

Factibilidad técnica y de salud pública de la recolección de aguas nieblas: Estudio de caso

A case study regarding the technical and public health feasibility of collecting water from fog

César A. García-Ubaque¹, Martha L. Vaca-Bohórquez² y Juan C. García-Ubaque³

1 Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. cagarciau@udistrital.edu.co

2 Consultora, Investigadora Independiente. Bogotá, Colombia. ml.vaca68@uniandes.edu.co

3 Departamento de Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. jcgarciau@unal.edu.co

Recibido 18 Marzo 2012/Enviado para Modificación 22 Abril 2012/Aceptado 12 Enero 2013

RESUMEN

Objetivos Evaluación para consumo humano de la captación de aguas nieblas en el municipio de San Antonio (Cundinamarca).

Método Se recolectó agua niebla mediante un prototipo de captador de 6 m², que se instaló en el área durante 53 días consecutivos y se analizó el agua recolectada para evaluar su viabilidad para consumo humano.

Resultados El volumen promedio diario de captación en la zona fue de 43,26 L/día y los parámetros de potabilidad evaluados cumplen con los valores mínimos establecidos en el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, con excepción del pH.

Conclusión Esta alternativa para captación y uso de agua plantea opciones alternativas y puede escalarse para producir las cantidades necesarias en comunidades asentadas en zonas de baja precipitación, adicionalmente, la calidad del agua recolectada en esta zona es adecuada para consumo humano, por lo que mejora las condiciones de salud de la población. Se sugiere realizar una evaluación de factibilidad económica para su aplicación y sostenibilidad.

Palabras Clave: Captación de neblinas, abastecimiento rural de agua, saneamiento ambiental (*fuentes: DeCS, BIREME*).

ABSTRACT

Objectives Evaluating the collection of water for human consumption from fog nets in San Antonio (Cundinamarca department).

Method Water was collected from fog using a prototype 6 m² sensor unit which was installed in the area for 53 days; this water was analysed to assess its quality regarding human consumption.

Results The collection area's average daily volume was 43.26 L/day and the parameters evaluated met the minimum values established by local regulations for drinking water (RAS 2000), except for pH.

Conclusion This technique represents an alternative for obtaining water fit for human consumption and can be scaled-up to produce the quantity needed for communities living in low rainfall areas. It can thereby lead to improving such populations' health conditions. Its economic feasibility should thus be assessed regarding its implementation and sustainability.

Key Words: Water collection from fog, rural water supply, sanitation (*source: MeSH, NLM*)

La recolección de agua de niebla con el propósito de producir agua limpia es una tecnología sustentable y económica que se ha estudiado, evaluado y aplicado en lugares muy variados del mundo, como: Chile, Ecuador, Croacia, España, Namibia, Cabo Verde y Sudáfrica, entre otros(1-4). Estos proyectos de recolección han sido orientados generalmente a proveer de agua potable a comunidades que sufren escasez y/o intermitencia en el suministro y como apoyo de procesos agrícolas y de reforestación (5-7) y es una estrategia de supervivencia utilizada por organismos vivos en ambientes extremadamente áridos (8-10).

Una de las ventajas de este método de obtención de agua, consiste en que el agua es captada mediante métodos pasivos (no requieren suministro de energía adicional) aprovechando las condiciones climáticas que favorecen la formación de niebla densa, por lo cual pueden atender necesidades de comunidades situadas en zonas marginales. En Colombia las zonas que presentan este tipo de características se ubican en las tres cordilleras, en las serranías de San Lucas, La Macuira, Baudó, La Macarena, la Sierra Nevada de Santa Marta y el cerro Tacaruna, entre los 1.500 y los 3.800 metros de altura sobre el nivel del mar. Otros autores incluyen las sierras de San Jacinto y Chamuza, el cerro Murrucucú, las islas Providencia y Gorgona y las serranías de Aspare, Chiribiquete, Puinawai y Naqué (11).

La recolección se hace mediante mallas captadoras, suspendidas y orientadas en sentido perpendicular al flujo del viento, de modo que la nube de niebla sea arrastrada hacia ella (1,12-14). Cuando las gotas de agua suspendida que conforman la niebla hacen contacto con el tejido de la malla, éstas sufren un cambio de energía superficial que favorece la formación de gotas de mayor tamaño, que se adhieren, aglutinan y escurren por la malla misma, para ser almacenadas en tanques (1).

