

Captación de nieblas: fundamentos, experiencias y aplicaciones en el ámbito forestal

Foto 1.- El autor con un funcionario de CONAF observando el vertido del agua procedente de los captaneblinas instalados en El Tofo para abastecer a Chungungo (Antofagasta, Chile, año 1990)

Andrés Acosta Baladón

Ingeniero Agrónomo y Agrometeorólogo Experto de Naciones Unidas.
Profesor Colaborador Honorífico de la U.D. de Hidráulica e Hidrología. E.T.S. de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Aulario. Avda. de Madrid, 44. 34004-PALENCIA

En este trabajo se fundamentan, se describen y se aportan datos sobre diferentes experiencias en diversas partes del mundo (muchas de ellas realizadas por el propio autor), relativas a la importancia de las nieblas como recurso hídrico extraordinario. En muchos lugares, la escasez de agua supone un grave problema para sus habitantes y para los proyectos de forestación y/o agrarios. En aquellas regiones donde se producen nieblas dinámicas durante un periodo prolongado de días al año, se pueden extraer cantidades de agua suficientes para el abastecimiento de comunidades o iniciar programas agrícolas o de repoblación forestal, a partir del proceso de interceptación natural de este tipo de nieblas por parte del arbolado o imitando el fenómeno mediante captadores de nieblas. Prueba de ello son el mítico árbol fuente de la isla de El Hierro en Canarias, el *Garoé*, que suministraba agua a los bimbaches, o las experiencias pioneras del sacerdote uruguayo Germán Saá y sus colaboradores en el desierto de Atacama, que han culminado recientemente con la creación de una red de abastecimiento para la población chilena de Chungungo.

1. INTRODUCCIÓN

En circunstancias en que nos agobian hablándonos del «avance del desierto», «la desertificación descontrolada», etc., nos permitiremos llamar la atención sobre el enorme potencial hídrico que suelen aportar las hoy llamadas precipitaciones horizontales u ocultas y una de las cuales, la niebla, paradójicamente, se encuentra presente en las regiones de más bajas precipitaciones del globo como son los desiertos de Atacama, Namibia, Península Arábiga, Archipiélagos de Canarias y Cabo Verde, etcétera, con precipitaciones que oscilan entre los 1 a 15 mm anuales, caso extremo del desierto de Atacama, islas de bajo relieve como Lanzarote, Sal, Mayo que apenas alcanzan los 140 -150 mm anuales y en las cuales se hace agricultura combinando otras precipitaciones ocultas: rocío y humedad atmosférica (ACOSTA, 1973). Increíblemente, en muchas de las regiones indicadas se superan los valores de la precipitación media mundial que se estima en alrededor de 900 mm anuales, aunque no se registren con los pluviómetros convencionales.

De manera especial, los forestales tendrán en el futuro la responsabilidad de devolver en lo posible las antiguas condiciones naturales de muchas regiones hoy devastadas en un 90% por roturaciones irresponsables del hombre.

Sin embargo, no podemos dejar de mencionar algunas referencias históricas sobre la presencia «milagrosa» de bosques en medio de zonas de pluviometría baja o moderada y sin que aparentemente hubiera nada del conocimiento humano que lo pudiera justificar. Valga de ejemplo, la conocida descripción que daba Fray Bartolomé de Las Casas, reportero de Colón en sus viajes a América, al pasar frente a la Isla de El Hierro, sobre la presencia de un árbol que siempre tenía una nubecilla en su copa de la que chorreaba el agua que los naturales conducían a albercas desde donde bebían hombres y animales, salvándose durante las sequías extremas que azotaban esas regiones. Describía el fenómeno del «Garoé», árbol santo, que captaba la niebla con su follaje y que fuera descuajado por un vendaval en el año 1610 (figura 1).

La búsqueda de explicaciones a este fenómeno u otros similares por ingenieros forestales, hidrólogos, agrónomos, etc. que permitieran justificar una vegetación como la laurisilva con necesidades hídricas de 1.000 o más mm anuales en un medio en que apenas se llegaba a 500 mm; la extracción de enormes caudales de agua de pozos y galerías, cuyos volúmenes no podían justificarse con los métodos convencionales de cálculo: lluvia, escorrentía, evapotranspiración, etc. en las Islas Canarias, son inquietudes de las que nos dejaron trazas los ingenieros forestales Ceballos y Ortuño en Tenerife y Nogales en Gran Canaria.

Debemos añadir que se encuentran rastros en la civilización Inca de la presencia de árboles como los aguacates, guayabos, etc. en lo que hoy se conoce como Lomas de Lachay hace algunos milenios, destruidos por prácticas agrícolas y pastoriles inadecua-



Figura 1.- Representación del árbol del Garoé de la isla de El Hierro (mítico ejemplar de til (*Ocotea foetens*) que abastecía de agua a la población bimbache)

das a partir del siglo XVI. Es la conocida «Pampa del Taramugal», en medio del desierto más seco del mundo, Atacama, que se extiende a lo largo de las costas de Chile y Perú, donde sólo quedan algunos vestigios de la densa vegetación que sostuvo (foto 2). Igualmente, en las Islas de Cabo Verde, casi no quedaron vestigios de vegetación mientras que los documentos encontrados nos hablan de las antiguas exportaciones de «purgueiras», es decir, plantas de ricino que cubrían gran parte del Archipiélago y que fueron utilizadas para la producción de carburantes.

