

# **Captación de agua atmosférica sin consumo de energía**

**Dr. Jorge E. Arias Torres**

*Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa*

**M. C. Marco A. Jacobo Villa**

*Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa*

**M. C. Guilibaldo Tolentino Eslava**

*Instituto Politécnico Nacional, ESIME Zacatenco*

**Palabras clave:** ahorro de energía, colectores de agua atmosférica.

### Resumen

La escasez de agua dulce se está volviendo cada vez más un problema crítico. Son varias las causas que lo provocan, las cuales requieren diferentes soluciones. Una vertiente por donde se está avanzando es la referente a las fuentes de agua dulce. Las fuentes convencionales, lagos y ríos, se aprovechan a través de estructuras hidráulicas. Para estos últimos se han construido presas de almacenamiento. Los cuerpos de agua subterránea se aprovechan haciendo perforaciones con maquinaria especializada pudiendo abarcar profundidades de hasta miles de metros. La explotación de estas fuentes convencionales requiere de inversiones considerables y costos altos para su operación, principalmente en energía. Las fuentes de agua no convencionales, siembra de nubes con sales, desalinización del agua de mar o aguas continentales con altos contenidos minerales, transporte de masas de hielo (icebergs), y tratamiento de aguas residuales, requieren también inversiones considerables y costos altos de operación debidos principalmente al consumo de energía. Sin embargo hay una fuente renovable de agua: la humedad contenida en la atmósfera. En este artículo se reseñan tres técnicas para obtener el agua atmosférica que no requieren de inversiones altas y que además tienen una característica muy importante desde el punto de vista económico, y es que no requieren energía para su operación. Ellas son: recolección de lluvia, extracción de agua contenida en la neblina, y recolección de rocío. Es importante destacar que este tipo de fuentes no genera los volúmenes de las convencionales, pero a un nivel familiar o

comunitario pueden contribuir de manera relevante a resolver la problemática de la disponibilidad del agua.

### Abstract

Freshwater scarcity is becoming an increasingly critical problem. There are several causes that cause it, which require different solutions. One slope where progress is being made is that of fresh water sources. Conventional sources, lakes and rivers, are used through hydraulic structures. Storage dams have been built for the latter. Underground water bodies are exploited by drilling with specialized machinery that can cover depths of up to thousands of meters. The exploitation of these conventional sources requires considerable investments and high costs for their operation, mainly in energy. Unconventional water sources, seeding of clouds with salts, desalination of seawater or inland waters with high mineral content, transport of ice masses (icebergs), and wastewater treatment, also require considerable investments and high operating costs, mainly due to energy consumption. However, there is a renewable source of water: the moisture contained in the atmosphere. In this article three techniques are outlined to obtain atmospheric water that do not require high investments and that also have a very important characteristic from the economic point of view, and that is that they do not require energy for their operation. They are: collecting rain, extracting water contained in the mist, and collecting dew. It is important to note that this type of source does not generate the volumes of conventional sources, but at a family or community level they can contribute in a relevant way to solving the problem of water availability.

