

Construcción de fábricas de agua en bosques de niebla de Hidalgo, México (Atrapando niebla en Hidalgo, México)

*Building water factories in the cloud forest in Hidalgo, Mexico
(Catching fog in Hidalgo, Mexico)*

Eduardo López-Ortega

lo391185@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1581-6905>

Raúl Ortiz-Pulido

raulortizpulido@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0001-9898-5386>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Recibido: 7 de marzo de 2023

Aceptado: 11 de abril de 2023

Publicado: 5 de julio de 2023

<https://doi.org/10.29057/h.v5i2.9633>

Paisaje con neblina de la Sierra Alta Hidalguense. Fotografía: Raúl Ortiz-Pulido.

Resumen

En el mundo hay escasez de agua dulce. Actualmente una tercera parte de la humanidad vive en regiones con estrés hídrico. Debido a ello es importante explorar alternativas que ayuden a solucionar la falta de este líquido vital. En este trabajo describimos un esfuerzo para adaptar y poner en funcionamiento sistemas que capturen el agua contenida en la niebla. Estos sistemas son conocidos como atrapanieblas. Desplegamos estos dispositivos en dos municipios del estado de Hidalgo, México, cubiertos con bosques nublados. Con ello buscamos desarrollar una alternativa económica y viable para hacer llegar agua a comunidades humanas con estrés hídrico en la zona citada.

Palabras clave: agua, estrés hídrico, niebla, atrapanieblas, bosque mesófilo de montaña

Abstract

Freshwater is in short supply worldwide. Currently, one third of humanity lives in water-stressed regions. It is therefore vital to explore ways to help resolve the lack of this vital substance. In this work we describe a project whose objective was to adapt fog harvesting systems and put them into operation. These are systems that capture water from fog. We deployed these devices in two municipalities in the state of Hidalgo, Mexico, that have cloud forest cover. We set out to develop an affordable and viable option for providing water to water-stressed communities in the study area.

Keywords: water, water stress, fog, fog catchers, mountain mesophyll forest

¿Alguna vez has imaginado un futuro en el que tengas que racionar el agua que consumes? ¿Uno en el que solo haya una cubeta con agua potable para toda tu familia por dos días? Sabemos que el escenario pareciera aterrador, pero algo es cierto, esa realidad existe ya en varias partes del mundo.

En el estado de Hidalgo, por ejemplo, existen familias en la Sierra Alta Hidalguense, que debido a la escasez de agua solo tienen acceso a 200 litros de agua cada dos semanas. Eso significa que, en promedio, una casa donde habitan cuatro personas tiene acceso a 28.57 litros cada dos días; es decir, que cada persona recibe 3.57 litros por día. ¿Qué harías tú con esa cantidad de agua al día? ¿La beberías?, ¿te bañarías?, ¿lavarías tu ropa?, ¿limpiarías el suelo?, ¿darías de beber a tus animales? o ¿enjuagarías los trastes?

Esa falta de agua tiene un nombre. Cuando la cantidad de agua que se necesita es mayor a la cantidad que está disponible se dice que ocurre estrés hídrico. Este estrés es más común de lo que puedes creer. Por ejemplo, alrededor del mundo una tercera parte de la población lo padece y México no es la excepción. En nuestro país más de la mitad de las personas sufren por carencia de agua (UNAM, 2017). Por todo ello es necesario desarrollar técnicas que ayuden a que las comunidades más afectadas por este problema tengan más agua. En ese sentido, una solución es la captura de agua del ambiente.

