

LA NIEBLA, AGUA POTABLE PARA ZONAS RURALES

P. Cereceda¹, H. Larrain², P. Lázaro³, P. Osses¹,
R. S. Schemenauer⁴ y X. Borojevic¹

Proyecto Fondecyt 1971248

1. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
2. Universidad Arturo Prat, Instituto de Estudios para la Cultura y Tecnología Andina, Iquique.
3. Arquitecto, Gobierno Regional de Tarapacá, Iquique.
4. Atmospheric Environment Service, Environment Service, Canada.

1. Introducción

Existe un recurso hidrológico poco utilizado hasta ahora y que en la actualidad cuenta ya con la tecnología que permite aprovecharlo racionalmente. Se trata de la niebla o “camanchaca” costera. Esta se define como la masa de aire que contiene infinitas gotas de agua que reducen la visibilidad a menos de 1 km; estas gotas, de muy pequeño diámetro (menor de 40 micrones), pueden ser colectadas mediante sistemas naturales o artificiales y luego transportadas al lugar de demanda. El presente artículo analiza para el extremo norte de Chile el estado de abastecimiento y los requerimientos actuales de agua potable por parte de aquellos asentamientos rurales costeros de zonas desérticas, que conforman las caletas pesqueras situadas al sur de Iquique, la caleta Agua Salada, al norte de Los Vilos y, Carrizal Bajo, al noroeste de Vallenar. Asimismo, se estudia la factibilidad de utilizar atrapanieblas para satisfacer sus necesidades.

En el mundo actual, el consumo doméstico es el que tiene mayor demanda, y crece cada día debido al aumento de la población. A comienzos del siglo XX, el consumo mundial para uso doméstico era de 1.000 kilómetros cúbicos de agua al año y hoy se calcula que este gasto alcanza a los 3.500 km³ (Llanos, 1997). Se estima que el hombre requiere como mínimo entre 15 y 30 litros de agua diarios para satisfacer sus necesidades básicas. En las zonas desérticas el consumo no supera los 25 litros por persona al día (Bethemont, 1980). En Chile, se ha estudiado el caso de comunidades del desierto cuya población utiliza en promedio no más de tres litros por persona en el día; es el caso de la localidad de Paposos en la Región de Antofagasta (25°05'S; 70°30'W) (Cereceda et al., 1992).

A nivel global, el consumo individual de agua potable (expresado como promedio diario por persona) varía considerablemente. En América del Norte, por ejemplo, se consume 417 litros; 259 en Asia y sólo 47 en África. En países subdesarrollados, como es el caso de Etiopía y Kenya, cada persona emplea una cantidad aproximada de no más de 14 a 36 lt/día, respectivamente, mientras que en países desarrollados como Suiza y Estados Unidos, cada individuo utiliza entre 300 y 700 lt/día (Droplets, 1997). Como se verá más adelante, una cifra similar a la registrada en Etiopía se obtuvo en un estudio realizado en 1991 en las localidades chilenas de Chungungo y Caleta Hornos en el Norte Chico (Cereceda et al., 1992). En el ámbito nacional, el Ministerio de Salud considera que el requerimiento mínimo de agua potable per cápita en Chile asciende a alrededor de 80 litros diarios, incluyendo consumo humano, higiene y regadío (Borojevic, 1998).

Se observa, a este respecto, diferencias muy significativas de consumo entre las zonas urbanas y rurales, en gran parte debido al tipo de actividades que en cada una se desarrolla, especialmente debido al diferente nivel de vida en que se encuentra la población. En la década del 80, se postulaba que para el año 2000 los centros urbanos alcanzarían la cantidad de 400 lt/hab/día, en tanto que las áreas rurales llegarían a 200 litros (Bethemont, 1980). Sin embargo, esto no se ha logrado a causa de la desigual repartición del

elemento hídrico a las poblaciones. Se ha comprobado, a través de diferentes estudios, que los habitantes urbanos de los países pobres gastan en el consumo de agua potable una mayor proporción de sus ingresos que la población de los países desarrollados (Llanos, *ibid.*). En el estudio citado sobre las caletas de Chungungo y Caleta Hornos, se pudo constatar que las familias residentes utilizaban hasta 10% de su presupuesto mensual en la compra del agua (Cereceda et al., *ibid.*).

Se calcula que casi 1.000 millones de habitantes de los países en desarrollo, situados especialmente en zonas agrícolas, carecen de acceso al agua potable, y 1.700 millones deben enfrentarse a condiciones sanitarias totalmente deficientes (Llanos, *ibid.*). Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 25.000 personas mueren cada día en el mundo debido al mal manejo del agua. Como resultado inmediato de esta deficiencia, en cada quinquenio las infecciones intestinales matan más de cuatro millones y medio de niños menores de cinco años (ONU, 1992; en Cereceda y Schemenauer, 1997). Chile se encuentra en condiciones más favorables, debido a la puesta en práctica del Programa de Agua Potable Rural iniciado en la década de 1960, y que espera haber cubierto para el año 2000, la demanda del 100% de las localidades rurales concentradas.

2. El Programa de Agua Potable Rural (APR)

Este programa se enmarca dentro del área de Desarrollo Social y Calidad de Vida, del Programa Nacional de Superación de la Pobreza impulsado por el gobierno de Chile. Este programa intenta disminuir la pobreza y mejorar las condiciones y calidad de vida de las localidades más pobres del país mediante la aplicación de políticas asistenciales enfocadas principalmente a la educación, salud e infraestructura social (Silva F., 1996).

