

## Capítulo 9

### Heterogeneidad y diversidad florística del Bosque de Fray Jorge.

FRANCISCO A. SQUEO, GINA ARANCIO & JOSÉ E. NOVOA-JEREZ

#### RESUMEN

La especie arbórea que caracteriza el bosque de Fray Jorge es *Aextoxicon punctatum* (Olivillo) debido a su capacidad de capturar agua de neblina. Las especies que le siguen en frecuencia son *Myrceugenia correifolia* (97% de los bosquetes), *Griselinia scandens* (90%) y el musgo *Ptychomnium cygnisetum* (83%). Otros elementos característicos del bosque son *Azara microphylla* y *Rhaphithamnus spinosus*. Un análisis de similitud en la composición florística muestra que el bosque puede ser dividido en seis unidades. Dos de ellas (unidades A y D) corresponden con la asociación *Aextoxicon punctatum* - *Drimys winteri* de Muñoz y Pisano (1947). La unidad A corresponde al bosque mejor conservado y más diverso, ubicado entre el Sendero de Interpretación y el Cerro Centinela, mientras que la unidad D corresponde a una situación menos diversa. Especies frecuentes en estas dos unidades son *Drimys winteri*, *Peperomia coquimbensis* y *Asplenium dareoides*. Por otro lado, las otras cuatro unidades (B, C, E y F) coinciden con la asociación *Aextoxicon punctatum* - *Myrceugenia correifolia* de Muñoz y Pisano (1947). Las unidades B y F se ubican preferentemente en los sectores con menor disponibilidad de neblina localizados al norte del bosque (El Mineral - Norte), mientras que la unidad C reúne a varios bosquetes de un área afectada por incendios al sur del bosque (Cerro Centinela). El bosque de Fray Jorge es una comunidad vegetal heterogénea, producto de las diferencias en la disponibilidad de neblina y en la capacidad del bosque para capturarla. La capacidad de captura de neblina está determinada tanto por variables de micro-escala como es el ángulo foliar y la posición de las hojas en el dosel, como de meso-escala, como la posición altitudinal y latitudinal del bosque respecto a la dirección preferente del flujo de neblina. Junto con los factores físicos, la perturbación humana pasada (p.ej., ganadería, incendios, tala de árboles) parece haber jugado un rol en la actual heterogeneidad.

**Palabras Clave:** flora, olivillo, *Aextoxicon punctatum*, *Myrceugenia correifolia*, *Griselinia scandens*, *Azara microphylla*, *Rhaphithamnus spinosus*, bosque relicto de neblina, zonas áridas, Chile.

#### INTRODUCCIÓN

El Bosque de Fray Jorge (30°38' S) corresponde al límite norte de distribución de una comunidad dominada por *Aextoxicon punctatum* (olivillo), la que se presenta en forma continua asociada al bosque laurifolio Valdiviano, a más de 650 km al sur

(Philippi 1884, Squeo et al. 2004, Capítulo 1).

Para esta comunidad arbórea presente en Fray Jorge se ha propuesto tanto un origen austral cuaternario, debido a migraciones de la flora valdiviana por efecto de glaciaciones (Looser 1935, Skottsberg 1948, Muñoz & Pisano 1947), como uno tropical terciario (Schmithusen 1956), o una mezcla de las dos anteriores (Wolffhügel 1949). La hipótesis más aceptada plantea que este bosque sería un remanente de un bosque continuo que dominó Chile Central durante el Pleistoceno, hasta el fin de la última glaciación (Troncoso et al. 1980, Villagrán & Armesto 1980). Su actual aislamiento sería una consecuencia de los cambios climáticos, y de las variaciones del nivel del mar ocurrido durante los ciclos glacial-interglaciales del Cuaternario (Pérez & Villagrán 1994, ver Capítulo 1). Según Gajardo y Grez (1990), estos antecedentes convierten al Bosque de Fray Jorge en un argumento clave para la comprensión del origen de la flora chilena y le confiere el carácter de un recurso de singular excepción, que debe a “toda costa” ser conservado. Recientemente, Squeo et al. (2001) indican que el P.N. Bosque Fray Jorge posee los mayores niveles de diversidad vegetal (i.e., 440 especies nativas, de las cuales 266 son endémicas de Chile) y la mayor concentración de especies con problemas de conservación (i.e., 10 especies En Peligro y 84 Vulnerables) en comparación a cualquier otra área de superficie equivalente de la Región de Coquimbo, reforzando la particularidad biótica de esta zona. En una situación topográfica y de influencia de neblina comparable, la Cordillera de la Costa en Paposo (II Región de Antofagasta) también poseen una alta diversidad vegetal y concentración de especies endémicas (Squeo et al. 1998, Cavieres et al. 2002).

Existe consenso en que la persistencia de estos bosques relictos estaría determinada por el mesoclima que generan las neblinas costeras en la cima de los cerros de la Región de Coquimbo (Philippi 1884). Según Kummerow (1960, 1962, 1966), la condensación de la neblina podría superar largamente al agua aportada por las lluvias invernales, alcanzando valores superiores a 1000 mm anuales. Sin embargo, Santibañez (comunicación personal, datos de 1985-86) muestra que la precipitación horizontal anual producto de la intercepción del agua de neblina por los árboles es de sólo 474 mm. Este último valor se obtuvo utilizando una red de 25 pluviómetros instalados bajo dosel y algunos controles fuera del bosque, mientras que Kummerow (1960, 1962, 1966) utilizó neblinómetros.