Antes de proseguir, diremos que las precipitaciones ocultas son todos aquellos aportes de agua al suelo o a las plantas que no pueden ser medidos con instrumentos convencionales, como por ejemplo: un pluviómetro. Por lo tanto y en orden de importancia para nosotros son: la niebla, el rocío, las heladas y la humedad atmosférica.

En sus aplicaciones, además de las forestales, la niebla tiene también otras importantísimas, como el abastecimiento de agua potable a núcleos familiares, pequeñas poblaciones, horticultura y fruticultura de subsistencia, creación de manantiales, alimentación de acuíferos, etc.

Tabla 1.- Resumen de resultados obtenidos por diferentes investigadores de la Universidad del Norte (Antofagasta) sobre captación de agua de «camanchacas» en la costa norte de Chile (TAPIA y ZULETA, 1980)

Investigador	Período	Lugar	Aparato empleado	Captación específica (m ³ /m ² -año)	
SAÁ, G. y VALDÉZ, M. (1963)	1962	Miramar (Chile)	Arpa de hilos verticales	1,11	
ESPINOSA, C. (sin fecha)	1962/1963	El Mirador (Chile) Loma del Ciprés	Modelo cilíndrico con 1300 hilos verticales (patente número 611115)	0,37	
	Verano			0,86	
	Otoño			1,30	
	Primavera			1,64	
	Invierno	1,04			
	Promedio				
MUÑOZ, H. (1967)	1964	Miramar (Chile)	Malla rectangular	0,24	
	Verano			1,46	
	Primavera				
MUÑOZ, H. (1972)	06/08/63- 17/08/64	El Mirador (Chile) Estación Andrómeda	Arpa de hilos verticales	0,12	
	28/09/64- 11/10/65			0,10	
	24/08/67- 12/02/68			0,22	
BURGOS, C. (1972)	1968 / 1972	De Iquique a Taltal (Chile)	«Típico» paralelepípedo malla Sarán	0,51	
		Michilla		0,83	
		El Mirador		1,21	
		Miramar		1,90	
		Morro Moreno		1,11	
	Promedio				
BURGOS, C. (1972)	1968 / 1972	Morro Moreno (Chile)	«Típico»	Invierno	0,54
				Verano	1,24
				Primavera	1,80
				Otoño	2,47
				Promedio	1,90
CONAF (1986)	1984	El Tofo (Chile)	Malla Rachel nº 35	4,0	

Respecto al origen de los ensayos diremos que: hace aproximadamente 40 años y en pleno desierto de Atacama se funda la Universidad del Norte en Antofagasta (Chile). Entre sus docentes llega un sacerdote uruguayo, Germán Saá y un chileno, Carlos Espinosa, pertenecientes al Departamento de Física de dicha Universidad. En esa zona la pluviometría anual oscila entre 1 y 15 mm, es decir llueve cada 10-11 años. En las primeras salidas al terreno se encuentran con el apasionante fenómeno de la «camanchaca», nube rasante que se produce en las montañas orientadas normalmente al alisio, que en el hemisferio sur sopla del S-SW y a partir de los 500 - 600 m de altitud. De inmediato piensan en la posibilidad de obtener agua a partir de las mismas para las sufridas poblaciones pesqueras de la región que la recibían de pésima calidad y extremadamente cara. Estudian la niebla cualitativa y cuantitativamente y comprenden la enorme importancia del fenómeno que ocurre paralelamente a la frecuencia del alisio, entre 200 a 220 días al año.

Comienzan a instalar diferentes aparatos de su invención (fotos 3 y 5). Además, al sacerdote jesuita

Germán Saá se le ocurre la idea de aprovechar el agua para instalar algunos árboles en la inmensidad del desierto, siendo sin duda, el pionero en la reforestación a partir de las nieblas. Allí quedó como único testimonio vivo visible a gran distancia el que llegara a ser famoso ciprés y que daría nombre al lugar, «Loma del Ciprés». Aunque tuvo menos suerte que el «Garoé» de El Hierro, pues apenas vivió unos 30 años sucumbiendo como el de Canarias ante un vendaval.

Ya a partir de 1980 en Cabo Verde, mejorando unas viejas instalaciones con mallas mosquiteras instaladas por el ingeniero Reis Cunha, Acosta comenzó a obtener agua para una estación experimental allí existente. Posteriormente se ha hecho a partir de sendos árboles para pequeños núcleos campesinos.