### Panorama mundial

El panorama mundial del agua queda

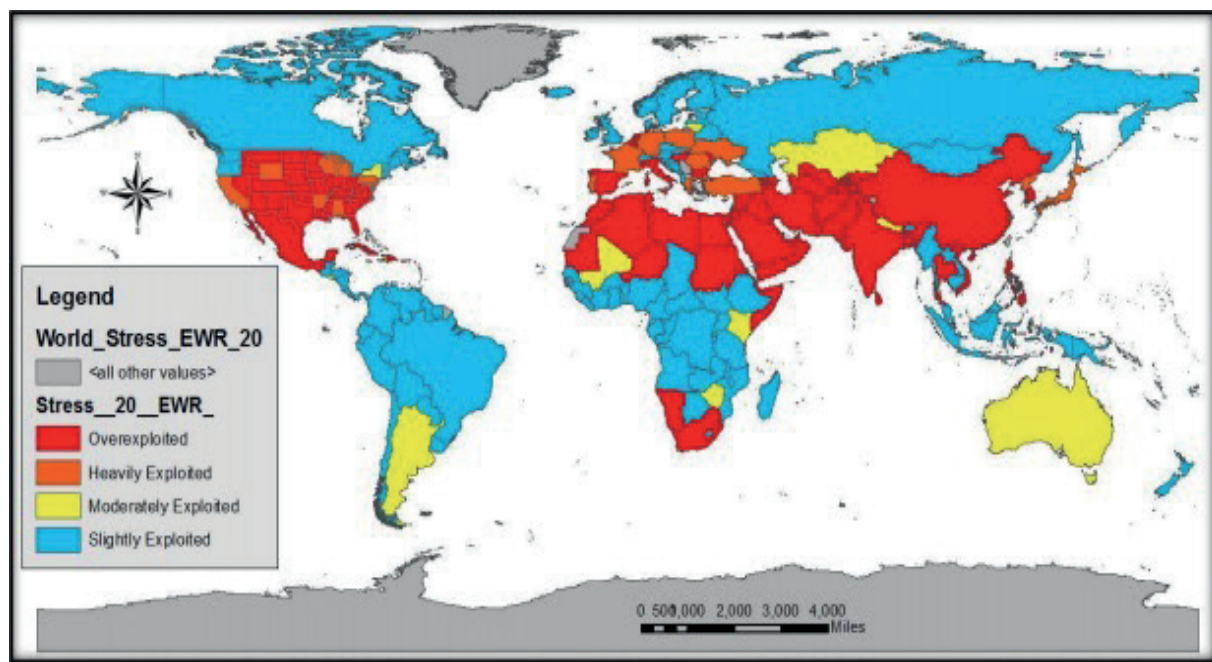


Figura 1: Estrés mundial del agua. (Mapping of Water Stress Indicators, [2]).

descrito en el siguiente párrafo. “Unos 2200 millones de personas en todo el mundo no tienen acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, 4200 millones no cuentan con servicios de saneamiento seguros y otros 3000 millones carecen de instalaciones básicas para lavarse las manos. Las brechas en el acceso a fuentes de abastecimiento de agua y saneamiento, el crecimiento demográfico, el uso intensivo de agua, la mayor variabilidad de las precipitaciones y la contaminación son factores que se conjugan en muchos lugares transformando al agua en uno de los principales riesgos para el progreso económico, la erradicación de la pobreza y el desarrollo sostenible”. Entendiendo la pobreza. Agua/panorama. Banco Mundial [1].

En la Figura 1 se muestran, en color rojo, las zonas del mundo con estrés hídrico crítico, las zonas en color café tienen un es-

trés muy alto, las de color amarillo lo tienen alto, y las de color azul lo tienen bajo.

### Panorama nacional

Desde hace aproximadamente cuatro décadas empezó a manifestarse en algunos lugares de México la escasez de agua, debido al fuerte incremento en la demanda de bienes y servicios provocado por el explosivo crecimiento poblacional. Para satisfacer la creciente demanda de agua se ha tenido que recurrir, principalmente, a la explotación de recursos acuíferos subterráneos provocando, en algunos casos, efectos indeseables. Por ejemplo, en la ciudad de México esto ha traído como consecuencia su hundimiento, el agrietamiento del suelo y la ruptura de tuberías, entre otros efectos. En la Figura 2 se muestra el monitor de sequía en México. En su página de Internet [3], CONAGUA informa que al 30 de abril de 2021, el 87.5% del territorio

mexicano está afectado por la sequía. Los colores en el mapa representan la intensidad de la sequía en las diferentes zonas del país.

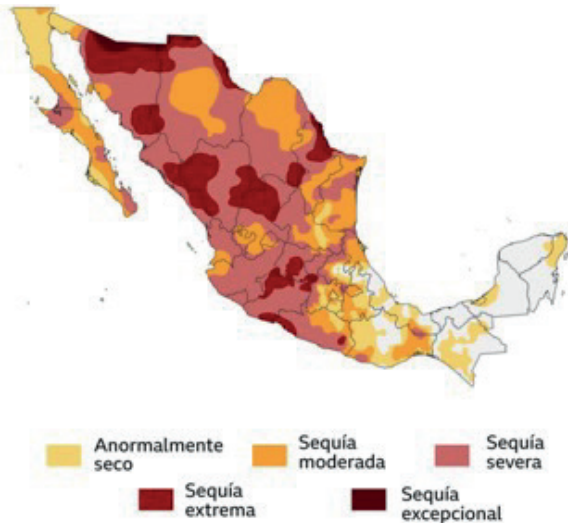


Figura 2. Monitor de sequía en México. CONAGUA. Datos al 30 de abril 2021. BBC [3].

