

## Capítulo 16

### El uso de las nieblas en la recuperación del Parque Nacional Bosque Fray Jorge.

ALEJANDRO A. CRUZAT-GALLARDO

#### RESUMEN

El Parque Nacional Bosque Fray Jorge (IV Región de Chile), está situado en plena zona desértica costera del Norte de Chile y se caracteriza por la existencia de 80 ha de un bosque hidrófilo, característico de las zonas húmedas del sur del país. En el año 1977 fue declarado reserva mundial de la biosfera por la UNESCO. Este bosque sobrevive gracias al significativo aporte de agua de las nieblas costeras. Investigadores y profesionales de la Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF) registraron en la década de los años 1980 un significativo deterioro de este bosque, principalmente por la acción del hombre. Se calculó una regresión del bosque en tres hectáreas por año. Si esta situación continuase, este importante recurso forestal podría estar extinto en 30 años. En el año 1998 el Gobierno de Chile destinó fondos para un proyecto de investigación y reforestación, por un periodo de cuatro años, el cual entregaría bases científicas para revertir el proceso de deterioro y recuperar las características del bosque previniendo así su desaparición. Uno de los estudios de ese proyecto fue el riego de las plantaciones de reforestación con agua de niebla captada artificialmente con un sistema de Atrapanieblas.

**Palabras Clave:** niebla, atrapanieblas, neblinómetro.

#### INTRODUCCIÓN

El clima en la costa oeste de América del Sur es regulado y dominado principalmente por el Anticiclón del Pacífico, esto determina que en este lugar las precipitaciones no exceden unos cuantos milímetros al año, dando lugar a un área de gran aridez. Por otro lado, el Anticiclón produce vientos suaves del sur y suroeste que penetran hacia el continente, entre los 0 a 1000 msnm. Estos vientos, recorren extensos espacios oceánicos, cargándose de humedad y al ponerse en contacto con el frío océano, sector corriente de Humboldt, ésta humedad condensa dando origen a abundantes nubes del tipo estratiformes, las que se sitúan entre los 600 y 1200 m de altitud.

Por otra parte, la inversión térmica, producida por la fricción entre las masas de aire frío ascendente y los vientos alisios, impone un techo al desarrollo vertical de estos estratos nubosos, altura que varía entre los 600 y 1200 m de altura. El estrato nuboso, que normalmente tiene un grosor que fluctúa entre los 100 y 400 m se desplaza empujado por los vientos hacia la costa rozando los cerros costeros hacia los valles interiores, donde las altas temperaturas lo disipan. En aquellos lugares

donde los cerros costeros tienen la altura apropiada, éstos interceptan la nube dando origen a períodos persistentes de niebla. Estas neblinas costeras son denominadas localmente como “Camanchaca”.

De tal forma, algunos cerros costeros han logrado mantener áreas de vegetación con características arbóreas, las que se riegan gracias a su capacidad de coleccionar el agua al paso de esas nubes. Evidencia de esto son las formaciones vegetales del Parque Nacional Bosque Fray Jorge (30°S), área donde subsisten especies típicas de zonas con altas precipitaciones (40°S) y un pequeño bosque de *Eucalyptus* en la cumbre del cerro El Tofo (29°S).

El conocimiento de la existencia, utilidad de éstas neblinas y de sus efectos probablemente data de a lo menos 5.000 años, ya que asentamientos humanos, tanto del litoral de Sur América como del interior del Continente, implementaron formas de utilización, recolectando el agua tanto desde la vegetación arbórea como de fuentes excavadas a los pies de los cerros costeros hasta donde se filtraba el agua después de chocar las nubes con ellos.

Así, desde principios del siglo pasado, varios investigadores, al observar el comportamiento de éstas nubes y sus efectos en los ecosistemas áridos, se abocaron a estudiar la factibilidad de establecer sistemas artificiales de intercepción de esta agua atmosférica, con el propósito inicial de reproducir estos ecosistemas naturales.