En los proyectos de recolección de niebla llevados a cabo en el mundo, suelen buscarse lugares de muy poca precipitación, cerca de cuerpos grandes de agua que provean la evaporación masiva necesaria para la formación de nubes, es decir, lagos u océanos, y un factor de condensación rápida para la formación de niebla al nivel del suelo, como la elevación del terreno (1-2, 12-14). Al tener un sistema montañoso paralelo a su costa pacífica, Colombia es un país que presenta características primarias favorables para la recolección de agua de niebla; sin embargo, la investigación en captación y gestión de este recurso de agua potable aún es muy incipiente. Molina y Escobar publicaron en 2008 un estudio de la variabilidad en la recolección de agua de niebla en la zona montañosa del suroeste de Colombia (4), y concluyeron que los resultados permiten plantear la posibilidad de aplicaciones a gran escala para esta tecnología en diferentes zonas del país.

En muchos de estos lugares donde la disponibilidad de agua para consumo humano de buena calidad es escasa e inestable, una alternativa como esta provee una solución costo-efectiva para problemas relacionados con enfermedades derivadas de mala calidad del agua, como dengue, malaria, cólera, hepatitis A e intoxicaciones, entre otras (15,16), que de acuerdo con la Defensoría del Pueblo (17), durante el año 2007 sumaron 173 712 casos en el país, frente a 154 357 casos en el 2006, lo que representa un aumento del 12,2 %.

En este estudio se captó y caracterizó agua niebla recolectada en el Municipio de San Antonio (Cundinamarca), que se localiza en una zona geográfica favorable y evaluar esta tecnología como una alternativa de suministro complementario de agua potable en zonas rurales cercanas a Bogotá D.C. (18).

METODOLOGÍA

Se construyó un captador de tela de poliéster del tipo geotextil con varias caras de manera que en un espacio relativamente pequeño se optimizara la superficie de recolección de agua, con un área total de 6 m² y separado 1 m del suelo (Figura 1); se instaló en un área cercana a la reserva natural de Chicaque, en el municipio de San Antonio (Cundinamarca) que presentaba condiciones climáticas favorables.

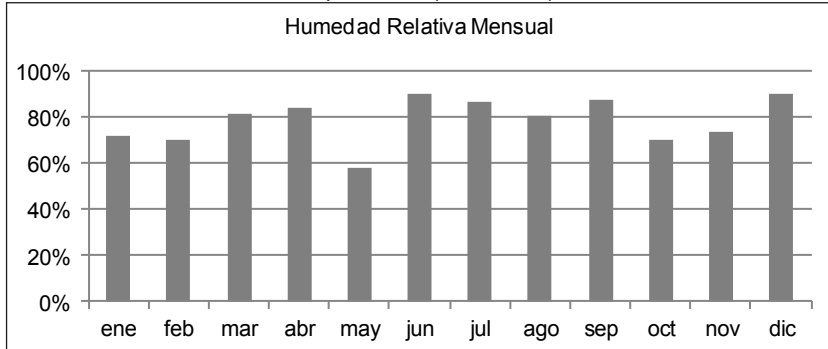
Figura 1. Captador instalado (18)

En la Figura 2, se puede observar la media histórica de la humedad relativa de la Estación Boquemonte, en el municipio de Soacha, cercana al sitio de captación (19). Al estar por encima de 70 % en prácticamente todos los meses del año, se confirma el potencial que tiene la zona para una recolección efectiva de agua niebla para consumo humano.

Mediante medición directa, se obtuvo el registro diario del volumen de agua recolectado durante 53 días consecutivos. Con el valor promedio diario y el área efectiva del captador utilizado, se calculó el Índice de Producción Media de Agua Niebla expresado en L/m²-día, para la zona de estudio. Con la determinación de este índice y el valor de suministro de agua potable para una actividad de vida media sin incluir cultivos que propone el reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 de 100 L-Habitante/día (20), es posible establecer el área mínima de captadores requerido según el número de habitantes a surtir con este servicio.

Además de registrar la producción volumétrica diaria de agua, se analizaron las características físicas, químicas y biológicas del agua captada, de acuerdo con los requerimientos para aguas de consumo humano establecidos por el RAS 2000.