### Humedad del aire atmosférico

Tener claro cómo se mide la humedad del aire atmosférico es muy útil para poder ubicar los lugares geográficos donde pueden implementarse con éxito los colectores de agua atmosférica. La atmósfera contiene 12 900 km<sup>3</sup> de agua dulce, de los cuales 98 % es vapor de agua y 2 % de agua condensada (nubes), lo cual es comparable a los recursos renovables de agua líquida dulce de la tierra habitada [4].

Los procesos para la obtención de agua atmosférica son atractivos debido a que cada metro cúbico de aire dentro de la capa atmosférica de 600 m de espesor contiene de 4 a 25 g de vapor de agua, dependiendo de la humedad relativa [5], siendo así que prácticamente cualquier comunidad habitada por seres humanos tiene este recurso a la mano; el reto es desarrollar la tecnología económica competitiva para explotarlo.

El mapamundi de la Figura 3 muestra la densidad media de vapor de agua promediada para los meses de junio, desde el año 2006 hasta el 2015. La escala cromática de la parte inferior muestra desde la mínima densidad, menor a 2.4 gramos de vapor de agua –en color café– hasta la máxima, 26.4, en color negro.

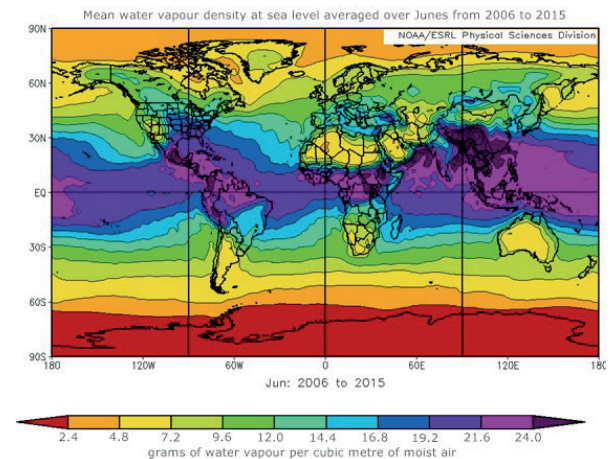


Figura 3. Densidad media de vapor de agua atmosférica, promediada para los meses de junio desde el año 2006 hasta el 2015 [6].

Los meteorólogos emplean varios métodos para expresar el contenido de vapor de agua en el aire: 1) humedad absoluta, 2) proporción de mezclado, 3) presión de vapor, 4) humedad relativa, y 5) punto de rocío. La explicación de cada método es la siguiente:

1) *Humedad Absoluta* es la masa de vapor de agua en un volumen dado de aire (generalmente g/m<sup>3</sup>). A medida que el aire se mueve de un lugar a otro, los cambios en presión y temperatura le causan cambios a su volumen.

2) *Razón de Mezclado* es la masa de vapor de agua en una unidad comparada con la masa restante de aire seco (g/kg).

3) *Presión de Vapor*, es obtenida a partir

de la presión ejercida por el vapor de agua. Se define como aquella parte de la presión atmosférica total debida a su contenido de vapor de agua. Asociados con la presión de vapor están dos conceptos: saturación y presión de vapor saturado: Saturación. Cuando en un cuerpo de agua las moléculas que abandonan la superficie del agua (evaporan) es igual al número de moléculas que regresan al líquido, en este punto se dice que el aire ha alcanzado un equilibrio llamado saturación. Presión de vapor saturado. A la presión ejercida por el movimiento de las moléculas de vapor de agua, cuando el aire está saturado, se le llama presión de vapor saturado.

