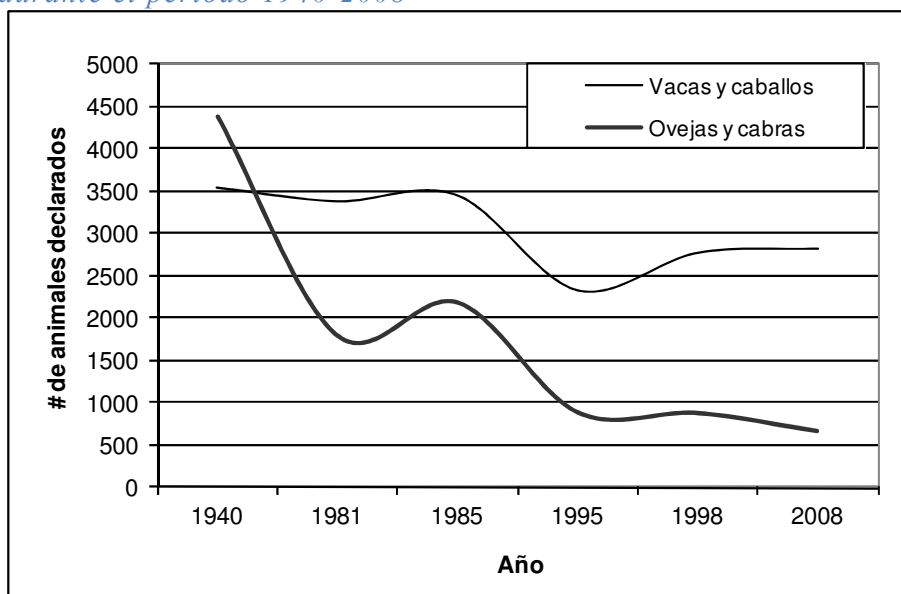
A la fecha de la creación del PN, la carga ganadera total del parque era de aproximadamente 8,000 animales (figura 4), de los cuales el 60% eran cabras y ovejas. Desde entonces, el número de rumiantes menores ha decrecido continuamente, representando hoy sólo el 19 % del ganado del PN (figura 5). El número de vacas y caballos se ha mantenido relativamente constante, con una reducción durante el período 1985-9995 y una aparente recuperación desde entonces (figura 5).

Esta reducción de la presión ganadera no es homogénea en el PN, variando sensiblemente entre las diferentes poblaciones. En términos generales, las poblaciones del centro y sudoeste del PN han reducido el número de animales, por lo que la presión ganadera en el área de reserva ha disminuido, en tanto que algunas poblaciones del norte han aumentado el número de vacunos, aumentando posiblemente la presión en la zona norteste del PN (Tabla 2).

*Figura 4. Composición de los animales declarados por pobladores del PN Nahuel Huapi durante el período 1940-2008.*



*Figura 5. Evolución de la población de rumiantes domésticos según su tamaño corporal durante el período 1940-2008*



La principal reducción en el número de ovejas y cabras se localiza en la zona noroeste del PN, áreas en las cuales la producción de lana fue una importante fuente de ingreso a principios de siglo. El número actual de animales refleja posiblemente tamaños de manada dimensionados principalmente para el autoconsumo

Para todas las categorías de animales se registró una mayor disminución de carga ganadera en área de Reserva que de Parque (tabla 2), indicando que las causas directas de dicha reducción no reflejan la política definida para el PN.

*Tabla 2. Reducción de ganado doméstico declarado por pobladores en las zonas de Parque y Reserva del PN Nahuel Huapi durante el período 1940-2008*

<b>Categoría:</b>				
<b>Parque Nacional</b>				
<b>Año</b>	<b>Vacas</b>	<b>Caballos</b>	<b>Ovejas</b>	<b>Cabras</b>
1940	1994	420	953	82
1981	2275	308	717	30
1985	2029	277	462	0
1995	1466	251	252	0
1998	1860	212	384	0
2008	1687	434	272	0
<b>Dif 2008-1940</b>	<b>-307</b>	<b>14</b>	<b>-681</b>	<b>-82</b>
<b>% cambio</b>	<b>-15%</b>	<b>3%</b>	<b>-71%</b>	<b>-100%</b>
<b>Categoría:</b>				
<b>Reserva</b>				
<b>Año</b>	<b>Vacas</b>	<b>Caballos</b>	<b>Ovejas</b>	<b>Cabras</b>
1940	675	319	2257	1000
1981	667	132	983	60
1985	834	179	1180	406
1995	495	114	192	440
1998	604	97	450	41
2008	492	210	378	10
<b>Dif 2008-1940</b>	<b>-183</b>	<b>-109</b>	<b>-1879</b>	<b>-990</b>
<b>% reducción</b>	<b>-27%</b>	<b>-34%</b>	<b>-83%</b>	<b>-99%</b>

### *Otros herbívoros introducidos*

Si bien no existen estadísticas poblacionales que permitan un análisis de la dinámica poblacional de otros herbívoros introducidos al PN, ni de su distribución espacial, el ciervo colorado y la liebre europea son posiblemente los dos principales herbívoros silvestres naturalizados en la zona.

El ciervo colorado mantiene sus mayores densidades poblacionales en la Isla victoria, pero se encuentra presente hoy en el norte y este del PN. Durante los últimos años se han avistado individuos aislados y grupos de adultos al sur del PN, en el área comprendida entre los ríos Villegas, Foyel y Manso, así como en la el sudeste del parque, en el sector denominado La Veranada, por lo que el establecimiento de poblaciones estables en las seccionales sur del PN debería ser inminente.

El efecto de ramoneo del ciervo, en particular cuando llega a altas densidades, ha sido ampliamente documentado, afectando a varias especies dominantes del bosque andino, tales como el coihue y el ciprés. A diferencia del ganado doméstico, el manejo de las poblaciones de ciervo en el PN será mucho más compleja tanto en términos logísticos como políticos, generando posibles conflictos con otros usos establecidos en el Parque.

Tampoco se cuenta con datos sistemáticos sobre la presencia de liebre europea en el PN, ni de sus densidades en diferentes hábitats, pero se ha documentado su preferencia por varias especies arbóreas del PN, tales como la lenga y el ñire. Posiblemente las poblaciones mas densas estén asociadas a zonas del ecotono y en segundo término a matorrales, a pesar de que se ha registrado su presencia en bosques de lenga y comunidades altoandinas aún



durante el invierno. En los bosques de lenga, la liebre se alimenta principalmente de Berberis y Lenga (Matamala 2008).

La liebre europea se encuentra ampliamente distribuida en el PN, donde afecta la regeneración post-fuego de varias especies leñosas. Estudios recientes sugieren que ésta especie compite con el chinchillón, formando parte de la dieta de diversas especies carnívoras y carroñeras del Parque.

### ***Consideraciones, herbívoros introducidos***

La disminución de la carga ganadera en el PN se debe posiblemente a factores ecológicos y socioeconómicos que han influido sobre la viabilidad de las poblaciones rurales. La evolución de la población de ganado en áreas de Parque y Reserva presenta una tendencia opuesta a la esperada como resultado de una política de manejo diferencial del PN.

La declinación en el número de cabras y ovejas podría reflejar la pérdida de sustentabilidad económica de la producción de lana, así como cambios en la vegetación que podrían haber afectado su éxito reproductivo.

El avance de bosques y matorrales sobre zonas agrícolas y de pasturas (tabla 1) podría haber resultado en una reducción en la disponibilidad de forraje de mejor calidad, afectando en primer lugar a los pequeños rumiantes.

Si bien los herbívoros domésticos han mostrado una clara disminución desde la creación del PN, la expansión de especies exóticas silvestres durante las últimas décadas podría resultar en una mayor carga total de herbívoros, tanto en áreas históricamente utilizadas para la ganadería ovina y caprina como en zonas de difícil acceso y actividad ganadera nula o marginal.

La reciente erupción del volcán Puyehue ha afectado directamente a la zona norte del PN, lo que está resultando en una rápida disminución de la carga ganadera de la zona. Las declaraciones juradas del presente año serán el primer indicador de los cambios en la carga ganadera derivados de la deposición de cenizas de los últimos meses.

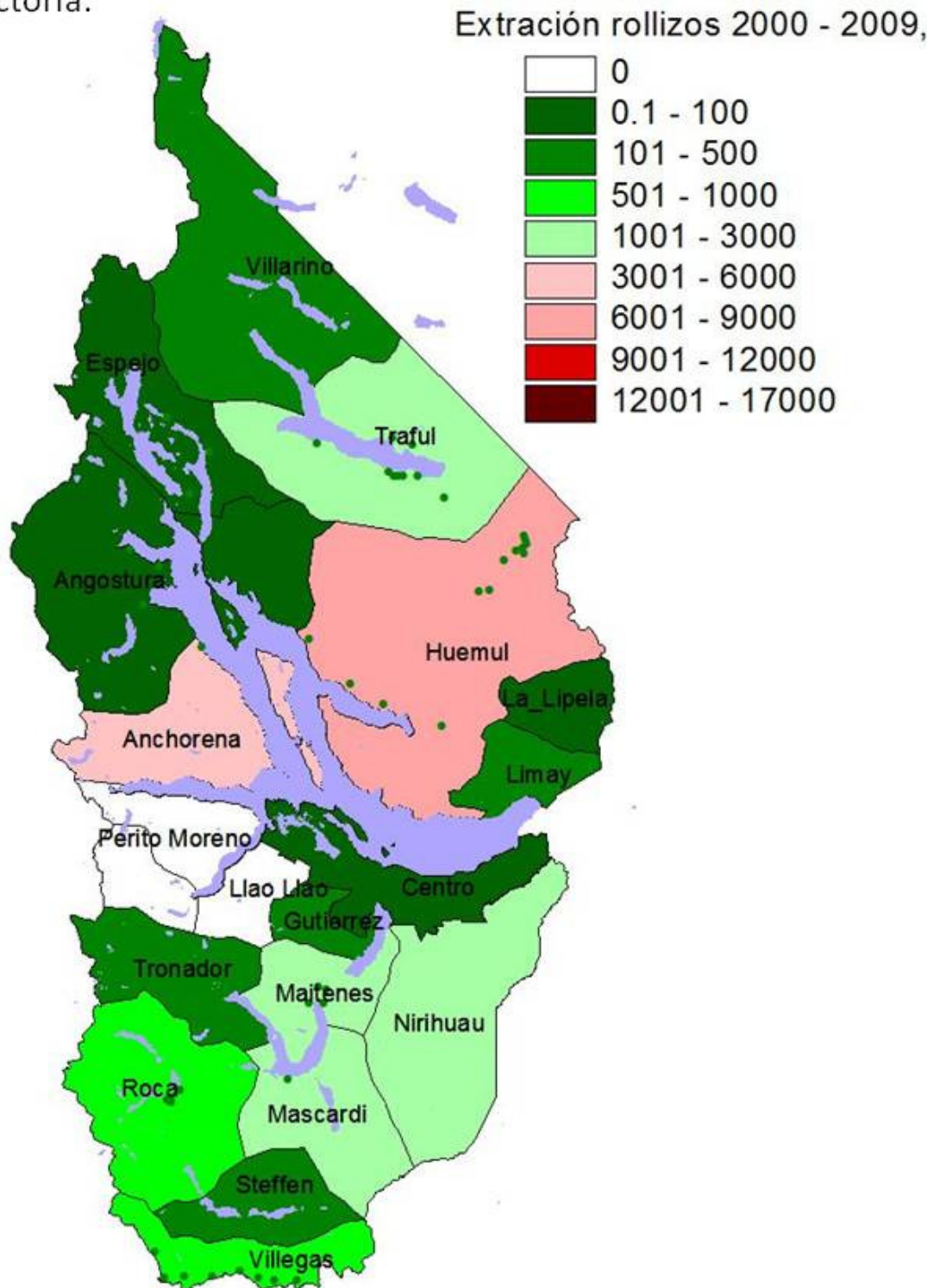
### ***Extracción maderera y forestaciones con exóticas***

La extracción maderera en el área de influencia del PN se inicia casi un siglo antes de su constitución, con la llegada de los primeros colonos a principios del siglo XIX. En 1914, Bailey Willis documenta una importante actividad extractiva en la zona de Bariloche la cual, combinada con los extensos incendios forestales de la época, lo hacen proponer la necesidad de implantar nuevos bosques, introducir especies forestales de mayor valor maderero y resaltar la importancia de la madera de ciprés para construcción, destacando que dicha especie no formaba bosques puros sino que sólo se la encontraban individuos remanentes en pedreros o creciendo en bosques dominados por coihue.

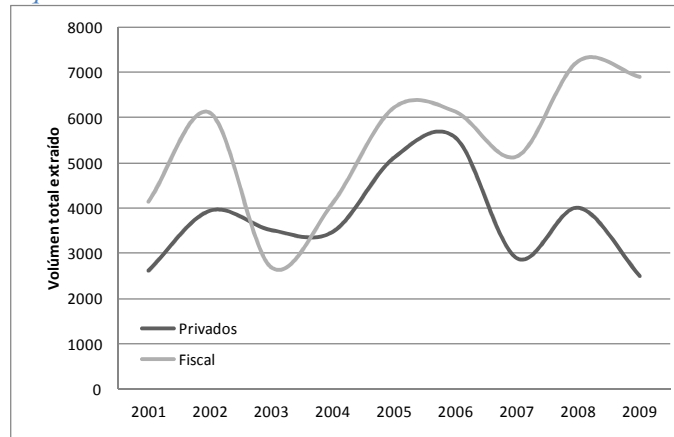
### ***Extracción maderera de los últimos 10 años***

La actividad de extracción maderera en el PN se fiscaliza mediante guías cuyo registro está hoy a cargo de la Intendencia del mismo. Mediante este mecanismo se registran tanto los permisos otorgados a propietarios y pobladores del Parque como las ventas a terceros y extracciones afectadas a la administración del Parque y aquellas derivadas de convenios institucionales (p.ej. Plan Calor). Limitaré el análisis del uso maderero a la relación entre lo extraído en tierra fiscal, y proveniente de propiedad privada afectada al PN (Fig. 6). La distribución general de extracciones madereras durante los últimos 10 años se visualizan en el mapa 3.

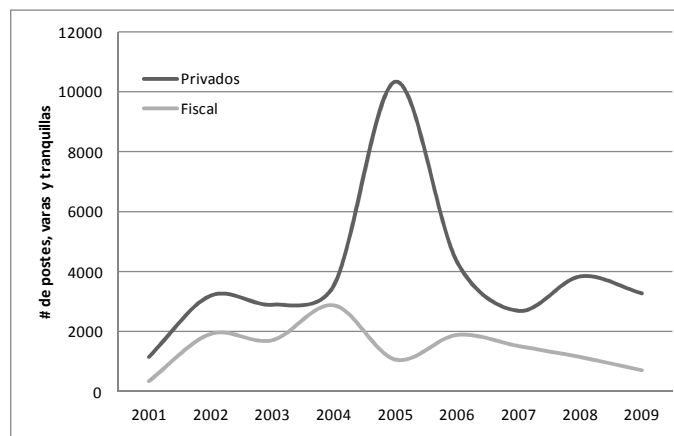
**Mapa 3.** Extracción **total** de rollizos durante el período 2001-2009. Las extracciones de la seccional Anchorena se concentran en la isla Victoria.



**Figura 6.** Extracción maderera registrada en las guías del PN Nahuel Huapi durante el período 2001-2009: 6(a) volumen total de rollizos y leña (m<sup>3</sup>), 6(b) número de postes, varas y tranquilas



6(a)

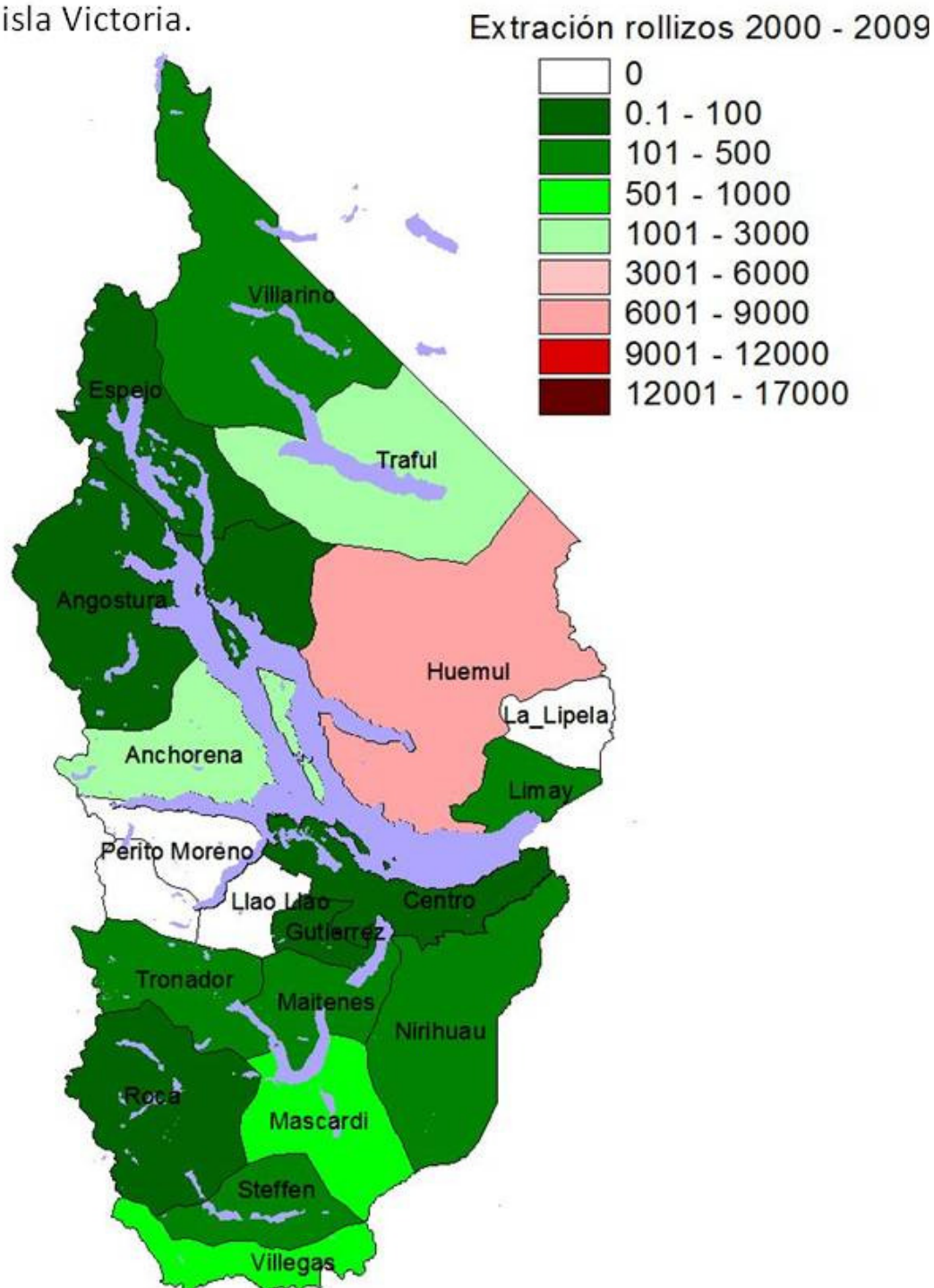


6(b)

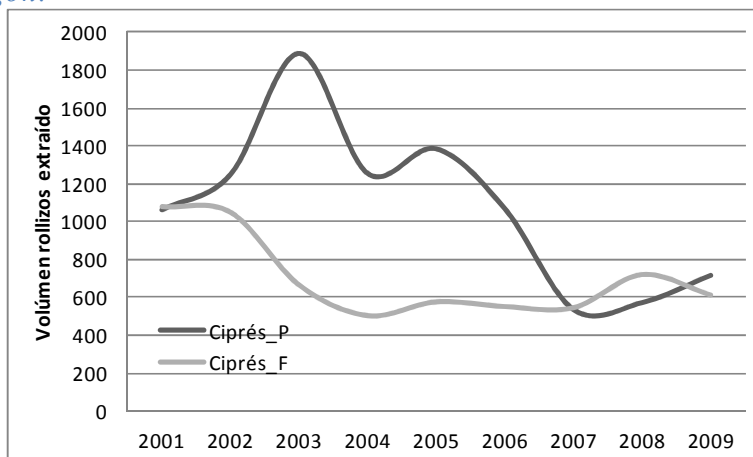
En términos generales, las guías madereras abarcan dos categorías de productos: aquellos que se contabilizan por volumen (rollizos para aserrío y leña) y por unidad (postes, varas, tranquilas). Los rollizos y leña, fácilmente transables en el mercado local, provienen en mayor medida de tierra fiscal que privada en el PN (fig 6.a), en tanto que los postes, varas y tranquilas, en gran medida utilizados por los productores, son producidos principalmente en tierra privada (fig 6.b). El volumen de rollizos y leña extraído anualmente varía entre 9,000 y 11,000 m<sup>3</sup> anuales de rollizos y leña, mostrando un aumento durante los últimos 10 años (figura 6.a), concentrándose en las zonas Este y Centro del Parque, así como en la isla Victoria (Mapa 3)

El volumen extraído de rollizos de ciprés muestra una clara disminución durante los últimos años, principalmente debido a una menor extracción en tierra de dominio privado, en tanto que la extracción de ésta especie en tierra fiscal se mantiene estable desde el 2003 (Figura 7.a.). Durante el mismo período se registra un claro incremento en la extracción de especies exóticas, tanto en tierras de dominio público como privado (Figura 7.b.) lo que indica una posible sustitución parcial del uso de madera de ciprés por el coníferas implantadas.