La culminación de todo este proceso llega cuando a partir de los ensayos de la Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF) en 1982, se completan 2.400 m² de superficie de interceptación con mallas de plástico y se obtiene el agua necesaria para abastecer al poblado de Chungungo (400 habitantes) con



Foto 2.- Ralo desierto de Atacama (Chile) en lo que fuera la Pampa del Tamarugal

una dotación de 40l/habitante x día (foto 4), en pleno desierto de Atacama (julio de 1991). En las proximidades de Lima con el mismo sistema en 1993 se obtiene agua suficiente para el colegio Villa Cáritas. También en las proximidades de Lima se han instalado 3.000 m² de malla plástica para un proyecto forestal, y así sucesivamente.

Tras lo expuesto, se puede asegurar que las posibilidades de aplicación de este fenómeno a la agricultura, su utilización para recuperar vastas regiones deforestadas por el hombre y mejorar la calidad de vida de muchos asentamientos humanos que viven con enormes carencias, facilitándoles agua potable a bajo costo y para el riego de huertos de subsistencia, sólo con la aplicación de técnicas muy simples y a su alcance, es perfectamente factible. Nuestro deber como ingenieros e hidrólogos es divulgar estas técnicas entre la población rural, máxime cuando están inspiradas en la propia naturaleza.

2. CONCEPTOS PREVIOS

2.1. Definiciones

Desde el punto de vista meteorológico se define la niebla como una suspensión en la atmósfera de muy pequeñas gotitas de agua, en general microscópicas (entre 1 y 10 mm de diámetro medio) que reducen la visibilidad. Atendiendo a esta última cuestión, en la práctica se establecen dos grados importantes de intensidad de nieblas:

- a) NIEBLA, propiamente dicha, cuando la visibilidad horizontal es inferior a un kilómetro.
- b) NEBLINA, cuando dicha visibilidad oscila entre 1 y 5 kilómetros (algunas clasificaciones aplican el término BRUMA, cuando la visibilidad es superior a los 2 kilómetros).

En cuanto al origen de este meteoro, podemos diferenciar tres tipos de nieblas:

- 1) NIEBLAS DE RADIACIÓN O ESTÁTICAS: Se engendran de forma similar al rocío; se debe producir un enfriamiento directo sobre las capas bajas de la atmósfera hasta que se alcanza el punto de

Tabla 2.- Primeros resultados obtenidos por diferentes investigadores en otras partes del mundo

Investigador	Período	Lugar	Aparato empleado	Captación específica (m ³ /m ² ·año)
NAGEL, J.F. (1956)	1954 -1955	Table Mountain (Sudáfrica)	Grunow	3,3
REIS CUNHA, F. (1964)	1962	Monte Velha	Grunow	2,8
	1962	Pero Dias	Grunow	1,8
	1962	Aguas das Caldeiras (Cabo Verde)	Grunow	1,35
GARCÍA PRIETO, P. (1962)	1960	Izaña (Tenerife, España)	Malla nº 30	1,6
			Malla nº 18	1,4
			Malla muy fina	1,2
MOREY, M. Y GONZÁLEZ, F. (1966)	1965	La Cumbre (Gran Canaria, España)	Grunow	0,9
ACOSTA, A. y AYDEMIR, M.H. (1981) (ACOSTA, 1996)	1980	Serra Malagueta (Cabo Verde)	Grunow	4,9

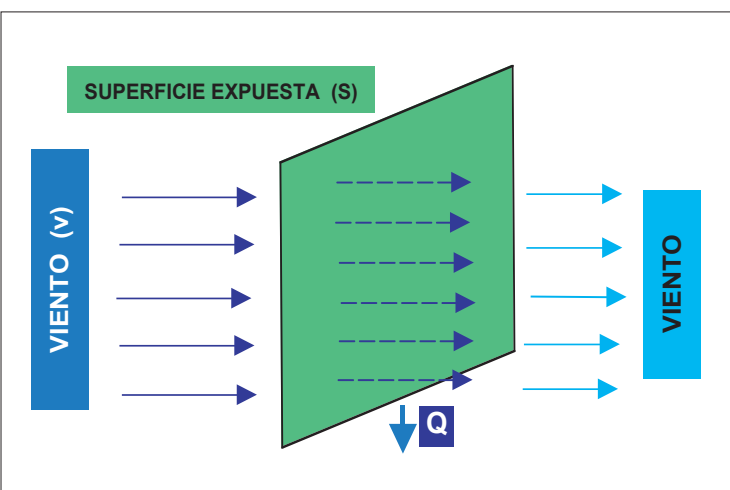


Figura 2.- Esquema representativo del proceso de captación de niebla.

rocío. Se forman cuando existen fuerte calentamiento diurno, cielos despejados o poca nubosidad (de existir nubes deben ser altas), viento en calma o suave brisa con velocidad inferior a 3 km/h, favoreciendo un cierto grado de turbulencia, inversión térmica a poca altura y humedad atmosférica suficiente. Es esencialmente nocturna aunque suele prolongarse, en algunos casos, durante las primeras horas de la mañana. También es más frecuente en tierra que en el mar. Suele situarse en los fondos de valle y en las hondonadas debido a que el aire frío por ser más denso descende a las cotas más bajas. Su espesor puede variar entre algunos metros y varios centenares de metros.