### *La Niebla*

En términos simples, es una nube en contacto con el suelo, se forma cuando una masa de aire húmedo y cálido entra en contacto con aire más frío. La cantidad de vapor de agua que puede contener una masa de aire depende de su temperatura, así el aire caliente puede contener más vapor de agua que el aire frío.

Cuando una masa de aire tiene más vapor de agua de la que puede contener a cierta temperatura (un punto llamado volumen de saturación de vapor), el vapor de agua se condensa originando nieblas. La niebla se forma más fácilmente en una masa de aire que tenga mucho polvo u otras partículas a las cuales se puedan adherir las gotas de agua.

### *Tipos de nieblas*

Los siguientes tipos de nieblas se pueden distinguir en forma simple:

La *niebla de radiación* es una de las más comunes en el otoño e invierno de las latitudes templadas: se asocia al enfriamiento radiativo de las capas más bajas de la atmósfera en las noches despejadas, frías y con poco viento y se forma por la existencia de una masa de aire cálida y húmeda sobre una superficie enfriada por la liberación del calor del suelo durante la noche (irradiación), en una atmósfera diáfana y casi sin viento; si ese aire contiene suficiente vapor de agua o hay una superficie líquida, se produce la condensación a ras del suelo formando la niebla de radiación.

La *niebla de advección* se asocia al encuentro de dos masas de aire de distinta temperatura y humedad, similar al mecanismo que genera los frentes (precipitación ciclónica). El enfriamiento del aire superficial puede llevarse a cabo cuando aire húmedo y cálido se desplaza sobre una superficie fría. La superficie debe ser bastante más fría que el aire desplazado horizontalmente sobre ella, de forma tal que los

mecanismos de transferencia a la superficie enfríen el aire hasta su punto de rocío y se produzca la niebla. Este tipo de niebla siempre está relacionado con movimientos horizontales del aire.

Las *nieblas orográficas* se forman cuando una masa de aire húmedo y cálido es desplazado hacia una montaña; al ascender por la ladera tiende a expandirse y enfriarse; si es suficientemente húmeda el vapor de agua se condensará formando niebla.

La Camanchaca o garúa se forma cuando nieblas costeras llegan a tierra empujadas por las brisa marinas y de golpe se encuentran en una región seca y caliente cuyas temperaturas rondan los 27° C. A medida que el aire seco empieza a evaporar las gotas de agua de la niebla, éstas se encogen formando gotitas increíblemente diminutas (0,002 a 0,006 mm de diámetro). El resultado es una niebla muy húmeda, pero casi invisible.

En Chile, desde los 30°S, hasta el límite norte del país, la camanchaca se produce durante todo el año, presentando variaciones estacionales que se traducen en una intensificación del fenómeno en los meses de primavera y verano y una disminución en los meses de invierno y otoño.

#### *Nieblas en el Mundo*

Nieblas se pueden encontrar en todo el planeta, aún en el desierto de Atacama, el más árido del mundo donde se producen persistentes nieblas nocturnas o al amanecer. La mayor parte de las veces, las nieblas pasan desapercibidas o son comentadas por los peligros que encierran y los molestias y accidentes que provocan. Sin embargo, en no pocos países se asocian con su potencial hidrológico, siendo analizadas en investigaciones científicas, ponderándose su aporte de agua a los ecosistemas, tal como se puede revisar en los textos “1st Conference On Fog And Fog Collection, July 19 – 24, 1998 Vancouver, Canada” y “2nd International Conference On Fog And Fog Collection”, July 15 – 20, 2001 St. John’s, Canada”. La tercera conferencia internacional está programada para el 11-15 de octubre de 2004 en Cape Town, Sudáfrica.

