

**Obtención de agua potable por
métodos no tradicionales.
Obtención de agua a partir de las Camanchacas**

© Roberto Román L. 1999
roroman@cec.uchile.cl

RESUMEN

El agua potable es un recurso escaso a nivel planetario. Sin embargo existen fuentes aún no utilizadas. En este artículo reviso el trabajo realizado en torno a la captación de agua a partir de neblinas dinámicas o "*camanchacas*". En él presento las condiciones que promueven su formación y se muestran los intentos de captación artificial de estas neblinas desde los inicios de los años 60 hasta el presente. Entre los proyectos revisados muestro los trabajos realizados por la Universidad Católica del Norte (Antofagasta, Chile) y lo realizado por Pilar Cereceda y Robert Schemenauer en El Tofo. Finalmente hago un breve análisis de las perspectivas futuras de este recurso hídrico.

ABSTRACT

Fresh water is a scarce resource on a planetary basis. There are, however, freshwater sources still to be tapped. In this paper we review work that's being done to capture freshwater from dynamic fogs or "*camanchacas*". We first present the conditions that promote the formation of these fogs and the different studies conducted since the early sixties to trap water. In the projects under review we briefly present the work that was done by the Universidad Católica del Norte (Antofagasta, Chile) and the more recent work done by Pilar Cereceda and Robert Schemenauer in "El Tofo". The paper ends with a brief analysis of the future perspectives of this water source.

Introducción

La obtención de agua a partir de la humedad del aire es una técnica sobre la que existen antecedentes de larga data. Un buen ejemplo lo constituye el cultivo de la vid en la isla de Lanzarote (Canarias) [Dinkins, 1969]. Allí cada planta se instala al fondo de un tazón cubierto con gravilla volcánica. En las tardes y noches, por efecto del enfriamiento debido a radiación terrestre, la superficie alcanza la temperatura de rocío. La humedad condensa sobre la tierra y escurre a las raíces de la vid. También es sabido que, bajo condiciones climáticas especiales, cierto tipo de neblinas aportan agua a zonas donde las precipitaciones normales son muy bajas. Este tipo de fenómeno está descrito en zonas desérticas frente a las costas de Namibia, Australia y el Pacífico frente a Chile y Perú. En el caso de Namibia, existen escarabajos que obtienen el agua para beber de las gotas de neblina que precipitan sobre su cuerpo [Hamilton et al, 1983]. En Chile existe un bosque relictual (Parque Nacional Fray Jorge), con especies propias de zonas donde hay 1.000 a 2.000 milímetros de precipitación al año en una zona donde la precipitación anual está en torno a los 50 mm. Es el mismo bosque que atrapa el agua existente en las neblinas costeras que a menudo lo cubren, supliendo así sus necesidades de agua.

Pero es solo en épocas recientes que se ha abordado en forma sistemática el estudio del fenómeno que da origen a este tipo de neblinas y, más interesante aún, la forma de utilizarlas como una fuente alternativa de agua para consumo humano. Se trata, literalmente, de "ordeñar" las nubes.

En este trabajo abordaré en primer lugar la descripción del fenómeno que da origen a las neblinas dinámicas ("*camanchacas*"). En segundo lugar describiré varios de los intentos que se han realizado para aprovecharlas. Finalmente terminaré con algunos comentarios sobre el potencial aún existente en este recurso hídrico poco conocido.

La neblina dinámica

La típica neblina radiativa o advectiva es una masa de aire sobresaturada de agua que tiene una muy baja velocidad de desplazamiento. El primer caso ocurre en noches con cielo claro y con aire muy quieto. La tierra pierde energía por radiación terrestre enfriando a su vez, por conducción, las masas de aire en su proximidad. Cuando la temperatura del aire cae por debajo del punto de rocío, la humedad presente en él condensa formando finísimas gotas de agua. Dado que el agua y vapor de agua tienen alta *emisividad térmica en el infrarrojo*, se puede seguir propagando este fenómeno hacia capas superiores. Esta neblina se disipa cuando las masas absorben suficiente radiación solar y su temperatura supera la

de rocío.

