

¿PUEDE UTILIZARSE

EL AGUA ATMOSFÉRICA

PARA EL CONSUMO DOMÉSTICO Y UNIVERSAL?

Bautista-Olivas, A.L.¹; Tovar-Salinas, J.L.²; Mancilla-Villa, O.R.¹

¹Especialidad de Hidrociencias *Campus* Montecillo, Colegio de Postgraduados Carretera México-Texcoco, km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México 56230;

²Especialidad de Edafología *Campus* Montecillo, Colegio de Postgraduados Carretera México-Texcoco, km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México 56230.

Autor responsable: analaura@colpos.mx

RESUMEN

El agua de buena calidad es un recurso escaso a nivel mundial; por esta razón, es indispensable la búsqueda de técnicas para obtener este vital líquido. El presente trabajo describe métodos no convencionales para aprovechar el agua que se encuentra en la atmósfera y para darle diversos usos. Mediante la aplicación de la condensación pasiva, la humedad relativa de 90-100% se capta como agua atmosférica entre 10 y 4 Lm²día⁻¹. La condensación activa y la humedad relativa entre 30-70% desarrolla prototipos, como el Higroiman CP-HID-03, que inducen el punto de rocío, obteniendo hasta 1.98 Lm²día⁻¹ de agua. El aprovechamiento de la humedad atmosférica es una oportunidad para mitigar el problema de la escasez de agua de buena calidad, por lo que se recomienda la implementación de estos sistemas de condensación en zonas donde se presenta disponibilidad reducida del vital líquido, para mejorar las condiciones de vida.

Palabras clave: Humedad relativa, punto de rocío, condensación, neblina, atrapanieblas, Higroimán.



INTRODUCCIÓN

La mala distribución del agua dulce en el planeta, la sobrepoblación humana, así como la contaminación del agua superficial y subterránea, han traído como consecuencia que el agua potable, que representa sólo 0.008% del agua terrestre, sea cada vez más escasa para satisfacer las necesidades de la humanidad (Who, 2012). Las estadísticas indican que 20% de la población mundial no tiene acceso a agua de calidad, y 50% carece de saneamiento, lo que hace inherente buscar opciones que mitiguen esta problemática (Who, 2012).

A pesar de que el agua atmosférica constituye 0.0009% del agua existente en el planeta, hoy más que nunca su aprovechamiento es vital y representa una oportunidad para obtenerla para consumo humano (Martínez, 2007). La humedad atmosférica es un recurso natural renovable y autosustentable, debido a la dinámica generada por los procesos de calentamiento y enfriamiento de la superficie del suelo y del agua, los que a su vez inciden en la evaporación, transpiración y el movimiento del aire, lo que permite que siempre exista vapor de agua en la atmósfera, incluso en el desierto más seco (Bautista-Olivas *et al.*, 2011).

El desierto de Namibia en África se caracteriza por tener precipitaciones de 20 a 90 mm al año, con temperaturas que superan los 45 °C, donde un escarabajo (*Stenocara dentata*), por ejemplo, tiene la capacidad de condensar gotitas de agua sobre su dorso, a partir de la neblina que existe cerca de la costa. Esta cualidad se debe a la compleja



Figura 1. Escarabajo de Namibia (*Stenocara dentata*) que condensa la humedad atmosférica.

estructura de sus élitros (alas), recubiertos de protuberancias de unos 0.5 mm y separadas entre 0.5 y 1.5 mm, que a su vez tienen las pendientes recubiertas de otras pequeñas protuberancias en forma de cúpula, de 10 micrones (μ) de diámetro, dispuestas de forma hexagonal y recubiertas de cera. El agua se condensa en el extremo liso de las protuberancias grandes, que son hidrófilas, permitiendo que las gotitas de agua crezcan. Llega un momento en que éstas son tan grandes que superan las fuerzas capilares y caen por la pendiente recubierta de cera dirigidas hacia la boca del insecto. Por lo anterior, éste es capaz de sobrevivir en uno de los desiertos más extremos del mundo, obteniendo agua del aire (Naidu, 2000) (Figura 1).