Se tiene conocimiento que en 47 lugares pertenecientes a 22 países existen estudios acerca de la captación de agua, por plantas o instrumentos desarrollados por el hombre. En el caso de la presencia de nieblas en zonas áridas del mundo, se presenta a continuación una reseña de esos lugares.

América del Sur. Principalmente las nieblas se dan en la costa oeste del continente, sector del anticiclón del Pacífico. Existe un gran número de puntos en las costa de Chile y Perú tales como: Bosque Fray Jorge, Cerro el Tofó, Cerro Santa Inés, Cerro Brillador, en la IV Región; Llanos de Challes en la III Región; Cerro Moreno, Paposo, Antofagasta, en la II Región; Mejía en el sur del Perú. En el Ecuador también se forman nieblas, muy al interior del país y corresponden a las del tipo orográficas.

América del Norte. Las zonas áridas de Norteamérica se encuentran en el suroeste de Estados Unidos, en Hawai, México y algunas partes del Caribe y América Central (Honduras). En su mayoría corresponden a nieblas de advección.

Europa. Principalmente, se considera España, en su costa sureste mediterránea.

África. El continente presenta nieblas en la costa este como en la oeste. Se han desarrollado observaciones científicas en Namibia, Suráfrica, Islas Canarias, Ascensión y Cabo Verde.

Medio Oriente. Prácticamente toda la región sufre escasez de agua, no cuenta con grandes ríos ni abundancia de fuentes de agua subterránea. Se han desarrollado estudios para el aprovechamiento de estas nieblas en el Sultanato de Omán, en Yemen, Arabia Saudita e Israel.

Asia. Si bien tiene importantes zonas desérticas son escasos los estudios desarrollados al respecto no descartándose posibilidades en algunos sectores costeros de la India, islas del sur de China y Filipinas.

### *Nieblas Costeras y Bosques Relictos*

Los Cerros de Fray Jorge y Talinay han sido citados desde antiguo en la bibliografía como dotados de "bosques de niebla" (Philippi 1884, Muñoz & Pisano 1947, Follman 1963). Estos cerros conforman un frontón costero paralelo a la costa y muy cercano a la misma (Fig.1).

Ubicado a 100 kilómetros en línea recta al Sur de la Ciudad de La Serena, en este bosque se conservan especies del bosque húmedo tipo valdiviano, caracterizado principalmente por Olivillo (*Aextoxicon punctatum*) y Canelo (*Drimys winteri*), (Muñoz & Pisano 1947) y encontrarse en una región semiárida rodeado de matorral xerofítico, debiendo su permanencia en el lugar principalmente a que es capaz de interceptar las nieblas que son frecuentes en ese sector (ver Capítulo 9).

El paso de las nieblas por los frontones costeros es influenciado por el efecto "cuenca", correspondiente a "depresiones geográficas" ubicadas inmediatamente al oriente de esos frontones. Estas cuencas juegan el papel de centros de baja presión por efecto del recalentamiento diurno y por lo tanto atraen con fuerza la niebla ya formada en el océano o las masas de aire saturadas que solo requieren un pequeño enfriamiento para transformarse en niebla.

De acuerdo a las experiencias de Kummerow (1966), la captación anual de los bosquetes de Fray Jorge, obtenida por condensación del agua de la camanchaca, equivale a una precipitación anual de 600 - 800 mm. Sin embargo, las precipitaciones normales en el área no sobrepasan los 100 mm anuales (ver Capítulo 2). Esta diferencia, importante, es posible de materializar mediante un sistema de captación artificial simple, llamado "atrapanieblas" y que por años ha sido exitosamente usado en otros puntos de la costa norte de Chile (Cerro "El Tofo", por ejemplo), así como en otros países. La niebla en este lugar es un fenómeno natural, normal y con una ocurrencia de 250 a 300 días en el año (Fig. 2).