Muñoz y Pisano (1947) realizaron un estudio vegetacional del bosque de Fray Jorge que incluyó 12 parcelas distribuidas desde Las Papas (centro) hasta El Corcovado (norte). Estos autores propusieron que la disponibilidad de agua y la diferencia de humedad dentro del bosque determina dos asociaciones vegetales : a) en los sectores de mayor humedad, al abrigo de la constante condensación de la camanchaca, se encuentra la asociación *Aextoxicon punctatum* - *Drimys winteri* (Olivillo - Canelo), siendo la segunda especie la que se reproduce con mayor velocidad, y b) la otra asociación constituida por *Aextoxicon punctatum* - *Myrceugenia correifolia* (Olivillo - Petrillo), localizada en el sector norte y más seco del bosque. Ellos distinguieron a *Drimys winteri* como la especie más higrófila de la comunidad y a *Myrceugenia correifolia* como la más xerófila.

El objetivo de este capítulo es analizar la similitud florística de los bosquetes de *Aextoxicon punctatum* en todo su rango de distribución en el Parque Nacional Bosque Fray Jorge, y entregar algunos antecedentes que explican la habilidad de Olivillo para capturar agua de neblina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Sitio de Estudio*

El estudio se realizó en el Parque Nacional Bosque Fray Jorge (30°38' S - 71°40' O), que se localiza en la Comuna de Ovalle, Provincia de Limarí, IV Región de Coquimbo, a 110 km al Sur de la ciudad de La Serena, en el área ocupada por los Altos de Talinay y las zonas de litorales adyacentes. Topográficamente, el área del Parque presenta al este del cordón de cerros costeros un desarrollo de quebradas semiáridas, mientras que al oeste se extiende una terraza marina que limita con el Océano Pacífico. El bosque se extiende entre 30°38' y 30°43' S, cubriendo una distancia de 9,7 km en la cima del cordón montañoso a una elevación de entre 350 y 660 msnm (Körbler 1982, Squeo et al. 2004, Novoa et al. Capítulo 8).

El clima es mediterráneo semiárido, con una precipitación promedio anual de 85 mm (promedio últimos 30 años, Gutiérrez et al. 1993), que incluye años secos (con precipitaciones < 30 mm) y años con precipitaciones superiores a 200 mm (Gutiérrez 2001). El 90% de las precipitaciones caen durante los meses de invierno (mayo - septiembre). Los meses de verano son calurosos y secos, pero la niebla marina contribuye con humedad adicional durante algunos meses (Kummerow 1966). La temperatura media máxima en el mes más caluroso (enero) es de 24°C, y la temperatura media mínima en el mes de más frío (julio) es de 4°C (ver Capítulo 2). Los patrones de precipitaciones en la región muestran una periodicidad de aproximadamente 3-4 años. Un año muy lluvioso es seguido por 2-3 años de lluvias bajas (Armesto et al. 1993, Squeo et al. 1999, Torres et al. 2002).

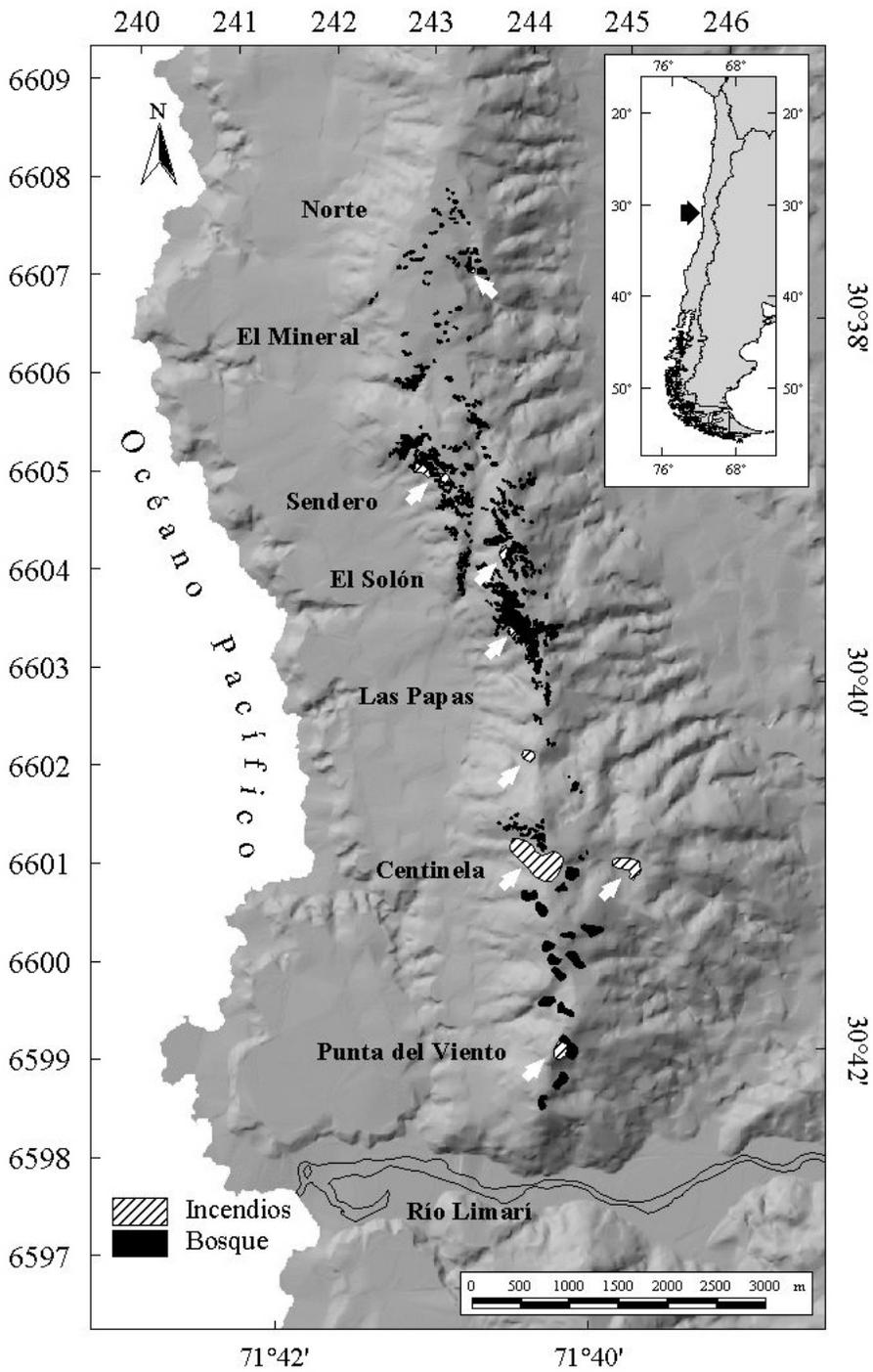
### *Establecimiento de parcelas de muestreo y mediciones realizadas*