Se tienen antecedentes de cómo los habitantes en el desierto del Negev (Israel), desde la primera mitad de la edad de bronce (2100 a 1900 A.C.), condensaban agua de la humedad atmosférica (Evenari *et al.*, 1977). Una de las primeras técnicas de la que se tiene conocimiento es aquella que consistía en impermeabilizar el fondo de pequeños valles con arcilla tipo loes (material sedimentario de partículas muy finas arrastrado por el viento), y colocar piedras y gravas encima, lo que remataban en la superficie con surcos de grava contruidos en sentido perpendicular a la dirección de los vientos húmedos. Una variante era la construcción de montones de grava, cuyo diámetro oscilaba de 2 a 5 m y de 1 a 3 m de altura. Los surcos tenían de 0.8 a 5 m de ancho y de 0.5 a 2 m de alto. Al circular el aire húmedo y caliente por entre los poros de la grava, la humedad se condensaba y escurría hacia el fondo.

Román (1999) explica que en la isla Lanzarote en España se cultiva a cada planta de vid en el 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 se condensa sobre la gravilla y escurre a las raíces de la vid.

Captadores atmosféricos

Existen dos métodos de captación de agua atmosférica, que dependen de la humedad relativa y temperatura del ambiente del sitio y se pueden clasificar como captación de agua atmosférica pasiva y activa.

Captación atmosférica pasiva de agua

La captación atmosférica pasiva se refiere a sistemas que no consumen energía para que ocurra la condensación del agua. Esto sucede en regiones con alta humedad relativa (90 a 100%), lo que significa que el ambiente está saturado de agua, por lo que sólo es necesario tener una superficie de contacto que tenga una temperatura adecuada (punto de rocío) para que el agua que se encuentra en forma gaseosa en la atmósfera se condense, ocurriendo esto casi en forma natural. Estos dispositivos son conocidos como atrapanieblas y se han utilizado en el desierto de Atacama, Chile; cerro Orara, Perú; desierto de Guajira, Colombia; Hajja, República de Yemen y cumbres de Anaga, España, con excelentes resultados (Figura 2).

Schemenawer *et al.* (1988) describen un proyecto desarrollado para abastecer de agua potable a la población de Chungungo, pueblo de pescadores con 440 habitantes que en el verano llega a tener más de 1000, incluyendo vacacionistas, ubicado al pie de Cordón del Toro a los 30° latitud sur en Chile, población que era abastecida de agua con camiones cisterna que llevaban el agua desde más de 60 km de distancia. El problema se resolvió con un proyecto de atrapanieblas de 62 captadores de 58 m² cada uno, más 40 adicionales de 90 m², con un rendimiento promedio anual de 4 L·m²·día⁻¹ y un máximo captado de 10 L·m²·día⁻¹ de agua.

En los últimos años se han desarrollado diversos modelos y formas de atrapanieblas, los cuales se presentan en la Figura 3. A la izquierda se observa un atrapanieblas en forma de medio cono, el cual es un modelo desarrollado por la

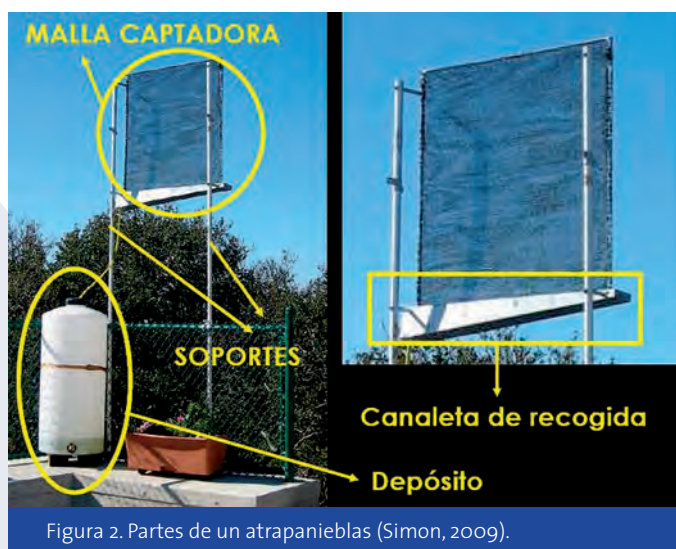


Figura 2. Partes de un atrapanieblas (Simon, 2009).



A



B

Figura 3. A: Atrapanieblas modelo Dronet. B: Maqueta de atrapanieblas.

empresa Dronet; en la Figura 3 derecha se aprecia un atrapanieblas de forma rectangular en miniatura.