Durante los años 1964 a 1970, el APR estuvo a cargo de la Oficina de Saneamiento Rural del Ministerio de Salud; posteriormente, fue parte de las actividades del Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS), y hasta 1993 estuvo radicado en diversas reparticiones del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). A partir de 1994, el Departamento de Programas Sanitarios de la Dirección de Planeamiento del Ministerio de Obras Públicas se hizo cargo definitivamente del citado programa, a través de las Unidades Técnicas Regionales representadas por las empresas sanitarias de cada región del país. La mayor parte de este programa ha sido financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Los objetivos del programa APR son los siguientes: a) dotar de servicios de agua potable a la población beneficiaria, en condiciones de calidad y cantidad aceptables; b) disminuir las tasas de mortalidad y morbilidad provocadas por enfermedades de origen hídrico; c) lograr el mejoramiento de los hábitos y actitudes de la población rural respecto del agua potable; d) promover el desarrollo económico y social de las comunidades atendidas, a través del mejoramiento de sus condiciones sanitarias, y e) crear conciencia entre los habitantes, de su propia capacidad para resolver los problemas comunes (MOP, 1997).

Para un desarrollo óptimo de este programa se considera muy importante que la propia comunidad beneficiada asuma en forma responsable la administración, operación y mantenimiento del sistema, una vez que éste haya sido construido. La comunidad debe estar representada por una cooperativa o comité administrador del servicio (MOP, *ibid.*).

Para optar a los beneficios del APR se deben cumplir las siguientes exigencias mínimas: a) albergar como mínimo a 150 y como máximo a 3.000 habitantes; 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 a 12% de acuerdo a la metodología y criterios de MIDEPLAN (MOP, 1997).

Actualmente, el APR soluciona exclusivamente el problema de suministro de agua potable a localidades rurales concentradas, las que en total albergan aproximadamente un millón de personas. Un número similar de habitantes rurales no puede acceder a este beneficio debido a que su asentamiento es

disperso, o no cumple los requisitos del programa. Es este tipo de comunidades costeras marginadas del APR, el que podría acceder al abastecimiento de agua de buena calidad mediante el empleo de atrapanieblas, por cuanto este sistema de colección no requiere de grandes y costosas instalaciones, ni de energía eléctrica, y el flujo del agua se distribuye solamente por gravedad.

3. La niebla, agua para uso doméstico

Utilizar el agua de niebla como recurso hidrológico no es una idea nueva en el mundo; hay crónicas muy antiguas que relatan sobre su utilización y en artículos científicos de principios de siglo en Sudáfrica se hace referencia a lo mismo (Schemenauer y Cereceda, 1991). Sin embargo, Chile ha sido pionero en su empleo para el abastecimiento regular de agua potable a una localidad rural de más de 300 habitantes. Chile y Canadá han dedicado grandes esfuerzos para diseminar esta tecnología; tanto el Ministerio del Medio Ambiente como el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC/CIID), de Canadá así como la embajada de ese país en Chile, han financiado y promovido el sistema desde hace casi una década. Como fruto de dicha iniciativa, proyectos similares se encuentran ya en funcionamiento o en etapa de ejecución en Perú, Ecuador, México, Nepal, Namibia y Sudáfrica.

A partir del año 1992, el pueblo de Chungungo, ubicado al norte de La Serena en la Región de Coquimbo (29°27'S; 71°18'W), cubre sus necesidades de agua potable mediante 91 atrapanieblas, cada uno de ellos con una superficie de 48 m² de malla Raschel; estos instrumentos captadores han sido ubicados en la cima del cerro de la mina de El Tofo (780 m). Como se indicó, los 330 habitantes que vivían en esta caleta de pescadores consumían, antes de este proyecto, un promedio de 14 litros de agua persona/día y pagaban US\$ 8 por el m³ de agua, a pesar que su venta estaba fuertemente subsidiada por la Municipalidad de La Higuera. El suministro se hacía mediante un camión aljibe que acudía una o dos veces por semana; el agua se guardaba en cada casa en tambores metálicos de 200 litros. Las condiciones de higiene eran precarias, especialmente en cuanto a la disponibilidad de agua para los servicios sanitarios, y muchas veces la compra de agua estaba supeditada a la capacidad de almacenamiento que tenía cada familia.

Actualmente el agua se colecta mediante atrapanieblas, es conducida por una tubería de 6 km a un sistema de estanques de casi 180 m³ de capacidad, y distribuida a cada casa. El pueblo ha organizado su Comité de Agua Potable Rural, y al igual que las otras comunidades administra su propio recurso. Esta experiencia de administración comunitaria ha sido muy compleja, ya que no se contaba con ejemplos anteriores que entregaran experiencia en el manejo del recurso. Ha sido preciso adecuar un nuevo sistema comunitario para el abastecimiento de agua, adaptándolo a esta moderna tecnología alternativa. A pesar de las dificultades, y transcurridos ya siete años de su puesta en marcha, el sistema se comporta normalmente y la población cuenta regularmente con agua potable para el consumo e incluso para el riego de pequeños huertos caseros.

Si la colecta, distribución y almacenamiento del agua funcionan en forma normal, deberían llegar a la caleta en promedio 14.000 litros al día, o expresado en forma mensual, 420 metros cúbicos lo que equivale al viaje de 42 camiones aljibe de 10.000 litros de capacidad cada uno. Este cálculo se obtiene a partir del promedio de captación de 3,2 lt/m²/día, obtenido por los registros de los neblinómetros instalados desde 1987 hasta 1994 en El Tofo (Cereceda et al., 1997). Según Tyszka (1997) el consumo de agua en la caleta varía de los 7.000 litros diarios en época de invierno, a más de 15.000 en verano, período en la cual la población se duplica por la llegada de familiares y veraneantes. El pueblo ha crecido en tamaño y en población y se ha construido una nueva villa, que ha recibido el nombre de "Canadá" en honor al país que donó el sistema de dotación. Hoy sus calles ostentan árboles y una plaza arbolada da la bienvenida al visitante.