El muestreo de terreno se realizó entre diciembre de 1998 y marzo de 1999. Se establecieron 127 estaciones de muestreo que cubrieron toda la distribución latitudinal de *A. punctatum* en el Bosque de Fray Jorge (Fig. 1). En cada estación se confeccionó una lista de las especies que crecían bajo el dosel. También se registró la evidencia de incendios y otras alteraciones antrópicas. Al conjunto de datos se le realizó un análisis de agrupación utilizando la distancia euclidiana entre pares de parcelas (o especies) para generar la matriz de similitud florística (Squeo et al. 2004, en prensa). El catálogo completo de especies se encuentra en Arancio et al. (Capítulo 10).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Incendios*

En el área estudiada se reconocieron evidencias de incendios forestales, los cuales datarían principalmente de finales de los siglos XVIII y XIX (Fuentes & Torres 1991). La mayoría de las evidencias de incendios se ubican en el sector centro - sur del bosque (Fig. 1). En el sector norte sólo se reconoció un pequeño incendio que comprometió a tres olivillos adultos en la periferia de un bosque aislado. El sector del Sendero de Interpretación presenta un incendio en la ladera de exposición oeste (“Troncos Quemados”) que quedó representado en tres estaciones. En el sector del Solón se encontró evidencia de un incendio de matorrales en la ladera de exposición



**Fig. 1.** Localización del bosque de las zonas de estudio en el Bosque de Fray Jorge. Los bosquetes se representan en negro. Las flechas y zonas achuradas indican la presencia de incendios (tomado de Squeo et al. 2004).

este que comprometió sólo marginalmente al bosque. En el sector de Las Papas todavía quedan evidencias de cultivos y de un incendio menor, el que en su conjunto no habría comprometido un área mayor a 1,5 hectáreas. Esta zona, antiguo límite sur del Parque, habría mantenido cultivos hasta la década de 1970 (Fuentes & Torres 1991). La mayor área del bosque afectada por incendios se localiza en el Cerro Centinela. Según Muñoz y Pisano (1947), existió una antigua explotación maderera en el Portezuelo de la Labranza, que habría eliminado a *Drimys winteri*. Estos autores también citan una fuerte actividad ganadera en todo el bosque hasta 1943, que habría afectado la estructura de la vegetación producto del pastoreo y pisoteo por el ganado. La actividad ganadera continuó desde Las Papas hacia Punta del Viento hasta la década del 70 (Bustamante 1986, Fuentes & Torres 1991, Squeo et al. 2004, en prensa).

#### *Análisis de la composición florística*

Las especies más frecuentes en el interior del bosque de Fray Jorge fueron *Aextoxicon punctatum* (100% de las estaciones de muestreo) y *Myrceugenia correifolia* (97%), seguidas de *Griselinia scandens* (90%), *Azara microphylla* (71%) y *Rhaphithamnus spinosus* (62%) (Tabla 1). *Drimys winteri* sólo estuvo presente en 30 de las 127 estaciones de muestreo.

El análisis de similitud de la composición florística de estas estaciones muestra seis grandes agrupaciones (Tabla 1, Fig. 2).

El primer grupo de parcelas (A) coinciden con la asociación *Aextoxicon - Drimys* descrito por Muñoz y Pisano (1947) y Skottsberg (1950). Esta unidad vegetacional la integran estaciones de muestreo localizadas al sur de la UTM 6.605.200 hasta el Cerro Centinela, y corresponden al bosque mejor conservado. Las especies características de esta unidad (i.e., con mayor frecuencia en esta unidad en comparación a las otras unidades) corresponden a *Blechnum hastatum* (96%), *Drimys winteri* (71%), *Mitraria coccinea* (43%), *Peperomia coquimbensis* (75%), *P. fernandeziana* (25%), *Polypodium feuillei* (82%), *Rhaphithamnus spinosus* (100%) y *Urtica magellanica* (82%).

El grupo B corresponde a la asociación *Aextoxicon - Myrceugenia*, y lo integran 31 parcelas, 26 de ellas localizadas al norte de la UTM 6.605.200 (El Mineral y Norte). Esta unidad corresponde a una versión empobrecida de la formación vegetal de Fray Jorge, y se caracteriza por la ausencia de las especies más higrófilas. Las acciones de reforestación llevadas a cabo por el proyecto “Investigación de Tratamientos Silviculturales Rescate Parque Nacional Fray Jorge” han estado centradas en esta zona (ver Capítulos 17 y 18).