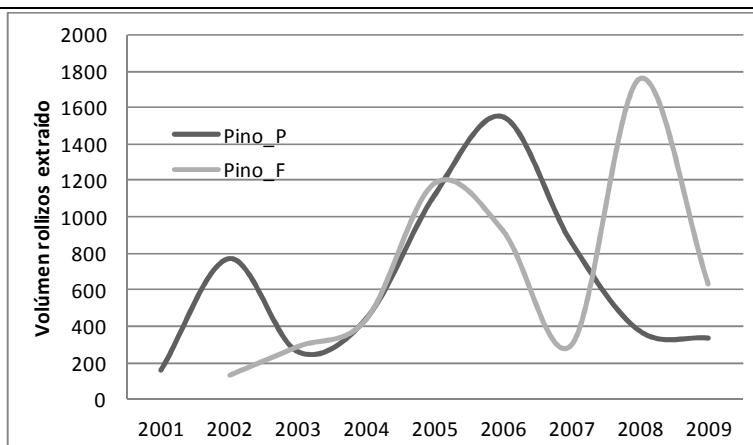
**Mapa 4.** Extracción de rollizos de **ciprés** durante el período 2001-2009. Las extracciones de la seccional Anchorena se concentran en la isla Victoria.



**Figura 7.** Extracción de rollizos en tierras de dominio público y fiscal del Parque Nacional Nahuel Huapi durante el período 2001-2009. 7.a. Rollizos de ciprés de la cordillera 7.b. Rollizos de especies exóticas, principalmente pinos ponderosa, contorta y oregon.



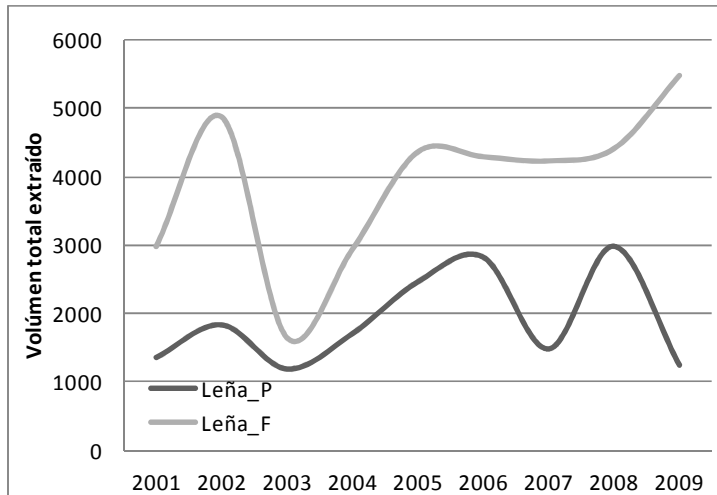
7.a.



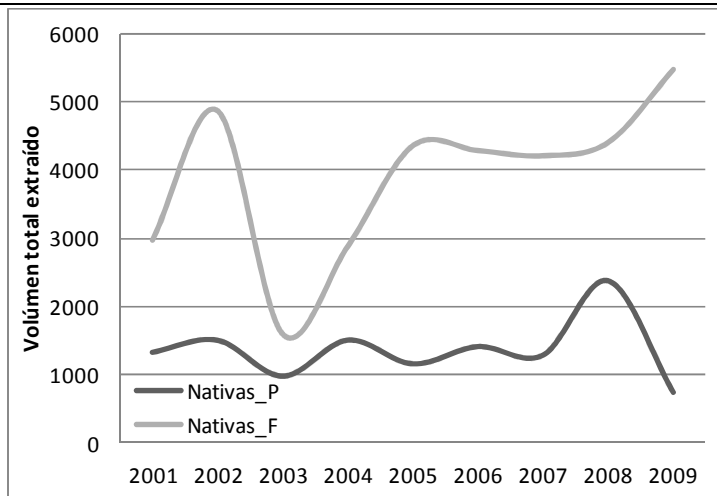
7.b.

El 67% de la extracción leñera proviene de tierra fiscal (Fig. 8.a.), lo que indica que los permisos otorgados no tienen como principal objetivo la provisión de dicho recurso a los propietarios de tierras rurales del Parque. Los propietarios han aumentado durante los últimos años el uso de especies exóticas como leña, la que representa hoy el 75% de la producción leñera declarada por los mismos lo que implica una menor presión leñera en bosque nativo bajo dominio privado (Fig. 8b.). Los valores históricos indican que el PN Nahuel Huapi mantiene una demanda promedio de 5800 m<sup>3</sup>/año, con una tendencia al aumento. Dado que la leña representa el mayor volumen de extracción forestal, y que la misma no tiene como principal beneficiario a los pobladores y propietarios que habitan el Parque, la producción leñera es un objetivo implícito de la administración del Parque durante los últimos años.

**Figura 8.** Extracción de leña en tierras de dominio privado y fiscal del Parque Nacional Nahuel Huapi durante el período 2001-2009. 8.a. Volumen total extraído 8.b. Volumen de especies nativas.



8.a.



8.b.

Los bosques puros de ciprés cubren aproximadamente 20,000 hectáreas según las estimaciones derivadas del nuevo mapa de vegetación, lo que equivale a menos del 3% de la superficie total del mismo, siendo la comunidad vegetal menos representada en el Parque. Históricamente, los bosques de ciprés fueron afectados por fuego de origen antrópico, tanto en la zona de transición con la estepa, debido al método de cacería comúnmente empleado por las comunidades aborígenes, como en los valles boscosos, asociada a la expansión de la ganadería extensiva durante fines del siglo XIX. En la actualidad, el 70 % de los cipresales se encuentra en zona de reserva, la categoría de menor nivel de protección, y el 45% de los mismos en tierras de dominio privado.

La madera de ciprés es muy apreciada en la región debido a sus buenas cualidades para la construcción y muebles rústicos, siendo también la especie más utilizada para postes, varas y varillas. Los niveles de extracción de los últimos 10 años equivalen en promedio a una remoción de 0,1 m<sup>3</sup>/ha/año en tanto que el crecimiento promedio de rodales menores a los 60 años se estima en 5 m<sup>3</sup>/ha/año. En general, sólo se permite la extracción de individuos muertos, lo que implica que la extracción de rollizos y postes no debería afectar el ritmo de expansión de éstos bosques sobre el matorral ni su productividad.



Históricamente, la presión extractiva ha sido mayor en tierras de dominio privado que público, registrando una fuerte disminución los últimos cuatro años (Figura 7.a.). La distribución geográfica de las extracciones (**mapa 4**) indica que el 75% de las extracciones se concentra en las seccionales Traful y Huemul, que concentran el 63% de los bosques de ciprés. El 12% de los bosques de ciprés se encuentra en el entorno de Bariloche, donde la tala ilegal ha aumentado los últimos años y el 30% a menos de 500 metros de un camino principal, lo que indica que la presión sobre estos bosques no es homogénea.

En general, los bosques de ciprés de la región son relativamente jóvenes, encontrándose en una etapa de autorraleo o sucesión de matorrales. Las principales causas de mortandad son posiblemente el fuego, la supresión de individuos menos vigorosos durante estadios de autorraleo y el ataque de un hongo radicular en suelos con alto contenido de humedad. No hay estudios específicos sobre el número de individuos de cipreses muertos en diferentes estadios del bosque, su distribución geográfica ni de la eventual función ecológica de individuos de ciprés muerto. Aparentemente, los mismos no son utilizados por aves para forrajeo o nidificación.

Los matorrales cuben hoy aproximadamente 99,000 hectáreas en el Parque, principalmente en la zona Sudeste del Parque, asociadas a fondos de valle, constituyendo en la región la principal fuente de leña nativa. Sólo el 17 % de los mismos están a menos de 500 metros de un camino principal por lo que a pesar de que sólo se extraen 0,05 m<sup>3</sup>/ha/año de leña en el parque, la presión en áreas cercanas a caminos podría ser muy superior. Dado que el matorral está caracterizado por especies leñosas eliófilas y rebrotantes, extracciones de esta magnitud no deberían tener un efecto significativo en la dinámica de los mismos.

En el Parque, la extracción de leña está muchas veces asociada a áreas recientemente incendiadas, lo que podría alterar la dinámica de recuperación de la vegetación. Estudios recientes indican que el suelo de áreas incendiadas es menos permeable y más susceptible a la erosión, en tanto que los fustes caídos y en pie funcionan como nodrizas de especies formadoras de bosque como la lenga y el ciprés. Si bien no existen estudios específicos de la importancia de madera muerta en sitios recientemente incendiados, su importancia en la dinámica de recuperación de sistemas disturbados ha sido documentada en otras regiones.

### ***Forestaciones con especies exóticas***

Si bien las primeras forestaciones fueron parte de una política del PN Nahuel Huapi, concentrándose en la isla Victoria a mediados del siglo XX, a mediados de los años '70 se permite a propietarios de tierra forestal dentro del PN establecer forestaciones con coníferas en áreas de matorral y estepa. Según nuestras estimaciones, la superficie cubierta por forestaciones adultas es de 1920 hectáreas. Éste valor es una subestimación debido a la dificultad de diferenciar forestaciones de pino Oregon en matriz e matorral y bosque mediante imágenes satelitales. La forestación con coníferas exóticas queda prohibida a partir de 1994, según consta en el Reglamento Forestal del PN.

Durante los últimos años, se ha documentado que el pino Oregon (*Pseudotsuga mensiensis*) y Murrayana (*Pinus contorta*) deberían considerarse como invasoras potenciales, la primera en bosques de ciprés y matorral en tanto que la segunda en estepas y áreas recientemente incendiadas, lo que implica un enorme desafío para la administración del PN, dada la amplia distribución del P. Oregon en el Parque.

La extracción de rollizos y leña de pino equivale a 1 m<sup>3</sup>/ha/año, lo que es sensiblemente inferior al crecimiento medio esperado para plantaciones comerciales, que

debería superar los 10 m<sup>3</sup>/ha/año. Esto indica que gran parte de las plantaciones del Parque no están recibiendo un tratamiento silvícola adecuado, lo que podría derivar en problemas sanitarios tales como ataque de Syrex y un aumento de la combustibilidad de los mismos debido a la acumulación de material muerto.

### ***Consideraciones, extracción maderera***

En términos generales, los volúmenes de rollizos, postes y leña extraídos en el Parque mediante guías equivale a una pequeña fracción del crecimiento esperado para las comunidades vegetales afectadas a dicha actividad. La distribución espacial de dichas extracciones, sin embargo, podrían resultar en una degradación de bosques periurbanos en el entorno de Bariloche. La documentación geográficamente explícita de los bosques de los que se está extrayendo madera en la actualidad permitiría una mejor evaluación del impacto de la actividad sobre la dinámica de los bosques.

En particular, la extracción de madera muerta debido a incendios tendría un efecto negativo en la regeneración de especies tales como la Lengua y el Ciprés, lo que debería tener efectos directos sobre la dinámica de recuperación de dichos bosques.

La extracción maderera de especies exóticas es muy inferior al crecimiento neto anual de las mismas, lo que indica que no sólo aumenta el riesgo sanitario y de incendios asociado a plantaciones de coníferas sino que su distribución real debería estar aumentando debido a su alta capacidad de dispersión.

Un registro geográficamente explícito de las extracciones actuales es necesario para realizar un diagnóstico realista del impacto de la extracción maderera a nivel local, en particular en la vecindad de Bariloche. Este registro permitiría estudiar también el patrón espacial de la mortandad de árboles de ciprés, brindando información de gran valor para la comprensión de la dinámica de este bosque.

Dado que la extracción maderera es una realidad del Parque desde sus inicios y que su gestión está condicionada por intereses de particulares con derechos reales en áreas rurales (propietarios, pobladores), así como de instituciones en áreas vecinas al mismo (municipalidades de Bariloche, La Angostura, Dina Huapi y Mascardi, APN, etc.) un plan de manejo de cipresales, coihuales y matorrales permitiría reducir posibles impactos locales asociados a la recurrencia de extracciones en áreas periurbanas.

Debido a la importancia de la madera muerta en áreas recientemente incendiadas, la remoción de productos madereros en las mismas podría tener un gran impacto en la recuperación temprana de los mismos.

### ***Especies vegetales introducidas***

La introducción de especies exóticas está claramente asociada al ser humano, principal vector de la mayoría de las plantas y animales que hoy son consideradas como naturalizadas en la región. Las mismas están generalmente asociadas a disturbios físicos y comunidades vegetales degradadas en la cercanía de asentamientos urbanos y rurales, así como en los márgenes de las vías de transporte (rutas, caminos vecinales, sendas, lagos y cursos de agua).

Si bien estas especies son consideradas hoy un problema creciente a nivel mundial y de particular importancia en áreas cuyo objetivo principal es la conservación de la flora y fauna nativa, su erradicación ha resultado muy difícil y costosa. Una mayor comprensión de la dinámica de introducción de estas especies, así como del vínculo que mantienen con el

ser humano es clave para desarrollar una estrategia sustentable de manejo de las mismas en un contexto de continuo incremento de actividades humanas en nuestras áreas protegidas.

Una revisión de la flora del Parque indica que las especies exóticas constituyen aproximadamente el 20% del número de especies del Parque, dominando la comunidad vegetal de áreas disturbadas (Tabla 3). No existen datos sistemáticos sobre su distribución, densidad y abundancia en las diferentes comunidades vegetales del Parque.

Si bien la definición de hábitat disturbado es muy amplia, podemos considerar cuatro estructuras como las principales receptoras de especies invasoras: las vías de comunicación (rutas, caminos vecinales, senderos y picadas), los cursos de agua (ríos y arroyos<sup>9</sup>, las áreas antropizadas (jardines, potreros, áreas de acampe) y las áreas recientemente incendiadas.

	Exóticas		Nativas		Total
	#	%	#	%	#
<b>Especies del PN Nahuel Huapi</b>	249	22%	864	78%	1113
<b>Especies comestibles</b>	164	66%	91	11%	255
<i>Hábito</i>					
Herbáceas	140	56%	58	7%	198
Enredaderas	3	1%	4	0.5%	7
Arbustivas	7	3%	27	3%	34
Arboreas	14	6%	4	0.5%	18
<i>Habitat característico</i>					
Áreas disturbadas	162	99%	8	0.9%	170
Altoandino	0	0%	7	1%	7
Acuática	1	1%	9	1%	10
Estepa	1	1%	24	3%	25
Bosque de transición	0	0%	20	2%	20
Bosque húmedo	0	0%	24	3%	24
<i>Parte comestible</i>					
Hoja	99	60%	29	32%	128
Fruto	14	9%	32	35%	46
Semilla	34	21%	7	8%	41
Flor	5	3%	2	2%	7
Tallo	4	2%	3	3%	7
Savia	1	1%		0%	1
Corteza	2	1%		0%	2
Raiz	5	3%	15	16%	20

### **Consideraciones, especies introducidas**

Dado que la mayoría de las especies invasoras son heliófilas, los bosques en general deberían mantener un número de especies exóticas menor a comunidades abiertas o asociadas a disturbios recurrentes (pastizales, matorrales, estepas y comunidades altoandinas). Las comunidades altoandinas podrían por otro lado estar protegidas de gran parte de las invasiones debido a la falta de vectores de dispersión de larga distancia.

Unas pocas especies introducidas tales como la retama, los lupinos y los sauces son hoy parte de la identidad del Parque, siendo consideradas muy atractivas por una gran porción de los visitantes del mismo. Si bien su distribución real está fuertemente asociada a caminos y cursos de agua, su impacto visual es muy alto. La dispersión de estas tres especies está directamente asociada al ser humano y posiblemente al agua, lo que permitiría

elaborar mapas de distribución y avance con una inversión moderada. Una política de erradicación de las mismas, sin embargo, sería muy difícil y costosa.

El 66% de las especies exóticas documentadas en el Parque tienen alguna parte comestible, en tanto que sólo el 11% de las plantas nativas tienen uso alimentario documentado a la fecha (Tabla 3). Dado que el 60 % de las especies exóticas tienen hojas comestibles, el fomento de su uso sistemático por visitantes y vecinos del parque sería un método de bajo costo para su control y eventual erradicación. Debido a que su número y abundancia es mayor en zonas ya disturbadas (99% de la flora registrada en dichas áreas, Tabla 3), el riesgo de que su recolección implique un impacto negativo en las comunidades vegetales características del Parque debería ser bajo.

Especies arbóreas introducidas para reducir el impacto de las extracciones madereras en el Parque, tales como los pinos Murrayana y Oregon podrían tener un impacto mucho mayor que la dinámica de la vegetación del Parque debido a su gran capacidad de dispersión, su alta combustibilidad, su rápido crecimiento, su tolerancia a la sombra (*P. oregon*) y su capacidad de formar bosques puros de alta densidad que excluyen por competencia a la mayoría de las especies vegetales del Parque.

## ***Dinámica de comunidades del Parque***

### ***Redefiniendo el concepto de comunidades vegetales***

Los organismos de distintas especies que coexisten en un tiempo y espacio (lo que llamamos corrientemente comunidades) y que observamos son entes extraordinariamente dinámicos que están en continuo proceso de cambio. Los cambios que ocurren en las comunidades son sutiles y graduales en el corto plazo, pero drásticos en plazos que superan nuestras escalas de percepción. También ocurren eventos raros con una recurrencia que muchas veces supera los tiempos de la percepción humana, pero que dada la longevidad de muchos organismos (por ej. árboles) tienen gran posibilidad de afectarlos durante el transcurso de su vida.

Desde principios del siglo pasado las escuelas ecológicas clásicas, concibieron a las comunidades como entidades relativamente integradas en sí mismas, predecibles y estables en el largo plazo. Así, a cada sitio con sus características abióticas le correspondía en forma determinística una única comunidad estable (climax) con determinadas y predecibles composiciones de especies en equilibrio con el clima regional. A su vez en cada tiempo luego de un evento de denudación o eliminación de las especies (por ejemplo una deglaciación o formación de sustratos nuevos por erupciones volcánicas) le correspondían una serie ordenada y predecible de estadios de la comunidad, estadios que, con el tiempo, alcanzaban su máxima diversidad y estabilidad. Asociada a estas ideas está el ideal de comunidades “prístinas” y “nunca tocadas por la mano del hombre”. Más fundamentalmente aún, la concepción del hombre como un factor externo al sistema que no interviene en el funcionamiento dinámico del mismo sino que altera este orden natural, tuvo por mucho tiempo y hasta nuestros días una gran aceptación.

Sin embargo, el avance de la ecología durante las últimas décadas de siglo XX dejó de lado estas concepciones, proponiendo que las comunidades son entidades relativamente laxas determinadas por la coexistencia de especies en el tiempo y el espacio. Esta coexistencia responde a factores históricos, aleatorios, disturbios y condiciones de sitio, determinando la composición de la comunidad en un determinado momento. La dinámica de las comunidades vegetales está moldeada por interacciones interespecíficas tanto positivas como negativas que, en combinación con dichos factores, determinarán la persistencia de diferentes organismos en dichas comunidades.

Si bien el Parque Nacional Nahuel Huapi fue fundado bajo un paradigma de conservación clásico, la interacción con la creciente población radicada en el mismo y su creciente afluencia turística ha llevado a una revisión continua de las prioridades de manejo y a la elaboración de un primer Plan de Manejo, durante el año 1986, el cual no sólo reconoce la importancia funcional del PN como cabecera de cuenca de dos sistemas hídricos de gran importancia económica, sino que expone las principales interacciones entre el ser humano y su entorno, incluyéndolas explícitamente en una visión de manejo.

### ***Disturbios como elementos estructurales de las comunidades vegetales***

Los disturbios son considerados hoy elementos clave en la dinámica de la mayoría de las comunidades ya que juegan un papel fundamental en la redistribución de recursos, promoviendo la coexistencia y diversidad de especies en las comunidades así como en la diversidad genética de las mismas. La acción de disturbios evita que especies longevas y/o de bajos requerimientos de luz y nutrientes dominen y eventualmente excluyan a las

especies con mayores requerimientos metabólicos, generando oportunidades para estas últimas, favoreciendo así la coexistencia entre especies e incrementando la diversidad de especies de una comunidad. Sin embargo, una alta frecuencia de disturbios podría producir el efecto opuesto eliminando las especies longevas y dejando únicamente especies colonizadoras. Las comunidades vegetales reflejarían en este sentido no ya un proceso lineal determinado por el tiempo transcurrido desde el último disturbio, sino el resultado de la interacción entre procesos bióticos y abióticos, moldeados por regímenes históricos y presentes de disturbios que pueden ser caracterizadas por algunas especies dominantes pero cuya composición dependerá en gran medida de la recurrencia temporal y espacial de los disturbios que afecten a la región en que se encuentran.