- 2) NIEBLAS DE ADVECCIÓN O DINÁMICAS: Son las que se originan a causa del desplazamiento de una masa de aire cálido y húmedo sobre una superficie fría. Son muy frecuentes en el mar, como por ejemplo la que ocurre cuando la corriente cálida del Golfo bordea las heladas aguas de la corriente fría del Labrador en Terranova.
- 3) NIEBLAS OROGRÁFICAS: Se caracterizan por un enfriamiento adiabático cuando una masa de aire húmedo se ve forzada a remontar una pendiente, produciéndose la condensación del vapor de agua atmosférico. Son las más frecuentes (e interesantes) en las regiones montañosas expuestas al alisio en Canarias, Cabo Verde, Namibia, Chile, Perú, el monzón de Omán, etc. Estas nieblas atraviesan las montañas dejando la mayor parte de su humedad a barlovento y disipándose a sotavento, a la vez que originan en esta vertiente un efecto desecante por subida de la temperatura y una menor humedad atmosférica (efecto Foehn).

En múltiples ocasiones se producen nieblas de causas combinadas como puede ser la entrada de aire marítimo cargado de humedad (advección) y su enfriamiento y condensación al entrar en contacto con la superficie fría del suelo (radiación) o al ascender ante un obstáculo montañoso.

Reserve y contrate su espacio publicitario para el 2003

mail: publicidad@ingenierosdemontes.org

Tel.: 91 534 60 05

Fax: 91 534 61 04

REVISTA MONTES
 Departamento de Publicidad
www.ingenierosdemontes.org/revista
 Cristóbal Bordiú, 19-21. 2º D
 28003 Madrid

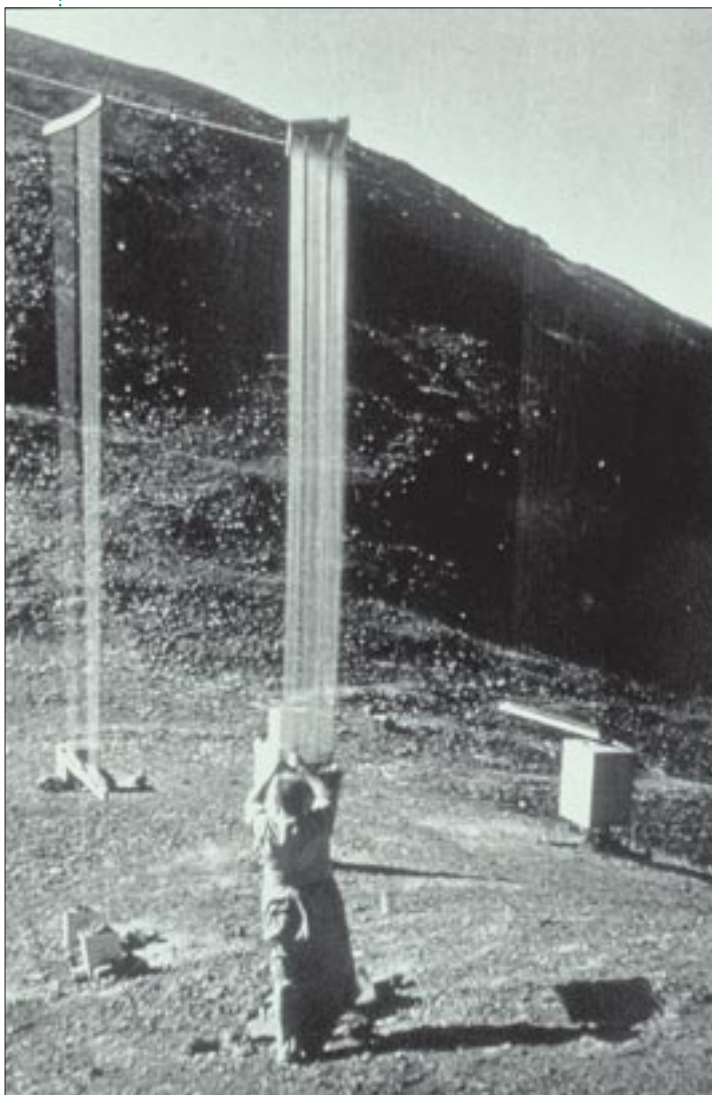


Foto 3.- Germán Saá recogiendo muestras de agua en uno de los primeros prototipos ensayados en 1961 (un arpa con hilos de nylon)

2.2. Instrumentos de detección y medida

La inquietud de bastantes investigadores por llegar a justificar la presencia de otros aportes de humedad en los bosques y cultivos, diferentes a las precipitaciones verticales, condujo a que a principios del siglo XX se produjeran dos experiencias muy similares, una de las cuales se emplaza muy próxima a nosotros. Esta última fue emprendida por el meteorólogo español Don Pío Pita que colocando una ramita encima de un pluviómetro en el observatorio de Izaña (Tenerife) comprobó que las precipitaciones aumentaron 15-20 veces más que en uno convencional. Una observación parecida fue hecha en Sudáfrica con resultados semejantes. En la década de los años 1950, Grunow utilizó un juego de dos pluviómetros: uno con una rejilla de tejido mosquitero en su boca, con una superficie de red igual a la de la boca recep-

tora de los pluviómetros normalizados y expuesta perpendicularmente al viento dominante; a su lado emplazó otro, un pluviómetro normal, que permitía comparar la precipitación vertical con la aportación por nieblas. Este juego de pluviómetros fue homologado por la Organización Mundial de Meteorología en 1953 y, a partir de entonces, se realizan muchas observaciones con el pluviómetro de nieblas de Grunow (foto 6).