La Corporación Nacional Forestal (CONAF) habilitó una parcela para que las familias pudiesen cultivar sus flores y hortalizas. Asimismo, plantó especies arbóreas nativas y exóticas en dos parcelas, una en la cima del cerro de El Tofo y otra en las proximidades del pueblo. También se habilitó una planta para faenar pescado y marisco en la caleta. Los resultados obtenidos a la fecha no han sido tan exitosos como se hubiera esperado, ya que algunos años se puede encontrar la huerta con hortalizas y flores hasta en los más apartados rincones; en cambio, en otras oportunidades no se ven más de dos pequeños plantíos. Algo similar ha sucedido con la faena del pescado; se ha tratado de buscar la explicación a este hecho y se le vincula con la

hipótesis de que su antigua vocación pesquera no se compadece con los hábitos que demandan las actividades agrícola e industrial. También se especula que esto podría deberse al hecho de que este villorrio recibió siempre de la Empresa Minera Bethlehem Mining Co. y de la CAP la luz y el agua en forma gratuita hasta principios de 1970, sin que se exigiera ningún tipo de pago u organización comunitaria para su administración. Aún así, este enorme recurso potencial, tan a la mano de estas familias de pescadores, pareciera no motivar grandes proyectos de desarrollo.

Cualquiera sea la respuesta actual de la comunidad de Chungungo frente al desafío de una eficiente administración del recurso, es importante destacar que la niebla ha probado ser un recurso sustentable en el tiempo; los problemas que han surgido son sólo de carácter administrativo, o de construcción y/o reparación de los sistemas de almacenaje y conducción. En su período de funcionamiento, la presencia y abundancia de niebla se han mantenido en los niveles esperados.

Con este antecedente *in menti*, el equipo de investigación ha seguido haciendo estudios similares, prospectando otros sectores de la costa norte de Chile, con el pleno convencimiento que este generoso e inagotable recurso puede solucionar agudos problemas de agua en muchas caletas de pescadores. Se postula que también puede ser perfectamente aprovechado en horticultura, chacarería y en la pequeña minería, en proyectos ecológicos y aún en el turismo. Especialmente interesantes han resultado las investigaciones en las localidades de la costa sur de Iquique, Agua Salada, Carrizal Bajo y, más recientemente, Chañaral.

4. La población y su demanda de agua en la costa de la comuna de Iquique

Durante el año 1998, se realizó un estudio de la población de la costa de la comuna de Iquique, llevando a cabo un catastro sobre las condiciones sociales y económicas de los habitantes de varias caletas de pescadores. Se caracterizó el abastecimiento de agua y sus demandas mediante una encuesta que cubrió la totalidad de las viviendas ocupadas a la fecha de la visita, que correspondió a 49% del total inventariado por la Municipalidad de Iquique (Boroovic, 1998 con la colaboración de alumnos de la Escuela de Sociología de la Universidad Arturo Prat).

Según el Censo de Población y Vivienda de 1992, en el área costera vivían 640 habitantes, asentados en las caletas de Los Verdes, Chanabayita, Chanabaya, Río Seco, San Marcos y Chipana. Su población, mayoritariamente masculina, se dedicaba a las faenas del mar (410 hombres y 230 mujeres) ocupando en total 295 viviendas.

En agosto de 1998, fecha de la encuesta, había 592 personas en las seis caletas, distribuidas equitativamente según sexo. Chanabayita presentaba la mayor población y Chanabaya, la menor (tabla 1).

Tabla 1
POBLACIÓN TOTAL, POR CALETA Y SEXO, EN 1998

Caleta	Hombres	Porcentaje, Hombres	Mujeres	Porcentaje, Mujeres	TOTAL
Los Verdes	40	59	28	41	68
Chanabayita	100	52	93	48	193
Chanabaya	19	45	23	55	42
Río Seco	40	49	42	51	82
San Marcos	58	59	41	41	99
Chipana	62	57	46	43	108
Total	319	54	273	46	592

El rango de edad en los que se concentraba la mayor parte de la población, era el de 15 a 64 años (62%). Del total, 57% asistió o estaba cursando enseñanza básica y 31% cursó algún año o completó su educación media. De las 592 personas encuestadas, sólo 220 aportaban ingresos al grupo familiar (37%) y casi 70% de sus actividades se relacionaban con el mar (tabla 2).

Tabla 2
POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA, POR CALETA Y TIPO DE UBICACIÓN, EN 1998

Caleta	Pescador		Buzo		Asistente de Buzo		Recolector de Algas		Otro	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Los Verdes	1	4	7	30	3	13	1	4	11	49
Chanabayita	4	6	23	35	12	18	0	0	27	41
Chanabaya	0	0	3	18	5	29	4	24	5	29
Río Seco	1	4	8	29	7	25	0	0	12	42
San Marcos	2	5	22	53	9	21	0	0	9	21
Chipana	0	0	20	45	14	32	4	9	6	14
Total	8	4	83	37	50	23	9	4	70	32

En las seis caletas la vivienda es propia, en tanto que los terrenos pertenecen al Estado; la población espera recibir a corto plazo los títulos de dominio, para los cuales ha iniciado los trámites en el Ministerio de Bienes Nacionales (tabla 3). De las viviendas encuestadas 48% no tenía servicios higiénicos; del 52% que sí contaba con algún tipo de alternativa sanitaria, 30% tenía pozo negro (letrina), 19% fosa séptica, y 3% contaba con otra alternativa, por ejemplo baño químico (tabla 4).

Tabla 3
NÚMERO DE VIVIENDAS POR CALETA, EN 1998

Caleta	N° de Vivienda, según Municipalidad de Iquique	N° de Vivienda, según Encuestas	Porcentaje, Encuestado
Los Verdes	25	16	64
Chanabayita	125	45	36
Chanabaya	20	10	50
Río Seco	30	21	70
San Marcos	55	28	51
Chipana	40	25	63
Total	295	145	49

Tabla 4
TIPO DE SERVICIOS HIGIÉNICOS POR CALETA, EN 1998

Caleta	Fosa séptica (%)	Pozo negro (%)	Otro (%)	No (%)
Los Verdes	69	31	0	0
Chanabayita	16	42	0	42
Chanabaya	10	20	0	70
Río Seco	33	33	5	29
San Marcos	0	14	14	72
Chipana	8	28	0	64
Total	19	30	3	48

Del 68% de las viviendas que tenían luz, 41% se abastecía de la red del pueblo durante algunas horas del día. A la fecha de la encuesta, la población no pagaba por el servicio, a excepción de la caleta San Marcos, donde la gente cancelaba alrededor de \$ 4.000 (US\$ 8,0) mensuales.