Es necesario entonces definir el régimen de disturbio como la recurrencia en espacio y tiempo de los disturbios, el que influirá en la composición y configuración de un determinado paisaje a través de su frecuencia (el número de eventos por unidad de tiempo). Bajo un régimen de disturbio frecuente, muchas comunidades estarán en estadios tempranos post-disturbio favoreciendo regionalmente las especies colonizadoras o las adaptadas a los efectos o condiciones generadas por el disturbio. Habrá sin embargo en el paisaje también sitios que por azar, condiciones geográficas, edáficas o históricas, permanezcan más tiempo sin disturbio, en los cuales podrán subsistir especies menos adaptadas al disturbio o más competitivas.

Otra característica importante los disturbios son su extensión y su severidad, es decir cuan letales o destructivos son. Disturbios de gran tamaño o gran severidad generarán condiciones más dificultosas para la recolonización si las fuentes de semillas fueron eliminadas del área disturbada y relegadas a los bordes del disturbio. Solo podrán beneficiarse de disturbios severos especies extremadamente o con adaptaciones de gran resistencia al disturbio.

Claramente un disturbio concebido de esta forma, generalmente no es considerado ya una catástrofe, ya que, por el contrario, muchas especies y funciones de los ecosistemas dependen exclusivamente de la ocurrencia del mismo para poder persistir en las comunidades o al menos en los paisajes. Muchas veces se ha buscado reducir o excluir a los disturbios de los ecosistemas, generando grandes desbalances y consecuencias inesperadas e indeseables como ser extinciones locales, cambios cualitativos a nuevos regímenes de disturbios más extensos y/o severos. Un ejemplo es el fenómeno de supresión de fuego en ecosistemas adaptados al fuego, donde la falta de disturbio ha aumentado la cantidad y continuidad de combustible promoviendo incendios severos y de gran magnitud. Sin embargo, el exceso de disturbio fuera del rango de las adaptaciones de las especies nativas de las comunidades (excesivamente, frecuentes, grandes o severos) pueden sí ser considerados eventos catastróficos con consecuencias de degradación, invasión de especies exóticas, procesos erosivos y de pérdida de biodiversidad u otras funciones ecosistémicas.

Resulta entonces muy importante comprender la resiliencia o capacidad de un ecosistema de absorber estas perturbaciones sin alterar sus características estructurales o funcionales y recuperar las condiciones previas al disturbio. Son numerosos los casos en que el disturbio o régimen de disturbios excede los límites de resiliencia de un determinado ecosistema produciéndose cambios bruscos (y a menudo irreversibles) en las características, propiedades y funciones adquiriendo el mismo un nuevo estado más degradado y empobrecido en sus funciones y propiedades ecológicas. Ejemplos de esto son algunos de los grandes incendios que se han producido en el PNNH durante la sequía extrema en 1999 como el incendio del Cerro Falso Granito que por su severidad eliminó



completamente algunos bosques de lenga sobre laderas enteras reemplazándolos por matorrales.

Los disturbios juegan un papel fundamental en el rejuvenecimiento de los bosques, sin embargo el ritmo con que lo hacen y cuánto abarcan en términos de área difiere ampliamente entre ellos. Así denominamos disturbios de grano fino a aquellos que afectan parte de un árbol, un árbol individual o unos pocos árboles contiguos del bosque, generando claros que aumentan la heterogeneidad ambiental de una determinada comunidad vegetal. En el extremo opuesto encontramos grandes eventos que producen la muerte de muchos árboles como los sismos, las avalanchas o los fuegos, comúnmente llamados disturbios de grano grueso, los cuales cambian las características ambientales de un gran área, facilitando el ingreso de nuevas especies y en muchos casos, reemplazos de una comunidad por otra.

Disturbios de diferente naturaleza pueden superponerse en los paisajes y su interacción puede producir efectos sinérgicos. Así un bosque recién incendiado desencadenará procesos muy diferentes que determinarán cambios a comunidades muy diferentes dependiendo si se le superpone o no otro disturbio como por ejemplo el ramoneo por ganado. Mientras muchos bosques incendiados del norte de la Patagonia han regenerado nuevamente a bosque, muchos otros sitios han revertido a matorrales o incluso a pastizales permanentes a causa de la alta carga ganadera luego del fuego. Los disturbios también pueden interactuar ya no por sus efectos sino por sus causas. Un disturbio de un tipo puede modificar las probabilidades de que ocurra el mismo u otro tipo de disturbio. Por ejemplo, un sitio que se incendió y regeneró en un matorral tiene mayores probabilidades de sufrir un nuevo incendio (debido a que el matorral es más inflamable que el bosque) que sitios vecinos que no sufrieron incendio. Un sitio que sufrió caídas de árboles por nevadas o vientos tendrá quizás menos posibilidades de sufrir los efectos del pastoreo ya que los herbívoros grandes tienen menos posibilidades de acceder a sitios con mucho ramero o troncos caídos. Un ejemplo de ello son las grandes extensiones de troncos caídos en Isla Victoria, producto de Mal del Ciprés que generan un impedimento para el ramoneo por ciervo, propiciando la regeneración de plantas palatables (por ej. maqui, parrilla, etc.).

La acción del hombre puede modificar regímenes de disturbio ya sea de manera directa, por ejemplo aumentando las probabilidades de ignición (muchos incendios en Patagonia se originan a partir de rutas siendo de origen antrópico), suprimiendo el fuego, reduciendo cargas ganaderas; o indirectamente, modificando las condiciones de propagación de los disturbios o induciendo cambios climáticos que a su vez repercuten en regímenes de disturbio (ver informe 3). En este sentido, una de las manifestaciones del cambio climático es el aumento de eventos climáticos extremos (nevadas, sequías, tormentas). Todos estos eventos afectan de alguna manera el régimen de disturbios por ejemplo, mayor frecuencia de tormentas eléctricas aumentará la probabilidad de ignición de incendios, más nevadas extremas aumentarán la frecuencia de caídas de árboles o ramas, en tanto que un aumento de sequías producirá mortalidad de bosques y mayor extensión, frecuencia y severidad de incendios.

### ***Importancia de los ciclos de semillazón en la dinámica de bosques***

En especies de plantas longevas (plantas que viven decenas a centenas de años), la variación de la producción de semillas en el espacio y en el tiempo puede estar exclusivamente determinada, por la fluctuación en la disponibilidad de los recursos, influenciada por cambios en el clima, en particular en la temperatura o en la precipitación. Por el contrario, la forma en que las plantas producen las semillas puede reflejar la

adquisición de adaptaciones que las presiones selectivas moldearon a lo largo de la evolución. Cuando las poblaciones de una especie longeva producen semillas en forma sincronizada e intermitente a lo largo de los años debido a la selección natural, se dice que la especie tiene una reproducción del tipo semillazón (en inglés *masting*). En Patagonia, las especies de caña son casos extremos con semillazón dado que los individuos sólo producen semillas una vez, cada 20 a 70 años según la especie, y luego mueren.

En el PNNH, se registró durante el año 2011 una semillazón de la caña Coligüe que afectó a gran parte de sus poblaciones al sur del lago Nahuel Huapi. Estimamos que dicho año, aproximadamente el 50% de los individuos de dicha especie en la región afectada florecieron, afectando principalmente la cuenca del río Manso y sus afluentes, así como la margen oeste del lago Nahuel Huapi, y los faldeos de los cerros Otto y Catedral. Estudios asociados a la floración de dicha especie en el PN Lanín indican que estos eventos podrían inducir un mayor crecimiento de especies leñosas durante los años previos y posteriores al evento, debido a una menor competencia por nutrientes y luz, pero que también aumentarían la combustibilidad de las comunidades vegetales asociadas por un período de hasta 10 años posteriores. En áreas periurbanas del PNNH, tales como el cerro Catedral, bosque de Llao Llao y manso superior, en las que las igniciones de origen antrópico tienen una mayor frecuencia, este evento podría resultar en incendios de interfase. No se tienen registros históricos detallados de semillazón en el PNNH, pero se estima por relatos de pobladores que hubo un evento similar a principios de la década de 1940.

Una definición más general de semillazón es la producción de semillas altamente sincronizada y variable entre años en una población. En nuestra región existen árboles nativos del género *Nothofagus*, como la lenga (*Nothofagus pumilio*) o el raulí (*N. alpina*) o coníferas como el pehuén (*Araucaria araucana*) y el ciprés (*Austrocedrus chilensis*) que cumplen con esta definición.

Existen diversas teorías sobre porqué existe la semillazón pero todas tienen un denominador común, el beneficio que trae aparejada la economía de escala, es decir que es más eficiente concentrar el esfuerzo reproductivo (la energía empleada en generar conos o flores, semillas, frutos, etc.) en pocos eventos de reproducción (años de gran producción de flores y semillas). Según este principio, la evolución debería seleccionar la ocurrencia de eventos reproductivos aislados e intensos en lugar de varios pequeños y regulares.

Las teorías que le dan significado evolutivo y ecológico a la semillazón están relacionadas con la polinización, con la supervivencia de las semillas y con la dispersión de las mismas. Una de las teorías plantea que durante un evento de gran producción de flores o conos (en el caso de las coníferas) aumenta desproporcionadamente la fertilización de los óvulos y en consecuencia el número de semillas en la planta. Esto es debido a que grandes “nubes” de polen fertilizan a muchos óvulos receptivos, es decir, la polinización se hace más eficiente que si hubiera poco polen y pocos óvulos disponibles. Otra teoría propone que la semillazón es una adaptación para evitar los efectos negativos de la depredación de semillas que tiene la planta (permite una mayor supervivencia de semillas) al provocar de manera alternada en años sucesivos la saciedad (durante la semillazón) e inanición, cuando los granívoros responden numéricamente (reproducción) pero se encuentran sin semillas que depredar ya que las mismas ya germinaron o se enterraron. Una tercera y última teoría, propone que la semillazón es una adaptación de la planta que favorece la dispersión de semillas por animales, como aves o roedores, que las trasladan y acumulan en el suelo en grupos pequeños. En años de semillazón, los dispersores de semillas terminan saciándose y

olvidando o abandonando los sitios de acumulación permitiendo que nuevas plántulas crezcan en lugares más favorables distantes de las plantas madre.



**Foto 1.** Semillazón de Ciprés de la Cordillera en el PN Nahuel Huapi. El año 2013 tendrá una semillazón muy fuerte de ésta especie.

La lenga, *Nothofagus pumilio*, es una especie arbórea que depende casi exclusivamente de la reproducción sexual para su propagación, y por lo tanto, la producción de semillas es un aspecto crucial de su dinámica poblacional. A pesar de la inexistencia de estudios a largo plazo, observaciones de campo y algunos estudios de corta duración tanto en Argentina como en Chile, indican que para la lenga, tanto la producción de semillas como su viabilidad son muy variables en el tiempo, así como en el espacio. Esta variabilidad espacial y temporal en la producción de semillas tiene un efecto pronunciado sobre el éxito de regeneración de la especie. En un ambiente más húmedo, como en los bosques del oeste del PNNH, ese efecto es menor, dado que las condiciones ambientales son más constantes en el tiempo y más benignas para la el establecimiento de plántulas. En un entorno más seco, como en los bosques ubicados más al este, cercanos a la estepa, el efecto de la variabilidad en la producción de semillas es más importante sobre el éxito de regeneración en el tiempo, porque las condiciones climáticas poco favorables hacen que haya una alta mortalidad de plántulas en general, de modo que un año de alta producción de semillas, si coincide con condiciones climáticas favorables, puede resultar en un pulso de establecimiento.

Si bien no se conoce aún la frecuencia de esos eventos, un monitoreo de las semillas de lenga producidas en 3 bosques en la zona de Nahuel Huapi desde 1997 hasta 2008 reveló que la producción de semillas fue altamente variable, tanto temporal como espacialmente (es decir entre bosques y entre años dentro del mismo bosque). En los 11



años monitoreados hubo sólo un año de producción masiva en el año 1999, y solamente en el bosque seco de lenga ubicado en el valle del Challhuaco. Allí, la producción anual en promedio fluctuó alrededor de 1000 semillas/ha, y en el año 1999 ese valor trepó a 38 millones/ha. En cambio, en bosques más húmedos como el de Puyehue, por ejemplo, la producción fue más constante año a año.

Estructuras de edades de los juveniles de lenga creciendo en los claros del bosque de Challhuaco muestran el establecimiento ocurre por pulsos, ya que casi la totalidad de las plántulas encontradas en los claros se había establecido en los años 1999 y 2000. Este pulso coincidió con el evento de producción masiva de semillas del año 1999.

Los pulsos de semillazón del ciprés son menos marcados, produciéndose posiblemente cada 2-3 años y teniendo la capacidad de inducir aumentos en la población de roedores durante el otoño e invierno. En el caso del Ciprés, eventos masivos de semillazón a escala regional no han sido documentados, aunque observaciones puntuales del grupo de trabajo indican que el año 2013 sería un año de gran producción de semilla para ésta especie tanto en el PNNH como en en la zona de Trevelin. Los efectos inmediatos de un evento de este tipo serán una mayor población de roedores durante este invierno y primavera, y un pulso de regeneración de ésta especie en toda su área de distribución en caso de que las próximas dos estaciones de crecimiento sean húmedas.

### **Dinámica de bosques húmedos**

En el PNNH, estos bosques están por lo general dominados por el coihue (*Nothofagus dombeyi*), una especie típicamente colonizadora de sitios disturbados como incendios, derrumbes, coladas volcánicas y sitios recientemente deglaciados, que regenera formando verdaderos tapices de plántulas luego del disturbio y posteriores bosques densos y coetáneos. Sin embargo, una vez establecido como árbol adulto, el coihue es incapaz de regenerar bajo su propio dosel por no tolerar sitios sombríos. Esto hace que la especie sea altamente dependiente de disturbios (aperturas grandes del dosel) para poder autopertuarse. En ausencia de los mismos, el bosque se mantendría en estado maduro (sin grandes aperturas) y el coihue no tendría oportunidades de establecerse permitiendo en ingreso de especies como el laurel o tepa (*Laureliopsis philippiana*) en áreas de mayor precipitación. Estas especies son capaces de establecerse y permanecer largo períodos de tiempo bajo el dosel oscuro (es tolerante a la sombra) para luego, una vez producida la apertura de un claro, ganar un lugar en el dosel. Claramente, especies como el laurel se verán beneficiados por largos períodos libres de disturbio masivos en el bosque y especies como el coihue por una frecuencia mayor de disturbios en el paisaje. Eventualmente entre eventos de disturbio las especies competitivamente superiores lentamente ganarán en dominancia por competencia hasta que un nuevo disturbio retrotraiga una nueva condición favorable a las especies peores competidoras.

Otras especies que se verán favorecidas por un disturbio serán las que posean adaptaciones que le permitan, resistir, evadir o responder individualmente a los efectos del disturbio mientras que se verán desfavorecidas especies que carezcan de estas adaptaciones. Este es el caso del alerce (*Fitzroya cupressoides*) que, cuando adulto y emergente del dosel, posee corteza gruesa, aislante e ignífuga que le permite resistir incendios a diferencia de la lenga y el coihue que poseen cortezas delgadas. Estas diferencias hacen que ante la presencia de fuego se produzca una mayor supervivencia de las primeras en detrimento de estas últimas. Es común así encontrar bosques de coihue o lenga (*Nothofagus pumilio*)

relativamente jóvenes producto de un disturbio masivo mezclados con alerces de mucha mayor edad.

### ***Disturbios climáticos característicos de bosques húmedos***

Tales eventos lo constituyen nevadas extremas o fuertes vientos. En porciones más occidentales donde la precipitación es mayor, los claros del bosque se producen principalmente por disturbios físicos (fuerzas que dañan los árboles), por ejemplo fuertes vientos y copiosas nevadas. Un ejemplo de esto último fue la gran nevada de 1984 que produjo gran cantidad de caídas de arboles enteros o de ramas de coihue sobre extensas áreas, produciendo oportunidades de regeneración y liberación del crecimiento de otros individuos y del sotobosque. En altitud a su vez, estas nevadas dieron lugar a abundantes avalanchas, afectando mayormente a bosques de lenga. De esta forma los disturbios climáticos (sequías, nevadas, lluvias torrenciales, vientos fuertes) están íntimamente ligados a la dinámica de bosques.

### ***Tectonismo***

Al este de los Andes, algo más lejos del epicentro, el sismo del 1960 produjo mortalidad en bosques de *Nothofagus dombeyi*-*Austrocedrus chilensis* en abanicos aluviales (inestables por ser material poco consolidado) por ejemplo al oeste del Lago Traful. Estos parches de mortalidad perduran aun hoy con un alto porcentaje de individuos de coihue y un menor porcentaje de ciprés muertos en pie. La interpretación de fotografías aéreas recientes (1970) permitió identificar que los parches de mortalidad se hallaban exclusivamente restringidos a abanicos aluviales de material poco consolidado. Un vuelo fotográfico previo permitió establecer que hacia 1940 se desarrollaban bosques sanos sobre dichos abanicos. El fuerte control geomorfológico en combinación con la información de que la mortalidad se produjo entre 1940 y 1970, y a sabiendas de la magnitud del gran terremoto de Valdivia de 1960 permitió inferir que se trataba de respuestas de la vegetación a eventos de origen tectónico. Esta hipótesis fue confirmada a través de los patrones de crecimiento de árboles sobrevivientes donde se observa o bien disminuciones en el crecimiento por daño, posiblemente de raíces, o bien aumento abruptos en el crecimiento que se da por muerte de árboles vecinos que competían por luz con los sobrevivientes .

### ***Bosques subhúmedos***

Los bosques subhúmedos del PNNH están dominados por dos especies de *Nothofagus*, definiéndose la transición entre ambas comunidades por un gradiente altitudinal que refleja una mayor tolerancia al frío de la lenga y una mayor capacidad competitiva del coihue en áreas de mayores temperaturas mínimas. Por lo general, esta transición se encuentra aproximadamente a los 1100 m de altitud, siendo más bajo en exposiciones frías (laderas sur). Los bosques de lenga son monoespecíficos, en tanto que los bosques de coihue albergan un mayor número de especies arbóreas entre las que domina el ciprés de la cordillera.

### ***Disturbios climáticos característicos de bosques subhúmedos***

Estas comunidades están sujetas a distintos tipos de disturbio. Los de grano grueso como los fuegos, las avalanchas o las caídas masivas por viento hacen que, debido a la liberación de recursos como la luz, haya eventos de establecimiento (años particulares durante los cuales la plántulas logran germinar y establecerse), si las condiciones climáticas lo

permiten, formando manchones de bosques de estructura coetánea, o sea, de la misma edad. Con el tiempo y en ausencia de otros disturbios de grano grueso, a través del proceso de autoraleo (muerte de árboles suprimidos bajo el dosel de arboles dominantes), ese bosque puede transformarse en un bosque maduro, con árboles viejos, a la vez que van creciendo otros más jóvenes.

En ausencia de grandes disturbios, es muy común observar bosques maduros con abundantes caídas de árboles aislados o de pequeños grupos de árboles formando claros en el dosel. Estos claros, que son aperturas entre las copas de los árboles más grandes, permiten principalmente la entrada de luz. Sin embargo, además de la luz varían otros factores dentro del claro, como la temperatura y la humedad, además de los distintos sustratos que produce el árbol formador del claro. Todos estos cambios generan heterogeneidad ambiental pudiéndose generar nichos de regeneración aptos para el establecimiento de plántulas y el crecimiento de juveniles.

### **Bosques secos**

En el PNNH, existen dos comunidades vegetales dominadas por árboles con dinámicas claramente diferentes: los bosques compuestos por coihue y ciprés e la cordillera, cuya dominancia conjuga factores abióticos, históricos y respuestas diferenciales a disturbios recientes; y los bosques monoespecíficos de lenga, los cuales posiblemente se encuentran en un proceso de retracción debido a la combinación de un aumento gradual de la temperatura que condiciona su posibilidad de regeneración post-disturbio, y una mayor frecuencia de disturbios asociados a actividades humanas.

### ***Dinámica de claros en bosque de lenga***

Los bosques secos de *Notofagus* tienen una dinámica de regeneración por claros diferente a la de los bosques subhúmedos debido a limitantes hídricas. En bosques secos de lenga de PNNH y a diferencia de Patagonia Sur, cuanto más grande el claro, más radiación solar directa va a recibir el suelo, y más alta será la temperatura del mismo, disminuyendo la humedad disponible para las plantas que ahí germinen y por ende limitando la regeneración. A diferencia de lo que ocurre en bosque subhúmedos donde las plantas de lenga sobreviven muy bien en todas las ubicaciones de los claros, en bosques secos la supervivencia en el centro de los claros es nula, y sólo sobreviven algunos juveniles en la periferia norte del claro, donde reciben menos radiación solar directa.

### ***Mortalidad por sequía***

En el norte de la Patagonia la estacionalidad en precipitación así como las sequías y olas de calor durante determinados años resultan ser factores que impactan negativamente la fisiología de los árboles. Principalmente estudiados en los bosques de coihue, estos eventos climáticos pueden producir la muerte repentina de los árboles, dependiendo la magnitud de la mortalidad de la severidad del evento climático involucrado. La sequía severa ocurrida durante el verano 1998-99, provocó la repentina muerte de individuos adultos y jóvenes de coihue sobre unas 11.000 hectáreas dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi.

