



## TECNOLOGIAS DE ATRAPANIEBLAS PARA CAPTACION DEL AGUA



### RESUMEN

La franja costera de la zona Norte de Chile es muy limitada en población rural, especialmente debido a la escasez de agua. Una de las soluciones que se ha desarrollado en las últimas décadas es la tecnología de los *atrapanieblas*, los cuales pueden ser una excelente solución a ese problema, permitiendo la explotación de los recursos naturales y la consiguiente detención de las migraciones desde las caletas pesqueras a las grandes ciudades.

Chile fue el primer país del mundo en usar la colecta de niebla para abastecimiento humano. Fuimos pioneros en establecer una tecnología innovadora de “crear” de agua nueva, combatiendo la escasez de los recursos hídricos y mejorando la calidad de vida de nuestros habitantes.

Esta tecnología se ha implementado en otras partes del mundo, como en Perú, Ecuador, República Dominicana, Sudáfrica, Nepal, Canarias, Cabo Verde, Namibia, México, Israel, Arabia Saudita, Yemen y en el Sultanato de Omán se está usando el sistema de atrapanieblas con malla de acero, con un resultado muy exitoso. Sin embargo, todavía queda mucho por hacer, ya que el manejo del sistema, la

mantención y la organización de la comunidad para usar el recurso deben ser mejorados sustancialmente.

### PALABRAS CLAVES

- Niebla
- Atrapaniebla
- Neblinómetro

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad la Zona Norte de nuestro país, en su condición geográfica de zona árida y semiárida, desde la Región de Arica y Parinacota hasta Coquimbo, tiene escasa disponibilidad de agua, tanto para consumo como para riego. Esto afecta al desarrollo de las Regiones en la agricultura, como también la habitabilidad en ellas.

Se suma a este problema, la existencia de pequeñas localidades rurales que se encuentran en lugares alejados y de difícil acceso, los cuales no cuentan con redes de agua potable y se abastecen a través de camiones, pese a que este tipo de abastecimiento es poco sustentable, tanto desde la perspectiva económica como ambiental y social.

En la década del sesenta se inició el Programa de Agua Potable Rural (APR), enmarcado en el área de Desarrollo Social y Calidad de Vida del Programa Nacional de Superación de la Pobreza impulsado por el Gobierno de Chile, el cual tiene por objetivo completar la dotación de agua a todas las localidades rurales. Sin embargo, existen dos situaciones puntuales que este programa no abarca:

Uno de ellas es que las localidades rurales se encuentran ubicadas en zonas áridas o semiáridas en donde escasea el recurso hídrico, lo que significa invertir en conducir el agua potable a viviendas alejadas y distantes entre sí. Y lo segundo es que la concentración de la población de estas localidades sea menor a 150 habitantes. “El Programa APR está diseñado para dotar de servicios de agua potable a la

población beneficiaria en condiciones de calidad y cantidad aceptables que cumplan con los siguientes requisitos: a) albergar como mínimo a 150 personas y como máximo 3000; b) tener una concentración mínima de 15 viviendas por kilómetro de calle o camino; c) la población debe residir en el lugar en forma permanente; e) debe tener facilidades de acceso, contar con energía eléctrica o estar ya planificada su instalación. La rentabilidad del proyecto, expresada en Tasa Interna de Retorno (TIR), debe ser superior al 12% de acuerdo a la metodología y criterios de Mideplan”<sup>1</sup>

La franja costera de Zona Norte de nuestro país tiene un extenso litoral para la pesca artesanal y más al sur, la pequeña agricultura y la ganadería caprina son un buen sustento para los habitantes de esta zona. No obstante, la cantidad de personas que habitan esta franja es mínima: “en los 150 Km. que hay entre Iquique y la desembocadura del Río Loa, hay sólo 600 habitantes localizados en 6 caletas de pescadores. Esta situación se repite hasta la parte norte de la Región de Coquimbo, donde aumenta la población por la mayor presencia de lluvia que permite actividades agrícola – ganaderas. Se calcula que entre Pichidangui y Arica, podrían haber entre 1.500 y 2.500 personas que viven en estas condiciones en este tipo de caletas pesqueras o dedicados a la mencionada ganadería y agricultura de subsistencia en las serranías costeras”<sup>2</sup>

A partir de esta problemática, desde hace 20 años investigadores chilenos han planteado una nueva alternativa para explotar un recurso hídrico no explotado: el uso de *Atrapa Niebla*.

La Niebla, o también conocida como *Camanchaca*, es una nube a ras de suelo que 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 Camanchaca 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. El resultado es una niebla muy húmeda, pero casi invisible.