El agua potable era suministrada semanalmente mediante un camión aljibe financiado por la Municipalidad de Iquique, es decir sin costo para los pobladores. Cada caleta contaba con uno o varios estanques para almacenarla, distribuidos por sectores, de acuerdo a la distribución de la población y a las características topográficas (tabla 5).

Tabla 5
NÚMERO DE ESTANQUES Y CAPACIDAD DE ALMACENAJE, POR CALETA, EN 1998

Caleta	N° de Estanques	Capacidad (litros)
Los Verdes	1	20.000
Chanabayita	2	1.000
	5	5.000
Chanabaya	1	5.000
Río Seco	2	1.000
	3	5.000
San Marcos	2	5.000
Chipana	3	5.000

Asimismo, 78% del total de viviendas encuestadas no tenía problemas para guardar el agua, la cual se almacenaba principalmente en bidones plásticos de 200 litros de capacidad. El sistema funcionaba regularmente, manifestando 53% de la población que la entrega de agua era suficiente para los quehaceres domésticos; el resto opinaba que no les alcanzaba para las necesidades básicas.

El consumo promedio diario por persona en las seis caletas era 16 litros, siendo Los Verdes la localidad que tenía el mayor consumo y Chanabaya el menor (tabla 6).

Tabla 6
CONSUMO DE AGUA POTABLE POR CALETA, EN 1998

Caleta	Litros/día/caleta	Litros/día/persona
Los Verdes	1.529	22
Chanabayita	3.026	16
Chanabaya	457	11
Río Seco	1.400	17
San Marcos	1.650	17
Chipana	1.657	15
Promedio Total	1.620	16

Prácticamente la mitad del agua consumida se utilizaba en el lavado de ropa, loza y trajes de trabajo de buzo, 26% en la cocina y 11% en el aseo personal; parte del agua se reutilizaba para diversos usos como el riego. Cabe destacar que la gente percibía que 14% del consumo diario lo ocupaba para beber.

En cuanto a la calidad del agua recibida, 65% de las personas que contestaron la encuesta, la percibía de buena calidad, 29% opinó que era regular, ya sea por falta de limpieza del estanque del pueblo o de sus propios recipientes. Sólo 6% la encontraba de mala calidad.

Al inquirirse sobre la posibilidad de contar con una cantidad de agua adicional, o mejorar el sistema mediante atrapanieblas o desalinización del agua de mar, 87% opinó que les gustaría recibir más agua para tener menos restricciones y poder cultivar su propio jardín; 93% estaría dispuesto a pagar por este mejor servicio. Al respecto, la mayoría de las personas entrevistadas conocían los sistemas alternativos, y varios de ellos estaban al tanto de los atrapanieblas que surten de agua a la caleta de Chungungo.

5. La población y su demanda de agua en Carrizal Bajo y Agua Salada

En mayo de 1999 un grupo de estudiantes del Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, hizo un estudio sobre la demanda y abastecimiento de agua potable en Carrizal Bajo, localidad costera situada al noroeste de Vallenar. Asimismo, analizó la geomorfología y topografía del cerro Negro, próximo al poblado, en vistas de la posible instalación de un sistema de atrapanieblas (Boroevic, et al., 1999). En junio de 1999, el asentamiento rural disperso de Agua Salada, ubicado al norte del pueblo de Los Vilos, fue encuestado con los mismos fines por otro grupo de estudiantes, y se llegó a la conclusión de que éste podría ser abastecido mediante agua de niebla del cerro Talinay (Díaz, et al., 1999). El método de estudio y el sistema de encuesta fue el mismo que el utilizado en Iquique, por lo que es posible comparar sus resultados.

A. Carrizal Bajo

Carrizal Bajo se ubica en la Región de Atacama 40 km al norte del puerto de Huasco. Fue un puerto minero que tuvo vida gracias a la riqueza minera del sector, lo que le significó una época de esplendor que duró hasta las primeras décadas del siglo XX, y su población sobrepasó los 1.000 habitantes con más de 100 viviendas. A la fecha de la encuesta (1999) había sólo 32 casas habitadas. La mayor parte de la población ha emigrado a Vallenar, Huasco y a otras caletas de más al norte. En los meses de verano, el pueblo se ve invadido tanto por veraneantes como por familiares que estudian o trabajan fuera de la localidad. Se encontró durante el trabajo de terreno, una población de 100 habitantes distribuida equitativamente según sexo, cuyo 55% tenía entre 15 y 64 años, en tanto que 36% tenía de 0-14 y sólo 9%, más de 65 años. En cuanto a la educación, se pudo constatar que 58% cursó o estaba cursando la educación básica y 19% logró acceder a la educación media. Del total, 19% era analfabeto y sólo 3% alcanzó la educación superior (profesores de la escuela).

La población económicamente activa correspondía a 37%, la cual mayoritariamente se dedicaba a las actividades del mar (73%), de ésta algo más de la mitad eran buzos o pescadores y casi 20% se dedicaba a la recolección de algas en las playas aledañas. El 27% tenía otros oficios: específicamente, el comercio y la educación básica o de párvulos del pueblo. Las dueñas de casa representaban 33% y los jubilados 6%; el resto de la población pasiva eran estudiantes o niños menores de cinco años.

Las viviendas se encontraban en proceso de regularización de sus títulos de dominio a través del Ministerio de Bienes Nacionales, ya que sus terrenos pertenecen al Estado. Casi 15% no tenía servicios higiénicos, 63% poseía pozo negro o letrina y 22% fosa séptica. El pueblo disponía de un servicio de luz eléctrica durante cuatro horas mediante un generador a petróleo, el que beneficiaba a casi 20% de las viviendas. Por ello los usuarios pagaban \$ 2.500 al mes (US\$ 5,0), 65% se proveía de ella por su cuenta, y sólo 16% carecía de luz eléctrica.