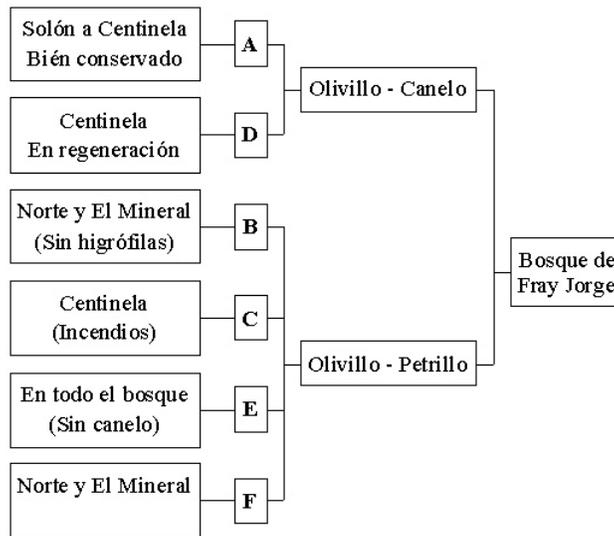
El grupo C lo integran 13 estaciones, 7 de las cuales se ubican en el Cerro Centinela y cinco de ellas muestran evidencia de incendio. Corresponderían a la asociación *Aextoxicon - Myrceugenia*, donde *Drimys winteri* está presente sólo en un bosquete. Las especies indicadoras de este grupo son *Alonsoa meridionalis* (54%), *Azara microphylla* (92%), *Berberis actinacantha* (77%), *Ageratina glechonophylla* (85%), *Nassella pungens* (15%), *Ribes punctatum* (54%), *Uncinia phleoides* (92%) y dos basidiomicotas. *Margyricarpus pinnatus* ocurre en el 23% de estas parcelas y es exclusivo del grupo C. Varias de las especies presentes son características del margen del bosque, lo que sería un indicador de un dosel abierto.

**Tabla 1.** Listado de especies presentes bajo el dosel en el bosque de Fray Jorge. Se indica la frecuencia (%) de estaciones de muestreo en que la especie está presente en cada una de las 6 unidades vegetales mostradas en la Figura 1. También se indica el nombre abreviado (Cod.) y el número total de estaciones en que la especie está presente.

Cod.	Especies	Frecuencia por Unidad (%)						TOTAL (%)	Número de Estaciones
		A	B	C	D	E	F		
Ad-ch	<i>Adiantum chilense</i>	43	0	8	13	33	56	27	34
Ae-pu	<i>Aextoxicon punctatum</i>	100	100	100	100	100	100	100	127
Ag-gl	<i>Ageratina glechonophylla</i>	43	32	85	20	47	52	44	56
Al-me	<i>Alonsoa meridionalis</i>	11	10	54	0	0	12	13	16
Ar-sa	<i>Aresteguetia salvia</i>	0	6	0	0	13	4	4	5
As-da	<i>Asplenium dareoides</i>	61	0	0	13	13	12	19	24
Az-mi	<i>Azara microphylla</i>	79	35	92	73	87	84	71	90
Ba-ve	<i>Baccharis vernalis</i>	11	13	31	0	13	4	11	14
Be-ac	<i>Berberis actinacantha</i>	11	0	77	0	0	4	11	14
Bl-ha	<i>Blechnum hastatum</i>	96	13	31	67	87	56	57	72
Bo-in	<i>Bowlesia incana</i>	0	3	0	0	0	12	3	4
Ca-in	<i>Calceolaria integrifolia</i>	4	13	23	7	0	28	13	16
Co-hy	<i>Colletia hystrix</i>	0	0	15	0	7	4	3	4
Co-od	<i>Colliguaja odorifera</i>	25	6	23	7	27	0	13	17
Dr-wi	<i>Drimys winteri</i>	71	0	8	53	0	4	24	30
Er-lu	<i>Erigeron luxurians</i>	0	3	0	0	0	8	2	3
Fu-ly	<i>Fuchsia lycioides</i>	14	6	23	0	7	16	11	14
Ga-ap	<i>Galium aparine</i>	29	6	0	0	0	60	20	25

Cod.	Especies	Frecuencia por Unidad (%)						TOTAL (%)	Número de Estaciones
		A	B	C	D	E	F		
Ga-hy	<i>Galium hypocarpium</i>	21	0	31	7	0	0	9	11
Gr-sc	<i>Griselinia scandens</i>	100	68	100	93	93	96	90	114
Lo-sc	<i>Loasa sclareifolia</i>	57	0	0	0	13	4	15	19
Ma-pi	<i>Margyricarpus pinnatus</i>	0	0	23	0	0	0	2	3
Me-sp	<i>Megalastrum spectabile</i>	18	3	0	0	0	0	5	6
Mi-co	<i>Mitraria coccinea</i>	43	0	0	0	13	4	12	15
Mo-pi	<i>Moscharia pinnatifida</i>	25	3	8	0	7	20	12	15
My-co	<i>Myrcogenia correifolia</i>	96	90	100	100	100	100	97	123
Na-pu	<i>Nassella pungens</i>	0	3	15	0	0	0	2	3
Pa-de	<i>Parietaria debilis</i>	21	0	0	0	0	4	6	7
Pe-co	<i>Peperomia coquimbensis</i>	75	0	8	53	0	4	24	31
Pe-fe	<i>Peperomia fernandeziana</i>	25	0	0	0	0	0	6	7
Po-fe	<i>Polypodium feuillei</i>	82	26	46	87	40	8	46	58
Rh-sp	<i>Rhaphithamnus spinosus</i>	100	6	92	80	60	64	62	79
Ri-pu	<i>Ribes punctatum</i>	21	13	54	7	13	12	18	23
Ru-ad	<i>Rumohra adiantiformis</i>	7	0	23	0	0	0	4	5
Sa-sc	<i>Sarmienta scandens</i>	14	0	0	0	0	0	3	4
Se-co	<i>Senecio coquimbensis</i>	57	0	8	0	0	20	17	22
Se-pl	<i>Senecio planiflorus</i>	18	39	46	0	0	28	24	30
Se-st	<i>Senna stipulacea</i>	7	0	0	7	0	8	4	5
So-fu	<i>Solanum furcatum</i>	0	6	0	0	13	24	8	10