Un árbol puede concebirse como una columna capilar continua y que une el agua del suelo y la atmósfera a la salida de los estomas a través de los vasos del xilema, los eventos de sequía producen un exceso de demanda de agua en los estomas pero poca oferta a nivel de raíces. Esta tensión induce la ruptura y entrada de pequeñas burbujas en los vasos (embolismo) cortando la continuidad en el flujo de agua a través de los sistemas de



conducción del árbol y, eventualmente, si todos los vasos se bloquean se produce un efecto de cascada (embolismo catastrófico) produciendo la muerte del árbol. Otra posible causa de muerte de los árboles durante sequías es por inanición de carbono, es decir, y aunque suene paradójico, la falta de agua los mata de hambre. Esto ocurre cuando los árboles para prevenir la pérdida de agua cierran sus estomas durante períodos tan prolongados que les impiden realizar suficiente fotosíntesis y fijar el carbono necesario como para sostener sus funciones metabólicas.

A pesar que la muerte de coihue fue de sorprendente magnitud luego de la sequía de 1998-99, no ha de resultar extraño que estos bosques hayan sido impactados de igual o menor manera como consecuencias de otras sequías ocurridas en la región. Así, sabemos que los bosques de coihue y lenga han respondido con numerosos episodios de muerte al menos durante las sequías históricas de 1943, 1953, 1956-57 y 1962.

Por otro lado, en algunos árboles, ya sea porque se encuentran en mejores condiciones sanitarias o en mejores condiciones de sitios, las sequías extremas no llegan a producir su muerte aunque pueden impactar negativamente en su crecimiento. Esto se ha visto no sólo en los bosques de coihue sino también en algunos bosques de ciprés y de lenga. Esta respuesta denominada muerte parcial de copa implica una fuerte reducción en su superficie fotosintética capaz de sostener el crecimiento del individuo. En los bosques del PNNH resulta frecuente observar grandes ramas muertas en la copa de los árboles.

Notablemente aquellos coihues que presentaban signos de mortalidad parcial en su copa producto de sequías anteriores tuvieron mayor capacidad de sobrevivir la sequía de 1998-99. Esto se podría deber a que un árbol que “desconectó” parte de su tejido fotosintético durante sequías anteriores habría rebalanceado la relación entre superficie evatranspiradora y su biomasa de raíces reduciendo los riesgos de embolismo catastrófico.

El disturbio por sequía tiene una particularidad que lo diferencia de la apertura de dosel generada por la caída de un individuo en que luego de ocurrida la muerte del árbol, el mismo queda en pie por un largo periodo de tiempo. Esta clase de apertura en el dosel, también llamado claro por sequía, se caracteriza principalmente por la falta de daño de la vegetación en estratos inferiores, como así también por la ausencia de restos leñosos en el suelo del bosque. En el Parque Nacional Nahuel Huapi se puede observar escasa regeneración de coihue debajo de los árboles muertos por la sequía de 1998-99, hecho que contrasta fuertemente con la presencia y vigorosidad de pequeñas plantas del ciprés. El factor más importante de este cambio en la composición de los nuevos individuos parece ser las condiciones de sombra y sequedad que reinan en el suelo de los claros por sequía. La muerte de los árboles que componen el dosel permite el ingreso de luz que se torna disponible para los arbustos y hierbas que crecen en los estratos inferiores.

Las sequías parecen estar limitando al coihue sobre en su límite oriental de su distribución, tornando estas poblaciones más vulnerables de sucumbir ante futuros eventos climáticos extremos. Si se tiene en cuenta la tendencia positiva en la temperatura que experimentan los veranos en el norte de la Patagonia y tendencias de declinación en las precipitaciones es probable que evento a evento la distribución de los coihuales se vaya paulatinamente reduciendo, dando lugar a vegetación más xerófila como cipresales y matorrales.

### **El fuego, un disturbio complejo**

El fuego, es decir la combustión y consumo de biomasa, requiere básicamente de tres ingredientes para ocurrir: la existencia de una fuente ignición, de cantidades de

combustible, y de la calidad o condición de inflamabilidad del combustible. Por ello el fuego puede considerarse como una forma de disturbio donde se entrelazan íntimamente componentes abióticos (modifican la desecación del combustible, por ej. sequías), bióticos (modifican la cantidad e inflamabilidad del combustible, ej. productividad) y antrópicos o sociales (ej. fuentes de igniciones antrópicas). Es por esta complejidad de factores que el fuego es un componente del ecosistema tan difícil de manejar.

Una de las grandes paradojas que plantea el manejo del fuego es que la ausencia o supresión de fuego determina mayores probabilidades y riesgos de fuegos aún mayores o más severos si el combustible que no se consume hoy continúa acumulándose en el sistema. Ese es exactamente el problema que existe hoy en muchos sistemas boscosos templados del mundo donde una política activa de supresión de fuego durante el último siglo indujo la existencia de paisajes con grandes acumulaciones de combustibles y altamente inflamables. Esta paradoja ha producido grandes controversias sobre cómo revertir dichas situaciones de alto riesgo de incendios severos, máxime teniendo en cuenta el aumento de la ocupación humana en los bosques (casas, caminos, sitios de esparcimiento, interfases urbano-boscosas).

Los paisajes andino patagónicos no escapan de la problemática del fuego. Árboles carbonizados, cicatrices de fuego, carbón en el suelo, límites abruptos entre bosques y matorrales, etc. son todos signos omnipresentes en el paisaje que nos sugieren que el fuego es y ha sido históricamente un componente importantísimo en determinar la dinámica de la vegetación. Ya los relatos de aventureros, historiadores, religiosos y militares del siglo XIX nos hablan de grandes quemazones en bosques y estepas, producto de las prácticas habituales de caza, comunicación, guerra por parte de los diferentes grupos aborígenes. En el siglo XVII, el Padre Mascardi describe densas humaredas relacionadas con la caza y movimiento de indígenas en zonas esteparias y de ecotono. Hacia la zona de bosque, el Padre Menéndez en el siglo XVIII hace referencia a “árboles y cañas quemadas”, “quemazones”, “humaredas” y “monte ardiendo”. En el siglo XIX, Cox, Musters y Fonck relatan la ocurrencia de fuego en relación a la caza del guanaco. Exploradores de las zonas de bosques (por ejemplo Steffen, Hess, Moreno) observan quemazones extensas de bosques húmedos y los atribuyen a la propagación de fuegos comúnmente encendidos como señales, la apertura de sendas para el comercio e intercambio de bienes con Chile y la apertura del bosque para el cultivo y pastura.

Más adelante, durante el período de colonización, las evidencias históricas del uso del fuego se acrecientan. Bailey Willis en 1914 identifica extensas áreas de matorrales como posiblemente originados a partir de incendios antiguos así como áreas recién incendiadas (Fig.1). Max Rothkugel en 1916 es pionero en descubrir y describir el carácter post-fuego de muchos bosques anteriormente considerados como “bosques vírgenes” y atribuye la existencia de fuego en la región primariamente a colonos europeos y secundariamente a indígenas y la acción de rayos. Fotos históricas de principios del siglo XX y mapas como los de Willis y Rothkugel nos pintan un paisaje boscoso enormemente impactado por grandes quemazones inicialmente generadas para la conversión de bosques a pasturas pero que eventualmente se escaparon y afectaron grandes extensiones de bosque. Hacia mediados del siglo XX el uso del fuego comienza a restringirse, en parte por cambios socio-culturales (urbanización, concientización, cambio gradual de actividades agrícola-ganaderas a turismo) posteriormente por la creación del sistema nacional de áreas protegidas que instaura políticas de prevención y supresión del fuego.

Importantes cambios en el régimen de fuego que correlacionan con diferentes períodos históricos de uso del fuego. En los sitios secos en el ecotono con la estepa el período de dominio aborigen se caracteriza por una frecuencia de fuegos relativamente alta y sin supresión de fuegos naturales. Este período se corta abruptamente luego de la conquista del desierto en 1880 y se pasa a un período libre de fuegos coincidente con el uso ganadero extensivo del área por parte de estancieros. En bosques más húmedos la historia fue algo distinta: un período pre-colonización con fuegos infrecuentes pero eventualmente muy grandes, un período de colonización Euro-Argentina 1880-1920, con muy alta frecuencia de fuego (varios fuegos por década en un mismo sitio o región) seguido de un período prácticamente libre de fuego, relacionado con la creación de áreas protegidas y supresión moderna de fuegos.

Como resultado de diversos estudios que indican que los matorrales maduros se incendian con mayor frecuencia que los bosques dominados por coihue, ciprés y lenga, estamos revisando nuestros paradigmas sobre la relación entre el tiempo transcurrido desde el último incendio y la inflamabilidad de las diferentes comunidades boscosas características del Parque. Los grandes incendios registrados desde el año 1957 hasta la fecha suman más de 12,000 hectáreas de las cuales el 58% ha afectado a matorrales, pastizales y áreas incendiadas históricamente (Fig. 1). En términos relativos a su distribución, las áreas afectadas por fuegos históricos tuvieron más del doble de incendios recientes que los bosques, en tanto que las áreas mapeadas como matorral en 1914 fueron 3 veces más afectadas por incendios que los bosques remanentes mapeados en esa época.

### **Invasión de árboles en el ecotono, un cambio del último siglo**

Varias fuentes de información nos sugieren que la vegetación ha respondido fuertemente a los cambios en el régimen de fuego. En general, tanto los períodos de alta frecuencia de fuego de origen indígena como la alta frecuencia inducida por la colonización, seguidas de un período casi libre de fuego, han inducido un proceso de avance de los árboles.

En coincidencia con la reducción sustancial en la frecuencia de fuego en el ecotono con la estepa, se inicia un período de aumento en la densidad de árboles. Aunque la disminución en la frecuencia de incendios seguramente es el principal factor que aumento la supervivencia de arbóreas, otros factores como la variación climática y la disminución de la carga ganadera han afectado la dinámica de este cambio del paisaje. En los bosques en contacto con la estepa, el ciprés parecería seguir un modo complejo de regeneración caracterizado por episodios de establecimiento infrecuentes los que están relacionados con fluctuaciones climáticas a escala de décadas. El ramoneo por parte del ganado más sus efectos sobre micrositios y plantas que compiten con especies arbóreas también influyen la abundancia y ritmo de crecimiento de los renovales de ciprés.

En la actualidad se ha formado una masa de combustible leñoso que tiene el potencial de generar un incendio intenso de copa, a la vez que ha disminuido la abundancia de arbustos y herbáceas. De esta manera, la disminución de incendios a partir de 1920 permitió un aumento de combustible en forma de especies arbóreas nativas más conectadas entre sí, con el consiguiente posible aumento en la propagación de fuegos futuros.

### **Matorrales y pastizales sucesionales**

En muchos casos los fuegos históricos muy severos han consumido las fuentes de semillas para la repoblación de bosques. Esto ha llevado a un proceso de matorralización, es decir un reemplazo de comunidades boscosas que se reproducen obligadamente por semilla, por

una comunidad caracterizada por especies rebrotantes. El fuego es un factor histórico responsable de la formación de muchos matorrales de ladera media que forman límites muy nítidos y persistentes en el tiempo con los bosques de lenga, en particular en exposiciones xéricas, en los que ésta especie no ha podido regenerar luego de dicho disturbio.

Se supone que muchos matorrales en particular los matorrales de ladera media, que a manera de cuña conectan los bosques de baja altitud de coihue, coihue-ciprés o ciprés con los bosques de lenga, son el producto de grandes incendios del pasado. Con el advenimiento del período de supresión de fuegos luego de la colonización de la región muchos matorrales están siendo lentamente convertidos a bosques (particularmente en cipresales) a medida que estas especies arbóreas se establecen, “perforan” el dosel del matorral y se tornan dominantes. Sin embargo, otros matorrales son relativamente estables por alguna de las siguientes causas: 1) fracaso en el establecimiento de especies luego del incendio, debido a cambios en las condiciones climáticas, 2) fuegos repetidos, 3) cambios en las condiciones del suelo luego del incendio y/o 4) herbivoría por mamíferos exóticos

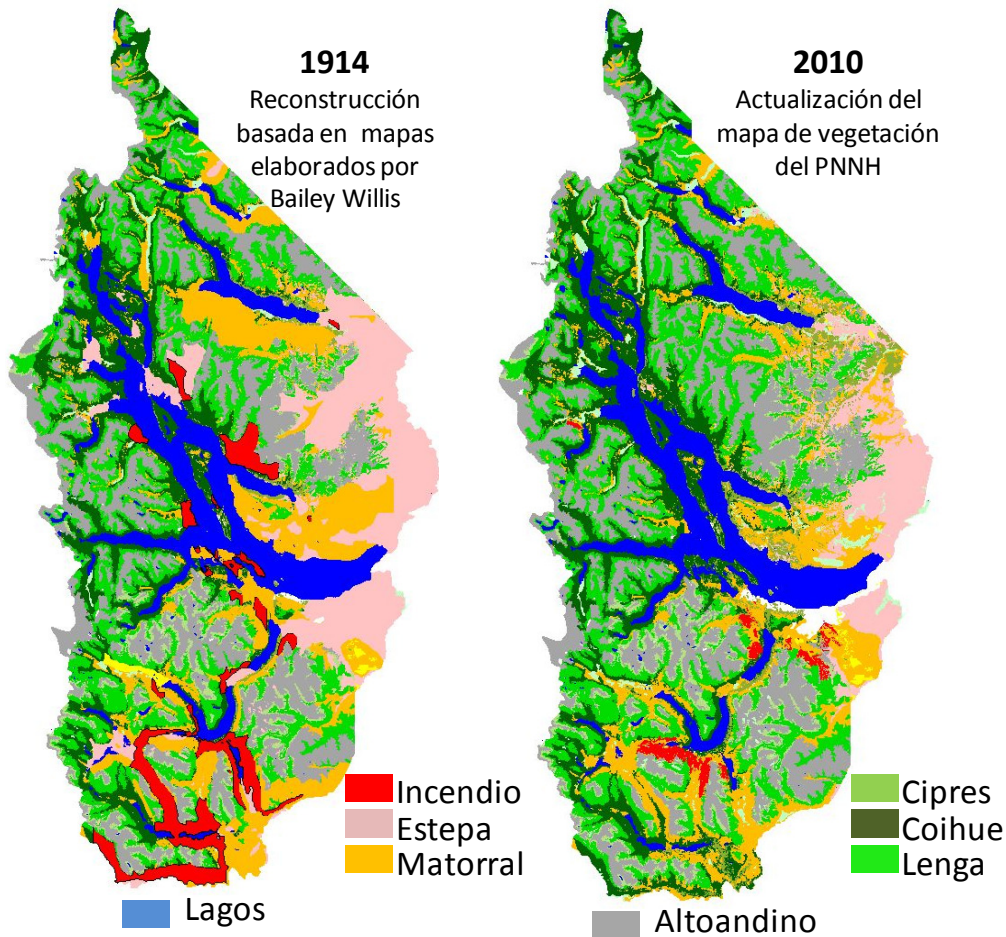
Independientemente si se trata de matorrales en sucesión a bosques o comunidades estables, estas enormes extensiones altamente inflamables a su vez sirven de propagador de fuegos que generalmente se inician a baja altitud, hacia sitios de mayor altitud con comunidades boscosas más susceptibles y con menos capacidad de resistir o regenerar luego de fuego. Es así que fuegos repetidos que se propagan por matorrales van lentamente “comiendo” porciones de lengales y convirtiéndolas en matorrales. En el PN Nahuel Huapi, los incendios han afectado principalmente a matorrales y bosques remanentes en laderas norte, en tanto que los bosques han colonizado matorrales y áreas históricamente incendiadas en las otras exposiciones, resultando en una expansión neta de los bosques durante los últimos 100 años de casi 26,000 hectáreas (Tabla 2).

### **Integrando el marco teórico a la actualidad del PNNH**

Como se ha mencionado anteriormente y en el Informe 3, la colonización del norte de la Patagonia a fines del siglo XIX, se caracteriza por la quema extensiva de bosques para abrir pasturas y la introducción del ganado ovino, bovino y equino.

El análisis de los cambios en la distribución de las principales comunidades vegetales del Parque Nacional Nahuel Huapi utilizando mapas elaborados a principios de siglo nos permite comprender la dinámica de recuperación post-fuego de dichas comunidades, o sea su resiliencia éste disturbio, así como los principales determinantes de dichos cambios. Utilizando una digitalización realizada por el grupo de investigación de Ecotono sobre los mapas originales de Bailey Willis (1914), se estimó la superficie cubierta por las principales comunidades vegetales del Parque, calculándose su distribución potencial (Fig. 1). Dicha interpretación se contrastó con el mapa de vegetación elaborado en el marco de la presente consultoría (Fig. 1) para cuantificar las transiciones entre dichas comunidades e inferir la importancia relativa de los principales procesos de cambio asociados con las mismas (ver Marco Teórico).

Un análisis de contribución indica que el 70% de los bosques existentes hace 100 años mantienen hoy cobertura boscosa, en tanto que más del 50% de los incendios mapeados hace 100 años ha sido colonizado por comunidades forestales, colonizando también el 30% de los matorrales post-fuego y el 20% de áreas consideradas agrícolas o de pastaje. El 40% de las áreas incendiadas están hoy cubiertas por matorrales, los que han avanzado también sobre el 13 % de los bosques mapeados hace 100 años (Tabla 1).



**Figura 1.** Distribución estimada en 1914 y actual de la vegetación del PNNH, basada en los mapas de uso del suelo elaborados por Bailey Willis e interpretación de imágenes satelitales

Las forestaciones y centros urbanos cubren hoy una superficie marginal del PNNH, habiendo reemplazado principalmente comunidades abiertas (matorrales y pastizales; Tabla 1). Las plantaciones forestales y las zonas urbanas afectan una pequeña superficie del Parque pero han mostrado la más rápida expansión durante los últimos 30 años. El avance neto de los bosques en el área del PNNH es del 13%, siendo la principal comunidad vegetal en expansión (Tabla 2).

**Tabla 1.** Contribución porcentual neta entre las principales comunidades vegetales del PNNH. Se consideran como áreas incendiadas sólo a aquellas afectadas durante el año 1999

NH 2010\NH 1914	Bosques	Incendios	Matorrales	Serranías y agrícola
Bosque	79%	54%	31%	20%
Matorral	13%	40%	50%	22%
Pastizal&mallin	5%	2%	13%	51%
Forestaciones y urbano	0.1%	0.1%	1%	5%
Incendios	0.4%	3.2%	4.4%	1.5%

Nuestros resultados preliminares indican que los bosques de coihue han sido la comunidad vegetal de mayor expansión en áreas incendiadas a principios del siglo XX, en tanto que los bosques de ciprés han colonizado gran parte de los matorrales de la región, mostrando la mayor expansión porcentual de las comunidades boscosas del PNNH.



**Tabla 2.** Cambios en la cobertura de las principales comunidades boscosas del PNNH durante el período 1914-2005.

NH 2010\NH 1914	Bosques 1914	Incendios	Matorrales	Serranías y agrícola	Incremento (has)	Incremento (%)	
Lenga	74,939	5,081	11,347	5,923	22,351	30%	
Coihue	72,548	12,273	7,342	4,618	24,233	33%	
Ciprés	5,288	1,589	6,318	6,022	13,929	263%	
Lenga achaparrada	5,303						
Balance bosque	-	34,786	18,943	25,007	16,563	25,727	13%

Otros estudios indican que el avance de los bosques de coihue y lenga son el resultado directo de establecimiento postfuego, por lo que se encuentran hoy en etapa de autoraleo (60-100 años) en tanto que los bosques de ciprés, debido a su capacidad de establecerse en matorrales, estarían hoy en un proceso activo de avance sucesional, reemplazando principalmente a matorrales.

Los principales atributos asociados a la expansión de los bosques son la humedad (precipitación, laderas Sur y Oeste) y la distancia a fuente de semilla, lo que ha resultado en un paisaje fuertemente estructurado por su topografía, con matorrales y pastizales de alta combustibilidad en exposiciones Norte y Este, y áreas de expansión de bosque en laderas Sur y Oeste

Proponemos que, en condiciones de mayor humedad de suelo el avance del bosque se caracteriza por establecimiento masivo post-fuego, en tanto que en condiciones mas xéricas la comunidad post-fuego estará dominada por especies heliófilas, características del matorral, que facilitarán el establecimiento de especies forestales. Esto ha determinado un patrón de distribución actual de la vegetación fuertemente asociado a la topografía del Parque, generando condiciones ideales para la perpetuación de matorrales de alta combustibilidad y riesgo de fuego, las cuales incrementan con el tiempo desde el último incendio en laderas norte; y condiciones de baja combustibilidad y riesgo de fuego en laderas sur, que disminuyen con el tiempo desde el último incendio al madurar los bosques de coihue, lenga y ciprés que tienden a establecerse en estas laderas. Esta dinámica de estados alternativos asociada a la topografía del Parque y su historia de fuegos determinará en gran medida la respuesta de las comunidades del PNNH a cambios en la intensidad del uso del mismo, así como a variaciones climáticas.

### **Dinámica de comunidades y cambio global**

Según modelos de circulación global, las previsiones climáticas para las próximas décadas en el PNNH son de un aumento en las temperaturas y reducción en las precipitaciones invernales en la zona húmeda y un aumento de las precipitaciones estivales en la zona de estepa. Esta tendencia ya se encuentra instaurada en la región desde mediados de la década de los 1970s habiéndose registrado un aumento a modo de “escalón” de 1°C en la temperatura de verano a partir del año 1977 así como una tendencia de reducción en las precipitaciones. Además en las últimas décadas se ha registrado un aumento en la frecuencia de eventos climáticos extremos como sequías y lluvias torrenciales.