“El espesor de los estratocúmulos que dan origen a la camanchaca es en general bastante estable, fluctuando entre los 200 y 400 m y altitudes entre los 600 a 1000 msnm. El contenido de<sup>1</sup> agua líquida varía entre los 0,22g/m<sup>3</sup> a 0,73 g/m<sup>3</sup>, registrándose valores de tamaño de gotas entre los 10,8 a 15,3 micrones y en concentraciones más o menos constantes de 400 gotas/cm<sup>3</sup>.”<sup>3</sup>

El atractivo que tiene la Camanchaca para utilizarla como recurso hídrico pasa por:

- Que presenta estabilidad la mayor parte del año.
- Se ofrece como la única alternativa que tienen en la zona costera en el Norte Grande para obtener agua, debido a que las escasas napas subterráneas existentes presentan una alta salinidad.
- El hecho de contar con este recurso hídrico en la cima de los cordones montañosos no requiere de energía para su extracción ni conducción, pudiendo dirigir el agua hacia los sectores deseados sin mayores dificultades.
- Existe una baja probabilidad de contaminación, en comparación a otras fuentes de agua.

<sup>1</sup> MOP, 1997

<sup>2</sup> Revista Medio Ambiente y Desarrollo, Vol XVI-Nº 4:51 – 56

<sup>3</sup> Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia: Captación de Agua de las Nieblas Costeras (Camanchaca), Chile. Guido Soto

En Chile, la camanchaca se produce durante todo el año y presenta variaciones estacionales, que durante las estaciones de primavera y verano se intensifica y durante otoño e invierno se disminuye.

#### ANTECEDENTES:

Por numerosas investigaciones realizadas en la década de los sesenta, Carlos Espinosa Arancibia, físico y docente de la Universidad Católica del Norte, es reconocido como el padre de las atrapanieblas. A partir de estas investigaciones obtuvo una patente de invención por un aparato para captar agua contenida en las nieblas y regaló a la UNESCO un modelo de *atrapanieblas del tipo macrodiamante*, que es una estructura de poliedros múltiples, cada poliedro con hilos nylon, o malla mosquitero, o bien malla Raschel, que permite captar niebla en todas las direcciones que traiga el viento que la transporta.



En la década de los ochenta, la Corporación Nacional Forestal IV Región (CONAF) se interesó en esta nueva tecnología no tradicional y estudió la factibilidad de aprovechar este fenómeno natural para obtener agua y poder utilizarla en campañas de reforestación en la zona. Se implementó en el Cerro El Tofo, comuna de la Higuera, región de Coquimbo, un sistema de atrapanieblas para reforestar el cerro con especies nativas y recrear un bosque húmedo de altura similar al del Parque Nacional Fray Jorge.

También existen otras estructuras de atrapanieblas para interceptar el agua en

suspensión, para la obtención de volúmenes mayores:

- *De cortina.* Captador de mayor producción, en base a postes de eucalipto empotrados, alambre galvanizado, malla raschel doble (35%) y canaletas recolectoras.
- *Ecológico:* Colihues en trípode con género o arpillera.
- *De Cilindro:* Marco de fierro en forma de cilindro, cubierto con hilo de nylon o malla mosquitero. También podría emplearse malla raschel, el agua colectada escurre de un tambor de 200 litros.

Entre las ventajas que se consideran en la construcción de atrapanieblas, es que la niebla se presenta a altitudes superiores, generalmente a partir de los 500 mts. y las caletas se encuentran al nivel del mar, los atrapanieblas se ubican en las montañas de la Cordillera de la Costa que enmarcan los poblados. Gracias a esto, el agua es conducida directamente desde la fuente hasta el usuario y no requiere de ningún tipo de energía más que la gravedad. Además ha ido ganando viabilidad debido a la progresiva reducción de costos en lo que se refiere a la construcción, diseño y materiales utilizados.

Entre las desventajas que surgieron en las primeras etapas de la implementación de esta tecnología, se debió al encarecimiento debido al valor de la mano de obra que construía en el lugar de emplazamiento definitivo, en la actualidad este costo se ha reducido debido a la pre-fabricación de éstos en la ciudad, lo cual hace la instalación más fácil y eficiente. Otro problema que el sistema mostró al principio fue la vulnerabilidad ante los temporales de viento, que producían daños en la malla y el soporte. Esto se ha ido solucionado mediante un dispositivo que permite que la malla se desprenda cuando el viento es muy elevado.