Captura de agua ambiental

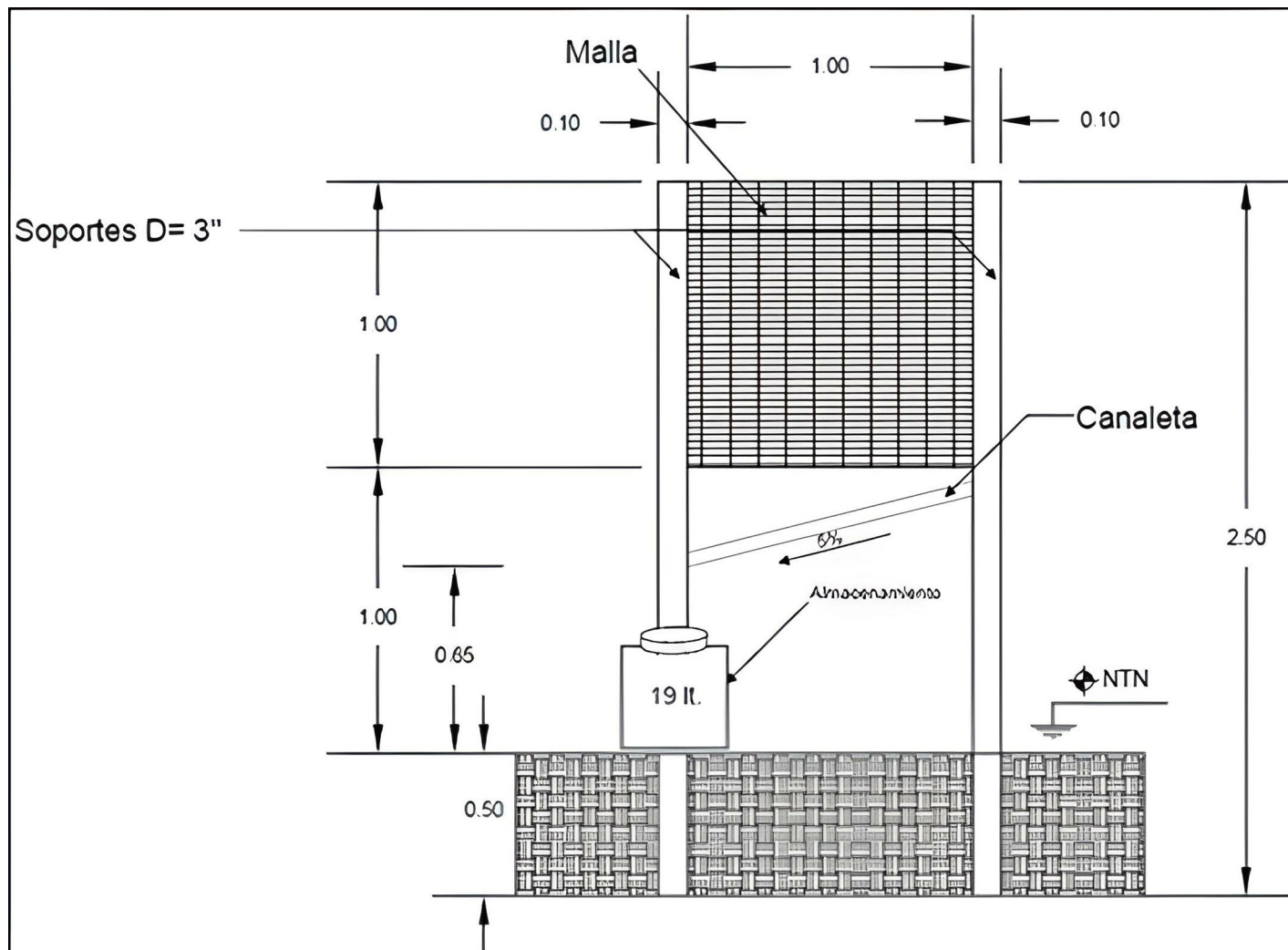
El agua del ambiente se puede atrapar de diversas maneras. Por ejemplo, captando el agua de lluvia. Una práctica común es poner canaletas en el perímetro de las azoteas de las casas y dirigir el agua capturada a un sitio de almacenamiento usando tubería. Otra manera de captar el agua pluvial es atrapándola directamente en el drenaje. Esto implica crear una línea de drenaje exclusiva para agua de lluvia, lo que resulta costoso... pero, ¿qué pensarías si te dijéramos que se puede extraer agua de las nubes sin necesidad de que llueva?

Los atrapanieblas

La extracción del agua de las nubes es posible con ayuda de aparatos que concentran el agua que hay en la niebla. A estos aparatos se les ha llamado sistemas atrapanieblas y son dispositivos capaces de coleccionar las diminutas gotas de agua que están suspendidas en el aire de las nubes, que después se precipitan en una canaleta y enseguida se almacenan en un contenedor.

La estructura de un atrapanieblas es sencilla. Está conformada por dos sostenes que soportan una malla. La malla es uno de los elementos más importantes del aparato, pues es la que se encarga de capturar el agua. Además de la malla, se usa una canaleta, que recolecta el líquido que cae de la malla, y un recipiente de plástico o cisterna, que es donde se almacena el agua.