Estas tendencias pueden por un lado deberse a variabilidad natural del sistema climático global el cual se encuentra fuertemente influenciado por patrones cíclicos climático-océánicos que se dan a diferentes escalas temporales (años a milenios). El más difundido es El Niño Oscilación Sur (ENOS), una oscilación en la temperatura del Océano Pacífico tropical que influye sobre los grandes patrones de circulación de masas de aire y que por ende afecta la redistribución de la energía (manifestada por temperaturas) y del agua (manifestada como cambios en la precipitación) a nivel global. Esta cuasi ciclicidad

se da a una escala de 3-7 años. Durante la fase positiva de ENOS, el anticiclón del Pacífico suroriental se debilita, lo que permite una desviación hacia el ecuador de los vientos oeste. Esto induce condiciones cálidas y secas en las latitudes medias (40-50 ° S) en el oeste de la Patagonia, lo que promueve fuego. Superpuesto a la variabilidad climática forzada por ENOS se encuentra otro forzante de gran escala que es el Modo Anular del Sur (MAS). Durante la fase positiva del MAS, una anomalía de baja presión atmosférica se desarrolla sobre la Antártida desviando el vértice circumpolar y desviando el Anticiclón del Pacífico hacia mayores latitudes generando sequía e incendios en Sudamérica entre los 35-43 ° S. Además, estado positivo de MAS se correlaciona con un calentamiento del Atlántico Sur que incrementa aún más las anomalías positivas en las temperaturas. En la últimas décadas MAS ha mostrado un tendencia positiva mas que una oscilación, los que sugiere una creciente aridificación sobre latitudes medias y consecuentemente un aumento en la actividad de fuego. Se espera que una combinación de la tendencia de MAS y ENOS negativos (La Niña) produzcan años particularmente activos en términos de fuego y sequía.

### **Regeneración del bosque y variabilidad climática**

Las condiciones climáticas necesarias para la regeneración varían según el tipo de bosque y su ubicación geográfica. Los dos factores climáticos más importantes para la regeneración son la precipitación y la temperatura.

En los bosques de lenga y coihue del noroeste de la Patagonia, las variaciones en la precipitación juegan un papel muy importante en la regeneración. Por ejemplo, cuando ocurren varios años seguidos con mucha lluvia durante la primavera y el verano, la supervivencia de las plántulas de estas dos especies de árboles es alta. En cambio cuando ocurren periodos largos de sequía hay alta mortalidad de plántulas, a pesar de que durante los años secos los árboles de algunos bosques producen grandes cantidades de semillas.

Para éstos bosques, las condiciones que más favorecen el éxito de la regeneración son los periodos en los que se alternan años húmedos y secos en forma frecuente, de este modo ocurren años con alta supervivencia de plántulas y buena producción de semillas. Estos periodos en los que alterna el clima lluvioso y seco se consideran de alta variabilidad climática. De acuerdo a observaciones sobre la producción de semillas en bosques de lenga del Valle Challhuaco, Cerro López y Paso Puyehue en los últimos diez años, la alta producción de semillas ocurre después de veranos muy secos y cálidos. En cambio, la supervivencia de plántulas, tanto de lenga como de coihue, es particularmente buena cuando la primavera y el verano son lluviosos. Esta alternancia de años secos y húmedos, hace que a largo plazo el proceso de regeneración de estas dos especies de árboles ocurra en forma de pulsos, aunque en la naturaleza estos pulsos de establecimiento no suceden con una frecuencia regular.

La irregularidad de la regeneración en este caso está relacionada con el fenómeno climático ENOS. Durante ese fenómeno ocurren dos fases principales, de duración variable, compuestas por años secos y luego años lluviosos. En los bosques, durante la fase seca se observa una producción abundante de semillas. Si a continuación ocurre la fase lluviosa las semillas que germinaron tienen una alta probabilidad de sobrevivir manteniendo el ciclo de regeneración del bosque.

Esta influencia de la variación climática depende de donde este localizado el bosque. Esta es más notoria en los bosques de los lugares más secos, por ejemplo los que están más cerca de la estepa como los bosques de lenga del Valle del Challhuaco o



Ñirihuau. Los bosques más lluviosos como los que están más cerca del límite con Chile, en cambio, se ven menos influenciados por esa variabilidad.

En el caso de los bosques de coihue, ellos casi siempre crecen en zonas húmedas como cañadones y costas de lagos. Esto hace que su proceso de regeneración sea similar a los bosques de lenga de los sitios más lluviosos. Por ejemplo, se ha observado que en los bosques del Lago Steffen, Lago Espejo y Cascada de los Alerces la regeneración de los bosques de coihue es constante en el tiempo. Esto significa que por las condiciones del clima, casi todos los años hay germinación y establecimiento de nuevas plántulas siempre y cuando las condiciones de luz del sotobosque sean las adecuadas.

### **Fuego y clima**

En general los fuegos de bosque se relacionan con sequías durante la primavera-verano del año del evento mientras que los años sin fuego se relacionan con años con lluvias por encima de lo normal. Esto sugiere que el clima es un fuerte condicionante de la ocurrencia de fuego. Este efecto se ve incrementado en bosques húmedos de coihue y los bosques de altura (bosques de lenga) los que requieren sequía mas severa para quemarse. En cambio, los bosques secos requieren sequías leves y los matorrales y pastizales de fondos de valle no requieren de sequías para quemarse y propagar fuego. Llamativamente estos sistemas secos requieren de años lluviosos 1-2 años antes del evento de fuego, lo que puede interpretarse como un mecanismo que hace acumular combustible fino (pastos) que luego sirve para propagar el fuego. Un fenómeno climático que produce ciclos de este tipo es El Niño Oscilación Sur (ENOS) donde la fase de El Niño (agua cálida en las costas del Perú) se relaciona con primaveras lluviosas en el norte de Patagonia mientras que la fase fría se relaciona con sequías en dicha región. La intensidad en la ciclicidad de ENOS entonces es un motor que produce fuego en Patagonia generando combustible y desecándolo luego.

Otra influencia climática importante sobre el régimen de fuego se centra en la actividad convectiva (nubes de tormenta) y la incidencia de rayos que potencialmente pueden servir como fuentes de ignición natural de incendios. En el norte de la Patagonia se producen rayos únicamente cuando se frena la circulación oeste de aire estable del Pacífico y se la reemplaza por una circulación SE de masas de aire cálido e inestable provenientes del Atlántico y los subtrópicos. Claramente los veranos en que se producen estas anomalías aumentan las temperaturas máximas de verano y se producen tormentas eléctricas (generalmente secas) e igniciones por rayo sobre combustibles previamente desecados durante la estación seca. Esto hace que las igniciones, aunque escasas posean altas probabilidades de producir incendios.

Un análisis del clima y los incendios por rayo producidos en los últimos 50 años en los Parques Nacionales del norte de la Patagonia revela que la incidencia de fuegos por rayo ha dado un brusco salto a mediados de la década del '70 con el doble de igniciones y el doble de área quemada en estas tres ultimas décadas comparado con la primeras dos. En paralelo, durante el período, el aumento de igniciones por rayo se corresponde con un aumento de la temperatura media de verano de aproximadamente 1°C.

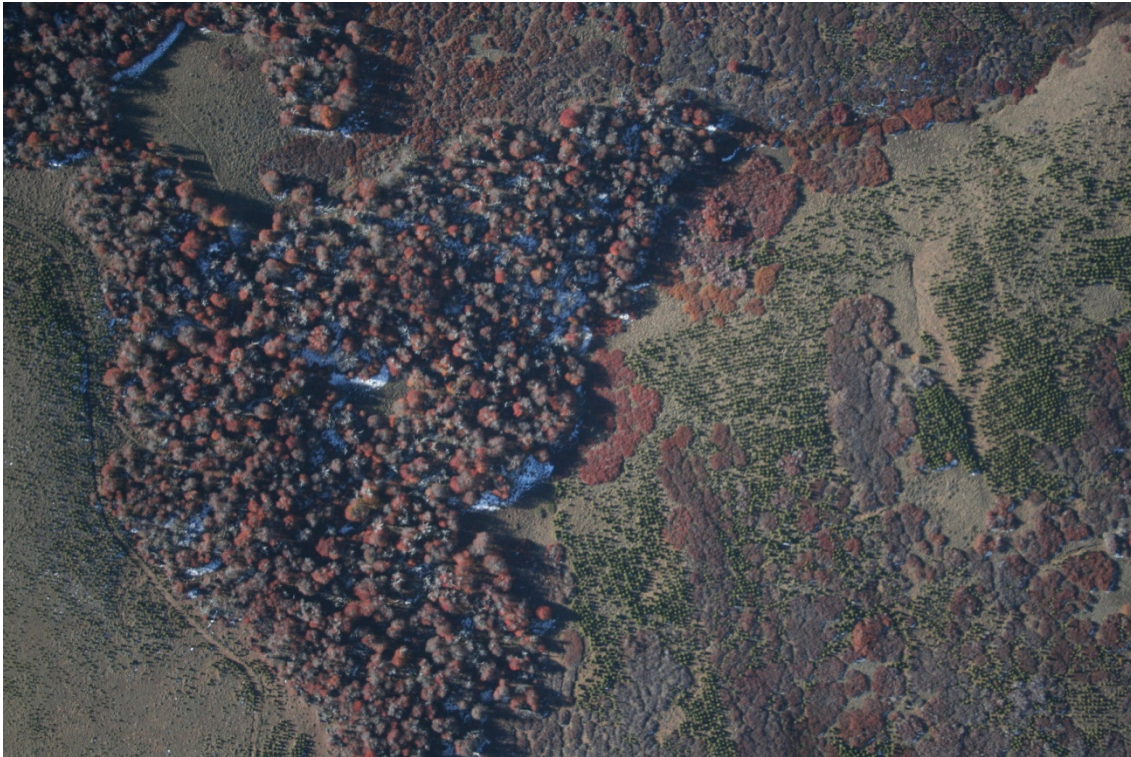
Uno de los pronósticos de climatólogos indica un incremento en la variabilidad climática interanual (frecuencia de eventos extremos como sequías). De acuerdo a las relaciones climáticas detectadas, este escenario daría lugar a un incremento en la frecuencia y severidad de fuego, una afectación mayor de ecosistemas sensibles al fuego como lo son los bosques de lenga, un aumento del tamaño de los incendios, un aumento en los riesgos de fuego para la población en las interfases boscosas-urbanas. Por otra parte una tendencia

de aumento de las temperaturas de verano posiblemente irá incrementando la incidencia de fuegos por rayo en la región, en particular en bosques que normalmente no son afectados por fuegos o lo son en baja frecuencia

## **Comunidades vegetales y ambientes y/sitios de valor especial**

### ***Lengales ecotonales:***

- Riesgos: regeneración esporádica controlada por variabilidad climática, riesgos por fuegos severos propagados desde matorrales, baja resiliencia al fuego. Escenarios: aumentos en la variabilidad climático y/o calentamiento global reducirían su extensión a costa de matorrales y pastizales. Aumento de herbivoría (veranadas) por ganado o herbívoros exóticos interferirían sobre proceso de regeneración. Incremento en la abundancia de coníferas exóticas (por plantación o escape e invasión) podría poner en riesgo estos ecosistemas debido a un incremento en la inflamabilidad general del paisaje. Cercanía e incremento de urbanización incrementaría los riesgos de conversión de estos ecosistemas a matorrales. Ejemplos: Valle del Challhuaco, Ñirihuau,
- Particularidades: genotipos únicos por aislamiento Por ej: Fortín Chacabuco, microambientes particulares para determinadas especies endémicas. Por ej. Challhuaco
- Propuesta de manejo alternativo que podrían ayudar a revertir la situación actual: reemplazo de plantaciones de coníferas por especie menos inflamables y menos invasivas (por ej. Raulí, Roble Pellín), restricción de uso de estos sitios como veranada a través de intensificación de cría y engorde, mejoras en el manejo de poblaciones de cérvidos para disminuir densidades totales, reducción de ganado en mallines para disminuir la presión de cérvidos en el bosque. Incrementar medidas de prevención de fuego en el entorno de estos ambientes, en particular los matorrales, pastizales y pinares adyacentes. En caso de incendios severos las medidas de mitigación más aconsejables según estudios realizados en el Parque son: remoción total de ganado, evitar la remoción de restos leñosos en pie y caídos, controlar la invasión de coníferas exóticas.



**Foto 2** Lengal ecotonal rodeado por plantaciones de coníferas en el PNNH

### *Cipresales ecotonales.*

Se entiende por esto áreas que activa o potencialmente pueden ser invadidas en el corto o mediano plazo por ciprés. Estas áreas pueden dividirse en dos sectores: refugios y zonas de avance. Los riesgos que afectan a las zonas de avance del mismo condicionarán su dinámica de expansión, en tanto que los riesgos que afectan a los refugios afectarán directamente a su persistencia de largo plazo.

- Particularidades: los refugios de ciprés presentan comunidades florísticas y faunísticas únicas asociadas al ambiente rocoso. Los individuos de ciprés son particularmente longevos (en muchos casos >300 años) y raros considerando que son muy escasos los bosques de ciprés de mas de 150 años.
- Riesgos: en los refugios la principal amenaza es el fuego dado que si entra con alta severidad produce la desaparición de las fuentes de semilla. Invasión o implantación de exóticas leñosas en entornos de refugios aumentan la inflamabilidad de los mismos. En el sector de avance los riesgos están relacionados con herbivoría por ganado o mamíferos silvestres exóticos, el fuego removiendo las cohortes de regeneración y la competencia por luz con leñosas exóticas. Las zonas de avance potencial de ciprés han sido objeto de plantaciones o están siendo invadidas por leñosas exóticas. En particular murrayana y la rosa mosqueta en zonas secas y oregón en matorrales. Ejemplos: Valle Encantado, Lago Meliquina, Valle del Trafal, Fortín Chacabuco, Cuyin Manzano, Cerros Carbon y Ventana, Cañadon de la Mosca, Camino a El Bolsón desde Bariloche hasta el lago Guillermo, áreas aisladas del Manso Superior e Inferior, Lago Trafal, brazo Huemul.
- Propuestas de manejo alternativos. Los refugios deberían ser revalorizados desde el punto de vista de la conservación y protegidos de manera particular. Reemplazo de



plantaciones de coníferas por especies menos inflamables en los entornos de refugios. La mayoría de las zonas ecotonales encuentran frenado el avance de ciprés por presión de herbivoría. Se observan zonas de regeneración y avance activo en predios donde se ha removido el ganado (por ej. Ea. Chacabuco). Promover programas de control/remoción de leñosas invasoras.



**Foto 3** Zona de avance y refugio de ciprés fuertemente invadido por P. Oregon en el Cerro Ventana, PNNH

### ***Bosques húmedos con componentes valdivianos***

Se entiende por bosques generalmente dominados por *Nothofagus* que poseen componentes del bosque Valdiviano, ya sea en el estrato arbóreo o sotobosque. Estas comunidades normalmente en precipitaciones >2500mm pueden encontrarse en forma aislada hasta los 1600mm, especialmente en sitios que han podido de alguna manera escapar de la acción del fuego y/o la herbivoría.

- Riesgos: los riesgos de estas comunidades son generalmente bajos por estar generalmente en zonas intangibles pero se incrementan de oeste a este hacia zonas más secas y con mayor influencia humana (por fuego, pastoreo). Uno de los riesgos para estos ecosistemas en lugares remotos y húmedos es el incremento de fuegos por rayo que se puede producir bajo escenarios de calentamiento y aumento de variabilidad climática. (Por ej. Incendio de Brazo Machete 2002). El incremento de actividades náuticas podría aumentar el riesgo de fuego en estas comunidades y otros ambientes que históricamente no han sufrido pastoreo como islas en lagos (por ej. Isla Corazon, Lago Mascardi, Isla Centinela, Nahuel Huapi, otras islas en Lago Triful, Lago Correntoso, etc.). En zonas más secas, los escasos sitios con estas comunidades están



bajo alta presión de fuego y pastoreo. Por ej. Manso Inferior mallines zonas riparias con *Pilgerodendron* y *Fitzroya*, Lago Steffen, Lago Roca, Fitzroya y *Pigerodendron* riparios.

- Particularidades: se trata de comunidades ricas en especies vegetales asociadas a exceso hídrico y falta de luz. Dominan en ellas proceso aperturas de claros en el bosque, comunidades cabeceras de cuencas con importancia como control hidrológico de la calidad del agua.
- Propuestas de manejo alternativo: existen numerosos sitios particulares donde se encuentran estas comunidades los cuales deben recibir un estatus de conservación alto. Estos sitios deben ser excluidos del ganado y el impacto de otras actividades humanas en su entorno inmediato (por ej. Pisoteo, caminos, drenajes, etc.). Las islas libres de pastoreo deben recibir protección especial por su particular composición a menudo con especies valdivianas. Muchos bosques húmedos >2000mm de precipitación con altas cargas ganaderas pueden en el corto plazo revertir a bosques húmedos con componentes valdivianos si se retira el ganado. Por ej. Lago Espejo margen Este.



**Foto 4** Bosque mixto de lenga y coihue con componentes valdivianos en el PNNH.

## ***Elaboración del Mapa de Vegetación del P.N. Nahuel Huapi***

El mapa de vegetación existente fue el resultado de un trabajo conjunto a escala regional, utilizando como fuente principal de interpretación imágenes LANDSAT con una escala aproximada de 1:250.000. Las imágenes utilizadas, con un grano de 28.5 x 28.5 m no permitían una mayor resolución, por lo que las autoridades de la APN plantearon los siguientes requerimientos al consultor:

- Imágenes actualizadas de 30x30 mts de menos de un año de antigüedad
- Lograr una resolución que permitiera generar mapas a escala 1:100.000

La APN se comprometió a suministrar material de apoyo para la elaboración de dichos mapas de ser requerido por el consultor.

### **Características del mapa entregado**

Se completó la compilación, actualización e integración cartográfica de la información existente para generar un mapa temático a escala 1:100.000 de Unidades de Vegetación. Las principales fuentes de información para la elaboración del mapa fueron:

- a) imágenes satelitales recientes (Aster 2006) con una resolución de 15x15 m.
- b) imágenes de alta resolución tipo Quickbird en la zona sur del Parque.
- c) información cartográfica y de Base de Datos existente en la APN elaborada y procesada por la DRP;
- d) Bibliografía actualizada y consulta a informantes calificados

### **Procedimiento**

1. Se adquirieron imágenes ASTER de dos fechas (verano y otoño) para todo el Parque Nacional Nahuel Huapi así como par el PN Lanin.
2. Se han incorporado modelos digitales de elevación, isohietas y otro material de apoyo para facilitar la clasificación asistida de unidades de vegetación.
3. Se han definido ocho unidades de vegetación, utilizando el criterio de especie dominante del dosel superior:
  - a. Bosque de ciprés
  - b. Bosque de lenga
  - c. Bosque de coihue
  - d. Matorral de lenga achaparrada
  - e. Matorrales
  - f. Mallines
  - g. Pastizales
  - h. Estepas
  - i. Forestaciones

Agrupando la vegetación del PNNH en las categorías mencionadas, se ha elaborado un de mapa de vegetación para el Parque Nacional Nahuel Huapi el cual ha sido entregado a personal de la Delegación para su revisión el año 2010.

### **Caracterización de las Unidades de Vegetación**

Se ha generado una base de datos tabular con vínculos al mapa para permitir la actualización continua de los polígonos definidos en este trabajo. En presentaciones con investigadores y personal del SFA, Río Negro, se ha consensuado una planilla general de

muestreo que permite tanto el control del mapa existente como el monitoreo de los principales procesos y actividades (fuego, herbivoría, uso leñero, uso turístico) (Anexo III)

- Se ha definido la clasificación de comunidades vegetales sobre la base de especie dominante en el estrato superior.