Una ventaja importante en la captación pasiva se refleja en su bajo costo económico, que alcanza sólo \$110 pesos mexicanos por metro cuadrado en el caso de un atrapanieblas de forma rectangular.

Captador activo de agua atmosférica

Hay regiones donde las condiciones atmosféricas se encuentran entre 30 y 70% de humedad relativa. Esto indica que el ambiente no tiene una cantidad de agua importante para que la condensación se dé en forma natural, siendo necesario utilizar dispositivos que consumen energía para disminuir la temperatura en el interior de él y alcanzar el punto de rocío atrayendo las moléculas de agua que se encuentran en la atmósfera y condensarlas; a esto se le conoce como captador activo. La cantidad de agua que se obtiene

ne está en función de las condiciones ambientales y de la temperatura que genere el dispositivo. A menor temperatura en el interior del aparato, mayor será la cantidad de agua que se obtenga. El gradiente de humedad disminuye al alejarse del aparato, y la humedad relativa es mayor cerca del condensador, lo que se refleja en la cantidad de agua obtenida para un mismo volumen de aire (Bautista-Olivas *et al.*, 2011).

En estos sistemas es indispensable utilizar algún tipo de energía, por lo que el costo es mayor que al emplear la captación pasiva. A menor humedad relativa, mayor es el costo energético empleado para extraer agua del aire con estos dispositivos.

Actualmente existen en el mercado internacional diversos condensadores de agua atmosférica. La Figura



Figura 4. Dispositivo para obtener agua del aire. (Alrwater, 2012).

4 muestra un modelo que obtiene agua del aire bajo condiciones de humedad relativa entre 50 y 70%, el cual cuenta con un filtro electrostático que remueve 93% de las partículas que hay en el aire. Conforme la máquina va recolectando agua, ésta gotea en una charola e inmediatamente pasa por un filtro de luz ultravioleta (UV) por espacio de 30 minutos, que elimina hasta 99% de gérmenes y bacterias que existen en el agua condensada.

Ventajas y desventajas de captar agua atmosférica

Thomas (2003) menciona que algunas de las ventajas y desventajas de la condensación de la humedad atmosférica son:

Ventajas

- Es una opción para obtener agua.
- Se puede obtener todo el año de manera natural, siempre y cuando la humedad relativa sea de 100% y exista una superficie fría en contacto con el ambiente donde pueda ser condensada.
- Resulta más económico que llevar agua con cisternas o comprar el agua embotellada.

Desventajas

- La cantidad de agua condensada depende de humedad relativa, temperatura y el viento del sitio.
- Se obtiene mayor cantidad de agua en zonas con alta humedad relativa y bajas temperaturas.
- Los prototipos para obtener agua están en desarrollo.
- Necesitan alguna fuente de energía cuando la captación es activa.

Desarrollo de prototipos en México

En el Colegio de Postgraduados de México se desarrolló un prototipo

que condensa la humedad atmosférica llamado Higroimán CP-HID-03, el cual induce las condiciones del punto de rocío y es una variante de un sistema de refrigeración que tiene una escala de siete intervalos de temperatura para alcanzar el punto de rocío o de escarcha. El Higroimán trabaja con un circuito cerrado herméticamente y consta de: compresor, filtro, tubo capilar, condensador, serpentín o evaporador, termostato, dos termómetros y gas freón (R-12), cuya finalidad es condensar el vapor de agua del medio ambiente (Figura 5).

Con este dispositivo, la cantidad de agua máxima promedio obtenida durante 15 horas con el Higroimán, fue de 1.458 y 1.98 L de agua en una superficie de 1 m². Los resultados encontrados indican continuar con este tipo de prototipos para mejorarlos y optimizar la cantidad de agua obtenida del aire. Con la experiencia obtenida con el prototipo anterior, actualmente se está trabajando en el CP-HI-04, el cual puede obtener 150 ml h⁻¹ en una superficie de 0.4 m², dependiendo las condiciones ambientales.

La oportunidad en México de abastecer agua obtenida del aire

En México el problema de la distribución del agua de buena calidad en zonas rurales es grave. Debido a esta situación, desde 1971 la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) y la Secretaría de la Defensa Nacional (SE-DENA) implementaron el Plan Acuático, el cual es un Programa de abastecimiento gratuito de agua para uso doméstico en comunidades rurales y colonias marginales en zonas áridas y semiáridas del país, utilizando camiones cisterna para proporcionar agua en aquellos lugares a los que no es posible abastecer con los métodos convencionales.