Otros ensayos fueron efectuados esa misma década por Germán Saá y Carlos Espinosa en Chile, con diversos aparatos de su invención. Estos instrumentos han constituido la inspiración de todo lo hecho hasta el presente para obtener cosechas de agua a partir de las nieblas.

2.3. Cuantificación del aprovechamiento de las nieblas

Siendo las nieblas un verdadero hidrometeoro, los principios a utilizar en su medida serán los mismos que se aplican en Hidráulica. La cantidad de agua obtenida estará en función de la velocidad del viento y del contenido acuoso, que en esas condiciones se cifra en unos 0'5 gramos de gotitas de agua por m³ de aire. Tapia y Zuleta, de la Universidad del Norte de Antofagasta (Chile), sentaron las bases para tener una unidad de medida que permitiese comparar resultados de investigaciones efectuadas en cualquier lugar del mundo y con cualquier tipo de instrumentos. Para ello establecieron como unidad de captación la unidad de superficie vertical expuesta perpendicularmente al viento. En consecuencia, la cantidad de agua captada será proporcional a la superficie de obstáculo vertical expuesto, a la velocidad del viento y al contenido en gotitas de agua que tenga la niebla (figura 2). De acuerdo con la figura 2 y aplicando la ecuación de continuidad, se puede expresar la cantidad de agua (Q, en g/s) captada por la superficie expuesta (S, en m²), en función de la velocidad del aire (v, en m/s) y del contenido de gotas microscópicas de la niebla (q, en g/m³) de la siguiente manera:

$$Q = S \times v \times q \times r$$

siendo r el rendimiento o eficiencia en la captación del atrapanieblas (con $r \leq 1$).

Para resaltar la importancia de este meteoro se adjuntan en las tablas 1 y 2 los resultados de ensayos de captación efectuados en Chile y en otros lugares del mundo por diversos investigadores. En la tabla 3 se adjuntan los resultados de Acosta realizados en Serra Malagueta (Isla de Santiago, Cabo Verde), en el periodo comprendido entre el mes de noviembre de 1979 y octubre de 1980, que contribuyen a reforzar la idea sobre la notable importancia de este fenómeno. De la tabla 3 se desprende cómo durante los meses de marzo, abril, mayo y junio, donde las precipitaciones verticales fueron prácticamente nulas, se registraron 228'8 mm, 146'4 mm, 448'5 mm y 423'3 mm, respectivamente con el captor de Grunow. Entre los registros diarios es interesante destacar las cantidades de

Tabla 3.- Captación de agua en Serra Malagueta (Cabo Verde). Período: noviembre 1979 – octubre 1980 (ACOSTA, 1996)

Mes	Precipitación horizontal y vertical* (mm)	Precipitación vertical (mm)	Diferencia (mm)
Noviembre	159,1	3,5	155,6
Diciembre	139,6	0,0	139,6
Enero	63,9	0,0	63,9
Febrero	107,6	4,1	103,5
Marzo	228,8	0,5	228,3
Abril	146,4	0,0	146,4
Mayo	448,5	0,0	448,5
Junio	423,3	0,0	423,3
Julio	395,1	17,5	377,6
Agosto	1333,0	477,4	855,6
Septiembre	936,8	179,2	757,6
Octubre	492,8	16,3	476,5
TOTALES	4874,9	698,5	4176,4

* Medida con el pluviómetro de Grunow

los días 17 de septiembre, 4, 27, 28, 29 y 30 de agosto, 9,10 y 23 de junio, días en los que las lluvias fueron nulas, pero como producto de las nieblas se recogieron 37'4, 47'5, 38'5, 39'4, 40'3, 35'5, 39'5, 37'8 y 48'1 mm respectivamente. Es decir, los registros diarios por nieblas oscilaron entre los casi 40 y 50 mm.

Para el caso de las nieblas estáticas que se producen en condiciones de calma atmosférica, y visto que para su aprovechamiento es necesaria la presencia del viento, no cabe otra utilización que en agricultura, dado que, ante la ausencia de este elemento, el volumen captable es reducido y sólo suficiente para la subsistencia de las plantas, sin producirse infiltraciones importantes en el suelo.