Cod.	Especies	Frecuencia por Unidad (%)						TOTAL (%)	Número de Estaciones
		A	B	C	D	E	F		
So-pi	<i>Solanum pinnatum</i>	7	6	23	13	7	28	13	17
So-ol	<i>Sonchus oleraceus</i>	11	0	0	0	0	0	2	3
St-ch	<i>Stellaria chilensis</i>	57	16	31	13	7	72	36	46
Tr-ve	<i>Tristrix verticillatus</i>	14	0	15	0	0	8	6	8
Un-ph	<i>Urcinia phleoides</i>	71	19	92	40	40	28	45	57
Ur-ma	<i>Urtica magellanica</i>	82	3	31	0	13	76	39	49
Ur-ur	<i>Urtica urens</i>	4	10	0	0	7	4	5	6
Va-cr	<i>Valeriana crispata</i>	0	3	8	0	7	8	4	5
Va-lo	<i>Valeriana lobata</i>	25	13	23	0	7	24	17	21
Mu	<i>Pychoonium cygnisetum</i>	96	71	92	100	80	72	83	106
H1	<i>Fomes applanatus</i>	25	0	0	33	7	0	10	13
H2	Basidiomicota sp-1	21	0	46	60	0	0	17	21
H3	Basidiomicota sp-2	43	0	38	40	0	8	20	25
	Número de especies	44	31	36	24	29	41	52	
	Número de estaciones	28	31	13	15	15	25	127	



**Fig. 2.** Dendrograma resumen de similitud florística de las estaciones de muestreo dentro del bosque de Fray Jorge (según de Squeo et al. en prensa).

Un tercer conjunto de 7 estaciones del Centinela se reúnen en el grupo D, junto a 2 estaciones de Las Papas, 3 del Solón y 2 del Norte. El grupo D correspondería parcialmente a la asociación *Aextoxicon - Drimys*, donde *Drimys winteri* está presente en 8 de los 15 bosquetes (53%). Al igual que el grupo A, las especies características son *Peperomia coquimbensis* (53%), *Polypodium feuillei* (87%), musgos y hongos; sin embargo están ausentes otras especies indicadoras del grupo A.

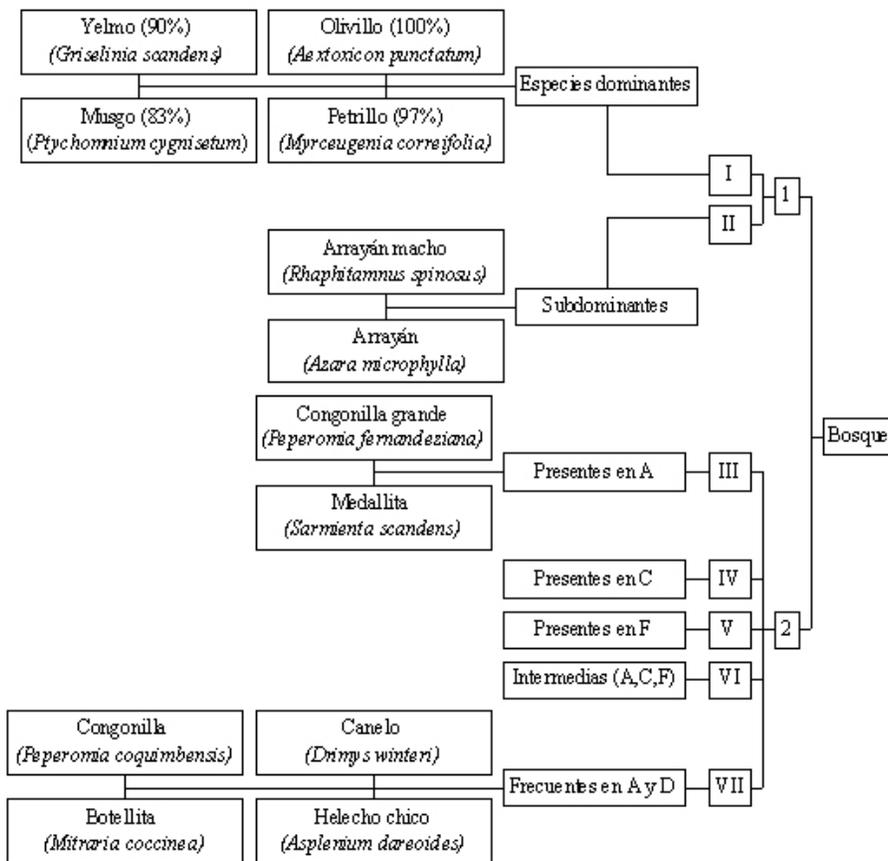
El grupo E, que en el dendrograma aparece cercano al grupo D, corresponde a la asociación *Aextoxicon - Myrceugenia*, con ausencia de *Drimys winteri*. Lo conforman parcelas localizadas a lo largo de todo el bosque de Fray Jorge, incluyendo a 2 parcelas del Solón con evidencias de incendio marginal. Las especies indicadoras son *Blechnum hastatum* (87%) y *Colliguaja odorifera* (27%).

Por último, el grupo F lo conforman 25 parcelas, 17 de ellas ubicadas al norte de la UTM 6.605.000, más 4 del Sendero y 4 del Solón. Corresponderían a la asociación *Aextoxicon - Myrceugenia*, donde *Drimys winteri* sólo está presente en una estación (sector Sendero). Las especies indicadoras son *Galium aparine* (60%), *Stellaria chilensis* (72%) y *Urtica magellanica* (76%).

#### *Asociación entre especies*

El análisis de asociación de especies generó un dendrograma en el que se pueden distinguir siete grupos (Fig. 3, Tabla 1):

El grupo I está conformado por las cuatro especies más frecuentes del bosque de Fray Jorge: *Aextoxicon punctatum* (100%), *Myrceugenia correifolia* (97%), *Griselinia scandens* (90%) y el musgo *Ptychomnium cygnisetum* (83%).



**Fig. 3.** Dendrograma resumen de similitud de hábitat de las especies dentro del bosque de Fray Jorge (según Squeo et al. en prensa).

El grupo II incluye a especies acompañantes de los elementos dominantes que definen el grupo I. Estas especies tienen alta frecuencia en la unidad A (entre 43 y 100%) y en general están presentes en todas las unidades. Entre ellas se encuentran *Azara microphylla* y *Rhaphitamnus spinosus*.