El origen de la neblina advectiva es diferente. Se trata de masas de aire cercanas a la saturación que, por efecto del viento, son desplazadas a zonas más frías. Al ponerse en contacto con tierra o agua fría, se alcanza la saturación y se forma la neblina. Este fenómeno es frecuente en las costas en ciertas épocas del año, en que se forman neblinas persistentes sobre masas de agua frías.

La "*camanchaca*" es un tipo de neblina costera muy densa que tiene características dinámicas. A diferencia de los casos anteriores, se trata de condensación en altura que es desplazada hacia zonas costeras por el viento. Su origen se debe al anticiclón del Pacífico que da origen a una capa de nubes tipo *estrato-cumulos* las que cubren en forma persistente una franja costera desde el Perú hasta las costas chilenas frente a Valparaíso. La parte superior de la capa de nubes está limitada por la inversión de los *vientos alisios* y su base corresponde al nivel de condensación de una capa límite atmosférica bien mezclada. La base de las nubes en Antofagasta (24°S) está a 700 metros y se encuentra unos 200 metros más baja en La Serena (30°S) [Fuenzalida et al, 1989].

En la costa, frente a estas nubes existe un cordón montañoso que bloquea la penetración de las nubes hacia el continente. Esto hace que las zonas de montaña en contacto con las nubes permanezcan períodos largos cubiertas. Se trata de nubes dinámicas, pues la brisa marina las empuja constantemente hacia la costa.

Esta situación ha permitido que en varias partes de la costa chilena, en las laderas de los cordones montañosos junto al mar, existan manchas de vegetación que son características de lugares (en cuanto a cantidad y tipo de especies) con precipitaciones de 500 a 2.000 mm por año. Esto en una zona donde los registros anuales promedio no superan los 50 mm de precipitación. Los lugares más conocidos son: Fray Jorge, Talinay (ambos parques nacionales) y El Tofo, lugar de una antigua explotación de mineral de hierro.

Aunque la presencia de *camanchacas* es frecuente en las costas nortes de Chile y del sur del Perú, los lugares donde es explotable son más escasos. Su comportamiento es controlado por la fisiografía de la costa, en particular la macrotopografía de la misma. Esta determina el trayecto que siguen las masas de aire que vienen cargadas de humedad desde el mar. A la vez proveen la "barrera" que intercepta la nube. A nivel regional existen cuatro aspectos de importancia:

- Primero debe haber un cordón montañoso con una altura media de 500 o más metros.
- En segundo lugar, el eje de este cordón debe ser perpendicular a la dirección dominante de los vientos (suroeste).
- En tercer lugar el cordón montañoso debe estar próximo a la costa. Esto minimiza las pérdidas de agua por evaporación antes de que las nubes alcancen las montañas.
- Cuarto, hacia el continente del cordón montañoso debe haber un valle con

fuerte radiación solar diurna. Este origina una aspiración de las nubes a través de los pasos del cordón montañoso.

Una vez ubicado un lugar promisorio de acuerdo a estas características generales, hay algunas consideraciones adicionales para maximizar la captura de agua. Los niveles de máxima colección están en la zona media alta de la capa de *estratocumulos*, es decir entre los 600 y 900 metros sobre el nivel del mar en el caso chileno.

Estas condiciones dan origen a una neblina dinámica. Es decir, está en permanente proceso de formación y evaporación. Es esta característica dinámica la que hace que estas neblinas mojen con mucha facilidad. Una ilustración del proceso de formación de la "camanchaca" se da en la **figura 1**.