El suministro de agua potable se realizaba cada 15 días mediante un camión aljibe de 10.000 litros de capacidad, el que era enviado por la Municipalidad de Huasco, la que cobraba un costo fijo mensual de \$ 1.000 (US\$ 2,0); el dinero así recaudado se utilizaba en la compra de combustible para el generador. No había estanque de acumulación para el agua en el pueblo; sin embargo, las familias tenían 3 a 4 tambores plásticos o metálicos donde guardaban el agua. Al ser consultados sobre sus requerimientos y el abastecimiento real de agua, 63% opinó que era insuficiente, en tanto que el resto se sentía satisfecho.

El promedio diario de consumo de agua potable por persona llegaba a la fecha de la encuesta a los 15 litros, siendo los usos más frecuentes el lavado (43%) y la cocina (41%); el resto era utilizado en el aseo personal y bebida. Con respecto a la percepción de la calidad del agua y al interés por contar con un mejor suministro, 75% opinó que el agua era de buena calidad, 40% señaló tener problemas de acopio y 94% estaría dispuesto a pagar más para disponer de un mejor servicio y de una cantidad mayor de agua potable.

Llama la atención la resignación de la población ante la precariedad del sistema, ya que la mayoría dijo no tener problemas de salud por la calidad del agua y 56% opinó que estaba conforme con el sistema actual, por lo que no tenía mayores quejas (aún cuando pagaría por una mejor provisión de agua). A pesar de esa percepción generalizada, el paramédico del lugar, que también contestó la encuesta, opinó que los problemas intestinales eran frecuentes en la población.

B. Agua Salada

El asentamiento disperso de Agua Salada se ubica en la comuna de Canela, provincia del Choapa, en la Región de Coquimbo, 50 km al norte de Los Vilos. Este caserío de 11 viviendas se emplaza en la gran planicie litoral y está muy próximo a la carretera Panamericana. Aún cuando se encuentra a pocos kilómetros de la costa, aquí no se encuentra “gente de mar”, sino sólo agricultores del secano costero semiárido. Las condiciones de aridez y las constantes y severas sequías definen aquí un quehacer agrícola ganadero extremadamente difícil.

A la fecha de la encuesta, en 1999, se pudo conocer la situación de la totalidad de la población, ya que en todas las casas se respondió el cuestionario. Las 59 personas, se distribuían equitativamente según sexo. La vivienda que tenía más habitantes era ocupada por diez personas y la que menos, por una persona. La mayor parte de la población se encontraba en el rango de los 15-64 años, siendo 18% menor de 14 años y sólo 5%, mayor de 65. Respecto del nivel de escolaridad de los jefes de hogar y de sus cónyuges, sólo dos habían llegado a la educación media, sin haberla finalizado y tres personas nunca asistieron a la escuela; el resto cursó algunos años de la educación básica.

Aproximadamente 60% se consideraba como población económicamente activa, siendo difícil especificar más, ya que las mujeres se dedican a las labores del hogar y los hombres a la agricultura y ganadería; pero como es la tradición en el campo de la zona, la mujer colabora con el marido tanto en los cultivos como en las faenas de la crianza de cabras, ovejas y aves de corral. Las actividades productivas eran de subsistencia y las mujeres asistían a un taller de tejido con el fin de incrementar sus entradas.

Agua Salada recibía el agua potable por medio de un camión aljibe, una vez a la semana, enviado por la Municipalidad de Canela, la cual subsidiaba el costo del servicio. Según la población encuestada, en un año normal, es decir con precipitaciones invernales cercanas al promedio esperado, el agua tendría un costo semanal de \$ 1.200; en años de sequía el agua es gratuita.

En la época de la encuesta, de acuerdo a lo manifestado por la población, el consumo promedio de agua registrado fue de 18,7 lt/hab/día. El agua se almacenaba en tambores de 200 litros y era el conductor del camión quien se preocupaba de hacer entregas equitativas según el número de habitantes de cada vivienda. El 80% estimó que el agua era suficiente y se adaptaba a esta situación con resignación; había oportunidades en que el camión no podía abastecerlos y debían buscar otras fuentes alternativas. El mayor consumo de agua se hacía en el lavado de ropa, y en segundo lugar el aseo personal; les seguían el agua para cocinar y beber. Se requería agua para regar y para bebida de las aves de corral, reutilizando el agua ocupada en otros fines.

En relación con la percepción del consumidor, 63% calificó el agua como de regular calidad ya que la encontraban turbia, salobre o con exceso de cloro. Más de la mitad de las familias percibía tener problemas para acopiar el agua, ya sea por la ubicación de los tambores o por el estado en que se encontraban. El 100% opinó que desearía disponer tanto de mayor cantidad de agua, como de mayor regularidad en la entrega. Sin embargo, 64% de los encuestados aceptaba el sistema existente, pero si tuviese que pagar por agua de mejor calidad, como sería el caso de los atrapanieblas, se manifestó dispuesto a hacerlo.

6. La colección de agua de niebla en Alto Patache, al sur de Iquique

Durante dos años consecutivos (junio de 1997- agosto de 1999) se ha monitoreado la colección de agua de niebla en la cima del acantilado de Punta Patache mediante un neblinómetro, colector provisto de 1 m² de malla Raschel (SFC), según el método empleado por Schemenauer y Cereceda (1992). Los resultados han sido especialmente interesantes por cuanto se ha estudiado un año de fenómeno de El Niño y otro de La Niña. Se ha demostrado que, si bien la colecta de agua en el primero de ellos fue sustancialmente mayor, la captación en el segundo ha sido igualmente promisoria desde el punto de vista de la extracción del agua de niebla para el aprovechamiento y consumo humano. Los últimos datos (marzo de 2000) indican, además, que el comportamiento del año 1999 es claramente superior a 1998, por lo que se deduce que aún en períodos de ausencia del fenómeno de El Niño la productividad en este sitio es notable.

El promedio obtenido en el período de 24 meses de medición ha llegado a algo más de 8,0 lt/m²/día. Esto significa que si en Chungungo se obtiene, empleando 91 atrapanieblas, la cantidad de 14.000 litros al día en promedio, aquí en Alto Patache, con esos mismos colectores se alcanzaría la cantidad de 35.000 litros diarios, lo que permitiría abastecer a 1.000 personas con 35 litros de agua cada día, cantidad varias veces mayor a todos los consumos reseñados más arriba.