Figura 2. Promedio Humedad relativa mensual - Estación Meteorológica Boquemonte (Abril 2012)



RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la recolección volumétrica de agua por captación e índices de producción, se muestran en las Tablas 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1. Recolección de agua del captador de agua niebla

Fecha	Producción volumétrica de agua (L)	Fecha	Producción volumétrica de agua (L)	Fecha	Producción volumétrica de agua (L)
19-mar	31,0	05-abr	33,5	22-abr	54,0
20-mar	35,0	06-abr	38,5	23-abr	51,5
21-mar	33,5	07-abr	43,0	24-abr	44,5
22-mar	36,0	08-abr	32,5	25-abr	46,5
23-mar	38,5	09-abr	42,0	26-abr	45,5
24-mar	43,0	10-abr	46,5	27-abr	48,0
25-mar	42,0	11-abr	44,5	28-abr	49,0
26-mar	36,0	12-abr	39,5	29-abr	46,5
27-mar	46,5	13-abr	40,5	30-abr	49,0
28-mar	39,5	14-abr	49,0	01-may	45,5
29-mar	34,5	15-abr	44,5	02-may	53,0
30-mar	36,0	16-abr	42,0	03-may	50,5
31-mar	36,0	17-abr	46,5	04-may	49,0
01-abr	42,0	18-abr	42,0	05-may	51,5
02-abr	39,5	19-abr	46,5	06-may	50,5
03-abr	38,5	20-abr	44,5	07-may	43,0
04-abr	44,5	21-abr	49,0	08-may	46,5
				09-may	49,0

Tabla 2. Índices de producción

Producción media (L/día)	43,26
Desviación estándar (L/día) y %	5,775 - 13,34 %
Área efectiva del captador (m ²)	6,0
Producción de agua niebla (L/m ² -día)	7,21

En la Tabla 3 se presentan los resultados de los análisis químico, físico y microbiológico del agua captada.

Tabla 3. Análisis químico, físico y microbiológico

Parámetros	Unidades	Valor Muestra	Valor máximo aceptable*
Alcalinidad total	mg/L	<7	200
Calcio	mg/L	19,5	60
Color	Unidades de platino-cobalto (UPC)	<5	15
<i>Escherichia coli</i>	Presencia/ ausencia en 100 cm ³	Ausencia	Ausencia
Coliformes totales		Ausencia	Ausencia
Conductividad	µsm/cm	124	
Dureza total	mg/L	<10	300
Fosfato	mg/L	<0,15	0,5
Hierro	mg/L	<0,090	0,3
Magnesio	mg/L	<2	36
Nitratos	mg/L	0,55	1,0
Nitritos	mg/L	0,025	0,1
Olor y sabor	Aceptable – no aceptable	Aceptable	Aceptable
pH	-	6,25	6,5 – 9,0
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)	1,5	2

* RAS 2000 (21).

DISCUSIÓN

El valor obtenido como índice de producción de agua niebla de 7,21 de L/m²-día y la desviación estándar calculada (13,34 %), permite determinar que para garantizar los 100 litros/habitante-día recomendados por el RAS 2000, se requiere un área mínima de 18,44 m² de captador/habitante. Esta área permite que se puedan realizar instalaciones para atender los requerimientos por unidad familiar, tomando en cuenta que la zona donde se llevó a cabo el estudio es rural, por lo que los predios cuentan con el espacio requerido y adicionalmente, esta disposición evita pérdidas y previene la contaminación atribuida al proceso de conducción y almacenamiento. Adicionalmente, este tipo de captadores requieren una inversión inicial moderada que demanda un mantenimiento mínimo.

Como se puede apreciar, en la Tabla 3, todos los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua niebla captada, cumplen con los criterios de calidad fijados en el RAS 2000 (21), con excepción del pH que debe ser ajustado a un valor cercano a 7,0. Esta agua no representa riesgo para la salud y puede ser utilizada sin ninguna restricción para consumo humano en forma segura una vez ajustado su valor de pH. Es importante resaltar que esta modalidad de recolección de agua reduce considerablemente los costos asociados a los procesos de tratamiento y transporte del agua.