Lo anterior, impulsó a varios investigadores, y a instituciones tales como la Corporación Nacional Forestal IV Región, a estudiar la factibilidad de aprovechar este fenómeno natural para obtener agua y poder utilizarla en campañas de reforestación en la zona. CONAF inició esos trabajos de investigación en el cerro El Tofo (800 msnm), 60 km al norte de la ciudad de La Serena, el año 1980, implementando pequeños captadores de agua de niebla construidos con malla

mosquitera así como pantallas de hilos nylon, derivando finalmente a una malla utilizada en la agricultura como cortina corta-viento denominada RASCHEL, construida a base de filamentos de polipropileno negro. Esta malla, de bajo costo y fácil montaje demostró tener la resistencia adecuada al viento local y a las radiaciones ultravioleta, obteniéndose con ella importantes volúmenes de agua captada por m<sup>2</sup> de malla.

El año 1984, a la luz de los resultados experimentales, la Oficina Regional de Planificación IV Región, encomendó a CONAF la determinación y diseño de un sistema de captación eficiente de bajo costo que permitiera abastecer de agua a un pequeño poblado costero: Chungungo, distante a 6 km. del proyecto y que se abastecía del vital elemento por medio de camiones aljibe desde un pozo ubicado a 45 km, al norte del citado pueblo.

Para ello, CONAF, construyó una batería de captadores prototipo, experimentales, de distinta configuración y una estación meteorológica, con el propósito de llevar un registro de las condiciones climáticas del lugar.

#### *Propósito de la investigación*

El interés científico en esta formación boscosa ha estado dirigido principalmente a determinar el origen de este bosque (ver Capítulo 1). Observaciones realizadas recientemente hacen suponer que se encuentra en un proceso de franco deterioro, lo que hizo necesario implementar actividades experimentales, las que entregarán pautas tendientes a obtener información, que ayude a detener y revertir el proceso de deterioro y desmoronamiento del bosque.

Una de las actividades experimentales, consideró la reforestación de las cumbres norte del P. N. Bosque Fray Jorge (altos de Talinay) con plantaciones de Olivillos, Petrillos y Canelos, las que se regarían con agua captada de la niebla. Esto motivó el desarrollo del Subproyecto: "Nieblas", encargado de medir, primero, el potencial hídrico de la niebla en el sector norte del Parque Nacional Fray Jorge y en segundo lugar, el abastecimiento seguro de agua para las referidas plantaciones con un sistema de atrapanieblas.

El referido Subproyecto tuvo los siguientes objetivos: a) Medición del potencial hídrico susceptible de ser captado de la niebla en el sector norte del P. N. Bosque Fray Jorge; b) Establecer un sistema de captación de niebla que permita abastecer de agua las faenas de reforestación; c) Diseñar una red hidráulica, considerando estanques y sistemas de riego, que permita el normal abastecimiento de agua a las plantaciones.

Así mismo, se consideró una hipótesis de trabajo general con respecto a las Relaciones Niebla – Topografía – Vegetación en los frontones costeros en general y en el P. N. Fray Jorge en particular.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *El Sistema de Captación*

Para la instalación de un sistema de captación de agua de nieblas se deben considerar dos fases, la primera: prospección de nieblas con neblinómetros y la segunda: Construcción, Operación y Mantenimiento de Atrapanieblas.

### *Prospección de Nieblas*

Consiste en determinar el o los puntos geográficos en los cuales se puede captar el mayor volumen de agua con una malla Raschel de 35% de sombra expuesta a la dirección preferencial de avance de la niebla en un período de tiempo. Estos puntos se determinan instalando en el terreno los denominados "Neblinómetros", que consisten en un bastidor o marco de hierro de 1,0 m x 1,0 m el que sostiene una malla Raschel, tersa, capaz de interceptar y condensar la humedad de la niebla, transformándola en gotas (Fig. 3). Este aparato cuenta, además, con un sistema de recepción de gotas y un estanque o tambor para la acumulación del agua, elemento que permite su medición periódica.