Un número prudente de atrapanieblas, de fácil manejo y mantención, es de 50 aparatos. Si se considera para cada uno una superficie útil de 50 m² cubierta por malla Raschel, el sistema tendría 2.500 m² de superficie de intercepción de las gotas de agua de niebla. Si se analiza la estadística de estos dos años, se puede constatar que en el mes de septiembre de 1997, que fue el de mayor rendimiento, se habría obtenido en una semana casi 100 m³ de agua. En el mes en cuestión se habría tenido un rendimiento diario promedio de 70.000 litros, y se habrían podido acopiar 2.100 m³. Si un camión aljibe tiene una capacidad de 10.000 litros, en el caso mencionado, en un solo día “habrían llegado” 7 camiones. Dicho de otra manera, la Municipalidad de Iquique habría podido contar con 210 “camionadas” de agua en ese mes, para los usos que hubiese estimado conveniente.

Entre julio de 1997 y agosto de 1998, el rendimiento fue de 10,8 lt/m²/día; eso significa que si se hubiese dispuesto de un sistema de 50 atrapanieblas se habrían tenido en ese año 11.300 m³, cifra muy interesante para cualquier proyecto de dotación de agua potable rural.

El mes en que menos agua se obtuvo fue enero de 1999, con casi 1 lt/m²/día; eso significa que con la dotación de 50 atrapanieblas se habrían generado solamente 2.500 litros. Por lo tanto, se hace indispensable disponer de un estanque de acumulación que permita acopiar agua para aquellos meses que presentan menor rendimiento. Cabe hacer presente que nunca ha habido allí un mes sin niebla; se encontró en los 26 meses monitoreados hasta ahora (agosto 1999), una sola semana en la que no se colectó agua de acuerdo con el neblinómetro de Alto Patache.

7. Los atrapanieblas, una solución alternativa para los problemas de abastecimiento de agua rural en el sector costero.

En todos los casos aquí estudiados se dan las condiciones para aprovechar la niebla con el fin de mejorar la calidad del suministro de agua potable de sus habitantes. En efecto, debido a sus características geográficas y topográficas, el Norte de Chile presenta numerosos lugares donde se encuentra la presencia casi constante de nubes estratocúmulos. Estas, una vez formadas en el océano se desplazan hacia el continente, de tal modo que al chocar con la barrera ofrecida por la cordillera de La Costa se transforman en la niebla conocida localmente como “camanchaca”. Por lo tanto, se requiere la presencia de ciertas características orográficas y topográficas, tales como cerros que intercepten la nube a una altitud dada y otros factores geográficos que condicionan el comportamiento del viento. Esto es lo que en definitiva controla el potencial de colección de agua de niebla en un sector dado de la costa.

Parece posible asociar a cada una de las caletas del sur de Iquique, una montaña o cordones de cerros pertenecientes a la cordillera costera, lo que permitiría la instalación de atrapanieblas. Lo mismo sucede en la localidad de Carrizal Bajo, donde a menos de 7 km se encuentra el cerro Negro con casi 800 m, altitud adecuada para instalar instrumentos colectores. Algo similar se da en Agua Salada respecto del cerro Talinay; aquí se presenta una distancia similar hasta el poblado. Todas las cimas de las montañas muy próximas al mar podrían presentar un potencial interesante para la instalación de atrapanieblas, algunas con más problemas que otras, dependiendo de las condiciones del relieve de cimas y rellanos y de la exposición a los vientos predominantes. Debido a que los lugares no son siempre idénticos, antes de proponer un proyecto concreto de dotación de agua será preciso evaluar cuidadosamente cada caso mediante captaciones experimentales previas durante un período prudente. Para asegurar el éxito, se requiere un amplio dominio de los parámetros físicos, climáticos y geográficos que condicionan la existencia de la camanchaca. Sería un grave error creer que para producir agua basta conocer la “técnica” de confección de estos instrumentos captadores. En este sentido, no cualquier caleta costera del Norte de Chile presenta condiciones, desde el punto de vista económico, para ser abastecida por este sistema no tradicional. En algunos casos, el alto costo de conducción del agua, por la distancia desde la fuente productora, podría restar interés a la utilización de este sistema.

Para calcular el número de atrapanieblas que se requeriría para abastecer los poblados estudiados, es necesario analizar previamente el rendimiento de agua por atrapanieblas según el potencial de colecta de agua para cada sector. Así, para la costa de Iquique, según monitoreo de dos años seguidos a 800 m en el sitio de Alto Patache, un colector de 1 m² (SFC) produjo un promedio algo superior a los 8 L/m²/día. Esto significa que el rendimiento diario por cada atrapanieblas con 50 m² de malla Raschel sería de 400 litros. En el caso de los poblados de Carrizal Bajo y de Agua Salada, los rendimientos podrían acercarse a lo que ha sido estudiado en El Tofo por 7 años consecutivos (3,2 lt/m²/día), lo que se traduciría en una colecta de 160 litros diarios por cada atrapanieblas. Es necesario insistir en que pequeñas diferencias de altitud, de relieve o de exposición, pueden significar notables diferencias en la captación.

Para ilustrar el potencial del sistema, se considerará teóricamente el caso de San Marcos, poblado que requiere 1.650 litros de agua al día para abastecer a sus habitantes, los que consumen 17 litros en promedio cada uno. Se puede adoptar la hipótesis preliminar de obtener en las cercanías una colecta de agua de 50% de los rendimientos obtenidos en el sitio experimental de Alto Patache, es decir, el siguiente cálculo se hará a base de 4 lt/m²/día. En consecuencia, al dividir los 1.650 litros necesarios por 200 (producción estimada de un atrapanieblas de 50 m² en esa zona), su demanda sería satisfecha con 8

colectores. Esto siempre y cuando los cerros próximos entregaran una cantidad semejante de agua. El costo de los materiales de cada colector y el flete es del orden de \$ 200.000 (US\$ 400,0); si la comunidad pusiera la mano de obra, los 8 colectores no costarían más de \$1.600.000 (US\$ 3.200).