Los resultados de este estudio exploratorio pueden servir de base para llevar a cabo otros trabajos de factibilidad económica y social para la aplicación de esta alternativa de obtención de agua de buena calidad para el consumo humano en poblaciones pequeñas y zonas rurales, con base en lo

documentado en otros países (1-3,5,6) y otras regiones del país (4). Para estos estudios de factibilidad se deberá considerar como condicionante, si la recolección se realizará en cada predio o se hará de una manera centralizada para un núcleo poblacional, lo cual implicaría otros requerimientos técnicos, de ingeniería como tanques de almacenamiento, redes de distribución, sistemas de bombeo, procesos de control de calidad y mantenimiento entre otros, para garantizar la calidad y confiabilidad en el suministro ♦

REFERENCIAS

1. Klemm O, Schemenauer R, Lummerich A, Cereceda P, Marzol V, Corell D, et al., Fog as a Fresh-Water Resource: Overview and Perspectives. *Ambio*. 2012 Feb; 41: 221-234.
2. Olivier J, Rautenbach C. The implementation of fog water collection systems in South Africa, *Atmospheric Research*; 2002 Mar; 64: 227-238.
3. Lekouch I, Muselli M, Kabbachi B, Ouazzani J, Melnytchouk-Milimouk I, Beysens D, Dew, fog, and rain as supplementary sources of water in south-western Morocco, *Energy*. 2010 Mar; 36: 2257-2265.
4. Molina J, Escobar C. Fog Collection Variability in the Andean Mountain Range of Southern Colombia. *Die Erde*. 2008; 139: 127-140.
5. Cortina J, Amata B, Castillo V, Fuentes D, Maestre F, Padilla F, et al. The restoration of vegetation cover in the semi-arid Iberian southeast, *Journal of Arid Environments*. 2011 Sep; 75: 1377-1384.
6. Estrela M, Valiente J, Corell D, Fuentes D, Valdecantos A. Prospective use of collected fog water in the restoration of degraded burned areas under dry Mediterranean conditions, *Agricultural and Forest Meteorology*. 2009 Jun; 149: 1896-1906.
7. Pryet A, Domínguez C, Fuente P, Chaumont C, Ozouville N, Villacís M, et al. Quantification of cloud water interception along the windward slope of Santa Cruz Island, Galapagos (Ecuador), *Agricultural and Forest Meteorology*. 2012 Mar; 161: 94-106.
8. Henschel J, Seely M. Ecophysiology of atmospheric moisture in the Namib Desert, *Atmospheric Research*. 2008; 87: 362-368.
9. Holwerda F, Brujinzeel L, Muñoz-Villers E, Equihua M, Asbjornsen H. Rainfall and cloud water interception in mature and secondary lower montane cloud forests of central Veracruz, Mexico, *Journal of Hydrology*. 2010 Jan; 284: 84-96.
10. Ebner M, Miranda T, Roth-Nebelsick A, Efficient fog harvesting by *Stipagrostis sabulicola* (Namib dune bushman grass). *Journal of Arid Environments*. 2011 Feb; 75: 524-531.
11. Armenteras D, Cadena-V C, Moreno R. Evaluación del estado de los bosques de niebla y de la meta 2010 en Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2007.
12. Marzol M, Temporal characteristics and fog water collection during summer in Tenerife (Canary Islands, Spain), *Atmospheric Research*. 2008; 87: 352-361.
13. Cereceda P, Larrain H, Osses P, Fariás M, Egaña I. The climate of the coast and fog zone in the Tarapacá Region, Atacama Desert, Chile. *Atmospheric Research*. 2008; 87: 301-311.
14. Prada S, Menezes de Sequeira M, Figueira C, Oliveira da Silva M. Fog precipitation and rainfall interception in the natural forests of Madeira Island (Portugal), *Agricultural and Forest Meteorology*. 2009 Feb; 149: 1179-1187.
15. Pino N, Tejeda O, Chávez Z, Rapado M, Enfermedad diarreica aguda y su relación con la calidad del agua de consumo. *Revista habanera de ciencia médica (publicación periódica en línea)*. 2010 Nov 9(4): 473-479. [Internet]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2010000400005&lng=es. Consultado Diciembre de 2012.

16. Briñez A, Karol J, Guarnizo G, Juliana C Arias V, Samuel A. Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima, Rev. Fac. Nac. Salud Pública 2012 Ago; 30(2): 175-182.
17. Defensoría del Pueblo de Colombia. Diagnóstico del cumplimiento del derecho humano al agua en Colombia; 2009 Abr. pp. 342-352.
18. León P, Peñaloza L. Recolección y/o captación de aguas nieblas para los sectores rurales de Pasquilla, Mochuelo y Las Violetas. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas; 2012.
19. Corporación autónoma regional de Cundinamarca CAR. Registro histórico de humedad relativa media mensual de la estación meteorológica de Boquemonte; 2012.
20. Ministerio de Desarrollo Económico. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, Título B; 2000. p.34.
21. Ministerio de Desarrollo Económico. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, Título B; 2000. p.45.