El grupo III corresponde a especies que estando presentes en la unidad A, con frecuencias de entre 14 y 25%, tienen baja frecuencia o están ausentes en las otras unidades. Entre ellas se encuentran *Peperomia fernandeziana* y *Sarmienta scandens*.

Los grupos IV y V corresponden a especies con baja frecuencia en el bosque de Fray Jorge. Las tres especies del grupo IV son frecuentes en la unidad C mientras que las especies del grupo V están presentes en baja frecuencia en la unidad F (Norte - El Mineral).

El grupo VI está conformado por especies con una frecuencia intermedia (10 a 27%) en el bosque de Fray Jorge, y que en general están presentes en las unidades A, C y F.

Por último, el grupo VII corresponden a especies frecuentes en las unidades A y D (asociación *Aextoxicon - Drimys*). Entre ellas están *Drimys winteri*, *Peperomia coquimbensis* y *Asplenium dareoides*.

Gajardo (1994) afirma que el bosque de Fray Jorge corresponde a la asociación *Aextoxicon punctatum - Rhabithamnus spinosus*, la que queda integrada a la sub-región del bosque laurifolio valdiviano. Según este autor, las especies representativas son *A. punctatum*, *Blechnum auriculatum*, *Myrceugenia correifolia*, *R. spinosus* y *Uncinia phleoides*. Entre las especies acompañantes mencionadas están *Drimys winteri*, *Peperomia coquimbensis* y *Urtica magellanica*. Esa caracterización de la asociación *Aextoxicon - Rhabithamnus* es coincidente con la unidad vegetacional A y la asociación *Aextoxicon - Drimys* de Muñoz y Pisano (1947). Una caracterización más general del Bosque de Fray Jorge debe tomar como base las especies del grupo I (i.e., *Aextoxicon punctatum*, *Myrceugenia correifolia*, *Griselinia scandens* y *Ptychomnium cygnisetum*).

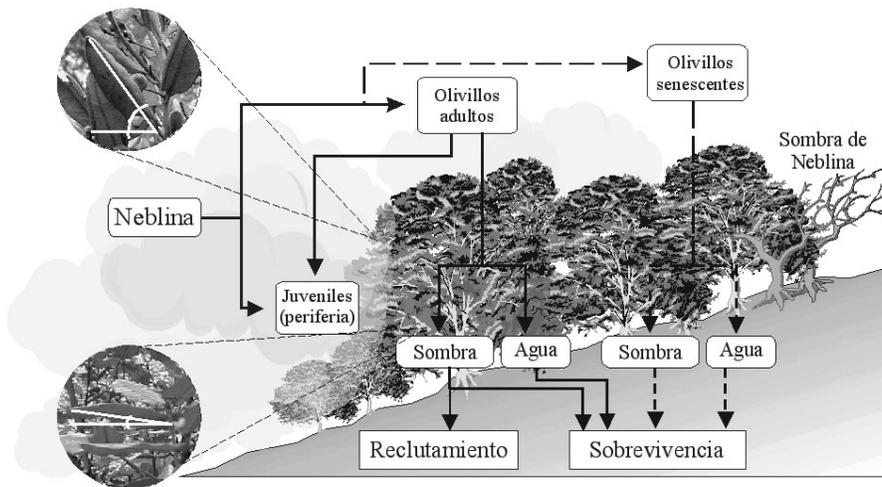
El análisis de las especies arbóreas que componen los bosques de *Aextoxicon punctatum* de la Cordillera de la Costa de Chile, realizado por Pérez y Villagrán (1994), muestran que el bosque de Fray Jorge (asociación *Peperomia - Aextoxiconetum* de Oberdorfer 1960) tendría una similitud florística y edáfica muy estrecha con los bosques de *A. punctatum* al sur de los 39° - 40° S (asociación *Lapageria - Aextoxiconetum* de Oberdorfer (1960)). La presencia de *Lapageria rosea* (Copihue) informada por Arancio et al. (en prensa, ver también Capítulo 4) para el bosque de Fray Jorge es coincidente con lo planteado por esos autores. Por el contrario, las localidades de la zona central y central-sur de Chile, mostraron ser asociaciones florísticamente independientes. Las especies características del bosque de Fray Jorge (*Azara microphyla*, *Myrceugenia correifolia*, *Rhabithamnus spinosus* y *A. punctatum*) se separan de las especies características del bosque templado-cálido de *Nothofagus* (incluido *Drimys winteri*) y del bosque esclerófilo de la zona central de Chile. En consecuencia, los bosques de neblina que se desarrolla en Fray Jorge representarían auténticos relictos vegetacionales y edáficos de una paleocomunidad caracterizada por un clima más méxico.

#### *Capacidad de captura de neblina*

La combinación particular de especies en el bosque de Fray Jorge tiene como base a *Aextoxicon punctatum*, debido a su capacidad de capturar agua de neblina (Vega et al. 2000, Squeo et al. Capítulo 12). Gajardo et al. (1984) describen este fenómeno diciendo que “la existencia del bosque depende de la presencia del bosque”, i.e., es el dosel arbóreo presente el que intercepta y condensa las neblinas. Las condiciones de altitud, pendiente y velocidad de movimiento de las corrientes de aire que transportan la neblina difieren a lo largo del bosque (ver A. Cruzat, Capítulo 16). La zona al norte de la UTM 6.605.200 presenta una disponibilidad de neblina significativa menor que se traduce en la ausencia de las especies más higrófilas, incluido *Drimys winteri*. De las 4 unidades vegetacionales que coinciden con la asociación *Aextoxicon - Myrceugenia* de Muñoz y Pisano (1947), las unidades B y F están conformadas principalmente por bosquetes localizados al norte de la UTM 6.605.200. Parcialmente explicado por la ocurrencia de incendios que destruyeron la capacidad de capturar agua, el sector norte del Cerro Centinela también presenta una asociación *Aextoxicon - Myrceugenia* (unidad C). Por otro lado, en los sectores con mayores condiciones para la captura de neblina se desarrolla la asociación *Aextoxicon - Drimys* (unidades A y D). La unidad A es la más diversa y con mayor

cantidad de elementos higrófilos de todo el bosque de Fray Jorge.