Ahora bien, si lo que se pretende es duplicar la dotación actual y hacerla más regular, así como distribuir el agua directamente a las viviendas, serían necesarios 16 atrapanieblas. Esto en teoría, ya que se requiere comprobar previamente la potencialidad concreta de los cerros costeros inmediatos. El uso de parámetros geográficos y de bioindicadores, en especial de la presencia, distribución y riqueza de cierta flora costera, es una etapa fundamental para una primera aproximación al problema de dotación de agua. La experiencia de este equipo tras 26 meses de observación continuada en los cerros de Alto Patache, ha entregado mucha información sobre el tema de los bioindicadores aptos para esta zona.

Cualquiera que sea el número de atrapanieblas que se quiera instalar, los costos de conducción del agua, almacenamiento y de distribución en los pueblos se mantendrán fijos y son similares a las inversiones que se hacen con cualquier fuente de suministro. Esto es válido si la fuente es un embalse superficial, un pozo de agua subterránea o un sistema de desalinización; con la diferencia de que a estos últimos hay que agregar el costo de la energía eléctrica necesaria para el bombeo.

Manteniendo la hipótesis de 50% de los rendimientos obtenidos en Alto Patache (4 lt/m²/día), en la generalidad de los sectores de interés para abastecer los asentamientos humanos situados al sur de Iquique, se estiman los siguientes costos para los sistemas colectores de agua (tabla 7).

Tabla 7
ESTIMACIÓN DE COSTOS DEL SISTEMA DE ATRAPANIEBLAS PARA LAS CALETAS DEL SUR DE IQUIQUE

Caleta	lt/día alt #1	Número de Atrapanieblas	lt/día alt # 2	Número de Atrapanieblas	Costo en US\$ Alternativas	
					#1	#2
Los Verdes	1.520	8	3.040	14	3.040	6.080
Chanabayita	3.026	15	6.520	30	6.520	13.040
Chanabaya	457	2	914	4	914	1.828
Río Seco	1.400	7	2.800	14	2.800	5.600
San Marcos	1.650	8	3.300	16	3.300	6.600
Chipana	1.657	8	3.314	16	3.314	6.628

NOTA: Alternativa #1 = Demandas a base de un estándar de 16 lt/hab/día.

Alternativa #2 = Demandas a base de un estándar de 32 lt/hab/día.

En cada caso habría que agregar el costo correspondiente a la instalación de la cañería que transporte el agua desde los atrapanieblas al poblado, el estanque y el sistema de distribución casa a casa, los que, como se señaló, son fijos para cualquier tipo de provisión.

Como ejemplo cabe señalar que no sería rentable utilizar el sistema con uno o dos atrapanieblas para entregar 500 ó 1.000 litros diarios a una localidad como Chanabaya. Esto debido a que habría que instalar una cañería de al menos un par de kilómetros desde la cima del acantilado a la caleta, y luego un depósito que almacene el agua para los días en que no hay niebla. Ese gasto no se justifica, de modo que en casos como éste es aconsejable buscar usos alternativos para que además de abastecer los requerimientos de uso doméstico, pueda haber algún beneficio adicional. Excelentes posibilidades son la habilitación de huertos o chacras, así como jardines o parques para veraneantes y turistas que visitan el sector y que podrían significar un ingreso económico adicional para los residentes.

En los casos de Carrizal Bajo y Agua Salada, los costos son elevados debido a que el rendimiento de la niebla en los cerros aledaños es menor (tabla 8).

Tabla 8
COSTOS DEL SISTEMA DE ATRAPANIEBLAS PARA CARRIZAL BAJO Y AGUA SALADA

Caleta	lt/día alt # 1	Número de Atrapanieblas	lt/día alt. # 2	Número de Atrapanieblas	Costo en US\$ Alternativas	
					# 1	# 2
Carrizal Bajo	1.500	9	3.000	18	3.600	7.200
Agua Salada	1.103	7	2.206	14	2.800	5.600

En estos dos casos son igualmente válidas las consideraciones hechas para los poblados del sur de Iquique.

8. Conclusiones

- Dado el alto costo de conducción de agua potable desde la alta cordillera de Los Andes o de la pampa del Tamarugal hasta los poblados y caletas costeros, es evidente que es aconsejable estudiar en detalle la posibilidad de utilizar en un futuro próximo el sistema de los atrapanieblas para surtirlos de agua.

- La experiencia adquirida en Alto Patache, que lleva ya 26 meses de mediciones sistemáticas, unida a la experiencia recabada en El Tofo en años recientes, da plena certeza sobre la posibilidad de colectar, acumular y bajar el agua hasta el plano costero. No sólo por la gran cantidad de agua disponible (8,4 lt/m²/día), sino por la escasa distancia a las planicies, necesitándose salvar una altura de sólo 700 m de un relieve poco complicado.

- La inestabilidad poblacional demostrada por los habitantes de estos asentamientos costeros del Norte Grande y Norte Chico depende en gran medida de la disponibilidad de agua de buena calidad y en una relativa abundancia. El abastecimiento actual de agua, mediante el sistema de transporte en camiones aljibes, siempre será caro, errático e impredecible, sujeto a toda clase de contingencias; este sistema, obviamente ha limitado e impedido el crecimiento de dichos asentamientos. Por la vía convencional, esta situación sólo podría revertirse en el caso que la autoridad extienda hacia el sur la aducción de agua potable que actualmente conecta la ciudad de Iquique con el aeropuerto de Chucumata, atendiendo a su paso la pequeña comunidad asentada en la caleta de Los Verdes. Dada la dispersión de las localidades señaladas, la escasez del recurso y el poco significativo volumen de demanda que estos involucran, se considera muy improbable la adopción de una decisión de esta naturaleza en una perspectiva de corto y mediano plazo.