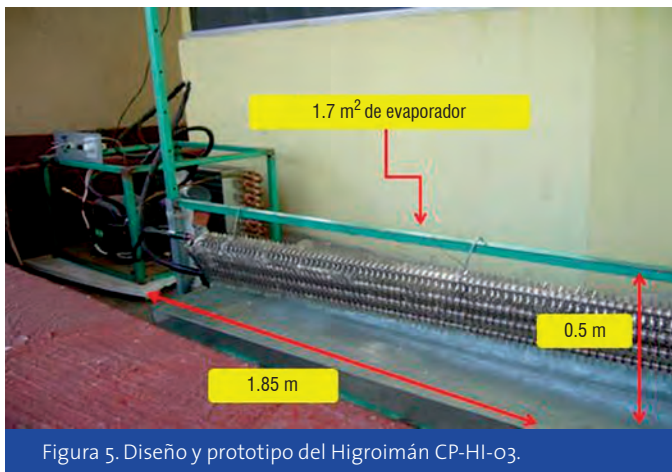
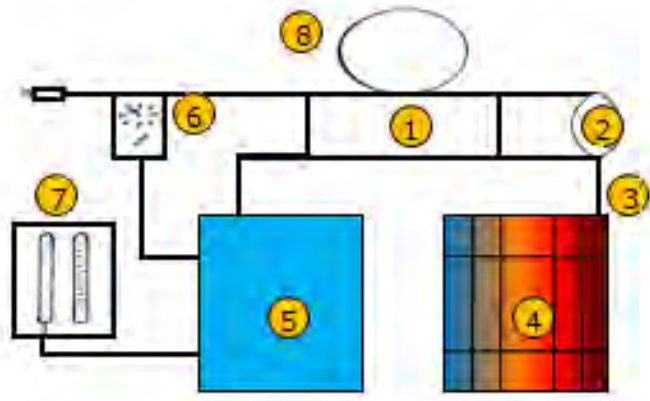


Figura 5. Diseño y prototipo del Higroimán CP-HI-03.

La calidad de agua de la atmósfera es un factor importante para determinar su uso. Con respecto a esto, Schemenauer y Cereceda (1992), Muselli *et al.* (2006) y Gandhidasan y Abualhama (2007), mencionan que la calidad del agua condensada de la atmósfera depende de varios factores: la composición de la humedad atmosférica, el material del condensador atmosférico, y la cantidad y la composición química del material que se deposita en los condensadores.

En general, el agua obtenida de la humedad atmosférica tiene bajo contenido de minerales y metales en zonas poco contaminadas (Gandhidasan y Abualhama, 2007). Sin embargo, en sitios de alta contaminación se incorporan los elementos traza y partículas presentes en el aire en las gotas de agua (Fuzzi *et al.*, 1992).

Para considerar al agua obtenida de la atmosférica para consumo humano, deben implementarse métodos no convencionales, como el uso de condensadores pasivos y activos, además de procesos de sanitización. En la Figura 6 se presenta la distribución promedio de los diferentes porcentajes de humedad relativa en el territorio nacional, median-

te el cual es posible delimitar y sugerir zonas geográficas donde se pueden emplear estas técnicas.

Por ejemplo, en la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental, en gran parte de los estados de Baja California Sur, Tabasco, Chiapas, Campeche y Yucatán, es posible utilizar los atrapanieblas como método de condensación pasiva, pues se presentan humedades relativas mayores a 70%, mientras que el método de condensación activa se puede implementar en la zona centro del país, incluyendo la Ciudad de México y los estados de Guerrero, México, Querétaro, Michoacán Jalisco, San Luís Potosí y parte de los estados de Zacatecas, Coahuila, Sonora, Durango y Chihuahua, ya que en estos últimos la humedad relativa promedio predominante está entre 25 y 50%.