En el caso de las nieblas dinámicas, el procedi-

3. EXPLOTACIÓN DE LAS NIEBLAS

3.1. Situaciones a considerar

A los efectos de la explotación de las nieblas, ya sea desde el punto de vista agrícola, ganadero o forestal, es preciso dividir las nieblas en dos clases, debido a que por su forma de presentarse, los métodos de aprovechamiento son totalmente diferentes. Así pues distinguiremos entre las nieblas estáticas y las nieblas dinámicas.



Foto 4.- Atrapanieblas y conducción para abastecer con agua potable a la población de Chungungo (año 1990, desierto de Atacama, Chile)



miento más adecuado es la interposición de un obstáculo vertical a la dirección del viento. Como ha quedado plasmado en los resultados de las tablas 1 y 2, la forestación o reforestación en las zonas áridas que cuentan con este valioso recurso natural renovable es posible, ya que las aportaciones hídricas por nieblas pueden superar, en algunos lugares del mundo, los 900 mm anuales (precipitación media mundial). Por lo tanto, la utilización de este recurso constituye un excitante desafío para quienes conocen el problema de la creciente desertización de nuestro planeta y disponen del conocimiento de las aportaciones por precipitaciones horizontales como la niebla. Mediante este meteoro se podrían transformar o recuperar bosques, en unos cuantos millones de hectáreas, para frenar ese avance de los desiertos y ese cambio climático que tanto preocupa a la Humanidad.

Sin embargo, lo más importante no es el hecho de la forestación en sí, sino las transformaciones socio-económicas que lleva emparejadas para beneficio de cada una de esas regiones. La transformación de los estériles desiertos, por falta de agua, en terrenos fértiles, dada la naturaleza de su sustrato y gracias al aporte hídrico por la captación de nieblas, ofrece unos recursos alimentarios potenciales hasta ahora infrutilizados.

En muchos lugares, donde la niebla está presente con frecuencia y bastante intensi-

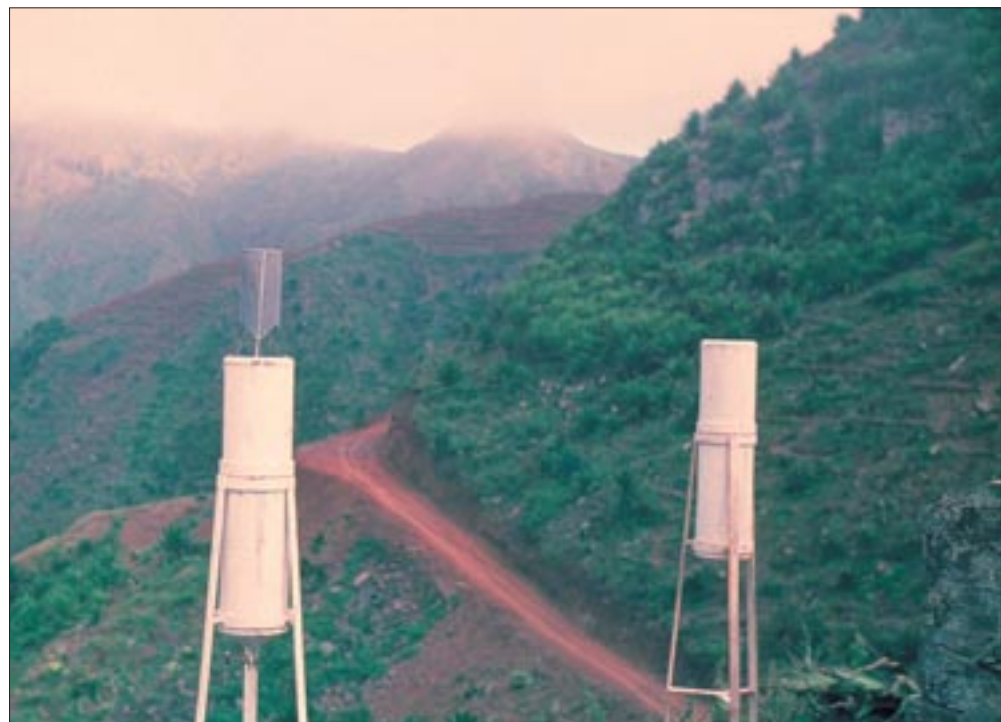
Foto 5.- Primeros ensayos científicos para el estudio de los captaneblinas, atrapanieblas u homiclómetros (realizados entre 1959 y 1962 por Germán Saá, Miguel Valdéz y Carlos Espinosa en Antofagasta-Chile)

dad, la forestación no sólo significará el aporte de una superficie verde sobre el sombrío gris actual de los desiertos, sino que, como se ha visto, esos árboles se transforman en colonizadores individuales porque no sólo son capaces de obtener el agua que necesitan para sí, sino que aportan muchísimo más agua al suelo que la necesaria, permitiendo el desarrollo de una pequeña horticultura de subsistencia. Con los importantes aportes de agua que hace el bosque al suelo, también se enriquece la capa freática y posibilitará la creación de acuíferos subsuperficiales. Ya en el año 1951, los ingenieros de

montes Ceballos y Ortuño en Tenerife y Nogales en Gran Canaria, habían observado que casi todas las nacientes de cursos de agua permanentes, tenían su origen en las zonas de bosques y con nieblas. Observaciones parecidas se realizaron también en Chile y en las Islas de Cabo Verde.