4) *Humedad Relativa*. La humedad relativa es la razón del contenido actual de vapor de agua en el aire comparado con la cantidad de vapor de agua requerido para la saturación a esa temperatura y presión. Por lo tanto, la humedad relativa indica qué tan cercano está el aire para saturarse, en vez de la cantidad de vapor de agua en el aire.

5) *Punto de Rocío*. El punto de rocío está relacionado con la humedad absoluta y define la temperatura a la cual el aire está saturado con vapor de agua.

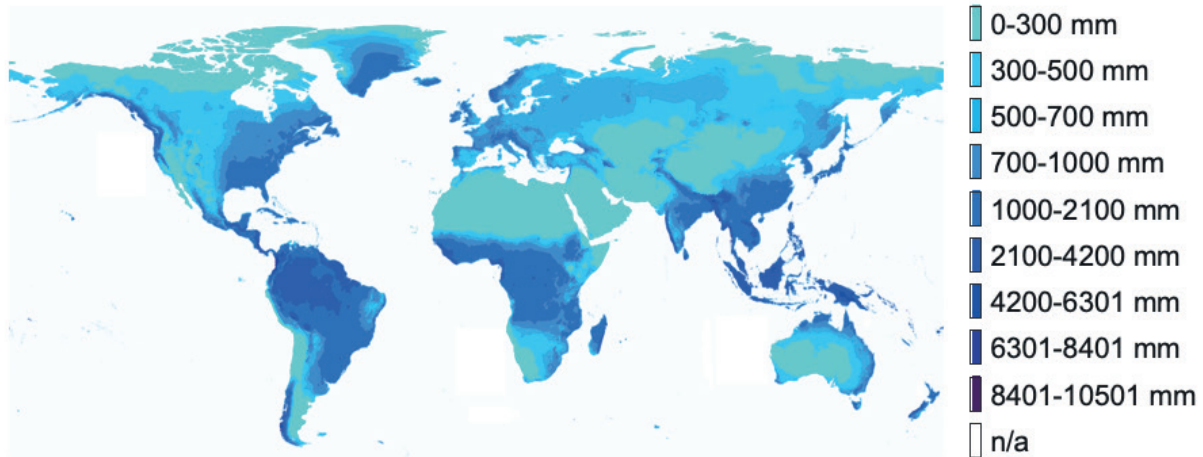
Como el punto de rocío es la temperatura a la cual ocurre la saturación, puede concluirse que altas temperaturas de punto de rocío se equiparan a aire húmedo, y bajas temperaturas de punto de rocío indican aire seco. Debido a que la temperatura del punto de rocío es una buena medida de la cantidad de vapor de agua en el aire, es la medida de la humedad atmosférica que aparece en los mapas diarios de clima de algunos paí-

ses. Cuando el punto de rocío excede los 18°C, el aire se considera como húmedo, y aire con un punto de rocío de 24°C o mayor es considerado opresivo.

### **Colectores de lluvia**

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico.

Si bien la lluvia es la más frecuente de las precipitaciones, no deben olvidarse los otros tipos: la nevada y el granizo. Cada una de estas precipitaciones puede a su vez clasificarse en diversos tipos [7]. En esencia toda precipitación de agua en la atmósfera --sea cual sea su estado (sólido o líquido)-- se produce por la condensación del vapor de agua contenido en las masas de aire, que se origina cuando dichas masas de aire son forzadas a elevarse y enfriarse. Para que se produzca la condensación es preciso que el aire se encuentre saturado de humedad y que existan núcleos de condensación. El aire está saturado si contiene el máximo posible de vapor de agua. Su humedad relativa es entonces del 100 por 100. El estado de saturación se alcanza normalmente por enfriamiento del aire, ya que el aire frío se satura con menor cantidad de vapor de agua que el aire caliente. Así, por ejemplo, 1 m<sup>3</sup> de aire a 25 °C de temperatura, cuyo contenido en vapor de agua sea de 11 g, no está saturado; pero los 11 g lo saturan a 10 °C, y entonces la condensación ya es posible [7].



*Figura 4. Precipitación media anual global [8].*

En la Figura 4 se muestra la precipitación media anual en el mundo. Pueden observarse nueve zonas, yendo desde la de precipitación más escasa 0-300 mm, hasta la de más abundancia 8401-10501 mm.