En el Capítulo 12 se analizan algunas características ecofisiológicas de *Aextoxicon punctatum* del bosque de Fray Jorge, relacionadas con la capacidad de capturar neblina y de producir materia seca. Estos autores demostraron que las hojas de los árboles localizados en el borde de los bosquetes presentaron mayores ángulos con respecto al horizonte que aquellas ubicadas bajo dosel (i.e., 67° versus 20°) y que los bosquetes ubicados en los sectores con menor abundancia de neblina poseen un mayor ángulo foliar y un mayor peso específico foliar en comparación a los sectores más húmedos. En este contexto, el ángulo foliar se relacionaría con un compromiso entre la captura de neblina (altos ángulos) y luz (bajos ángulos) (Fig. 4).



**Fig. 4.** Modelo de captura de neblina en el bosque de Fray Jorge. La captura de agua es más efectiva en el frente expuesto a las neblinas, mientras que en el extremo opuesto se produce una “sombra de neblina”. Las hojas expuestas del dosel poseen altos ángulos foliares (maximizando la captura de neblina), mientras que las hojas bajo dosel poseen bajos ángulos foliares (maximizando la interceptación de radiación).

La estructura del dosel y su posición relativa respecto a la fuente de neblina determina los procesos de reclutamiento de nuevos individuos y sobrevivencia de los árboles adultos (Fig. 4). Las exposiciones dominantes de los bosquetes es sur a suroeste, enfrentando las neblinas provenientes de la costa (Squeo et al. 2004, Capítulo 8). La captura de agua es más efectiva en el frente expuesto a las neblinas, mientras que en el extremo opuesto (i.e., exposición norte a nor-este) se produce un efecto de “sombra de neblina”. La mayoría de los bosquetes poseen formas alargadas (i.e., alta relación perímetro / área) lo que favorece un mayor frente de captura de neblina (Squeo et al. 2004). Los árboles adultos localizados hacia el frente de neblina, son capaces de abastecer sus requerimientos hídricos junto con proveer de agua para el establecimiento de individuos jóvenes en el frente de los bosquetes, donde la radiación no es limitante. En la parte posterior de los bosquetes, los árboles adultos sólo son capaces de capturar neblina para su sobrevivencia, pero por efecto sombra no hay reclutamiento. Coincidentemente con este modelo, Squeo et al. (Capítulo 12) encontraron que las hojas de borde presentaron una mayor eficiencia en el uso del agua (i.e., mayor  $\delta^{13}\text{C}$ ) en comparación con las hojas localizadas bajo dosel, excepto

en el sector norte del bosque donde en ambas situaciones (de borde y bajo dosel) muestran alta eficiencia en el uso del agua. Por otro lado, un efecto negativo de una alta relación perímetro / área, es que aumenta el efecto borde favoreciendo el desarrollo de especies no arbóreas de rápido crecimiento en el borde de los bosquetes, como es el caso de *Griselinia scandens* (Yelmo) (ver Capítulo 10). La reducción de la radiación en el borde de los bosquetes limita el reclutamiento de nuevos individuos arbóreos.

#### *Consecuencias para planes de conservación/restauración*

En conclusión, el bosque de Fray Jorge es una comunidad vegetal heterogénea, producto de las diferencias en la disponibilidad de neblina y de la capacidad del bosque para capturarla. Junto con los factores físicos (p.ej., pendiente, altitud, existencia de un valle seco posterior que genere succión de la neblina), la perturbación humana pasada (p.ej., ganadería, incendios, tala de árboles) parece haber jugado un rol en la actual heterogeneidad.

En base a los antecedentes analizados en este trabajo, la zona con mayor potencialidad de expansión del bosque se localiza alrededor de la UTM 6.601.000. Los esfuerzos para aumentar la cobertura de este bosque relicto deberían estar concentrados en facilitar la capacidad de captura de neblina mediante la forestación con *Aextoxicon punctatum*. Sin embargo, la mantención de la biodiversidad vegetal también debe considerar un programa urgente de propagación de las especies más raras del bosque.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos S.A. Vega y J.R. Pizarro por su ayuda en terreno, a M. Figueroa y D. López por la preparación de las figuras, a I.R. Hernández y al personal de CONAF del P.N. Fray Jorge por el apoyo logístico y valiosos comentarios a este trabajo. Este estudio forma parte del proyecto “Investigación de Tratamientos Silviculturales Rescate Parque Nacional Fray Jorge” financiado por el Gobierno Regional de Coquimbo (B.I.P. 20092545-0). Esta es una contribución del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA).

#### **LITERATURA CITADA**

- ARANCIO GA, FA SQUEO, P JARA & C MARTICORENA (en prensa). Caracterización de la flora vascular de la cima del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. Revista Ciencias Forestales.
- ARMESTO JJ, PE VIDIELLA & JR GUTIÉRREZ (1993) Plant communities of the fog-free coastal desert of Chile: plant strategies in a fluctuating environment. Revista Chilena de Historia Natural 66: 271-122.
- BUSTAMANTE R (1986) Planificación del manejo y desarrollo del Parque Nacional Fray Jorge. Tesis para optar al Título de Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile.
- CAVIERES L, MTK ARROYO, P POSADAS, C MARTICORENA, O MATTHEI, R RODRÍGUEZ, FA SQUEO & G ARANCIO (2002) Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemism in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. Biodiversity and Conservation 11: 1301-1311.