### **Caracterización de las unidades de vegetación:**

- **Bosque de ciprés:** Bosque abierto a denso de *Austrocedrus chilensis*, en estrato arbóreo, solo o acompañado especies características del matorral (Maitén, Radal, Retamo y Ñire).  
Si bien esta especie tiene un amplio rango de distribución en el Parque Nacional Nahuel Huapi, incluyendo todo tipo de pendientes y suelos, y niveles de precipitación, los bosques dominados por ciprés se distribuyen principalmente en las zonas más xéricas del Parque.
- **Bosque de lenga:** Bosque monoespecífico de *Nothofagus pumilio* con sotobosque herbáceo y arbustivo en su rango superior, generalmente dominado por *Chusquea* en su límite inferior. Esta comunidad forma el límite altitudinal superior del bosque. Esta especie tiene un amplio rango de distribución en el Parque Nacional Nahuel Huapi, incluyendo todo tipo de pendientes y suelos, y niveles de precipitación, encontrándose por lo general en altitudes mayores a los 1000 msnm
- **Bosque de coihue:** Bosque alto de *Nothofagus dombeyi*, solo o asociado con Ciprés con sotobosque abierto, dominado por especies arbustivas (*Berberis darwinni*, Maqui) y chusquea.  
Esta especie tiene un amplio rango de distribución en el Parque Nacional Nahuel Huapi, formando bosques monoespecíficos post-fuego, así como bosques mixtos con ciprés. Generalmente domina las partes bajas de las laderas, suelos profundos y márgenes de ríos y lagos.
- **Lenga achaparrada:** Matorral denso muy ramificado monoespecífico de *Nothofagus pumilio* de altura media (inferior a 3 m) y de casi 100% de cobertura en el estrato superior. Por debajo, se presenta un estrato de hasta 0,50 m de altura integrado por escasas especies arbustivas y herbáceas típicas de ambientes húmedos (*Ribes cucullatum*, *Berberis pearcei*, *Calceolaria spp.*, etc.).
- **Matorrales:** formación leñosa caracterizada por la dominancia de especies heliófilas rebrotantes de estructura variable, desde arbustiva hasta arborescente. Esta comunidad de gran biodiversidad (más de 100 especies comunes entre lianas, herbáceas y arbustivas) está generalmente asociada con fondos de valle y laderas norte, pero mantiene un amplio rango de distribución en el Parque Nacional Nahuel Huapi, posiblemente asociada a la historia de grandes incendios del siglo XIX.  
Las especies dominantes (ñire, retamo, radal) forman por lo general un estrato principal no diferenciado, con una fuerte conectividad vertical debida a la presencia de trepadoras (mutisia) y un estrato herbáceo dominado por gramíneas y *Berberis spp.*  
Otras especies arbustivas de esta comunidad (laura, notro, Discarias, Coletia spp.), características de áreas disturbadas, agregan una gran variabilidad espacial y temporal a esta comunidad. La presencia y densidad de *Chusquea* en esta comunidad está generalmente asociada a zonas de precipitaciones superiores a los 1500 mm. Esta comunidad está fuertemente condicionada por la recurrencia de fuego por lo que determinará la dinámica de muchos procesos asociados a disturbios naturales y antropogénicos.



- **Mallines:** vegas de gramíneas y ciperáceas en fondos de valle o en ambientes altoandinos mal drenados. Tiene alta cobertura y diversidad florística, presentando en ocasiones bosquetes de ñire.
- **Pastizales:** Praderas húmedas de gramíneas y ciperáceas en fondos de valle con relieve plano y suelos con rasgos hidromórficos como vegas y áreas riparias. La vegetación es similar a la de la estepa, con predominio de herbáceas con mayores requerimientos de humedad. De alta cobertura y diversidad florística. En muchos casos, su diversidad y cobertura está alterada por una larga historia de uso ganadero.
- **Estepa:** Comunidad de cobertura generalmente baja, dominada por especies arbustivas o semiarbustivas (principalmente *Mullinum spinosum*) en laderas, y por gramíneas (principalmente *Festuca* spp.) en zonas de poca pendiente y fondos de valle.
- **Forestaciones:** Especies diversas de coníferas exóticas implantadas en la región, así como áreas de regeneración post-fuego. Por lo general monoespecíficas, sin sotobosque y asociadas a caminos o zonas periurbanas.  
Éstas comunidades, de distribución muy restringida en el Parque Nacional Nahuel Huapi, tienen sin embargo importancia en procesos asociados a la dinámica de comunidades vecinas.

Se han definido tres clases estructurales que completan el mapa de vegetación y son importantes para la comprensión de la dinámica de cambio del mismo:

- **Lagos:** Constituyen barreras a procesos como el fuego y la dispersión, influyen sobre el ambiente inmediato (humedad, amplitud térmica, etc.) y están fuertemente asociados a actividades humanas (producción, urbanización, turismo).
- **Semidesierto Altoandino.** Incluyen comunidades vegetales muy diversas y poco estudiadas, naturalmente fragmentadas y ricas en endemismos.
- **Zonas urbanas.** Fuertemente asociadas a introducción de especies exóticas, cambios en el régimen hídrico y mayor frecuencia de disturbios antropogénicos (fuegos, extracción de leña, animales domésticos asilvestrados, etc.)

## Metodología para elaboración del mapa

### Revisión de métodos y bases de datos existentes

Se mantuvieron reuniones con los técnicos de la Delegación Patagonia Norte para identificar material de potencial uso para la actualización del mapa. Los datos referentes a lagos, ríos y caminos presentados por la DPN se consideraron de calidad suficiente para ser incorporados como material de apoyo.

- Se ha solicitado mapas históricos de alerces y otras especies consideradas de valor. Es recomendable mantener las áreas de distribución de especies de alto valor y/o poco frecuentes como capas separadas para permitir su revisión continua y mayor nivel de precisión.
- Se ha tomado conocimiento de la elaboración de un mapa de distribución de caña Coligüe para el Parque. Debido a la metodología utilizada, se consideró poco conveniente incluir estos datos en el mapa de vegetación presentado. Sería conveniente revisar detalladamente la distribución de caña coligüe florecida y no florecida durante el 2010, ya que esta especie es considerada de gran importancia para la dinámica de regeneración de los bosques del Parque..

- Se han recopilado datos digitalizados por la Delegación sobre incendios históricos y elaborado una capa general que contiene la historia de fuego documentada en el Parque desde 1914. Según entendemos, existen varios fuegos cuya extensión no ha sido determinada, en particular durante el período 1914-1950.
- Se verificó que el sector sur del Parque Nacional Nahuel Huapi (margen sur del lago Nahuel Huapi hasta su límite sur, sobre el río Manso) estaba cubierto por imágenes de alta resolución en Google Earth a la fecha del inicio del proceso de digitalización. Estas imágenes tienen una resolución de 2 x 2 pies (0.6 x 0.6 m).
- Se verificó la existencia de imágenes ASTER (resolución: 15 x 15 m) para casi toda la zona de revisión (Parques Nahuel Huapi y Lanin), tanto para verano como para otoño. Las mejores imágenes se registraron para los años 2003 (otoño) y 2006 (verano) y 2007 (fin de verano-otoño).

### *Conclusiones de la revisión*

- Se concluyó que las imágenes Quickbird disponibles en Google Earth permitirían asegurar la determinación de límites discretos a una escala muy superior a la requerida por lo que se decidió utilizar dicho soporte como fuente principal de interpretación para las áreas en que haya imágenes disponibles.
- Se considera que las imágenes ASTER permiten una determinación de límites muy superior a la solicitada y brindan información complementaria a las imágenes falso color Quickbird por lo que se decide utilizar éstas imágenes como fuente secundaria en áreas donde haya cobertura de alta resolución, y como fuente primaria en áreas sin cobertura en alta resolución.

### *Programas utilizados para la elaboración del mapa de vegetación*

- Google Earth
- IDRISI Andes
- ArcView 3.3.
- ArcView 9.3.

### *Estrategia de elaboración del mapa de vegetación*

#### *Determinación de clases del mapa*

Se buscó agrupar las comunidades vegetales en grupos que pudieran caracterizarse por procesos generales en común, y a su vez determinarse con límites relativamente discretos a la escala exigida (1:100:000).

Se propusieron las siguientes categorías:

#### **Categorías estructurales**

**Lagos:** incluye lagos y lagunas permanentes. Toma como base los polígonos provistos por la DRP.

**Altoandino:** Incluye todas las áreas visibles sin vegetación arbustiva o arbórea. No incluye bosques, vegas ni matorrales de altura, los que se han incluido en categorías de vegetación.

**Zonas urbanas:** principales ciudades de la región, en áreas en las que se ha perdido la matriz de vegetación original. Excluye sectores de las ciudades en las que se encuentren áreas con vegetación de tamaño suficiente para ser visualizado a la escala requerida.

### ***Clases de vegetación***

Se definieron las siguientes clases de vegetación como posibles de ser definidas y visualizadas a la escala propuesta:

1. Mallines
2. Matorral
3. Matorral de altura
4. Bosque de coihue
5. Bosque de ciprés
6. Bosque de Lengua
7. Forestaciones

## **Captura de datos**

### ***Digitalización en pantalla***

Aprovechando la disponibilidad de imágenes de alta resolución en el sector sur del Parque Nacional Nahuel Huapi, se digitalizaron en pantalla las siguientes clases:

Lagos: revisión de los polígonos entregados por la DRPN y digitalización en áreas que no tuvieran suficiente precisión.

Altoandino: digitalización completa de las zonas dominadas por rocas y nieves sobre el nivel de la lengua achaparrada.

- Lengua achaparrada: digitalización en todos los sectores en que se pudiera visualizar la existencia de matorral altoandino se lo clasificó como ésta categoría.
- Mallines: humedales (vegas) sin vegetación arbórea o arbustiva, tanto en altoandino como en zonas bajas.

La digitalización se realizó directamente en Google Earth, con clasificación de los polígonos generados según la calidad de digitalización para su posterior control y rectificación.

Los polígonos se exportaron a ArcView, donde se unificaron en un mapa base.

Para evitar la superposición de polígonos, se estructuró la digitalización del siguiente modo:

- **Altoandino y lagos:** polígonos independientes, forman la estructura del mapa.
- **Mallines, forestaciones, matorrales y bosque:** se recortan de los polígonos de lago y Altoandino en caso de que estén en contacto con los mismos.

Los diferentes tipos de matorral se diferencian por altura, asignándose a la Lengua achaparrada el límite entre el bosque y el altoandino.

Los diferentes tipos de bosque no se pueden diferenciar claramente en Google Earth.

## Clasificación automática

Este procedimiento se utilizó en forma complementaria para el mapeo de la zona sur del Parque, y como metodología principal para el mapeo de la zona norte

- Se utilizaron 3 imágenes Aster de verano (27/1/06) y 3 de otoño (4/5/2003), que cubren aproximadamente toda el área del Parque. Resta completar un pequeño sector al este y otro al norte, para lo cual ya se adquirieron las imágenes correspondientes.
- El procesamiento de las imágenes se realizó con el software IDRISI
- Se utilizó un procedimiento de clasificación supervisada, que requiere la identificación de sitios de entrenamiento (sitios homogéneos de cada categoría a ser clasificada).
- Se utilizó la rutina de clasificación MAXLIKE
- Para la clasificación se utilizaron las bandas 1,2,3,4 y 6 de las imágenes de verano, las bandas 2 y 3 de las imágenes de otoño, y se incorporó un modelo de terreno (ASTER GDEM), y mapa de precipitación media anual (digitalizado de Barros et al, 1983)
- Se realizó un análisis del nivel de error de las clasificaciones automáticas, en base a sitios de vegetación conocida utilizados para la verificación del mapa generado.

**Tabla 1.** Resultados de la matriz de errores de omisión y comisión de la clasificación de las principales clases de vegetación de la **Zona Norte del Parque Nacional Nahuel Huapi** utilizando el método de Maximum Likelihood (MAXLIKE) en IDRISI utilizando imágenes ASTER de dos fechas, modelo digital de altura (Aster GDEM) y mapa de precipitación.

Estimación Zona norte PN-NH	Valores reales										Error Omisión
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1 Agua	47576	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2 Nieve	0	198	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
3 Altoandino	0	0	2410	0	0	0	0	16	0	0	1%
4 Lengua	0	0	0	7607	0	46	0	67	0	650	9%
5 Coihue	28	0	0	1515	8480	151	91	0	0	209	19%
6 Cipres	1	0	0	0	218	2511	77	24	0	14	12%
7 Forestaciones	0	0	0	0	0	2	388	0	0	0	1%
8 Pastizal	0	0	0	0	0	12	2	3007	1	1	1%
9 Mallines	0	0	0	0	48	22	111	0	790	0	19%
10 Matorrales	0	0	0	32	136	116	0	297	195	4228	16%
Total	47605	198	2410	9154	8882	2860	669	3411	986	5102	81277
Error comisión	0%	0%	0%	17%	5%	12%	42%	12%	20%	17%	

Cada valor representa un pixel (15 x 15 m) para el que el programa asignó una clase de vegetación

- Para la **zona sur del Parque**, que ya contaba con un mapa preliminar en base a un trabajo de digitalización de imágenes de alta resolución (ver arriba), muy confiable para la separación de bosques/matorrales/pastizales, sólo se utilizaron las nuevas categorías generadas para la diferenciación de los bosques en bosques de lengua y ciprés. Los errores reportados para estos tipos de vegetación fueron los siguientes

**Tabla 2.** Errores de Omisión y Comisión para los dos tipos de bosque mapeados en base a una clasificación supervisada (MAXLIKE), en la **Zona Sur del Parque Nacional Nahuel Huapi**

Tipo de bosque	Error de Omisión	Error de Comisión
Lenga	3%	4 %
Ciprés	17%	19%

- Los bosques no clasificados automáticamente como lenga o ciprés se clasificaron como bosques de coihue.
- En el caso de la zona norte, debido a la falta de disponibilidad de imágenes de alta resolución, se utilizó completamente el mapa generado por la clasificación supervisada de las imágenes Aster.
- A fin de reducir el error, posteriormente se realizó una revisión y corrección manual de numerosos polígonos sobre la imagen de otoño del área analizada.
- Para evaluar el resultado final (errores de clasificación y precisión de límites), se ha propuesto la realización de fotografía color de alta resolución durante el otoño (fines de abril, principio de mayo), lo que permitiría diferenciar los tipos de vegetación dominados por especies perennes (coihue, ciprés) de comunidades mixtas (matorrales, mallines) y clases dominadas por especies deciduas (Lenga en el PN Nahuel Huapi, Lenga, Raulí, Roble Pellin en el PN Lanin).
- Se está elaborando un plan de vuelo consensuado con técnicos de ambos Parques.
- El análisis de dichas fotografías permitirán la evaluación del primer mapa y brindarán un buen material de apoyo para una eventual reclasificación con un número mayor de puntos de muestreo conocidos.

## **Estrategia para el monitoreo de la vegetación del PNNH**

El monitoreo continuo de los principales procesos que condicionan la dinámica de la vegetación es una herramienta clave para cumplir con el mandato de la APN de conservar sistemas de referencia para los principales ecosistemas del País. En las próximas páginas, presentamos una propuesta general para el establecimiento de un sistema de monitoreo y captura de datos asociados a dichos procesos.

La dinámica de cambios de las distintas comunidades que componen un determinado paisaje está mediada por *eventos* (incendios, volcanismo, cambios en políticas de uso del suelo, floraciones y defoliaciones masivas, etc.), *procesos* (herbivoría, dispersión, sucesión, crecimiento, acumulación de carbono, ciclos de nutrientes, invasiones biológicas, extracciones productivas y uso) y una combinación de ambos (p.ej eventos del pasado que activan procesos sucesionales, la acumulación de biomasa aumenta la inflamabilidad de determinados tipos de vegetación). En informes previos hemos descripto los principales factores que afectan a las comunidades vegetales del PNNH, dividiéndolos en dos grandes grupos; aquellos que involucran directamente la acción del hombre (informe 3), y aquellos cuyo componente principal es ambiental (informe 4), sin distinguir explícitamente entre eventos y procesos.

Consideramos, sin embargo, que la categorización de éstos factores en eventos y procesos facilita el desarrollo de una estrategia de monitoreo de dichos factores y la generación de estándares que podrían extrapolarse a otras áreas de conservación del país.

Denominaremos **eventos** a aquellos procesos que ocurren en un período temporal relativamente breve y discreto (horas, días, semanas y/o meses). Un evento puede caracterizarse por su *magnitud* (superficie afectada, intensidad del mismo en unidades energéticas), su *severidad* (efecto neto directo en un plazo temporal discreto sobre el objeto del evento, en este caso las diferentes comunidades vegetales y el ambiente asociado a las mismas), y la *respuesta del sistema* afectado al evento (proceso de recuperación o cambio de estado). A los fines de monitoreo, una característica común a la mayoría de los eventos es que se desencadenan de manera más o menos impredecible, tanto en el tiempo como en el espacio, presentando una amplia heterogeneidad espacial y temporal en su magnitud. Esto implica que por lo general no es eficiente establecer una amplia red de parcelas permanentes de monitoreo, ya que la mayoría del tiempo estaríamos midiendo controles al mismo.

Denominaremos **procesos de largo plazo** a aquellos que tienen características de mayor continuidad temporal (años, décadas, siglos), cuyo registro continuo permitiría el análisis de mecanismos lentos y espacialmente difusos de cambio. En términos generales, se conoce la mayoría de los procesos relevantes a la dinámica de cambios de la vegetación del PNNH, siendo posible consensuar sitios y metodología adecuados para el establecimiento de parcelas permanentes para su monitoreo eficiente. No obstante, resulta un desafío definir un sistema de monitoreo que se ajuste a los recursos humanos y capacidad operativa de la APN para asegurar su medición en el largo plazo.

Consideramos que debería ser prioritario generar un sistema de monitoreo que pueda sustentarse con un bajo costo de recursos humanos y equipamiento en el largo plazo, captando variables asociadas directamente a la dinámica de cambio de la vegetación, que permita a los investigadores de la región asociar sus estudios de corto y mediano plazo a dicho sistema.

### **Sistema de detección, relevamiento y seguimiento de eventos**

Para la documentación de eventos no consideramos adecuado el establecimiento de parcelas permanentes previas al mismo, sino un sistema de *detección* de los mismos, un *relevamiento* de su magnitud y severidad utilizando indicadores de corto plazo, y monitoreo de cambio (recuperación o cambio de estado).

#### **Detección**

##### **Eventos tectónicos y climáticos de gran escala**

La primera característica que determina la cuantificación de un evento es su visibilidad. Eventos de gran escala como la explosión reciente del volcán Puyehue no requieren de una estrategia de detección, en tanto que otros como los movimientos sísmicos ya tienen un sistema general establecido, pudiendo mejorarse su resolución espacial. Dado que, por definición, un evento es una anomalía importante a un patrón determinado, la magnitud y severidad de eventos extraordinarios de sólo pueden captarse adecuadamente si se cuenta con registros de largo plazo.

La detección de anomalías climáticas depende hoy de la estación meteorológica situada en el Aeropuerto de Bariloche, lo que limita seriamente el análisis de la variabilidad

espacial en la magnitud de eventos climáticos extremos recientes como los períodos de temperaturas extremadamente altas en el verano de 1999, lluvias torrenciales en el extremo más árido del PNNH durante el verano 2013, así como los eventos de inundación en el valle del río Manso durante el año 2005. La cuantificación de la variabilidad espacial de los factores climáticos (dirección e intensidad del viento, temperatura máxima, mínima y media, precipitación, etc.) a lo largo del año es de suma importancia para la comprensión de la dinámica de cambios de la vegetación del PNNH, dado que el mismo se caracteriza por un gradiente de precipitación y altitud extremo (un orden de magnitud en precipitación, 1500 m en el rango altitudinal para su vegetación). Otro ejemplo de las limitaciones que produce la falta de una red de monitoreo climático del parque es la construcción de índices de riesgo de incendios. Hoy en día el riesgo de incendio es derivado de estimaciones de humedad de combustibles basados en modelos del sistema candeense utilizando únicamente datos de una estación climática y dividiendo el territorio en tres bandas climáticas de acuerdo a isohietas. Ese nivel de resolución espacial es claramente insuficiente para una adecuada predicción del riesgo y comportamiento de fuego dentro de la gran gama de situaciones microclimáticas y ecológicas locales que se dentro del Parque. Resulta absolutamente necesario ampliar la red de estaciones meteorológicas en el sentido longitudinal, latitudinal y altitudinal. Así vez es necesaria la generación de modelos de desecación de combustibles parametrizados y acordes con los ecosistemas locales que en mucho difieren de los desarrollados en bosques dominados por coníferas del hemisferio norte.

### ***Eventos de pequeña y mediana escala***

La mayoría de los eventos que ocurren en el parque tienen una amplia variabilidad en su magnitud, por lo que generan sesgos en su detección, dado que la misma está asociada a su visibilidad. Un caso obvio es el de focos de incendios, cuya detección en el PNNH depende de un gran número de observadores, lo que ha permitido registrar un gran número de focos asociados a caminos y en cercanía a áreas pobladas. Sistemas complementarios de detección de focos, como el de Nasa Firms (<https://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/firms/fire-email-alerts>) podrían mejorar la detección temprana y el registro de focos de los Parques Nacionales, permitiendo el registro de focos alejados a rutas y poblaciones. Además de focos existen para eventos de fuego de mayor magnitud productos derivados de sensores como MODIS que permiten el monitoreo en tiempo casi real de los perímetros de fuego (burnt scar mapping, <http://activefiremaps.fs.fed.us/burnscar.php>).

La detección de otros eventos menos aparentes como los de floración masiva, dependen además en gran medida de la concientización debida a posibles impactos sobre el ser humano. Por ejemplo, tenemos una muy buena documentación del evento de floración de caña coligüe los años 2010-2011 en áreas periurbanas (Bariloche), una estimación general en áreas con presencia de pobladores y ganado (Manso superior e inferior, Mascardi) y una casi total falta de datos de áreas poco accesibles como las nacientes del Villegas y la sección del río Manso entre cascada de Los Alerces y el lago Steffen, en las que sólo hay indicadores indirectos de su ocurrencia. Se recomienda para el monitoreo de este tipo de eventos la generación de una metodología estándar de reporte indicios como formación de espigas en primavera, amarronamiento de culmos, falta de culmos nuevos, etc. Por parte de redes de observadores calificados y entrenados (guardaparques, guías, naturistas, pobladores).