- Se estima que la experiencia ya alcanzada en este campo podría constituir además un acicate para la creación de pequeños asentamientos humanos en sitios donde no existe hoy población humana, y donde se haya constatado la existencia de los parámetros topográficos, climáticos y biogeográficos indispensables para hacer exitosa la aplicación del sistema de atrapanieblas. De esta suerte, se puede perfectamente, en un plazo de 3 a 5 años, prever con exactitud donde se podrían localizar dichos poblados y predecir su vocación económica y funcional más conveniente (turística, pesquera, agrícola, de recreación, de exclusión ecológica, etc.). Así no se tendría que solucionar el problema de asentamientos precarios, improvisados e inorgánicos, instalados en sitios de muy complicado abastecimiento de los servicios básicos.

- Aquellas áreas que a juicio de los científicos y ecólogos deban ser resguardadas para la posteridad por la existencia *in situ* de un rico y frágil ecosistema de vida, deberían ser propuestas a la CONAF para recibir un estatuto especial de protección, en calidad de reservas de la vida. En esas áreas, previo estudio de su potencial biótico, no debería establecerse ninguna comunidad humana, para lograr la supervivencia y permanencia en el tiempo de sus ecosistemas, tanto marinos como terrestres.

Los autores agradecen a los diferentes equipos que realizaron los estudios de terreno, especialmente a: J. Silva, C. Leyton, J. Bustamante, C. Morales, L. Vergara de la Universidad Arturo Prat; a A. Díaz, P. Díaz, M. Edwards,

V. Hernández, D. Orellana, E. Salazar, L. Sepúlveda, C. Suzuki de la Pontificia Universidad Católica de Chile. También a nuestras grandes colaboradoras M. Peña, M. Bastías y S. Choque.

Bibliografía

Bethemont J. (1980): Geografía de la utilización de las aguas continentales. Editorial Oikos Tau, Barcelona, España.

Borojevic X. (1998): El agua potable y la factibilidad del uso de las nieblas costeras en las caletas pesqueras de Iquique, Región de Tarapacá, Chile. Seminario de Grado Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Borojevic X., Díaz P., Edwards M., Hernández V., Salazar E. y C. Suzuki (1999): Análisis de posibles sitios para la captación de agua de niebla en Huasco – Carrizal Bajo, Región de Atacama. Informe de terreno III. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Cereceda P., Schemenauer R.S. y R. Valencia (1992): Posibilidades de abastecimiento de agua de niebla en las localidades costeras de Antofagasta. Revista de Geografía Norte Grande, 19, 3-14.

Cereceda P., Schemenauer R.S. y M. Suit (1992): An alternative water supply for Chilean coastal desert villages. Intl. J. Water Resources Development, 8, 53-59

Cereceda P. y R.S. Schemenauer (1997): Agua en el Aire. Revista Universitaria N° 56, Santiago, Chile, 45-49

Díaz A., Sepúlveda L. y D. Orellana (1999): Evaluación del consumo de agua potable en el poblado de Agua Salada, comuna de Canela, provincia de Choapa, IV Región de Coquimbo. Informe final. Curso Casos de Estudio en Geografía Física, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Droplets (1997): Water Resources for 21st Century, African Water Network, Kenya.

Llanos, H., (1997): Una preocupación de la comunidad internacional. Revista Universitaria N° 56, Santiago, Chile, 31-33.

Mideplan (1996): Informe final: Definición institucional para la operación de los proyectos de saneamiento rural disperso. Ministerio de Planificación y Coordinación, Santiago.

Ministerio de Obras Públicas (MOP), (1997): Memoria: Agua Potable Rural, Santiago, Chile.

Schemenauer R.S. y P. Cereceda (1991): Fog water collection in arid coastal locations. Ambio, 20 #7, 303-308.

Schemenauer R.S. y P. Cereceda (1992): A proposed Standard Fog Collector for high elevation fog. Journal of Applied Meteorology.

LA NIEBLA, AGUA POTABLE PARA ZONAS RURALES

**P.Cereceda¹, H. Larrain², P. Lázaro³ P. Osses¹,
R. S .Schemenauer⁴ y X. Borojevic¹**

Proyecto Fondecyt 1971248

Resumen:

En el presente artículo se analiza la niebla como recurso hidrológico y la situación de abastecimiento actual de agua en algunas caletas de pescadores del norte de Chile. El Programa de Agua Potable Rural ha cumplido su objetivo de dar agua a la mayor parte de los asentamiento rurales de más de 300 habitantes. Numerosas caletas de pescadores de las primeras regiones de Chile en general tienen poblaciones muy escasas y precaria infraestructura, de modo que, por ahora, no pueden optar a este programa. El sistema de atrapanieblas ha sido probado en Chile y otros lugares del mundo y ha demostrado ser una alternativa viable para solucionar problemas de escasez de agua potable en comunidades rurales. Aquí se analiza la situación de consumo de agua en seis caletas en la región de Tarapacá y dos de Atacama, así como la factibilidad de aprovechar la niebla para abastecerlas. Cabe destacar que en todas ellas, el abastecimiento se hace mediante camión aljibe y sus habitantes consumen menos de 15 litros de agua al día. Todas ellas pueden aprovechar el recurso niebla, ya que en sus inmediaciones tienen las condiciones geográficas para contar con la presencia de niebla permanentemente.

Abstract:

In this article, fog is analysed as an hydrological resource. The situation of the actual use of water in fishing villages of northern Chile is discussed. The Rural Potable Water Programme has accomplished its objective to give water to rural communities of more than 300 inhabitants. Many fishing villages of the first four regions of Chile that have less population cannot apply to this programme by now. The fog collection system has been proven in Chile and in other places of the world and it has been demonstrated that it is a viable alternative of solution to water problems in rural communities. Here, the situation of water consumption and the possibilities of fog as water supply is analysed in six fishing villages of Tarapacá and two in Atacama. In all the places studied, the inhabitants use less than 15 litres of water per day. It is possible to collect water from fog in all of them, because they have the geographical conditions to have abundant fog and constantly during the year.