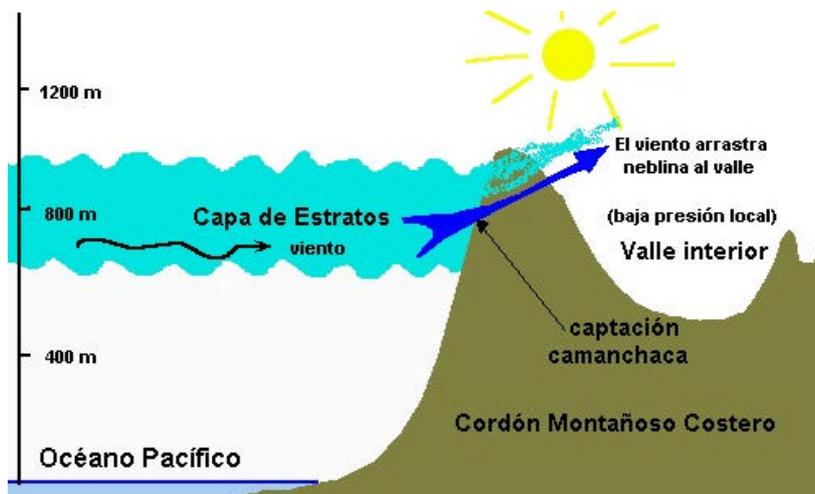


Figura 1: proceso de formación de la camanchaca. Se ha tomado como ejemplo la situación que se da en "El Tofo"

En los próximos párrafos daremos breve cuenta de los trabajos realizados en torno al tema de aprovechamiento de las “*camanchacas*”. En particular sobre lo realizado por la Universidad Católica del Norte (Chile) y los trabajos realizados en El Tofo.

Primeras Investigaciones

En la franja costera del desierto de Atacama la precipitación media anual no supera los 10 mm. Pero la *camanchaca* ha permitido la vida. En un trabajo de la Universidad Católica del Norte [Espinosa, 1977] se consigna que a inicios del Siglo XX era posible subsistir en ciertas minas de la Cordillera de la Costa de Antofagasta recolectando agua de camanchaca (captada en forma automática en las techumbres de las construcciones), cazando guanacos y usando los cactus como leña.

Desde los años 60 diversos investigadores han concebido el aprovechamiento del agua en las “*camanchacas*” para uno de los desiertos más áridos del mundo. Destacan, sobre todo, los trabajos hechos por don Carlos Espinosa, físico de la Universidad Católica del Norte. En 1961 él obtuvo una patente de invención (N° 18.424) por un aparato destinado a “captar agua contenida en las nieblas o camanchacas”. El equipo era un cilindro de 0,7 m de diámetro en que estaban



Figura 2 Captanieblas en "El Mirador". Se observa agua recolectada (Foto gentileza de don Carlos Espinosa)

dispuestos 1.300 monofilamentos de perlon de 0,5 mm de diámetro y 2 metros de largo. Al fondo de este sistema se encontraba un embudo metálico y un estanque de acumulación de agua.

El equipo descrito (de 1,4 m² de área frontal de captación) fue instalado en un lugar llamado “El Mirador” a 980 msnm, sobre los cerros de la Cordillera de la Costa y casi en la latitud del trópico de Capricornio. En ese lugar el promedio anual de precipitaciones es de 3 mm. El sistema estuvo en operación y fue controlado en períodos quincenales entre el 14 de Diciembre de 1961 al 29 de Diciembre de 1963. En ese tiempo se realizaron 43 controles en forma no regular. El agua captada varió entre 1,5 lts al día a un máximo de más de 15 lts/día. El promedio anual captado fue de 3,9 lts al día. Una imagen de este captanieblas, se ve en la **figura 2** [Espinosa, 1977].

Otro lugar muy promisorio en ese mismo sector es Morro Moreno, un promontorio de 1.200 m de altura en el cual, de acuerdo a imágenes satelitales, se producen unos 300 días al año con cubierta nubosa.. Este morro, en la parte sur de la península de Mejillones, presenta excelentes condiciones para la formación de camanchaca. Allí, entre 1979 y 1984 el mismo equipo de la Universidad Católica del Norte instaló un captanieblas de más de 10 metros de altura. Este tenía una estructura poliédrica de tubos y las caras se revistieron de mallas captanieblas. La razón de la estructura poliédrica es que en Cerro Moreno la velocidad



Figura 3 Instalación de captanieblas poliédrico en Morro Moreno (1979) a 900 metros sobre el nivel del mar (foto gentileza Dr. Orlayer Alcayaga, U. del Norte)



Figura 4 Base de captanieblas de Morro Moreno. Se observan vértices de captación de agua (foto gentileza Dr. Orlayer Alcayaga, U. del Norte)

de desplazamiento de la camanchaca es de 6 a 8 m/s y un sistema simple no resiste bien el viento. En las **figuras 3 y 4** vemos dos imágenes de la instalación de este captanieblas. Al tener una estructura tridimensional, se buscó mejorar la eficacia de captación de agua, además de hacer una estructura autoresistente. El rendimiento de este captanieblas fue superior al del Mirador. Sin embargo el agua captada no fue aprovechada. Vale la pena indicar que a los pies de Morro Moreno se encuentra el balneario de Juan López, el que no cuenta con agua potable. La que se necesita para el consumo humano es traída desde Antofagasta, a más de 30 km de distancia.