### *Información obtenida con los neblinómetros*

Normalmente en un estudio de esta naturaleza se mide: la dirección preferencial y velocidad del viento: horaria, diaria, semanal, mensual, anual y estacional y la dirección preferencial de la niebla con mayor potencial hídrico con su frecuencia relativa horaria, semanal, mensual, anual y estacional.

El análisis final de esas variables permite determinar el potencial de captura de agua desde la niebla expresada en  $\text{cm}^3$  de agua captada /  $\text{m}^2$  de malla / día.

### *Determinación de sectores de prospección*

Para un estudio de esta naturaleza se ubican varios neblinómetros a diversas alturas en el sector de interés (laderas, portezuelos, lomas suaves y frontones escarpados), conformando en lo posible una disposición en red. En estos puntos, es relevante la cota topográfica y dirección de los mismos aparatos con respecto al viento predominante.

### *Medición y registro periódico del agua captada*

La investigación propiamente tal consiste en una rigurosa medición y registro, cada tres días como promedio, del agua acumulada en los recipiente de los neblinómetros, información que permite conocer la variación temporal de la niebla tanto respecto de la estación del año como respecto del potencial de la niebla en los distintos puntos de medición.

Dependiendo de la densidad de aparatos de medición que se instalen en terreno, tiempo de medición y los valores que se obtengan, se pueden generar mapas o isolneas de captación.



**Fig. 1.** Estrato de niebla sobre el frontón costero del P. N. Fray Jorge.



**Fig. 2.** Ingreso de la niebla desde la costa hacia lomas norte del parque.



**Fig. 3.** Neblinómetro y el proceso de medición de agua captada.



**Fig. 4.** Niebla pasando por los atrapanieblas.



**Fig. 5.** Atrapanieblas doble en el P.N. Fray Jorge



**Fig. 6.** Plantaciones regadas con agua captada por Atrapanieblas.

### *Atrapanieblas*

Básicamente es una estructura conformada por dos postes verticales, separados 10 a 12 m que soportan una estructura de cables sobre la cual se cuelga una malla RASCHEL (propileno resistente a los rayos UV) de 12 m de largo por 4 m de ancho, en doble paño, todo el sistema soportado y tensionado con cables al piso (Fig. 4 y 5) (Cruzat et al. 1996). A medida que la niebla pasa a través de la red se condensa en los hilos de la misma, formando gotas de agua de gran tamaño que se deslizan por gravedad hacia la parte inferior de la malla donde son recogidas por canalones. A partir de ahí el agua fluye a través de tuberías que la conducen a depósitos preparados para tal efecto, y es utilizada para regar las plantaciones (Fig. 6). El área estándar de captación de la malla es de 48 m<sup>2</sup> pudiendo construirse también dobles (96 m<sup>2</sup>) y triples (136 m<sup>2</sup>).

La selección de los lugares más adecuados para la instalación de los Atrapanieblas se basó en los resultados del estudio de prospección desarrollado con los Neblinómetros.