CONCLUSIONES

- El agua obtenida de la atmósfera puede ser destinada a diferentes usos e implementar un tratamiento específico de acuerdo al aprovechamiento que tendrá el agua condensada.
- La captación pasiva de agua atmosférica es una opción más para satisfacer las necesidades hídricas de la población en zonas cuyas condiciones atmosféricas permiten desarrollar estas técnicas. México tiene un gran

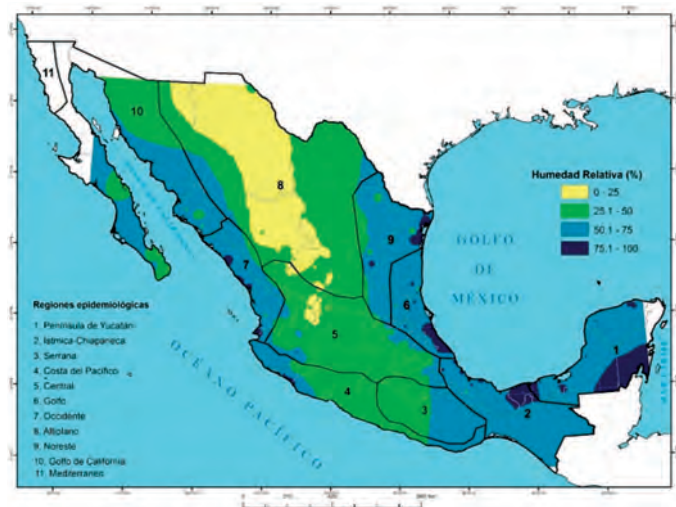


Figura 6. Distribución de zonas de humedad relativa promedio en la República Mexicana (SAGARPA, 2012)

territorio en el cual podrían implementarse estas estrategias para obtener agua del aire.

- La captación activa de agua atmosférica en México está en pleno desarrollo con el diseño de equipos de bajo costo que pueden crear las condiciones necesarias para condensar el agua existente en el ambiente, por lo que es indispensable continuar con estas investigaciones.

LITERATURA CITADA

Bautista-Olivas A.L., Tovar-Salinas J.L., Palacios-Vélez O.L., Mancilla-Villa O.R. 2011. La humedad atmosférica como fuente opcional de agua para uso doméstico. *Agrociencia* 45: 293-301.

Espinosa C. 1986. Aplicación Racional de las Camanchacas Atacameñas". Publicación del Departamento de Ciencias Físicas, Universidad Católica del Norte. 21 p.

Evenari M., Shanan L, Tadmor N. 1977. *The Negev The Challenge of a Desert* Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. USA

Fuzzi S., Facchini M.C., Orsi G., Lind J.A. 1992. The Po valley fog experiment, An overview. 44b, 448-469

Gandhidasan P. Abualhamayel H. 2007. Fog collection as a source of fresh water supply in the kingdom of Saudi Arabia. *Water Environ. J.* 21,19-25.

Martínez A. 2007. Agua, *Revista de la academia Mexicana de ciencias*, vol. 38 num. 3. julio-septiembre.

Muselli M., Beysens D., Soyeux E., Clus O. 2006. Is Dew Water Potable? *Chemical and Biological Analyses of Dew Water in Ajaccio (Corsica Island, France)* 32, 1812-1817.

Naidu S.G. 2001. Water balance and osmoregulation in *Stenocaragracilipes*, a wax-blooming tenebrionid beetle from the Namib Desert *Journal of Insect Physiology* 1429-1449 pp.

Roman L.R. 1999. Obtención de Agua potable por métodos tradicionales, tecnología y ciencias de la Ingeniería.

SAGARPA. 2012. (<http://portal.sinavef.gob.mx/humedadRelativaHistorico.html>) Consultado en línea el 16 de diciembre de 2012

Schemenauer R.S., Cereceda P. 1992. The quality of fog water collected for domestic and agricultural use In Chile. *J. Appl. Meteorol.*, 31, 275-290.

Schemenauer R.S., Fuenzalida H., Cereceda P. 1988. A neglected water Resource: The camanchaca of South America. *Bolletín of the American Society* 69 pp.

Simon M.D. 2009. Consultado en línea 16 de diciembre 2012 http://prueba2.aguapedia.org/master/presencial/pfm/proyecto_captaciondeaguadeniebla/presentacion%20AGUA%20DE%20NIEBLA.pdf.

Thomas T. 2003. Memoria de la XI Conferencia Internacional Sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia.

WHO. 2012. Consultado en línea 4 de septiembre 2012 http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/