También se realizaron experiencias en los Nidos (un cordón al sur de Antofagasta, Chile) [Espinosa, 1986]. Esos trabajos fueron hechos en coordinación con la Corporación Nacional Forestal de Chile (*CONAF*). Allí se implantó un pequeño vivero. Toda el agua para el riego de los árboles y para el consumo del lugar se obtenía de las camanchacas. Después de un par de años, los árboles crecieron lo suficiente como para captar por sí mismo el agua que necesitaban para regarse. En la **figura 5** vemos un captanieblas poliédrico de los Nidos en proceso de funcionamiento.

Proyecto El Tofo

El trabajo más reciente y más conocido se ha desarrollado en los cerros cerca del mineral del Tofo a 30° de Latitud Sur. Los principales investigadores de este

proyecto fueron Pilar Cereceda (U. Católica de Chile), Humberto Fuenzalida (U. de Chile) y Robert S. Schemenauer (Canadá) [Schemenauer, 1988].

En el cordón del Tofo se dan las condiciones para la formación de camanchaca. Además, a los pies de él, existe un pequeño poblado de pescadores, Chungungo. Este tiene aproximadamente 440 habitantes permanentes, llegando a un máximo de algo más de 1.000 durante el verano. Cuando se cerró la faena minera en El Tofo, la caleta de Chungungo quedó sin abastecimiento de agua, debiendo sus habitantes recurrir a camiones aljibe que traían agua de más de 60 km de distancia.

La *CONAF* implementó el proyecto de los captanieblas en el Tofo. Inicialmente se instalaron 62 captadores de 58 m² cada uno. Un esquema de los mismos se ve en la **figura 6**. Posteriormente se agregaron 40 unidades adicionales de 90 m² de superficie. En este diseño se volvió al sistema elemental de captanieblas, una estructura rectangular atiesada con vientos (cuerdas) que se pone perpendicular a la dirección de la camanchaca, una malla simple para captar las gotas de agua y canaletas de *PVC* en la base donde gotea el agua hacia las tuberías de re-



Figura 5 Captanieblas poliédrico en "Los Nidos". En la foto se ve el captanieblas en operación (1990, foto gentileza Dr. Orlayer Alcayaga, U. del Norte)

colección.

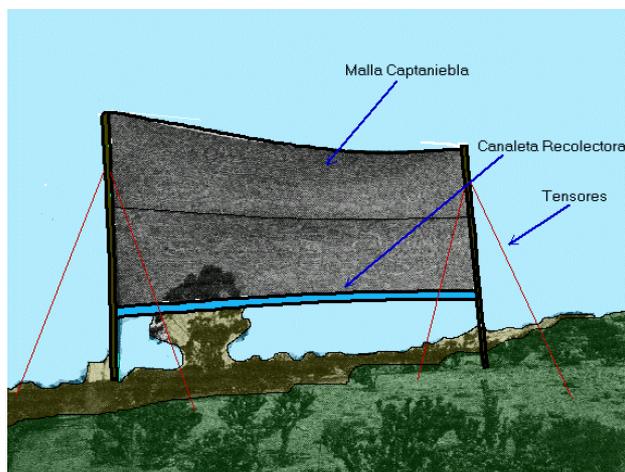


Figura 6 Esquema de captanieblas de 58 m² en la cuesta El Tofo. Se indican los elementos más importantes

El rendimiento promedio de estas captanieblas es entre 2 y 6 [lt/m²/día], con un promedio anual de cerca de 4 [lt/m²/día]. En lugares como Los Nidos (Antofagasta, 24°S), el rendimiento obtenido es superior, entre 6 y 8 [lt/m²/día]. Estos rendimientos permiten obtener agua en forma competitiva con otras alternativas.