Con todos estos antecedentes, una de las preguntas más recurrentes sobre el sistema es la que se refiere a cuánta agua puede extraerse de la niebla, de tal manera que no afecte el entorno en el cual se ubica. Obviamente, esto depende de la presencia de neblina de adecuada

frecuencia y de la disponibilidad de lugares con altura y espacio para una distribución que maximice la cantidad de agua recolectada. En el norte de Chile, la cantidad total de agua que se extrae de una masa nubosa es escasa, alcanzando a interceptar apenas el 1% del total del agua desplazada por el viento. Esto es una ventaja porque hace que el sistema sea menos invasivo ambientalmente, ya que difícilmente podría alterar los ecosistemas a sotavento de la infraestructura instalada.

Por otro lado, para poder medir el potencial de captación de agua de un lugar, se han desarrollado los *Neblinómetros*, de los cuales la información obtenida es 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.

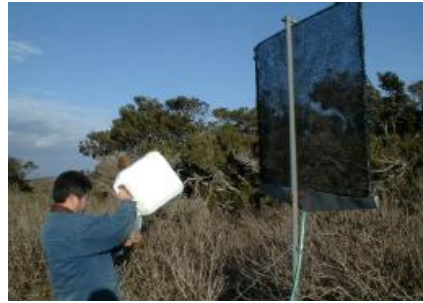
Con la finalidad de homogeneizar las mediciones, para poder comparar situaciones distintas y obtener conclusiones con respaldo técnicamente adecuado, el único instrumento adoptado por la OMM para ese propósito es el *neblinógrafo de Grunow*, pluviógrafo con un pequeño cilindro de latón perforado sobre la boca. Este equipo no ha sido divulgado lo suficiente entre los investigadores nacionales, o bien no cumple con los actuales requerimientos de investigación, más ligados ahora hacia un aprovechamiento del recurso agua.

En la actualidad el neblinómetro más difundido es el *Neblinómetro simple o de pantalla igual*, con malla Raschel (35%) en doble paño, cocida a un marco de  $1\text{m}^2$ ; el agua colectada se recibe en un recipiente de tipo bidón (50 l), cuya medición debe registrarse regularmente.

También son utilizados:

- *Neblinómetro de Cilindro*: con hilos de nylon o malla mosquitero.

- *Neblinómetro múltiple*: Para medir a diferentes alturas, con estructuras de captación en base de fierro de  $0.5 \times 0.5 \text{ m}$ ., con hilos de nylon, malla mosquitero, o bien raschel simple o doble de 35% de sombra.



Sin embargo, también es preciso contar con un sistema que permita realizar mediciones continuas y registre además otro tipo de información que puede ser valiosa al momento de evaluar un proyecto. Para instalar un neblinómetro de este tipo se requiere de los siguientes instrumentos:

- tipping - bucket magnético
- anemómetro
- veleta
- data logger, que conectado a los tres anteriores va registrando en una memoria RAM los valores acumulados por unidad de tiempo, previamente programada (cada 15 minutos, por ejemplo).

## ***Atrapanieblas Región de Atacama***

### **1. Falda Verde, comuna de Chañaral.**

Falda Verde se emplaza a unos cinco kilómetros al norte de Chañaral y a unos 600 metros sobre el nivel del mar, se ubica en el camino al Parque Nacional Pan de Azúcar.

La Agrupación Comunitaria Funcional Atrapanieblas de Falda Verde se inicia el año 1998 coincidiendo con la llegada de profesionales del Servicio País, los cuales brindaron sus conocimientos con las mediciones preliminares de niebla y en el desarrollo del proyecto.

Entre los años 1998 y 2000, en conjunto con el Instituto de Geografía de la Universidad





Católica, se instalaron neblinómetros (colectores de niebla estándar de 1 m<sup>2</sup> de malla raschel ubicados a dos metros del suelo), con los cuales se obtuvieron los datos de flujo diario, mensual y anual, que permitieron desarrollar el proyecto, siendo el rendimiento de 1,5 lt/día/m<sup>2</sup>. El proyecto consiste en 6 atrapanieblas, que cubren una superficie de 264 m<sup>2</sup> de malla raschel, un kilómetro de tubería y un estanque de 5000 lts de fibra de vidrio para el almacenamiento de las aguas y en forma posterior (2005), la ONG canadiense FogQuest, especializada en asistir a los países en desarrollo en sus problemas de aguas, ha seguido financiando el proyecto.

El agua se usa en una plantación de un paño de aloe vera, que tiene plantas madres de las cuales van transplantando los “hijos”, no tiene comercialización el producto.