## **RESULTADOS**

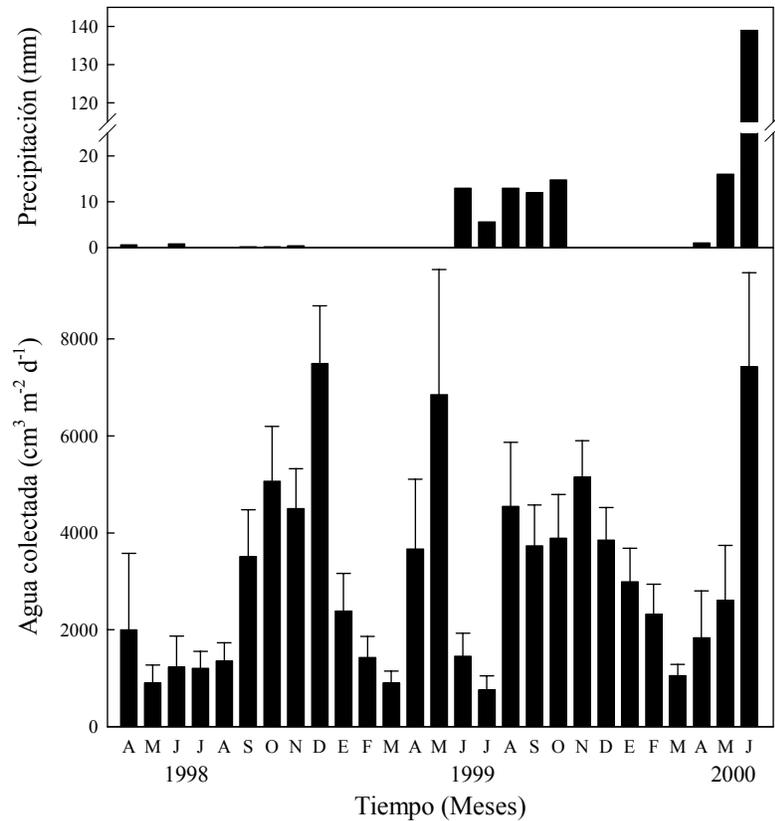
Se consideran dos tipos de resultados, de acuerdo a la fecha de inicio de la toma de datos: los provenientes de los neblinómetros y aquellos derivados de los atrapaniebla.

### *Neblinómetros*

Se instalaron cuatro aparatos (numerados del 1 al 4) en un área de 1.000 m<sup>2</sup> aproximadamente en el sector norte del parque con coordenadas promedio: N 6.606.720, E 343.350 y cota promedio 560 msnm. La ubicación de los puntos fue definida, previamente, en base a observaciones en el terreno durante un período de dos meses (Cruzat 1999). Mediciones simultáneas de los cuatro neblinómetros se realizaron entre abril de 1998 y julio de 1999. En este período, los neblinómetros ubicados en el frente de los bosquetes colectaron cerca de ocho veces más agua que aquellos ubicados detrás de los bosquetes ( $2.795 \pm 526 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  versus  $349 \pm 90 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , respectivamente;  $t = 4,44$ ,  $P < 0,001$ ), confirmando el efecto de pantalla de neblina que ejercen los bosquetes (ver Capítulo 9). Con fines posteriores de cosecha de neblina, se consideraron como representativos los Neblinómetros 1 y 3 ubicados en la parte frontal de los bosquetes con respecto a la dirección preferencial del viento.

En la figura 7 se muestra la variación del promedio diario mensual de las nieblas costeras entre abril de 1998 a junio de 2000, según lo registrado con los neblinómetros 1 y 3. Durante este período de 27 meses, el promedio diario de agua capturada por los neblinómetros fue de  $3.117 \pm 526 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . La niebla es de alta intensidad en primavera e inicios del verano y de baja intensidad en los períodos de otoño e invierno. Las precipitaciones también son capturadas por los neblinómetros, sin embargo no logran modificar el patrón estacional. El año 1998 registró sólo 2,2 mm de precipitación, las lluvias de 1999 se concentraron entre junio y octubre (58,4 mm), y en los meses estudiados del año 2000, entre abril y junio se acumularon 156 mm. El aumento de las neblinas hacia primavera – verano, asociado a la época de mayor crecimiento de la vegetación, fue mostrado en Fray Jorge por Kummerow (1966), con datos 4 años de registro (i.e., fines de 1961 y 1965). Un resultado

estacional semejante fue registrado en el proyecto El Tofo, al norte de La Serena (Cruzat, datos no publicados).



**Fig. 7.** Precipitación mensual (arriba) y promedio diario mensual de agua de niebla colectada (abajo) en el P.N. Bosque Fray Jorge. Las mediciones de niebla se realizaron con los neblinómetros ubicados en el frente de los bosquetes (1 y 3), entre abril de 1998 a junio de 2000. La barra vertical representa un error estándar. Datos de precipitación de Estación Quebrada Las Vacas.