*Colectores de lluvia.* Un sistema de captación de agua de lluvia es cualquier tipo de dispositivo para la recolección y almacenamiento de agua de lluvia, y cuya viabilidad técnica y económica depende de la pluviosidad de la zona de captación y del uso que se le dé al agua recogida.

En lugares donde las aguas superficiales o subterráneas disponibles están fuera de los límites establecidos para considerarlas potables (en especial si contienen metales pesados como el plomo, mercurio, cromo u otras sustancias dañinas para la salud), se puede recurrir a la captación de agua de lluvia para consumo restringido, es decir para beber y para cocinar alimentos. En general se considera que las necesidades para estos fines se limitan a 4 a 6 litros por habitante y por día, mientras que el consumo total de agua es muy superior llegando incluso a superar los cien litros por habitante y por día [9].



*Figura 5. Sistema portátil de recolección de agua de lluvia. La parte superior es una lona de forma cónica, que sirve para recolectar la lluvia, la cual es conducida a través de un tubo hacia un tanque de almacenamiento colocado en la parte inferior y que a su vez sirve como base de sustento al colector [10].*



*Figura 6. Sistema de recolección de agua de lluvia, en la que se utiliza el techo de una construcción como colector. El agua recolectada pasa a un filtro, y de allí a un tanque almacenador [11].*

**Cálculo.** Conociendo la pluviometría promedio anual medida en la zona donde se pretende implementar la captación de agua de lluvia y el volumen requerido de agua, puede calcularse el área de captación. Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$AC = \frac{V_{\text{req}}}{P_{\text{disp}}}$$

donde:

AC: Área de captación necesaria.

$V_{\text{req}}$ : Volumen requerido de agua.

$P_{\text{disp}}$ : Pluviometría promedio anual medida en la zona donde se pretende implementar la captación de agua de lluvia.

### Colectores de niebla atmosférica

Marzol y Gandhidasan [12] indican que el agua obtenida de la neblina es importante para poblaciones pequeñas que tengan las condiciones climáticas favorables, así, en Chungungo en el norte de Chile, hay una superficie de captación de 3528 m<sup>2</sup> con una producción de agua de 10 580 litros, es decir, 3 L/m<sup>2</sup>. La cantidad de agua que puede ser recolectada a partir de la niebla

es aproximadamente un orden de magnitud superior a la que puede recolectarse del rocío. Un máximo de 4.7 litros/m<sup>2</sup>·día pueden ser obtenidos [13].

**Colectores de niebla atmosférica.** Los colectores de niebla atmosférica (o atrapanieblas o capta nieblas) son un sistema para atrapar las gotas de agua microscópicas que contiene la neblina. Se usan en regiones desérticas con presencia de niebla, como el desierto de Atacama en Chile, Ecuador, Guatemala, Perú, Nepal, Israel, y algunos países de África.

Atrapanieblas es el nombre de un proceso conocido como condensación, el vapor de agua atmosférico en el aire se condensa naturalmente en las superficies frías en gotitas de agua líquida conocido como rocío. El fenómeno es más observable en objetos, delgados y planos expuestos incluyendo las hojas de las plantas y hojas de hierba. Como la superficie expuesta se enfría mediante la radiación de su calor hacia el cielo, la humedad atmosférica se condensa a una velocidad mayor que la que se puede evaporar, lo que resulta en la formación de gotas de agua. En la Figura 7 se muestra parte de un banco de colectores de niebla. En ella puede verse que son mallas soportadas verticalmente por palos, y expuestas a la neblina.



*Figura 7. Banco de colectores de niebla [14].*

En la Figura 8 se muestran los componentes de un colector de niebla, que son las mallas que atrapan y condensan la niebla, las canaletas en la parte inferior de las mallas que conducen el agua condensada hacia los tanques donde se almacena, y que a su vez sirven como soporte de los tubos que sostienen las mallas. En la parte superior izquierda de la imagen se encuentra una ampliación de una fracción de la malla, donde se ilustra la estructura de esta.