Eventos como los de defoliación masiva por cuncuna (1986? y muerte de coihue asociada a temperaturas extremas (1999) sufren tambien de una pobre representación espacial de la magnitud de los eventos. A pesar de esfuerzos de mapeo desde el aire (Bran et al. 2001 para mortalidad o Paritsis et al. 2009 para defoliaciones ) que capturaron las principales áreas afectadas es posible que grandes extensiones de bosque que sufrieron menor severidad (por ej. muerte parcial de copa) permanecieron no detectadas.

Consideramos que el modo más eficiente para detectar eventos de pequeña y mediana escala es la formalización de un sistema de alerta temprana, basado en recursos humanos propios y poblaciones estables del Parque. Proponemos que se genere una lista de eventos a ser reportados, habilitándose un sistema de recepción electrónica que permita enviar una descripción breve del evento observado, su magnitud y posición geográfica.

### **Actividades humanas en el PNNH**

Así como existe un protocolo de registro de focos en el PNNH, que documenta el inicio de un evento de fuego y gatilla una serie de actividades asociadas a su control, existen hoy una serie de actividades en el Parque cuya ocurrencia y magnitud se registra por lo que sería recomendable hacerla espacialmente explícita e integrarla al sistema general de monitoreo del Parque para permitir evaluar su impacto.

Un ejemplo de evento que influye directamente sobre la dinámica de la vegetación y que es a la vez el resultado de procesos ecológicos es la extracción maderera. La remoción de rollizos y leña ha aumentado sistemáticamente en el PNNH durante los últimos 20 años (informe 3), a pesar de lo cual no se conoce la magnitud de las diferentes intervenciones extractivas ni su localización espacial. En el caso de las propiedades privadas bajo jurisdicción del PNNH, esta extracción puede incluir ejemplares vivos si se presenta un plan de manejo que justifique dicha intervención, en tanto que en el resto del Parque, sólo se pueden extraer individuos muertos. La determinación espacial detallada de estas actividades permitiría por lo tanto documentar procesos de mortandad natural en gran parte del Parque, así como monitorear los cambios directos asociados a la remoción de biomasa (magnitud del evento).

Gran parte de registros que hoy son recopilados para la administración y planificación de actividades humanas en el PNNH deberían integrarse a un sistema geográficamente explícito de monitoreo. Ejemplos de registros de gran valor para el monitoreo de la dinámica del Parque son la apertura de nuevas picadas o áreas acampe, corrales y áreas de veranadas vacunas, permisos de caza, registro de visitantes de campings y hoteles, permisos de bajadas comerciales de rafting y balsas de pesca, operadores turísticos y flujo de visitantes en puntos de control (p.ej. Manso Medio, Pto Pañuelo).

### **Relevamiento de la magnitud y severidad de evento**

Una vez identificado el evento y su posición es necesario documentar adecuadamente su magnitud. En términos generales, la magnitud tiene un componente espacialmente explícito (superficie afectada) que nos indica el área en la cual esperar un efecto directo sobre la vegetación; y diversos indicadores cuantitativos de intensidad que nos permitirán estimar indirectamente la heterogeneidad en la distribución de este evento en dicha superficie. La severidad del evento dependerá no sólo de su magnitud, sino de la capacidad de resistencia de diferentes componentes de la flora, por lo que es necesario definir variables indicadoras del daño producido por el evento sobre las diferentes comunidades vegetales. En un escenario ideal, un evento debería documentarse a partir de su inicio, capturando la

dinámica de su evolución, y finalizarse con la toma de datos acampo de su magnitud y severidad:

### *Durante el evento*

Variabilidad temporal y espacial en la dinámica del evento

- Cambios en variables climáticas durante el período de mayor actividad del evento
  - Método: mediciones de estación meteorológicas complementadas con datos en áreas cercanas al evento y datos derivados de satélites meteorológicos.
- Variabilidad en la intensidad del evento a lo largo del frente de avance para eventos que se caracterizan por activar procesos de propagación tales como el vulcanismo, movimientos sísmicos, grandes incendios, defoliaciones masivas, etc.
  - Método: estimaciones de avance utilizando observaciones directas y derivadas de satélites meteorológicos.
- Límites espaciales del evento
  - Método: derivado de imágenes disponibles a la fecha más cercana de su finalización.

El objetivo principal de este monitoreo es generar datos que permitan estudiar la dinámica del evento. Por lo general, este tipo de monitoreo requiere la elaboración previa de protocolos sencillos para la toma de datos. La combinación de datos capturados durante el evento, en conjunto con información sobre la vegetación preexistente al mismo son necesarias para planificar la toma de datos de campo.

### *Luego del evento*

Al término del evento debería estimarse su magnitud a través de indicadores indirectos, siendo necesario determinar el momento más oportuno para efectuar mediciones a campo que permitan registrar tanto variables que caracterizan la intensidad del evento como aquellas que se consideren buenos indicadores de su severidad.

Más allá de las características de los datos a ser relevados, que deberán ajustarse a las características particulares al evento, consideramos que el método de muestreo debería definirse como una grilla estratificada por pendiente, exposición, variabilidad estimada durante el evento y cobertura vegetal preexistente.

El objetivo principal del muestreo post-evento es cuantificar la variabilidad en la intensidad de la magnitud y severidad del mismo. Este relevamiento es necesario para seleccionar la distribución e intensidad de parcelas permanentes de monitoreo. Una vez determinados los puntos de muestreo en las zonas afectadas por el evento, es recomendable seleccionar una serie de parcelas de muestreo en áreas adyacentes no afectadas por el evento que abarque de ser posible el rango de condiciones de las áreas afectadas (tipo de vegetación, variables topográficas, edáficas, etc.) para generar controles efectivos de la magnitud del cambio generado por el evento y facilitar el análisis de cambios posterior al mismo.

El momento ideal para dicho monitoreo dependerá de las características del evento. En general, lo ideal es que se realice al inicio de la temporada de crecimiento siguiente al período del evento, para poder cuantificar adecuadamente la mortandad inicial aparente en el área afectada.

### *Monitoreo de procesos de cambio post-evento*

Si bien el monitoreo de cambios en áreas afectadas por eventos tiene un gran valor para la comprensión de la resistencia y resiliencia de sus comunidades vegetales, es necesario definir una estrategia de monitoreo que asegure su continuidad en el largo plazo. El establecimiento de parcelas permanentes y su protocolo de remediación deberá contemplar, la accesibilidad al área afectada, la disponibilidad de recursos humanos capacitados y recursos materiales; y la existencia de otras parcelas de monitoreo similares en la región.

Para ello, es necesario involucrar a investigadores de diferentes áreas de la comunidad científica local y consensuar las variables a ser medidas, la metodología de muestreo y su frecuencia.

En general, consideramos que debe priorizarse la continuidad de mediciones en parcelas preexistentes a la incorporación de nuevas parcelas. En el caso de incendios, las parcelas establecidas en el año 2000 en el incendio que afectó al Manso Medio (conocido como Falso Granito) son un buen ejemplo de parcelas que deberían mantenerse e incorporarse a la estrategia de monitoreo de procesos post-evento.

Un relevamiento sistemático de los proyectos de investigación presentados a la Delegación para su aprobación sería una buena base para determinar los eventos cuyos efectos están siendo estudiados por investigadores y seleccionar posibles candidatos de monitoreo.

En términos generales, la metodología ideal de monitoreo debería completar los siguientes pasos:

1. Determinación del área afectada y la variabilidad en la magnitud del evento en relación a variables ambientales y principales comunidades vegetales realizada durante y luego del evento (ver arriba)
2. Estratificación por magnitud, severidad, tipo de vegetación, precipitación, exposición y pendiente.
3. Localización de áreas de características similares en las cercanías del área afectada (controles temporales).
4. Determinación de cambios locales asociados al disturbio que se pueden medir adecuadamente con personal propio o a través de convenios con universidades y centros de investigación. En términos generales podemos dividirlos en 4 grandes categorías:
  - a. Cambios ambientales directos
    - i. Cambios en la estructura vertical del suelo (deposición y pérdida de materia orgánica e inorgánica asociada al disturbio)
    - ii. Cambios en la disponibilidad de luz del sotobosque
    - iii. Cambios en la temperatura y humedad del suelo
    - iv. Cambios en las propiedades químicas y físicas del suelo
    - v. Cambios en la dinámica de agua (retención, escorrentía superficial, percolación)
    - vi. Cambios en la calidad de agua de las cuencas asociadas al evento
    - vii. Cambios bióticos post-disturbio
    - viii. Composición y actividad microbiana de materia orgánica, tasas de descomposición, MO, N y P asociado a MO, acides, etc.
    - ix. Composición y estado de vegetación sobreviviente

- x. Composición y estado de nuevos establecimientos (trampas de semilla, parcelas de monitoreo de establecimientos, determinación de rebrotantes)
- xi. Predación, parasitismo (heboría) y dinámica de crecimiento de especies focales.
- xii. Mutualismos positivos (micorriza, fijación N, polinización y dispersión de semillas)
- b. Cambios en la dinámica de usos
  - i. Herbivoría por animales domésticos
  - ii. Extracción maderera y leñera
  - iii. Recolección de productos no madereros
  - iv. Flujo turístico
- c. Cambios asociados a esfuerzos directos de restauración/remediación
  - i. Áreas intervenidas por diferentes esfuerzos de restauración (plantación, remoción de especies invasoras, etc)
  - ii. Características del material utilizado en caso de revegetación/reforestación
  - iii. Mortandad, crecimiento, edad reproductiva y producción de propágulos asociados a material introducido

Gracias a la creciente disponibilidad de una gran variedad de sensores remotos, la capacidad de analizar diversos procesos de cambio asociados a eventos de gran y mediana magnitud ha crecido exponencialmente durante las últimas décadas, siendo posible hoy el análisis del cambio de cobertura y productividad a escala fina (metros). Esto no implica que debemos prescindir de la información generada por parcelas de monitoreo, sino que debemos revisar continuamente la metodología de toma de datos en las mismas para incorporar variables nuevas y reemplazar paulatinamente aquellas que puedan capturarse más eficientemente con sensores remotos.

Dada la gran diversidad de procesos de cambio que se activan durante un evento, y las diferentes escalas espaciales y temporales a las que los mismos operan, consideramos realista dar prioridad a los tres primeros pasos (determinación de área afectada, Estratificación por magnitud e identificación de áreas de control) dado que los datos asociados con la magnitud y severidad inicial del evento serán clave para la interpretación de la variabilidad de las respuestas de los ecosistemas afectados por el mismo.

### Procesos de largo plazo

A diferencia de la dificultad intrínseca para monitorear la magnitud y severidad de eventos, asociada a su estocasticidad temporal y espacial, el monitoreo de **procesos de largo plazo**, caracterizados por su mayor continuidad temporal (años, décadas, siglos) y una gran diversidad de escalas espaciales, escapa por lo general a la capacidad de las instituciones dedicadas a la investigación en nuestro país, cuyo horizonte de monitoreo es de 3-5 años (período equivalente a una tesis doctoral, o a proyectos e investigación). El monitoreo de procesos de largo plazo depende hoy de iniciativas puntuales de unos pocos investigadores que han focalizado su trabajo en preguntas específicas, consideradas relevantes por ellos al momento del inicio de dicho monitoreo, pero que no necesariamente son de valor para los objetivos del PNNH.

El primer paso para el establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo para el PNNH es definir una lista de procesos considerados relevantes para la toma de decisiones relacionadas con el manejo del Parque, por lo que no es recomendable diseñar un sistema

de monitoreo sin haber definido explícitamente un plan de manejo de largo plazo para el mismo, que explicita los objetivos de corto, mediano y largo plazo de la administración.

La captura y análisis de datos generales sobre procesos asociados a la dinámica de las comunidades vegetales del PNNH no puede ser una responsabilidad exclusiva de la APN, sino que debería definirse y mantenerse en colaboración directa con organismos de investigación y gestión de recursos naturales de cada región.

Idealmente, la elaboración de un sistema de monitoreo ambiental debería iniciarse desde un organismo central (en Argentina el máximo responsable ejecutivo del monitoreo de nuestro medioambiente es la SAyDS), estableciéndose un diseño e implementación del mismo que permita ajustar la captación de datos a los procesos considerados más relevantes para las diferentes regiones del país.

En nuestro país no contamos hoy con un sistema nacional de inventarios que permita el seguimiento de cambios en la dinámica y cobertura de nuestras comunidades vegetales, habiéndose realizado hasta la fecha sólo un inventario de bosques nativos presentado el año 2005. La metodología para realizar el segundo inventario nacional de bosques nativos está siendo elaborada en la actualidad, lo que brinda un marco adecuado para la definición de procesos relevantes a ser monitoreados en el PNNH, dado que el mismo está dominado por comunidades boscosas.

Dado que la administración de los recursos naturales son una responsabilidad regional, y que el monitoreo de los mismos es esencial para su administración, la definición de los procesos más importantes a ser monitoreados a escala regional deberían definirse en conjunto con las Secretarías Provinciales de Medioambiente. En el caso específico del PNNH, que administra gran parte de las comunidades vegetales andinas de las provincias de Neuquén y Río Negro, y que conforma junto con los PN Lanin, Puelo y Los Alerces, y parte del territorio de las provincias de Chubut y Río Negro una Reserva de la Biósfera, un sistema de monitoreo de procesos de largo plazo debería consensuarse con dichas jurisdicciones y enmarcarse en los objetivos planteados para la consolidación de dicha Reserva, definiéndose un sistema de monitoreo adecuado para evaluar las tendencias de largo plazo de las áreas de Conservación, Amortiguación y Manejo Sostenible definidas para la misma.

A escala local, el establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo ha permitido generar información muy valiosa relacionada con la dinámica de los procesos que regulan diferentes ecosistemas (productividad, ciclos de carbono y nutrientes) en relación a variables edáficas, climáticas y composicionales.

### **Parcelas de monitoreo básico**

Un objetivo central para el establecimiento de parcelas de medición de procesos de largo plazo es el monitoreo de la dinámica de cambios asociados a la acumulación y reciclado de biomasa y nutrientes en relación a la variabilidad ambiental (luz, temperatura, disponibilidad de agua) de un determinado lugar. Ya hemos dedicado parte de este informe a definir una estrategia para la captura de disturbios (procesos de ocurrencia esporádica, difíciles de predecir y que por lo general generan cambios en los procesos en la dinámica de los procesos característicos del ecosistema estudiado)

Tres grandes grupos de procesos que se pueden monitorear eficientemente utilizando un sistema de parcelas fijas son:

- **Producción primaria** (dinámica de cambios composicionales y cuantitativos en la acumulación y estado de biomasa). En esta área se pueden incorporar desde

estimaciones generales de acumulación de biomasa según su combustibilidad, su estructuración espacial y composición química, hasta mediciones específicas de crecimiento y mortandad por especie, edad y calidad de sitio en relación a gradientes altitudinales y de productividad de suelo. Dado que las características cualitativas y cuantitativas de la producción primaria determinan en gran medida la dinámica de niveles tróficos superiores, la comprensión de la misma es clave para brindar un mayor soporte a investigaciones relacionadas a la dinámica poblacional y patrones de distribución de consumidores primarios y secundarios.

- **Dinámica de carbono** (patrones de fijación de carbono, incorporación y pérdida de materia orgánica del suelo, organismos asociados a procesos de descomposición, humificación, y estructuración físico-química de suelos). En esta área hay una gran experiencia local, asociada al grupo de suelos del CRUB e INTA, pero sólo existen datos puntuales, de corto plazo, asociados a proyectos específicos.

Una metodología que está siendo utilizada en forma creciente para el estudio de la productividad de los ecosistemas a través del intercambio de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) entre la tierra y el (la actividad fotosintética total y la respiración total del ecosistema). El método de medición de flujos de covarianza Eddy (Closed Path Eddy covariance flux), que implica la medición a corto plazo de las densidades de flujo (transporte vertical de la masa, cantidad de movimiento y energía por unidad de superficie y unidad de tiempo), se ha convertido en un método estándar para monitorear continuamente los efectos de la variabilidad del clima y otros factores causales en la captura de carbono o la liberación del mismo de los ecosistemas. Ello se logra a través de las llamadas torres de flujo (Flux Towers). En mucho países del mundo y a nivel global se está estableciendo una red de torres de flujo. Los datos de los flujos ayudan a probar modelos fisiológicos de intercambio C y son críticos para relacionar flujos y datos de teledetección, permiten particionar los flujos en componentes de la planta y del suelo y revelan los mecanismos responsables de estos flujos.

- **Dinámica de nutrientes** (procesos asociados a la incorporación, pérdida y disponibilidad relativa de nutrientes) En esta área también hay un grupo importante de investigadores que podrían ser de gran utilidad para definir parcelas de monitoreo. Las características de los suelos del Parque presentan una gran diversidad, estando la dinámica de sus nutrientes fuertemente asociada tanto al origen de los mismos como al gradiente de precipitaciones del Parque y a la vegetación dominante. A su vez, disturbios de gran escala como los incendios y la deposición de ceniza volcánica generan procesos que difícilmente podrían estudiarse sin la estructuración de una red de parcelas de monitoreo de largo plazo.
- **Dinámica poblacional** (procesos asociados a la propagación, establecimiento, crecimiento, reproducción y mortandad de especies vegetales). Otra área en la que existe una gran cantidad de investigadores activos que han desarrollado diversos estudios puntuales para determinar patrones de establecimiento y descripto eventos puntuales de mortandad o defoliación. Si bien contamos hoy con un mapa de vegetación más actualizado y de mayor resolución, no existe información sistemática y de largo plazo sobre estructuras de edades, composición, variabilidad espacial y temporal en la producción de semillas y establecimiento de propágulos, capacidad reproductiva, distancia efectiva de dispersión y mortandad para las especies dominantes de las comunidades vegetales del Parque. Esta información es clave para poder monitorear



cambios asociados a procesos ambientales de gran escala, así como para comprender la dinámica futura de procesos iniciados por eventos de gran escala del pasado.

La ubicación de las parcelas permanentes en el Parque Nacional Nahuel Huapi depende en gran medida de los objetivos del Parque, sus recursos humanos y capacidad financiera, siendo recomendable adecuar el número de las mismas a la capacidad propia de medición y análisis. En este sentido, consideramos poco recomendable generar en una primera etapa una amplia red de parcelas, dada la extensión del Parque y la inaccesibilidad de gran parte de su territorio.

Una estrategia de monitoreo que muestra un crecimiento sostenido durante las últimas tres décadas es la definición de sitios de investigación de largo plazo, generalmente iniciados por grupos de investigación centrados en el estudio de un ecosistema en particular o grupo de ecosistemas en un área relativamente reducida (decenas a cientos de hectáreas). Consideramos que se ha generado una masa crítica de investigación en algunos sitios en el PNNH que permitiría el establecimiento de sitios de investigación de largo plazo. La estrategia que recomendamos en esta etapa es que se impulse la creación de unos pocos sitios de investigación de largo plazo en áreas representativas de un determinado ecosistema o transición entre biomas que ya tienen una buena base de investigación generada por investigaciones de la región.

### **Sitios de investigación de largo plazo (LTRS)**

Los LTRS permiten el estudio detallado de procesos considerados clave, tanto a escala local como regional y global, para la comprensión de nuestros ecosistemas.

En la actualidad, el estudio de procesos que afectan a nuestros ecosistemas se realiza utilizando métodos indirectos, que son por lo general retrospectivos, habiéndose generado una gran diversidad de experimentos y estudios específicos de corto y mediano plazo en algunas áreas del PNNH.

El establecimiento de una red de sitios de investigación de largo plazo sería de un gran valor para el estudio, conservación y manejo de nuestras comunidades nativas, y el PNNH presenta las condiciones ideales para albergar sitios de estas características, por haberse establecido como área protegida hace ya más de 70 años y por contar con un amplio grupo de investigadores que mantienen proyectos de investigación en el mismo. Dos buenos ejemplos de redes funcionales que podrían servir de base para la formulación de una política de monitoreo a nivel local, regional y nacional son las redes formalizadas en Estados Unidos (<http://www.lternet.edu/>), Europa (<http://www.lter-europe.net/>) y la “red de redes” internacionalILTER (<http://www.ilternet.edu/>).

Los primeros pasos en este sentido han sido dados a escala local, basándose en áreas que nuclea una masa crítica de investigadores y una estructura administrativa del área de estudio que permite asegurar una continuidad temporal a las parcelas de monitoreo una vez establecidas. Complementariamente, se ha establecido un sistema de monitoreo de variables ambientales (temperatura, viento, precipitación) que permiten un seguimiento detallado de su variabilidad en el sitio de estudio y se ha iniciado un proceso de concientización del grupo administrativo, las autoridades locales y las poblaciones cercanas sobre la importancia de la investigación de largo plazo. La combinación de una serie de parcelas permanentes con una cobertura adecuada de estaciones climáticas y una infraestructura abierta a investigadores ha potenciado estos sitios, convirtiéndolos en áreas muy atractivas para el establecimiento de proyectos de investigación, educación y extensión. Un ejemplo relativamente reciente es el Mpala Research Centre (<http://www.mpala.org>), iniciado hace

sólo 25 años en Kenia, iniciado como una serie de clausuras para el estudio de herbivoría. Estos centros abundan en Estados Unidos (p.ej <http://www.srn.arizona.edu/nbs/>) y Europa (p.ej. <http://www.redote.org/eng-estacion-donana.htm>), pero son prácticamente inexistentes en Sudamérica. Notables excepciones son centros ya consolidados en Chile: <http://www.sendadarwin.cl/espanol/>, Ecuador: <http://www.yanayacu.org/>, Panamá: <http://www.stri.si.edu/>, Costa Rica: <http://www.ots.ac.cr/> y Brasil, que ya ha iniciado el proceso de consolidar una red de sitios (<http://www.icb.ufmg.br/peld/>).