#### *Atrapanieblas*

Definidos los mejores puntos para la captación, según lo indicado por la prospección con los neblinómetros, se construyeron 5 atrapanieblas, de 96 m<sup>2</sup> c/u, en el mes de Agosto de 1998 (coordenadas promedio N 6.607.000, E 343.000 y cota promedio 578,5 msnm). Todos estos atrapanieblas fueron instalados aguas arriba de las futuras plantaciones, de tal forma de permitir el riego por gravedad de las mismas.

Para la conducción y almacenamiento del agua captada, se construyó una red hidráulica constituida por 2.000 m de manguera de 1 1/4 pulgadas y enterrada a 40 centímetros de la superficie conformando una red que une los atrapanieblas y 5 estanques de agua con una capacidad de almacenamiento de 8.500 litros.

Se controló el volumen de agua captada, cada cinco días, según la capacidad colmada de los estanques en el período entre el 12 de enero de 1999 y el 27 de marzo

de 1999. El rendimiento promedio de estos atrapanieblas durante el periodo fue de  $1.100 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , valor que representan un 75% del rendimiento obtenido por los neblinómetros para el mismo período ( $1.468 \pm 328 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ).

Mediciones posteriores del agua colectada con los atrapanieblas dan una media aproximada a los  $3.000 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , valor levemente inferior al promedio general de los neblinómetros ( $3.117 \pm 526 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ). En consecuencia, considerando un sistema de captación de neblina conformado por 5 atrapanieblas, con un área total de captación de  $480 \text{ m}^2$ , la capacidad de captación promedio del sistema de atrapanieblas es cercana a los 1.500 litros de agua / día.

El sistema de atrapanieblas de Fray Jorge continua en operación hasta la fecha, abasteciendo de agua al sistema de riego de las plantaciones (Fig 6, ver Capítulo 18).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### *Relaciones Niebla - Topografía - Bosquetes*

Existe una clara relación entre la topografía del cordón montañoso costero del Parque Nacional Bosque Fray Jorge, la ubicación y forma de las masas arbóreas en el mismo y la dirección preferencial de avance de la niebla (ver Capítulo 8).

El cordón montañoso costero, cubierto con arboledas, se puede dividir en dos, un sector al sur de la Quebrada de "La Quesería", con un rumbo promedio de N  $30^\circ$ O y un segundo sector al norte de la misma quebrada, con rumbo N  $10^\circ$ O.

El primero, topográficamente corresponde a un cordón de cerros, con fuerte pendiente hacia el mar (85% promedio), cimas abruptas y caída hacia la Quebrada de "Las Vacas", también con pendientes fuertes.

La densidad de las masas arbóreas en este sector, tiene una clara relación con la pendiente del terreno, su exposición con vista al mar y a la dirección predominante de la niebla, ubicándose casi exclusivamente en la pared Oeste del cordón montañoso. De tal forma se tiene, claramente, grandes masas arbóreas en los frontones del sector sur (indicado) del parque, los que prácticamente no se observan en la pared Este, hacia la "Quebrada de Las Vacas".

Esto corrobora el principio básico de las nieblas costeras que llegan hasta macizos costeros detrás de los cuales existen cuencas, de tal forma que la niebla en estos casos se disipa rápidamente, al pasar los límites superiores de esos cordones y entrar a estas cuencas no pudiendo ser interceptada por vegetación alguna.

En este "juego" de la niebla y la topografía es fundamental el papel de la cuenca (quebrada) mencionada, pues básicamente le da velocidad a la niebla, aumentando por lo tanto los  $\text{m}^3$  de agua transportada por unidad de tiempo.