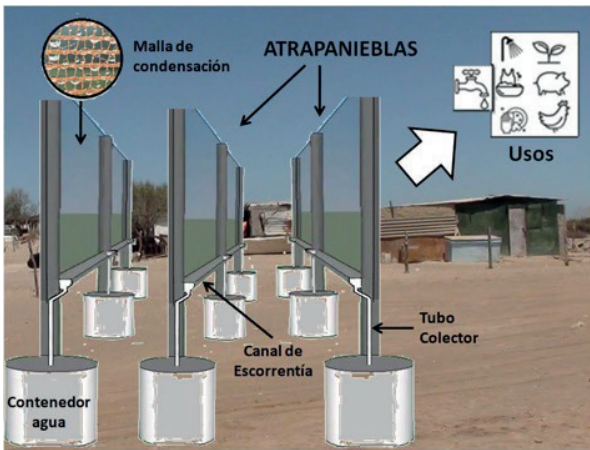


Figura 8. Banco de colectores de niebla [15].

**Cálculo:**

Para cuantificar la recolección del líquido existe un modelo matemático de la Administración Oceánica y Atmosférica Nacional (NOAA). Este modelo considera el punto de rocío, diferentes parámetros climáticos en la formación de la niebla, y el área del colector.

$$F_w = \times F_c (FPI) \times f(H) \times f(W) \times A_c$$

donde:

- F<sub>w</sub>: Volumen esperado de agua de niebla
- F<sub>c</sub>: Niebla de recolección, depende del coeficiente del material para atrapar la niebla

FPI: Índice potencial de niebla es la diferencia entre el rocío y la temperatura del aire.

f(H): Función de la humedad

f(W): Velocidad del viento.

A<sub>c</sub>: Área de niebla

Referencia [16].

**Colectores de rocío atmosférico**

Además de la humedad atmosférica, el otro recurso natural –utilizado por los colectores de rocío atmosférico– es cielo, el cual sirve para el proceso de enfriamiento por radiación nocturna, utilizándolo como un sumidero de calor. La temperatura en el espacio exterior se acerca al cero absoluto en alrededor de 3 Kelvin, o -270 °C. Sin embargo, la atmósfera de la tierra contiene gases como dióxido de carbono, vapor de agua y otras partículas, que a su vez emiten radiación infrarroja de onda larga, aumentando la temperatura efectiva del cielo. Esto significa que en cualquier lugar dado, la temperatura del cielo dependerá de variables como la altitud, la humedad, la nubosidad y la presencia de otras partículas en el aire como polvo o contaminación. En condiciones despejadas en el desierto, las temperaturas del cielo cercanas a los -50 °C se registran comúnmente, mientras que en condiciones húmedas y nubladas en países como Tailandia, las temperaturas del cielo pueden estar cerca de los 20 °C. En términos muy generales, es probable que la temperatura media del cielo se acerque a los 0 °C. [17].

*Colectores de rocío atmosférico.* Basan su funcionamiento en la transferencia de calor entre la placa radiadora-condensadora, la atmósfera, y el cielo nocturno, con tres mecanismos de transferencia de calor: Conducción, es la menos significativa y puede ser descartada. Convección, no solo transfiere calor, sino también transporta



la humedad que está en el aire. Radiación térmica, es el mecanismo de transferencia de calor más importante para el funcionamiento de los colectores de rocío. El enfriamiento por radiación de una superficie dada puede lograrse si la radiación emitida por la superficie excede a la absorbida. El aumento de la radiación emitida hacia el cielo se alcanza con buenos emisores, tipo cuerpo negro. Una atmósfera clara y limpia mejora la transmitancia atmosférica de la radiación de longitud de onda larga (infrarrojo).

Los colectores de rocío (Figura 9) consisten en una placa metálica o de algún otro material, que expuesta en forma casi horizontal hacia el cielo nocturno, emite radiación infrarroja, lo cual provoca que la placa se enfríe, lográndose en algunas ocasiones que su temperatura disminuya por debajo de la temperatura del punto de rocío. Esta situación provoca que el vapor de agua contenido en el aire circundante se condense sobre dicha placa, obteniéndose así cierta cantidad de agua dulce. Esta es recogida por una canaleta –situada en la parte inferior de la placa condensadora– la cual la conduce hacia un tanque de almacenamiento.