La instalación opera en forma permanente desde 1988. A contar de 1992 se construyó un estanque de 40.000 litros de capacidad cerca de Chungungo y una tubería para bajar el agua capturada en los captanieblas al estanque. En este es-



Figura 7 Captanieblas de 90 m² en Cuesta El Tofo. Se distinguen las canaletas para recolectar el agua (foto del autor, 1996).

tanque se acumula, filtra y trata lo captado. El exceso de agua, tanto la no consumida como la usada para lavar los filtros, se emplea en una pequeña huerta de alrededor de 0,3 Ha de superficie. Actualmente el pueblo de Chungungo se abastece en forma total del agua de los captanieveblas. Durante la mayor parte del año los habitantes tienen excedentes que les permiten regar unos pocos árboles. Sin duda este ejemplo es digno de ser imitado.

En la **figura 7** vemos una fotografía captada en 1996, al lado de uno de los captanieveblas de 90 m² ubicados en el Tofo y que abastecen de agua a Chungungo.

En otros lugares de la costa chilena se dan condiciones similares, las mediciones efectuadas en ellos revelan un potencial de captación de agua equivalente a precipitaciones anuales sobre los 500 mm, esto a pocos kilómetros de ciudades donde el agua debe ser traída en acueductos de más de 400 km de longitud. Este es un recurso que potencialmente existe en más lugares de lo que uno espera. En efecto existen antecedentes de la existencia de al menos 47 lugares en 22 diferentes países donde se capta la neblina en forma natural por la vegetación o bien por atrapanieveblas [Schemenauer, 1992]



Figura 8: Área verde regada del restaurant “El Crater”. Se observa penetración de neblina a lugar donde solo dos horas antes estaba a pleno sol

Otro ejemplo de aplicación de la tecnología desarrollada para el caso de Chungungo se está utilizando en las cercanías de Quito, Ecuador. Allí existe un lugar denominado “El Crater” que presenta características semiáridas y está a algo más de 3.000 msnm. Las condiciones generales que allí se dan son del mismo tipo



Figura 9: Captanieblas en “El Crater”, Quito Ecuador. El fuerte viento reinante hace que una buena fracción del agua captada no llegue a la canaleta de recolección

que las que forman las camanchacas costeras. La diferencia es que el aire húmedo se desplaza sobre la selva hacia la meseta de Quito. Se da el cordón de cerros que intercepta la neblina y la meseta donde existe fuerte radiación solar. En este emplazamiento se instaló un restaurant con excelente infraestructura. Toda el agua necesaria para su funcionamiento, incluyendo el riego de una amplia área verde, proviene del agua captada en un atrapanieblas similar a los del Tofo.

Conclusiones

En el caso de los atrapanieblas, estos permiten captar un recurso de agua potencial, que hoy se usa casi exclusivamente en forma natural. En los lugares donde se dan las condiciones adecuadas, el obtener agua a partir de las neblinas naturales o camanchacas es un método técnica y económicamente viable para obtención de agua.

- El método es aplicable en cordones montañosos cercanos a la costa que cierren valles interiores expuestos a alta radiación. Los captanieblas deben

ubicarse en el frente donde llega la camanchaca y en portezuelos que canalizan la niebla hacia el valle posterior.

- Además debe presentarse inversión térmica sobre el océano. Esto se da en las costas de Chile, Perú, Namibia y Australia occidental.
- La altura óptima de instalación de captanieblas está en la mitad superior de la capa de nubes estratiformes que llegan a la costa. Esto no es menos de un par de centenares de metros, pues de lo contrario la neblina puede estar contaminada por sales.
- Los rendimientos esperables se sitúan de 2 a 10 [lt/m²/día].

Los trabajos ya realizados demuestran de que el captar agua de las neblinas o "*camanchacas*" es viable. Sin embargo también han habido fracasos en este tema. Varias veces no se ha respetado las consideraciones generales para captar esta neblina dinámica y no se ha captado lo esperado o bien el agua ha estado contaminada con sales. Esto último ha ocurrido en las costas del Perú donde las neblinas de muy baja altura se contaminan con sal proveniente del mar.