De acuerdo con lo expuesto, no queda más que actuar. Si se plantan árboles en zonas propicias a este fenómeno crearemos la tan deseada cuenca hidrográfica de cauces permanentes, que contribuya a impulsar nuestro plan forestal. En los trabajos de ACOSTA (1973, 1996) se ha observado que las nieblas dinámicas surgen con una recurrencia de nada

Foto 6.- Pluviómetro de nieblas de Grunow instalado en Serra Malagueta (año 1980, Isla Malagueta, Cabo Verde)



menos que 200 a 224 días, en Canarias, Cabo Verde, Chile y Perú.

3.2. Elección del método

Para la tarea que nos ocupa, tendremos varias alternativas a los efectos de asegurar el agua imprescindible a la planta en sus primeros años y de acuerdo a la envergadura de nuestros planes.

1^º) Si el plan es grande será más conveniente instalar grandes captosres de mallas que acumulen el agua en un depósito elevado desde donde podremos regar los arbolitos en los primeros tiempos mientras no sean capaces de captar la suficiente humedad para su desarrollo por sí mismos. Ya hemos expresado que los lugares más adecuados para obtener buenos rendimientos se hallan entre los 700 m y 900 m de altitud. En consecuencia, el riego no costará caro, dado que casi siempre se hará por gravedad debido al lugar en que tendremos instalados nuestros captosres.

2^º) Si reforestamos en zonas muy apartadas y de difícil acceso, será más conveniente adaptar a cada planta un captor individual de mallas (foto 7), que se encargará de obtener el agua para el arbolito hasta que éste sea lo suficientemente fuerte para continuar sólo.

Este método tiene una variante: Inicialmente se plantan unos arbolillos que por porte y follaje constituyan excelentes captosres naturales (por ejemplo: casuarinas) y posteriormente se plantan otras especies que desde el estrato inferior se benefician con el agua que escurre del follaje de los árboles pioneros. Ésta es la forma en que se están reforestando ciertas zonas desérticas de Perú.

3^º) Plantación de árboles aislados. En este caso se trata de implantar unos pocos árboles y no de una repoblación forestal. Para este cometido, es conveniente emplazarlos en los lugares más aventajados: en la pendiente adecuada, junto a un captor natural ya existente, como una roca sobresaliente (reconociéndose ésta por la presencia de abundantes musgos y líquenes), algún otro arbusto o un cactus (para este último caso, no basta su presencia a no ser que aparezcan junto a él musgos y líquenes en cantidades notables, ya que los cactus son plantas crasas adaptadas a subsistir sin apenas humedad).

3.3. Elección del lugar

Ya se ha señalado antes que la cota más propicia para las nieblas se halla entre 700 y 900 m s.n.m. Luego este espacio altitudinal será el más conveniente para iniciar un plan de reforestación mediante captación de nieblas. Dentro de este rango de cotas, las mejores exposiciones se encuentran a barlovento, sobre todo, en las vaguadas, donde se presentan las condiciones óptimas de plantación. Sin embargo, ACOSTA (1996) ha observado en muchos lugares de

pie demonte, en cuyas cumbres se originan las nieblas, cómo se constata la presencia de abundante agua edáfica entre los 20-50 primeros centímetros del perfil y, por lo tanto, resultan zonas viables para una plantación directa de algunas especies forestales.

3.4. Forma y características de la plantación

DISTANCIA ENTRE PLANTAS: La distancia entre los individuos debe ser superior a la normal, pues es necesario que el aire circule entre los árboles para depositar el agua suficiente en cada planta. Se puede observar fácilmente, cuando la plantación es muy espesa, que sólo aparecen mojados los ejemplares expuestos al viento. Los árboles que se encuentran en el interior lo estarán únicamente en aquellas partes que sobresalgan a los primeros.

Cuando se planten especies que actúen como captosres naturales (casuarinas, pinos, eucaliptos,...), deben situarse en diferentes estratos, poniendo posteriormente bajo su sombra, otras especies menos eficientes en la captación de nieblas.

ESPECIES A PLANTAR: Las especies a plantar se han sugerido de algún modo en los puntos anteriores al hablar sobre su aptitud como captosres o no. Sin embargo es necesario tener en cuenta otras consideraciones. En primer lugar, las especies a emplear deben seleccionarse de acuerdo al comportamiento que puedan desarrollar bajo las condiciones propias de la zona. Así por ejemplo, cuando en los años 70 países como Argelia, Marruecos y Túnez decidieron construir la famosa «barrera verde» (*barrage vert*), consistente en un cinturón forestal de 20 m de anchura y toda la extensión que atravesaba de oeste a este el desierto del Sahara, con el loable propósito de «cerrar las puertas al avance del desierto», se instalaron una gran diversidad de especies forestales apoyándose en un sistema de riego a demanda mediante cisterna. Es decir, se regaban las plantas sólo cuando su aspecto denotaba estrés hídrico.