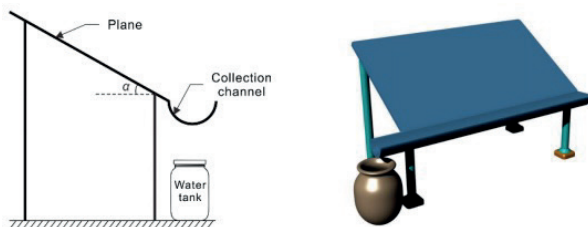


Figura 9. Esquema de un colector de rocío atmosférico y su imagen representativa [18].

En la Figura 10 se muestra un colector de rocío de 3 m x 10 m, instalado en Ajaccio, Isla de Córcega, Francia. La superficie condensadora es una hoja rectangular

hecha de microesferas de óxido de titanio incrustadas en polietileno, orientada hacia el oeste para poder tener sombra en las mañanas.

Esta superficie plana hace un ángulo de  $30^\circ$  con respecto a la horizontal, valor que satisface las necesidades de favorecer el deslizamiento de las gotas de rocío, y de tener un ángulo sólido satisfactorio para emitir radiación. La parte trasera del dispositivo está aislada térmicamente con poliestireno, orientado hacia la dirección de los vientos nocturnos dominantes para minimizar su calentamiento por aire [19].



Fig. 10. Colector de rocío de 3 x 10 m, en Ajaccio, Isla de Córcega, Francia. F: película; T: tanque recolector de agua. La flecha indica la dirección de los vientos nocturnos dominantes (NE). (Fog Newsletter, Jun 2002, n° 7).

*Rendimiento.* Al igual que los dos métodos de recolección de agua ya mencionados, el rendimiento de los colectores de rocío atmosférico también depende, principalmente, de su ubicación geográfica, clima, altitud sobre el nivel del mar, y la estación del año. Como un ejemplo de rendimiento de un colector de rocío atmosférico está el del instalado en Ajaccio, Isla de Córcega, Francia. Entre el 22 de julio de 2000 y el 11 de noviembre de 2001, hubo 214

días de rocío para el condensador (45%). Este rendimiento corresponde a 767 litros (3.6 litros, en promedio, por día de rocío). El rendimiento máximo en el período fue de 11.4 litros/día [19]. Alnaser y Barakat [20] recolectaron en enero de 1999 —en el Reino Unido de Bahrain— un máximo de 1 litro de agua por día, sobre 1 m<sup>2</sup> de superficie de aluminio protegida de la radiación solar directa y del viento, mientras que la cantidad recolectada en un día de verano fue de 0.4 litros. Mencionan que si al aluminio se le enfría hasta los 0°C, entonces es posible coleccionar 31 litros por día.

### Conclusiones

Los colectores de agua atmosférica tienen la capacidad de resolver únicamente el problema individual o familiar de escases de agua, y ello dependiendo de las características geográficas, estacionales, y meteorológicas, de cada lugar. A continuación se detallan las ventajas y desventajas de estos colectores.

*Ventajas:* 1) Su construcción es sencilla, sin requerimientos de técnicas ni de herramientas especializadas, 2) Tanto los materiales empleados en su construcción como la infraestructura requerida para ello son económicos y de fácil adquisición, 3) Son dispositivos que le dan independencia al usuario respecto a las redes públicas de distribución de agua potable, sobre todo en aquellas localidades aisladas donde probablemente nunca vayan a llegar dichos servicios, y 4) El agua recolectada no tiene costo alguno, salvo la inversión inicial, y está libre de impuestos y derechos.

*Desventajas:* La recolección de agua es directamente proporcional al área del colector, de tal manera que si se cuenta con un espacio pequeño para su instalación, sólo podrá recolectarse poca cantidad de agua,

2) La recolección de agua depende de la región geográfica, la época del año, y las condiciones meteorológicas diarias. 3) En general, la cantidad de agua recolectada no permite satisfacer todas las necesidades de un hogar o de una huerta o parcela pequeña.