#### ***Atrapanieblas Región de Coquimbo***

##### **1. Caleta Chungungo, Comuna La Higuera**

En los cerros El Tofo, CONAF instaló 91 atrapanieblas, estructuras de 12x4 metros cubiertas de malla Raschel, con media canaleta de PVC, cuyo destino era recrear un bosque húmedo, tipo valdiviano, similar al existente en el Parque Nacional Fray Jorge, en la actualidad aún perduran árboles de esta reforestación, los cuales siguen atrapando nieblas para su regadío. En el año 1990, se financió en forma conjunta por el FNDR, el Centro de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá y la embajada de Canadá la instalación de un estanque cerrado de 100 m<sup>3</sup>, un estanque abierto de 40 m<sup>3</sup> (uso agrícola), y la red de distribución desde los atrapanieblas a las viviendas de los pobladores recorre cerca de 6 kms.

El sistema tenía un rendimiento promedio anual de 4 lts/m<sup>2</sup>/día y en condiciones normales, el abastecimiento con nieblas alcanzaba los 14.000 litros al día, el consumo anterior a los atrapanieblas era de 14 lt/día/hab., el cual, posterior al funcionamiento del sistema fue casi duplicado, 27 lt/día/hab.

En marzo de 1992 por primera vez se inicia en Chile y en el mundo, abastecimiento de agua potable de la recolección de la niebla.

##### **2. Santuario o Ermita del Padre Hurtado, comuna Canela.**

El Santuario se ubica a un costado del km 275 de la ruta 5 norte y consiste en una pequeña capilla, instalaciones sanitarias para los peregrinos, la casa del cuidador, áreas verdes, el abastecimiento de agua proviene de una pequeña aguada.

Se instalaron neblinómetros para ubicar los lugares más propicios para su instalación y se obtuvo una producción de 5,4 lt/m<sup>2</sup>/día entre los meses de abril y agosto, período de baja producción de niebla. Se estimó un rendimiento promedio de 2.160 litros diarios considerando que pudieran haber días sin niebla.

Se ubicaron en total 10 atrapanieblas a los 780 metros y a los 650 metros de altitud en el Cerro Talinay, un estanque de 40 m<sup>3</sup>, excavado en el suelo y cubierto con una membrana geotextil, ubicado a 20 metros de altura del Santuario, y un sistema de cañerías.

Sin embargo, el padre Brevis, gestor de esta iniciativa, fue traslado a otro país, al parecer el año 2004, y toda la labor que se estaba desarrollando quedó interrumpida. El sistema de atrapanieblas está deteriorado e inoperable.

##### **3. Parque Nacional Fray Jorge, comuna Ovalle.**

La Corporación Nacional Forestal, CONAF, implementó un pequeño sistema de atrapanieblas en el Parque Nacional Fray Jorge para regar una plantación de nuevos arbustos en dicho parque. Una vez realizada la reforestación se mantuvo operativo el regadío hasta permitir que el crecimiento de las plantas llegaran a una altura suficiente que pudieran seguir autoabasteciéndose de la niebla. Una vez cumplido este objetivo, se dejó de usar y en la actualidad no están operativos.

El proceso consistió en definir los mejores puntos para la captación a través de la instalación de neblinómetros, luego se instalaron 5 atrapanieblas de 96 m<sup>2</sup> cada una,



aguas arriba de las plantaciones, el agua captada era conducida a través de un manguera enterrada a 5 estanques con una capacidad de almacenamiento de 8.500 litros, siendo el rendimiento promedio de este sistema de 3,2 lt/m<sup>2</sup>/día.

#### **4. Comunidad Agrícola Los Tomés, comuna Canela.**

Esta comunidad agrícola está situada a los pies del cerro Talinay, del lado opuesto al Santuario del Padre Hurtado. El abastecimiento para consumo humano proviene del agua extraída desde pozos, cada vivienda cuenta con uno, la electricidad se genera a partir de paneles solares que les fueron donadas por la Armada de Chile. Reciben agua de regío de un tranque que acumula aguas de una vertiente y de las aguas lluvias, que usan en cultivos como papas y choclos.

El destino principal de la niebla es usarla para llenar abrevaderos para los animales y para reforestar con especies forrajeras. De hecho existe un programa de reforestación que incluye zanjias de infiltración de aguas lluvias en las hileras donde se ubican las plantas e incluso se comentó que en el lugar dejado por la excavación que hizo una empresa para extraer cuarzo sirvió como acumulador de aguas lluvias permitiendo el brebaje de los animales.