En esas duras condiciones (precipitaciones entre 100 y 250 mm; temperaturas extremas-frío por la noche y cálido durante el día; suelos arenosos), hubo especies que se adaptaron rápido (en 3-4 meses), otras requirieron un tratamiento cuidadoso hasta su arraigo definitivo, mientras que otras, simplemente no se adaptaron y fenecieron.

Esto es igualmente aplicable a las zonas de nieblas. Habrá especies que se adapten deprisa (casuarinas, pinos, eucaliptos...), mientras que otras necesitarán de una cierta atención durante sus primeros estadios, pero luego serán capaces de prosperar por ellas mismas. Para otras especies la dificultad de supervivencia puede ser extrema o imposible, según las características edáficas, la frecuencia de nieblas y la forma en que las nieblas depositen el agua en el suelo.

Durante las experiencias realizadas por Acosta (1996) se ha podido observar que en zonas de nieblas y con perfiles edáficos apropiados, se puede encontrar un acuífero subsuperficial a unos 20-50 cm de profundidad. En esta situación basta conectar las plantas al acuífero para conseguir su supervivencia,

Foto 7.- Plantación de árboles con mallas de plástico para captar gotas de la niebla con que abastecerse y poder así arraigar y crecer (desierto de Atacama, año 1990)

pero recordando que ciertas especies forestales son sensibles al exceso de humedad edáfica y, en consecuencia, no serán aptas para este sistema. Otras especies más freatófilas evolucionarán sin problemas.

En otras zonas donde no se forman estos acuíferos, hay que contar únicamente con el aporte de la humedad atmosférica de la niebla. En estas condiciones, algunas plantas requerirán unos riegos de instalación en los primeros meses y después se desarrollarán sin dificultad. Otras en cambio, exigirán un aporte hídrico extra durante un tiempo más prolongado, hasta que desarrollen una copa y follaje capaz de captar agua suficiente de la niebla.

La magnitud de estos riegos es función de la especie elegida, de la intensidad de la niebla y de su frecuencia. En los lugares en los que se han desarrollado las experiencias aquí expuestas, la frecuencia de nieblas oscila en intervalos de 8 a 10 días como máximo, hasta periodos de 1 día.

Por último conviene señalar que, cuando las plantaciones se realicen pensando en su utilidad silvopastoral, debemos elegir especies de buen valor bromatológico, como algunas leguminosas. Es el caso de *Parkinsonia aculeata* y *Prosopis tamarugo*, que constituyen el alimento exclusivo de algunos rebaños en zonas desérticas de Cabo Verde y de Chile.

4. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Andrés Martínez de Azagra y a Joaquín Navarro Hevia, profesores de la Unidad Docente de Hidráulica e Hidrología de la E.T.S. de Ingenie-



rías Agrarias de Palencia, su ayuda en la elaboración del texto y en la selección de fotografías, así como su interés en la continuación de estos estudios y experiencias, que pueden contribuir a incrementar la foresta y a paliar la sed de numerosas poblaciones marginales en zonas tan áridas como los desiertos de Atacama y Namibia. 🌲

- ACOSTA, A. 1973. *Cultivos Enarenados*. Pub. A 55. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid. España. 224 p.
- ACOSTA, A. 1996. *Las Precipitaciones Ocultas y sus Aplicaciones a la Agricultura*. Agrometeorological Applications Associates. Ornex-France. 179 p.
- CEBALLOS, L. y ORTUÑO, F. 1952. *El Bosque y el Agua en Canarias*. Escuela de Ingenieros de Montes. Madrid. España. Comunicación.
- ESPINOSA, C. 1977. *El Atrapanieblas 611115*. Publicación del Departamento de Ciencias Físicas. Universidad Católica del Norte. Antofagasta. Chile. 19 p.
- GARCÍA PRIETO, P. 1962. Informe sobre Observaciones de Captación de Agua Directamente de las Nubes por Medio de Telas Metálicas Efectuadas en el Observatorio de Izaña (Tenerife). Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- MOREY, M. y GONZÁLEZ, F. 1966. Aspectos de la Utilización del Agua por las Plantas en las Islas Canarias. *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural*. Madrid.
- MUÑOZ ESPINOSA, H.R. 1967. Captación de Agua de las Nieblas Costeras en el Norte de Chile. Curso Internacional de Hidrología General y Aplicada. Escuela de Hidrología. Madrid.
- NAGEL, J.F. 1956. Fog Precipitations on Table Mountain. Weather Bureau Pretoria.
- REIS CUNHA, F. 1964. *O Problema de Captação da Agua de Nevoeiro em Cabo Verde*. Ed: García de Orta. Lisboa. Portugal. Vol. 12 (nº 4).
- SAÁ, G. y VALDÉZ, M. 1963. *Captación de Agua en la Neblina*. Univ. del Norte. Antofagasta. Chile. 45 p.
- TAPIA, O. y ZULETA, R. 1980. *20 años de Camanchacas y dos del Proyecto Mejillones*. Antofagasta. Chile. 110 p.