### Referencias

1. Entendiendo la pobreza. Agua/panorama. Banco Mundial. <https://www.worldbank.org/en/topic/water/overview> (fecha de acceso: 01/07/2020)
2. Mapping of Water Stress Indicators. [https://www.caee.utexas.edu/prof/maidment/giswr\\_2015/TermProject/Ruess.pdf](https://www.caee.utexas.edu/prof/maidment/giswr_2015/TermProject/Ruess.pdf). (fecha de acceso: 15/09/2020)
3. Monitor de sequía en México. CONAGUA. Datos al 30 de abril 2021. BBC. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-57163233>. (fecha de acceso: 15/09/2020)
4. Nikolayev, V.S., Beysens, D., Gioda, A., Milimouk, I., Katiushin, E., Morel, J.P. Water recovery from dew. *Journal of Hydrology*, 182[1-4], pp.19-35, 1996.
5. Wahlgren R.V. Atmospheric water vapor processor designs for potable water production: a review. *Water Resources* 35[1], pp. 1-22, 2001.
6. Densidad media de vapor de agua atmosférica, promediada para los meses de junio desde el año 2006 hasta el 2015. <https://www.atmoswater.com/map-of-the-water-from-air-resource.html>. (fecha de acceso: 15/09/2020)
7. [https://es.wikipedia.org/wiki/Precipitaci3n\\_\(meteorolog3a\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Precipitaci3n_(meteorolog3a)) (fecha de acceso: 19/10/2020)

8. Precipitación media anual global. [https://es.wikipedia.org/wiki/Precipitaci3n\\_\(meteorolog3a\)#/media/Archivo:World\\_precip\\_annual.png](https://es.wikipedia.org/wiki/Precipitaci3n_(meteorolog3a)#/media/Archivo:World_precip_annual.png). (fecha de acceso: 11/02/2021)
9. [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_captaci3n\\_de\\_agua\\_de\\_lluvias](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_captaci3n_de_agua_de_lluvias) (fecha de acceso: 11/02/2021)
10. Recolector de agua de lluvia independiente. <https://perfectaidea.com/recolector-de-agua-de-lluvia-independiente/>. (fecha de acceso: 11/12/2020)
11. <https://www.reforma.com/proyectan-ante-desabasto-105-mil-colectores-de-lluvias/ar2214731>. (fecha de acceso: 21/07/2021)
12. La humedad atmosférica como fuente opcional de agua para uso doméstico. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952011000300003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000300003). (fecha de acceso: 11/02/2020)
13. Nilsson T.M.J., Vargas W.E., Niklasson G.A. y Granqvist C.G., Condensation of water by radiative cooling. *Renewable Energy* 5[1-4], pp. 310-317, 1994.
14. Banco de colectores de niebla. <https://www.expoknews.com/que-es-un-atrapa-nieblas/>. (fecha de acceso: 11/02/2019).
15. Banco de colectores de niebla. <https://sdsnmexico.mx/banco-de-proyectos/economia-circular-y-tecnologias-sostenibles/atrapa-nieblas-una-solucion-a-la-esca-sez-de-agua-en-el-desierto-costero/>. (fecha de acceso: 11/02/2021).
16. Diseño de un sistema de recolección de agua por rocío y Niebla para el abastecimiento de agua en la comunidad del Barrio la Esperanza, localidad de Chapinero. Cony Gizell Cabeza García, Yudy Katherine Castillo Vargas, Universidad la Gran Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá D.C., 2016. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero civil. ([https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5285/Diseño\\_sistema\\_recoleccion\\_agua\\_abastecimiento\\_comunidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5285/Diseño_sistema_recoleccion_agua_abastecimiento_comunidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y)). (fecha de acceso: 09/10/2020).
17. [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Sky\\_temperature](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Sky_temperature). (fecha de acceso: 22/05/2020).
18. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/272/2/022091/pdf> . (fecha de acceso: 22/03/2021).
19. Muselli M., Beysens D., Marcillat J., Milimouk I., Nilsson T. y Louche A., Dew water collector for potable water in Ajaccio (Corsica Island, France). *Atmospheric Research* 64[1-4], pp. 297—312, 2002.
20. Alnaser W.E. y Barakat A. Use of condensed water vapour from the atmosphere for irrigation in Bahrain. *Applied Energy* 65[1-4], pp. 3-18, 2000.