En la actualidad, en la comuna, existen proyectos, a realizarse con fondos del PNUD, para reforestación de especies forrajeras, en otra comunidad agrícola, para lo cual cuentan con el apoyo de INDAP y CONAF, como también con la asistencia de la I. Municipalidad de Canela.

#### **5. Comunidad Agrícola Peña Blanca, comuna de Ovalle**

La Comunidad Agrícola Peña Blanca en conjunto con los habitantes de los sectores de Alcones, El Teniente, Talca y Los Ciénagos emprendió la creación de un parque en el Cerro Grande, similar al Parque Nacional Fray Jorge.

Dentro de este proceso se ha trabajado la conservación del medio ambiente a través de la

educación y realizando talleres de medio ambiente con la participación de los educandos, sus padres y comuneros del sector.

Después de que se estudiaran por dos años el comportamiento de las nieblas posibilitó dimensionar las cantidades de agua a cosechar y posteriormente se instalaron cuatro atrapanieblas, estanques, y un sistema de riego por goteo.

Con el apoyo permanente de INDAP, CONAF, los profesionales del Servicio País y gracias al financiamiento del PNUD se logró materializar la instalación de los atrapanieblas en el año 2007, los cuales riegan las plantas provenientes del vivero de plantas nativas, como el canelo, olivillo, petrillo, palma, del Parque Nacional Fray Jorge.

La experiencia de los atrapanieblas que vive en la actualidad la Comunidad Agrícola de Peña Blanca es una forma novedosa y única en la región de Coquimbo, pues antes de llegar a la instalación de los atrapanieblas partió sociabilizando el proyecto durante dos años antes de su materialización, incorporando a las comuneras y comuneros que lograron concientizarse y hacer suyo el proyecto, a los educandos y educadores fortaleciendo en los ciclos de formación educacional la posibilidad de recuperar el alicaído secano costero. Se fue creando una red solidaria entre todos los beneficiarios.

#### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

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.

La investigación propiamente tal consiste en una rigurosa medición y registro, cada tres días como promedio, del agua acumulada en los recipientes 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 isolíneas de captación.

Después de obtener el mapa de captación, es posible ubicar los atrapanieblas, en donde 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.

## ANÁLISIS

Se encontraron las siguientes patentes:

**PATENTE N° 5.871.557: cartucho de niebla colector**

**Fecha de Patente: 16 de febrero de 1999**

**Inventor: Joseph C. Tokar, Mervin E. Wrigth, Timothy H. Grape, James A. LeBlane**

Un cartucho de niebla colector para recoger los líquidos en el aire y, más concretamente, un filtro con pliegues de orientación vertical interconectados tratados con un mínimo material de la superficie de la energía para facilitar la aglomeración y el drenaje de líquido que se acumula en la superficie interior y exterior de los medios de filtro.

Patentes relacionadas:

**1. PATENTE N° 5.454.858: Proceso del uso de un cartucho de niebla colector**

**Fecha de Patente: 3 de octubre de 1995**

**Inventor: Joseph C. Tokar, Mervin E. Wrigth, Timothy H. Grape, James A. LeBlane**

**2. PATENTE N° 5.415.676: cartucho de niebla colector**

**Fecha de Patente: 16 de mayo de 1995**

**Inventor: Joseph C. Tokar, Mervin E. Wrigth**

, Timothy H. Grape, James A. LeBlane

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Entre las ventajas que tiene esta nueva tecnología están:

- De fácil construcción y montaje sobre el sitio.
- No se requiere de energía.
- El mantenimiento y exigencias de reparación son generalmente mínimos.
- La inversión de capital y otros gastos son bajo en comparación con aquellas con fuentes convencionales, sobre todo en regiones montañosas.
- Tiene el potencial para crear comunidades viables en ambientes inhospitalarios y mejorar la calidad de vida para la gente en comunidades
- montañosas rurales.
- La calidad de agua es mejor que de otras fuentes de agua usadas para la agricultura y usos domésticos.

Pero a su vez, estas tecnologías también tienen falencias tales como:

- Se requiere de mucha participación de los pobladores para su implementación y mantenimiento.
- Si la captación no está cerca del punto de empleo, la tubería de conducción del agua puede ser muy costoso.
- La tecnología es muy sensible a cambios de las condiciones climáticas que podrían afectar el contenido de agua y la frecuencia de presencia (acontecimiento) de nieblas.
- El agua de niebla puede no estar acorde a las normas de calidad de agua potable debido a las concentraciones de cloro, nitratos y algunos minerales.
- Como precaución se requiere reducir al mínimo impactos sobre el paisaje, flora y fauna de la región durante la construcción del sistema.