Por otro lado existe aún trabajo por realizar para determinar tanto cual es la "carga" en agua recolectable de estas neblinas y cual es la geometría óptima de los captanieblas. La geometría simple usada en "El Tofo" es adecuada cuando la camanchaca viene siempre de la misma dirección. Sin embargo pierde efectividad con velocidades de viento más altas. La geometría tridimensional utilizada en los trabajos de la Universidad Católica del Norte favorecen la captación en cualquier dirección, así como el recuperar agua que de otra forma se perdería, pero tiende a costos mayores por metro cuadrado de área de captación.

De lo que no cabe duda alguna es que en la "*camanchaca*" disponemos de un recurso de agua que apenas ha sido utilizado y puede ser una excelente solución para abastecer lugares que de otra forma tendrían penuria total de este vital elemento.

Bibliografía

- Dinkins, S. (1969): "Lanzarote, the Strangest Canary". Journal of the National Geographical Society, pp. 117-139.
- Espinosa, C. (1977): "El Atrapanieblas 611115". Publicación del Departamento de Ciencias Físicas, Universidad Católica del Norte. 19 pp.
- Espinosa, C. (1986): "Aplicación Racional de las Camanchacas Atacameñas". Publicación del Departamento de Ciencias Físicas, Universidad Católica del Norte. 21 pp.
- Fuenzalida, H., Schemenauer, R.S. & Cereceda, P. (1989): "Subtropical Stratocumuli as a Water Resource". 3rd International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. pp. 199-200. Buenos Aires, Argentina.
- Hamilton, W., Hughes, C. & Hughes, D. (1983): "The Living Sands of the Namib". Journal of the National Geographical Society, pp. 364-377.
- Schemenauer, R.S., Fuenzalida, H. & Cereceda, P. (1988): "A Neglected Water Resource: The

Camanchaca of South America". Bulletin of the American Meteorological Society. **69**, 2. Schemenauer, R.S. & Cereceda, P. (1992): "Water from Fog Covered Mountains". *Waterlines*. **10**, 4, pp.10-13.

Punteros de Interés

1. Water Innovations: Chile's Camanchaca: página WEB sobre áreas secas del mundo preparadas por The Smithsonian Institution and United Nations Environment Programme. Aspectos generales sobre captación de camanchacas. Documentos de la *Corporación Nacional Forestal (CONAF)*.
2. Fog Harvesting. Documento WEB de las OAS.
3. In Person with Pilar Cereceda. Página WEB del IDRC, 1997. Entrevista a Pilar Cereceda y el proyecto Chungungo.
4. Robert S. Schemenauer and Pilar Cereceda: Fog Collection's Role in Water Planning for Developing Countries. 1996.
5. Karen Twitchell: Tapping into Fog. Documento general del IDRC sobre captación de camanchacas. Junio, 1998.
6. Fog Water Collection Related Publications in Journals and Books. Enero 1997.
7. FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOG & FOG COLLECTION. Vancouver, Canada 19-24 July, 1998. Daily Program and Key to the Proceedings.
8. Pescadores de Niebla en el Desierto. Boletín Informativo de la Estación Meteorológica Sur. Año 4, N° 11, Enero-Septiembre 1997. UNAM, México. 1998.
9. W. Canto V., J. Cerda O., A. Peña C., R. Medina A., J. Ossandón D: INFORME FINAL COASTAL FOG APPLICATION IDRC PROYECT N° 90-0202. Informe técnico final de proyecto Camanchas. Página WEB de 1998, informe de 1993.

Glosario

Emisividad térmica en el infrarrojo: coeficiente de emisión en el rango del infrarrojo térmico, es decir de los 4 a 80 micrones de longitud de onda.

Vientos alisios: vientos de magnitud y dirección relativamente constantes que se mueven en bandas paralelas al Ecuador.

Estratocumulos: nubes con desarrollo vertical que se agrupan en capas relativamente compactas.

Roberto Román L. Profesor Asociado de la Universidad de Chile, Ing. Civil Mecánico y Académico del Departamento de Ing. Mecánica de la Universidad de Chile. Realizó estudios de especialización en energía solar en Argentina y Francia. Fue director de la International Solar Energy Society entre 1989 y 1992. Asociado del International Centre for Theoretical Physics de Trieste, Italia. Es investigador en el Proyecto de Nuevas Fuentes de Energía en el Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y actualmente realiza trabajos de investigación en lo referente a problemas de contaminación ambiental por fuentes vehiculares.