- FUENTES JA & ME TORRES (1991) Estudio histórico evolutivo de la interacción del hombre del semiárido en una región del Norte Chico: Fray Jorge Reserva Mundial de la Biósfera. Tesis para optar al Grado de Licenciado en Educación y al Título de Profesor de Estado en Historia y Geografía. Universidad de La Serena.
- GAJARDO R (1994) La vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica, Editorial Universitaria, Santiago Chile. 165 pp.
- GAJARDO R & I GREZ (1990) Diagnóstico de algunos aspectos de la regeneración en el Bosque de Fray Jorge (IV Región). Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal IV Región 148 pp.
- GAJARDO R, M TORAL & V CUBILLOS (1984) Estudio de regeneración en el Bosque de Fray Jorge. CONAF IV Región, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias Veterinarias y Forestales. 89 pp.
- GUTIÉRREZ JR (2001) Dynamics of ephemeral plants in the coastal desert of north-central Chile. En: I Prakash (ed) Ecology of desert environments: 105-124. Scientific Publishers (India), Jodhpur.
- GUTIÉRREZ JR, PL MESERVE, FM JAKSIC, LC CONTRERAS, SH HERRERA & H VÁSQUEZ (1993) Structure and dynamics of vegetation in a Chilean arid thomscrub community. Acta Oecologica 14: 271-285.
- KÖRBLER TI (1982) Descripción y análisis del bosque de Olivillo (*Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pav.) en el Parque Nacional Fray Jorge. Tesis para optar al Título de Ingeniero Forestal, Departamento de Silvicultura y Manejo, Universidad de Chile.
- KUMMEROW J (1960) La extraña vegetación del Parque Nacional Fray Jorge y su importancia en la Investigación Biológica. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía, Boletín Universidad de Chile 11: 37-38.
- KUMMEROW J (1962) Mediciones cuantitativas de la neblina en el Parque Nacional Fray Jorge. Boletín Universidad de Chile 28: 36-37.
- KUMMEROW J (1966) Aporte al conocimiento de las condiciones climáticas del bosque Fray Jorge. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía, Estación Experimental Agronómica, Boletín Técnico 24: 21-24.
- LOOSER G (1935) Argumentos botánicos a favor de un cambio de clima en Chile central en tiempos geológicos recientes. Revista Universitaria 20: 843-857.
- MUÑOZ C & E PISANO (1947) Estudio de la vegetación y flora de los Parques Nacionales de Fray Jorge y Talinay. Agricultura Técnica 7: 71-190.
- OBERDORFER E (1960) Pflanzensoziologische Studien in Chile. Verlag von J. Cramer, Weinheim.
- PASKOFF R (1970) Recherches géomorphologiques dans le Chili semiaride. Biscaye Frères Imp. Bordeaux 420.
- PHILIPPI F (1884) A visit to the northern most forest of Chile. The Journal of Botany 22:202-211
- PÉREZ C & C VILLAGRÁN (1994) Influencia del clima en el cambio florístico, vegetacional y edáfico de los bosques de "olivillo" (*Aextoxicon punctatum* R. et Pav.) de la cordillera de la Costa de Chile: implicancias biogeográficas. Revista Chilena de Historia Natural 67:77-90.
- SQUEO FA, LA CAVIERES, G ARANCIO, JE NOVOA, O MATTHEI, C MARTICORENA, R RODRIGUEZ, MTK ARROYO & M MUÑOZ (1998) Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 571-591.
- SQUEO FA, N OLIVARES, S OLIVARES, A POLLASTRI, E AGUIRRE, R ARAVENA, C JORQUERA & JR EHLERINGER (1999) Grupos funcionales en arbustos desérticos definidos en base a las fuentes de agua utilizadas. Gayana Botánica 56: 1-15

- SQUEO FA, G ARANCIO & JR GUTIÉRREZ (2001) Libro Rojo de la Flora Nativa de la Región de Coquimbo y de los Sitios Prioritarios para su Conservación. Ediciones de la Universidad de La Serena, La Serena. 388pp.
- SQUEO FA, GA ARANCIO & JE NOVOA (2004) Distribución espacial y caracterización florística del bosque relictivo de Fray Jorge, IV Región de Coquimbo. En: C Smith-Ramírez, JJ Armesto & C Valdovinos (eds) Biodiversidad y Ecología de los bosques de la Cordillera de la Costa de Chile. Editorial Universitaria, Santiago.
- SQUEO FA, GA ARANCIO, J PIZARRO, S VEGA, JE NOVOA & JM VIADA (en prensa) Caracterización florística del Bosque de Fray Jorge: ¿Cuán homogéneo es el Bosque?. Revista de Ciencias Forestales.
- SCHMITHUSEN J (1956) Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. Bonner Geographische Abhandlungen 17: 1- 86.
- SKOTTSBERG C (1948) Apuntes sobre la flora y vegetación de Fray Jorge, Chile. Meddelanden from Göteborgs Botaniska Trädgård 18:91-184.
- TORRES R, FA SQUEO, C JORQUERA, E AGUIRRE & JR EHLERINGER (2002) Evaluación de la capacidad estacional de utilizar eventos de precipitación en tres especies de arbustos nativos con distintos sistemas radiculares. Revista Chilena de Historia Natural 75: 737-749.
- TRONCOSO A, C VILLAGRÁN & M MUÑOZ (1980) Una nueva hipótesis acerca del origen y edad del bosque de Fray Jorge (Coquimbo, Chile). Boletín Museo Nacional de Historia Natural 37: 117-152.
- VEGA SA, JR PIZARRO, GA ARANCIO, JR EHLERINGER & FA SQUEO (2000) Parámetros ecofisiológicos de *Aextoxicon punctatum* (Olivillo) en el Parque Nacional “Bosque Fray Jorge”. Gayana Botánica 57: 84.
- VILLAGRÁN C & JJ ARMESTO (1980) Relaciones florísticas entre las comunidades relictuales del Norte Chico y la Zona Central con el bosque del Sur de Chile. Boletín Museo Nacional de Historia Natural 37: 85-99.
- WOLFFHÜGEL K (1949) Rätsel der Notohyalea. Revista Sudamericana de Botánica 8: 45-58.