El sector norte del cordón montañoso, en general, es diferente a lo explicado para el sector sur. La pared oeste tiene una menor pendiente promedio (50 %). La cima es suave y alomada. En algunos sectores tiene amplios espacios planos, con 0% de pendiente. No tiene una caída directa hacia la Quebrada de "Las Vacas". Existen algunos cerros pequeños que conforman un segundo cordón de cerros, paralelo al

principal y que disminuye el efecto "cuenca". Las arboledas preferentemente se ubican en la parte superior de la quebrada "Quesería", sector que topográficamente es alomado con bajas pendientes.

#### *Importancia de la pendiente en el autoriego de las plantas.*

De la comparación de la densidad de las arboledas del sector norte y sur del parque se puede inferir que la pendiente del terreno y la exposición de la misma al viento predominante es fundamental para la intercepción y captación de la niebla y por ende su desarrollo.

De tal forma, para un estrato nuboso de 300 a 500 m de espesor que avanza sobre un frontón costero, con altas pendientes y cimas abruptas, la componente vertical de la niebla es interceptada prácticamente por todo el terreno. Esto permite humedecer el sector, ininterrumpidamente, durante todo el tiempo que dure la niebla.

Para frontones con bajas pendientes y cimas alomadas, solo la parte inferior de la nube es interceptada por el terreno, por lo que al pasar por una arboleda pierde su humedad rápidamente, recuperándola decenas de metros pendiente arriba.

Esto podría explicar en parte la forma alargada y angosta de las arboledas del sector norte del parque así como la disposición en líneas paralelas y a distancia regular entre sí. Esta disposición es posible de observar también en algunos puntos del sector sur.

Lo anterior lleva a plantear las siguientes hipótesis: por una parte, la densidad de la arboledas en el Parque Nacional Fray Jorge, en largo, ancho y alto, dependen de la pendiente del terreno sobre la cual están, lo que les permite interceptar en mayor o menor grado las nieblas costeras y, por otra parte, como consecuencia de lo anterior, la disposición lineal de las arboledas, aparentemente no es estática, y en el tiempo avanzan pendiente abajo: árboles jóvenes en el frente de niebla, maduros en el centro y senescentes hacia atrás.

### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece la oportunidad a CONAF IV Región por permitir desarrollar este trabajo de investigación aplicada en el marco del proyecto "Investigación de Tratamientos Silviculturales Rescate Parque Nacional Bosque Fray Jorge", en particular el director del referido proyecto así como a los demás investigadores del mismo con los cuales tuve la oportunidad de intercambiar opiniones respecto del funcionamiento y ecología de las arboledas del bosque y que se resumen en este capítulo.

### **LITERATURA CITADA**

- CRUZAT A, P CERECEDA, J OSSANDON & ROBERT SCHEMENAHUER (1996) Prospección, Evaluación y Construcción de Sistemas de Captación de Agua de Niebla. Manual , International Development Research Centre (IDCR), Canadá. 1: 40-83.
- CRUZAT A (1999) Consideraciones acerca de la cantidad de agua de niebla susceptible de ser captada en el sector norte del P. N. Bosque Fray Jorge. Informe V Trimestre Proyecto: Investigación de Tratamientos Silviculturales Rescate P. N. Bosque Fray Jorge. Anexo 2. CONAF IV Región.

- FOLLMANN G (1963) Nordchilenische Nebeloasen. *Unschau*, Heft 4, 101-104.
- KUMMEROW J (1966) Aporte al conocimiento de las condiciones climáticas del Bosque de Fray Jorge. *Boletín N° 24*, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile. 24 pp.
- MUÑOZ C & E PISANO (1947) Estudio de la Vegetación y Flora de los Parques Nacionales de Fray Jorge y Talinay”, *Agricultura Técnica*, año VII, N° 2, Ministerio de Agricultura, Santiago, 71 – 190.
- PHILIPPI F (1884) Una visita al bosque más boreal de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*, Santiago. Tomo XIII, 96-109.