Consideramos que existen hoy varios sitios en el PNNH que podrían constituirse en Sitios de Investigación de Largo Plazo (LTRS) entre los que cabe destacar:

### *Chall Huaco*

#### **Importancia ecológica:**

El área comprende cuatro comunidades vegetales representativas del PNNH (Lengal, matorral, estepa y comunidades altoandinas), habiendo albergado proyectos de investigación de corto y mediano plazo por 30 años. Presenta las condiciones ideales para estudiar la dinámica de comunidades vegetales boscosas y y altoandinas ante escenarios de calentamiento global. En particular resultan relevantes los estudios sobre corrimiento de los límites altitudinales del bosque de lenga (límite de lenga arbórea) así como del krummholz (límite lenga achaparrada) en relación a tendencias de calentamiento global.

Es uno de los sitios con mayor volumen de investigación básica del PNNH, incluyendo estudios detallados de varios componentes de su flora y fauna, así como de interacciones entre los mismos. Se han establecido clausuras para el monitoreo de cambios en la dinámica de suelo, agua y vegetación asociados a incendios en bosques y matorrales (Mazzarino, Kitzberger, Tercero-Burcado Veblen), En particular el área de Challhuaco ha servido como un importante sitio de estudio para comprender a través de estudios genéticos y trasplantes recíprocos patrones altitudinales de diferenciación genética y adaptaciones de especies arbóreas, características fundamentales para predecir posibles respuestas de poblaciones de bosque al cambio climático (Premoli, Mathiasen, Souto). También sirvió como un sitio clave para comprender las respuestas de insectos folívoros a posibles cambios futuros de clima (Garibaldi, Chaneton, Mazia, Kitzberger). Ha albergado estudio dendrocronológicos vitales para comprender los factores limitantes en el establecimiento y crecimiento de lenga en relación a factores climáticos (Villalba, Daniels, Veblen, Heinemann, Kitzberger). Allí se realizaron además estudios fenológicos para comprender los mecanismos de foliación y caída de hojas (Rush). En el sector de altoandino se han estudiado importantes relaciones de facilitación entre plantas con importantes implicancias para explicar la diversidad vegetal del altoandino (Aizen, Nuñez). Por encontrarse bosques maduros de lenga ha servido para comprender aspectos fundamentales de provisión de hábitat de estos bosques a un importante grupo de aves usurarias de cavidades y fauna asociada (Ojeda, Díaz, Trejo, Chazarreta) y gremios de polinizadores nativos y exóticos (Aizen, Souto, Morales). En definitiva, al ser un gradiente altitudinal ubicado en la porción este del gradiente de precipitaciones constituye un sitio testigo de procesos ecológicos típicos de la transición bosque seco-estepa del norte de la Patagonia.

## **Infraestructura**

A 15 km de Bariloche, es un sitio de gran accesibilidad durante todo el año. Cuenta con un refugio con servicios de comida situado en el bosque de Lengua, y una red de senderos demarcados.

El sitio tiene un gran potencial para educación y divulgación, recibiendo ya una gran cantidad de visitantes, atraídos por gran belleza y cercanía a Bariloche.

## **Area Lago Mascardi**

El área ha está sujeta a importantes disturbios y cambios relacionados a eventos de sequía extrema y fuego. En el sector del cerro Falso Granito un incendio de alta severidad y gran tamaño ha servido como base para el estudio de los patrones de regeneración, interacción fuego pastoreo, inflamabilidad, interacciones entre plantas e invasión (Raffaele, Blackhall, Tercero-Bucardo, Kitzberger, Veblen). En dos sectores (Arroyo Blanco y Arrollo Llodconto se han instalado parcelas permanentes y clausuras contra ganado (Raffaele) y experimentos de siembra y monitoreo de establecimiento de especies arbóreas (Tercero Bucardo). En el sector este se han estudiado los procesos de mortalidad de coihue en relación a la sequía extrema de 1999 y los patrones de recuperación (Suarez, Kitzberger). El sector Pampa Linda albergó importantes estudios tempranos de ecología vegetal y dinámica de bosques (Gallopín, Mermoz, Martín).

Este sector cuenta con importantes bases de datos meteorológicos colectados por Hidronor (Rubulis) tanto en la zona del Hotel como en la almohadilla cercana al refugio Tronador. El sector del refugio Tronador ha sido de gran importancia para estudio glaciológicos, de sucesión post glaciaria en relación a eventos de pequeña edad de hielo (Villalba). Por albergar bosques de *Fitzroya* se han derivado importantes reconstrucciones dendrocronológicas (Villalba, Suarez). El sector lacustre de Mascardi Manso superior alberga en la actualidad importantes estudios limnológicos de largo plazo de los efectos del cambio climático sobre comunidades acuáticas (Balseiro, Modenutti).

## **Puerto Blest**

Es un sitio clave para establecer estudio ecológicos y monitoreo de largo plazo. Históricamente a albergado importantes estudios sobre flora valdiviana (Brion, Calvelo, Puntieri, Grosfeld), micorrizas y fijadoras de N (Mesutti, Fontenla, Chaia, Lorenzo), genética de bosques (Premoli, Newton), dinámica de bosques (Kitzberger, Veblen), dendrocronología (Villalba) y polinización (Aizen, Rovere, Morales, Ezcurra, Chalcoff).

La presencia de la Estación Biológica del Bosque Templado, comodato de Parques Nacionales a la Universidad Nacional del Comahue coadministrado por ambas instituciones constituye un pieza logística fundamental para la instalación de un sitio de estudio y monitoreo ecológico de largo plazo. La instalación de dicha Estación Biológica ha servido como multiplicador y facilitador de numerosos estudios que se han realizado y se realizan en el sector. Hace ya unos años la UNC ha instalado una estación meteorológica automática que colecta datos diarios de la zona. La EB cuenta con servicios básicos, de transporte lacustre y alojamiento provistos por el Hotel Pto Blest y la Empresa Turisur, lo cual constituye un apoyo logístico muy importante.

En síntesis, por su ubicación geográfica representando los bosques lluviosos templado, por su historia de investigaciones y logística la instalación de un sitio de estudio y monitoero de largo plazo en Puerto Blest es prioritario.

### ***Sector La Lipela-Valle Encantado***

Es un área de gran importancia por representar el ecotono bosques cipres-estepa, un áreas de gran dinamismo por clima y disturbios. En dicha área se han relaizado importantes estudios de la dinámica de bosques en relación a clima (Villalba, Veblen), facilitación (Kitzberger), régimen de fuegos (Kitzberger, Veblen), herbivoría (Veblen), reproducción de cipres (Nuñez). El área es de gran importancia en el estudio del Condor (Lamertucci) y Tuco Tuco (Pearson, otros?). Es un área de fácil acceso y logística. Por la presencia de importantes impactos antrópicos y su carácter ecotonal es importante su monitoreo.

### ***Otros sitios con potencial***

#### ***Isla Victoria***

Bosques de coihue y ciprés. Famoso por su bosque de arrayanes. La isla tiene una larga historia de investigación y experimentación, habiéndose introducido una diversa fauna y flora exótica. En la actualidad, se mantienen varios proyectos de investigación en temas tales como invasiones, herbivoría, mal del ciprés (Relva, Nuñez, Simberlof), arrayanes, etc. La isla cuenta con una base de infraestructura apropiada que incluye transporte lacustre APN, Cau Cau, vivero de especies forestales, la vieja escuela de guardaparques, senderos y hotelería, lo que potenciaría la creación de un LTRS.

#### ***Lago Steffen***

Sistema lacustre que presenta una diversidad de ambientes poco explorada. Estudios de historia de fuego, datación de sedimentos (laguna Huala) y de uso de hábitat de aves frugívoras (en proceso) podrían potenciarse gracias a la nueva vía de acceso.

El lago mantiene una estructura mínima pero tiene un enorme potencial turístico debido a lo cálido de sus aguas. En la actualidad, nuclea la actividad de rafting familiar en el Parque, lo que lo hace ideal para iniciar actividades educativas dirigidas a niños mayores a 5 años.

Dado que es una zona con gran potencial para actividades turísticas centradas en el río Manso (pesca deportiva, kayakismo, rafting), el área podría constituirse como un centro de estudios centrado en las interacciones positivas y negativas entre visitantes y la flora y fauna del lugar. En la actualidad, el impacto de las restricciones establecidas por el Parque para el desarrollo de actividades comerciales no está siendo monitoreado.

#### ***Lago Espejo***

Este sitio forma parte de una serie de exclusiones de largo plazo iniciadas en el año 2000, siendo el sitio más méxico en el que se estudia la recuperación post-fuego del bosque. La seccional ha sido afectada parcialmente por la floración de caña que tuvo su centro en el Parque Nacional Lanin (2001), lo que permitió el establecimiento de parcelas de seguimiento de dicho evento, combinadas con el efecto de ganado y fuego en matorral, regeneración de coihue y ciprés (Raffaele, Melisa Blackhal y Kitzberger)

#### ***Puyehue***

En la zona de frontera entre Argentina y Chile, conocida como Paso Puyehue, se encuentra uno de los sitios de mayor interés para el estudio de la dinámica del bosque de Lenga, complementario con el de Chall Huaco (extremo xérico de la distribución).

En esta zona se han establecido diversos estudios de dinámica de regeneración de lenga, insectivoría y redes tróficas que mantienen muestreos permanentes desde hace más de 10 años.

Durante el invierno del año 2010, la erupción del volcán resultó en una gran deposición de vidrio volcánico y un fuerte shock térmico que defolió la vegetación perenne de la zona. El paso Puyehue representa hoy una enorme oportunidad para la radicación de diversos estudios de largo plazo asociados a procesos de formación de suelo, regeneración, dinámica poblacional de flora y fauna, así como para el análisis de conceptos como el de severidad a diferentes escalas temporales y espaciales.

La cercanía a Villa La Angostura, el acceso abierto todo el año (ruta internacional) y el gran flujo turístico implican que el sitio reúne condiciones claras para el desarrollo de actividades de educación ambiental. (Heinemann, Mazzarino, Channeton, Kitzberger, Mazzia, Garibaldi, Paritsis)

### **Propuesta de estrategia de monitoreo para el PNNH**

Si bien consideramos que el desarrollo de un sistema de monitoreo de cambios en la cobertura y composición de las comunidades vegetales es una meta muy importante en el mediano plazo, la implementación de un sistema de este tipo debería definirse en relación con los objetivos de manejo y conservación del sistema general de áreas de conservación. Un primer paso en este sentido fue dado por la SAyDS con la realización del primer inventario de bosques nativos (SAyDS 2005).

Alternativamente, la definición de una metodología específica para el PNNH, ya fuera del contexto de un sistema nacional de inventarios, podría iniciarse por dos caminos complementarios:

1. La generación de información básica sobre procesos naturales y antropogénicos que afectan la dinámica de la vegetación del Parque, descriptos parcialmente en los informes 3 y 4
2. El monitoreo de la implementación del plan de gestión del PNNH

En las páginas anteriores hemos presentado un resumen de la diversidad de escalas temporales y espaciales que implicaría la primera alternativa, lo que implica que debería plantearse una estrategia que permita la incorporación paulatina de procesos según un criterio predefinido de importancia. No hemos discutido la implementación de un sistema de monitoreo del plan de gestión debido a que no es posible plantear un sistema de monitoreo antes de haber estudiado dicho plan, que en la actualidad se encuentra en proceso de elaboración.

A continuación proponemos una serie de criterios que consideramos adecuados para iniciar el proceso de definición de una estrategia de generación de información básica sobre procesos naturales y antropogénicos.

### ***Criterios para generación de información básica***

#### ***Organización y revisión de datos de gestión***

Una gran cantidad de datos son captados actualmente por el sistema de gestión del PNNH. Una revisión detallada de la estructura de los mismos permitiría cuantificar y estratificar espacial y temporalmente dichos procesos, permitiendo la generación de información muy valiosa asociada a procesos. Entre los datos que podrían georreferenciarse fácilmente si se



capacitara al personal de campo (guardaparques, combatientes de fuego, etc.) en el uso de GPS y se generaran rutinas sencillas captación de datos asociados podríamos destacar:

- **Mortandad de árboles y extracción maderera.** Se retiran anualmente más de 15.000 m<sup>3</sup> de rollizos y leña del PNNH, principalmente provenientes de individuos muertos. El registro espacial de su proveniencia, así como un mayor detalle relacionado con el estado del área de extracción generarían información básica hoy inexistente sobre mortandad de especies leñosas del PNNH.
- **Uso ganadero del PNNH.** Históricamente, el único dato sistemático con el que se captura sobre la magnitud de la actividad ganadera del PNNH son las declaraciones juradas de los pobladores. Diversas iniciativas de gestión parcial y proyectos de investigación están estudiando dicho proceso a escala local. Para poder extrapolar dichos estudios a la extensión del PNNH es necesario mejorar la captura de datos sobre número de animales, estado reproductivo, mortandad y natalidad, así como la dinámica temporal y espacial de uso de las distintas comunidades vegetales en las diferentes situaciones del PNNH.
- **Cacería y vida silvestre.** Si bien se registran hoy los permisos de cacería en el PNNH, no se ha desarrollado una base de datos espacialmente explícita ni una metodología de captura de datos asociados al evento de cacería. En varios países, tanto la estimación general de densidades relativas de especies silvestres como su manejo están basadas principalmente en datos generados durante los eventos de cacería (avistajes de especies objeto y secundarias, su tamaño, sexo y estado aparente).
- **Uso recreativo.** Varias actividades que se realizan en el Parque, tales como el rafting comercial, la pesca embarcada, los paseos guiados, la hotelería y los campings generan datos continuos sobre afluencia turística y uso de diferentes comunidades del Parque. La sistematización en la captura y digitalización de dichos datos y su incorporación a un sistema general de monitoreo permitiría definir estrategias de seguimiento de eventos raros basadas en las observaciones de guías, permisionarios y visitantes, multiplicando la posibilidad de detección de eventos y su ubicación espacial.
- **Observaciones de guardaparques.** Los guardaparques deberían ser una fuente primaria o secundaria de información de alta calidad sobre eventos raros de pequeña o mediana dimensión. La capacitación en el uso de GPS y elaboración de protocolos de informes podría constituir un cambio muy importante en la captura de datos clave para la detección y cuantificación de eventos de floración, defoliación, invasión de especies leñosas, avalanchas, crecientes o bajantes, picos de deshielo, etc. En la actualidad, la combinación de muy buena cobertura del PNNH en Google Earth con imágenes de muy alta resolución, con la facilidad de importación de datos capturados por GPS en este programa permitirían la captura eficiente de eventos de difícil detección en etapas tempranas. Entendemos que hay ya varios proyectos en marcha que se basan en las observaciones sistemáticas de los guardaparques, por lo que consideramos que debería fortalecerse este tipo de acciones y articularlas para capitalizar la experiencia generada por ellas.

En general, consideramos que el PNNH tiene una gran diversidad de recursos humanos y mecanismos de gestión que podrían adecuarse a la captura de datos sistemáticos de valor no sólo para la gestión sino para el análisis de procesos de cambio en el Parque. En

el corto plazo, la concientización y capacitación de dichos recursos humanos (guardaparques, pobladores, guías, cazadores, visitantes, etc.), así como la adecuación de los sistemas de administración (guías, permisos, registros) permitirían la generación de datos de gran valor para el monitoreo de procesos que afectan a la dinámica de las comunidades vegetales del Parque.

### ***Monitoreo de variables ambientales***

La instalación de estaciones meteorológicas y de flujo hídrico (cuencas del Limay y Manso) implicarían un salto cualitativo muy importante para la investigación básica a escala de paisaje y regional de procesos naturales y antropogénicos.

Recomendamos que se establezca un mínimo de tres (3) estaciones meteorológicas permanentes, asociadas al gradiente de precipitaciones del PNNH y se evalúe la incorporación progresiva de nuevas estaciones a lo largo del gradiente altitudinal del Parque, cubriendo en lo posible los extremos norte y sur del mismo. Estas estaciones deberían asociarse a residencias permanentes (Seccionales, pobladores y propietarios) que faciliten la continuidad de las mediciones. Ejemplos posibles son la estación de servicio del Lago Mascardi, en la que se siguen registrando datos climáticos por iniciativa de un poblador, a pesar de haberse discontinuado oficialmente dicha estación. Otros posibles emplazamientos que combinan valor del emplazamiento con posible continuidad temporal son la aduana del paso Cardenal Samoré, la estación de servicios de Confluencia, el hotel Tronador y el control de Gendarmería en el extremo sur del Parque.

Empresas privadas en el entorno del Parque así como el INTA han establecido estaciones meteorológicas por lo que se recomienda relevar las características de las mismas y su distribución espacial con el fin de aumentar eficiencias y propender el desarrollo de una red interinstitucional de toma de datos climáticos.

El régimen hídrico de los ríos Limay (Villa Llanquín), y Manso (Cascada de Los Alcerces, Steffen y Villegas) ha sido monitoreado en el pasado, existiendo aún parte de la infraestructura necesaria para realizarlo. Sería recomendable asegurar la continuidad en la toma de dichos datos ya que son indicadores directos de eventos extremos de precipitación y sequía, así como indicadores confiables de procesos de largo plazo (cambios en la dinámica de drenaje de la vegetación, cambios en los patrones temporales de deshielo, etc.).

Complementariamente, el establecimiento de estaciones de medición en los ríos Villegas, Manso inferior (luego del desagüe del río Foyel) y Correntoso permitirían el monitoreo de balances netos a nivel de grandes cuencas de drenaje del PNNH, permitiendo monitorear tanto eventos de gran escala como procesos de largo plazo.

En la actualidad, una empresa privada está a cargo de la toma de datos hidrológicos, manteniéndose activas algunas de las estaciones. Sería muy importante iniciar un diálogo con esta empresa a través del DPA.

### ***Relevamiento de magnitud y severidad de eventos***

Existen hoy procedimientos implementados por la Delegación Regional para el relevamiento de eventos que han respondido a iniciativas puntuales, tales como el incendio de Lolog (2008), la muerte por sequía de coihues (1999) y la floración de la caña (2010).

Dado que los eventos son muy difíciles de predecir, temporal y espacialmente, siendo posible estudiar mediante el uso de sensores remotos y establecimiento de parcelas tradicionales de muestreo los procesos de cambio gatillados por los mismos, el esfuerzo

principal por parte de la administración del PNNH debería centrarse en relevar adecuadamente la magnitud y severidad aparente de los mismos durante los primeros 12 meses, generando una base adecuada para que investigadores de áreas específicas elaboren propuestas de monitoreo de mediano y largo plazo.

Cabe resaltar que un evento no se define por su magnitud sino por ser un proceso discreto a escala temporal y espacial, lo que implica que el registro detallado de la magnitud y severidad de un foco es complementaria a la de, un gran incendio para la comprensión de la dinámica de fuegos ya que nos permite diferenciar el proceso de ignición del de propagación, así como la muerte individual de árboles es relevante para diferenciar eventos masivos de patrones de mortandad endémica.

Consideramos que los guardaparques y pobladores son recursos humanos ideales para la captación temprana de eventos, especialmente cuando ellos son de pequeña magnitud, por lo que la provisión de elementos adecuados (GPS, mapas, sistema de comunicación) y un buen sistema de capacitación conjunta podría ser el mecanismo más sostenible de captura de datos confiables.

### ***Cambios de cobertura y composición a escala de paisaje***

Los procesos de cambio de cobertura, composición y función de diferentes comunidades vegetales son muy difíciles de captar a través de la medición en parcelas permanentes, ya que la extrapolación de datos a escala de parcela a escalas más gruesas no es recomendable en paisajes heterogéneos. La diversidad de estructuras asociadas a los fuertes gradientes de precipitación y altitudinales, así como diversidad de usos asociados al PNNH no podría captarse adecuadamente con parcelas generales de monitoreo.

Sugerimos que el sistema de monitoreo del PNNH se base en el análisis periódico de imágenes satelitales, las cuales son hoy el instrumento más eficiente para detectar cambios asociados a eventos (fuegos, vulcanismo, defoliaciones, mortandad de copa), así como a procesos (actividad fotosintética y su variabilidad en relación a variables climáticas, edáficas y composicionales, procesos sucesionales, invasiones).

Para ello, es fundamental que los mapas de cobertura del PNNH no sólo reflejen las comunidades clasificadas como de interés, sino que dejen un registro claro de su procesamiento y se guarden las imágenes y fuentes auxiliares de interpretación. Esto permitirá minimizar errores de interpretación en futuros monitoreos de cambio, que utilicen mayor resolución que la actual, y nuevos modelos de interpretación, tales como los de detección dirigida a objetos.

La combinación de captura de datos puntuales, georreferenciados, sobre estructura y composición (propuesta de base de datos relacional, segundo informe) con el análisis periódico de imágenes de alta resolución permitirá no sólo documentar los cambios de cobertura de vegetación sino también empezar a explorar sistemáticamente los cambios en estructura y composición de los distintos ambientes.