Estos sistemas han sido construidos en diversos países del mundo, como España, Chile, Perú y Colombia, y han demostrado ser una gran alternativa para obtener agua. Por ejemplo, en Lima, Perú, se logró captar 258 litros de agua usando 6 m² de malla tipo Raschel al 80% de sombra en un periodo de cuatro meses de monitoreo (Antara-Hinostroza y



Modelo de sistema atrapanieblas para 1 m² de malla. Elaborado por: Eduardo López-Ortega.

Marquez-Bravo, 2020), lo que da un promedio de 0.36 litros capturados por día por metro cuadrado de malla (l/día/m²). En México, los sistemas atrapanieblas son una tecnología muy poco explorada.

Bosques nublados, ideales para atrapanieblas

Los atrapanieblas funcionan mejor donde las condiciones climáticas son propicias para la formación de la niebla. En ese sentido México presenta una región ideal para instalarlos, la zona de bosques nublados. Esta región atraviesa varios estados de la república, como Veracruz, Puebla, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas. Esta es una región montañosa, con vientos húmedos provenientes del golfo y una temperatura media que varía entre 12°- 23°C (CONABIO, 2022). Esas condiciones son las ideales para la creación y presencia de niebla.

En muchos de los lugares en que existen bosques nublados hay poblaciones humanas con estrés hídrico. Por ejemplo, en varias zonas del estado de Hidalgo se enfrentan a este problema, pero afortunadamente en varias de ellas se cuenta con las condiciones climáticas y sociales que permiten explorar la alternativa de usar atrapanieblas para obtener agua. Por ello, en un trabajo conjunto entre la Licenciatura en Ingeniería Civil y el Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), hemos explorado el uso de atrapanieblas en varios municipios del estado de Hidalgo, México; dos de esos municipios son Acaxochitlán y Tlahuiltepa.

Los experimentos con atrapanieblas

En el municipio de Acaxochitlán construimos tres sistemas atrapanieblas prototipo, con tres tipos de malla: malla Raschel al 65% de sombra, malla mosquitera y malla antiáfidos. Cada sistema tuvo 1 m² de malla. La malla Raschel al 50% y 80% tiene un precio cinco veces más alto que la mosquitera y la antiáfidos por metro cuadrado. La malla Raschel, también conocida como malla sombra, es una de las principales mallas usadas alrededor del mundo para la captura de niebla. Las mallas mosquitera y antiáfidos se usaron como materiales alternativos, en un intento por abaratar costos. Los resultados que obtuvimos después de 30 días de medición fueron: 7.03 litros de agua capturados con la malla Raschel (es decir, 0.2 l/día/m² de malla), 6.30 litros con malla mosquitera (0.2 l/día/m²) y 3.30 litros con malla antiáfidos (0.1 l/día/m²). Estos resultados, en promedio, fueron semejantes, aunque un poco más bajos que los indicados antes para Lima Perú, pero han llamado la atención de las personas. Por ejemplo, en 2022 la propuesta fue premiada con el 1er lugar en el Foro de Investigación de Ingeniería Sustentable, en el marco de la XXI Semana de la Construcción realizada en la Licenciatura de Ingeniería Civil (UAEH), lo que dio pie a entrevistas con medios de comunicación, youtubers y políticos locales (e.g., Calvo, 2022).

En el municipio de Tlahuiltepa construimos inicialmente nueve prototipos de atrapanieblas; cuatro de ellos con malla tipo Raschel al 80% de sombra, cuatro con malla mosquitera y uno con malla Raschel al 50%. En uno de estos dispositivos, el que tuvo malla Raschel al 50%, capturamos 12 l/día/m².

Ya con ese conocimiento, instalamos, con la participación de los pobladores locales, dispositivos atrapanieblas, en las localidades Demañi y Palo Perdido. Para ello, identificamos zonas con mayor paso de niebla y en cada una instalamos sistemas con malla Raschel y con malla mosquitera, con el fin de evaluar cuál captaba mayor cantidad de agua. Ya teniendo esa información, construimos la Planta Piloto Atrapanieblas I, que, hasta donde sabemos, fue la primera en su tipo en el estado de Hidalgo. La planta fue establecida en una plantación forestal de cedros (*Cupressus* sp.) que tuvo árboles de 10-15 m de altura, donde usamos los troncos de dichos árboles como soportes laterales del atrapanieblas. Allí colocamos 14.4 m² de malla de tipo Raschel al 80% de sombra. En esta planta piloto, en un día con viento con paso de niebla, capturamos 5 litros de agua en 2.7 m² de malla en 45 minutos. Si este valor permaneciera constante a lo largo




Planta Piloto Atrapanieblas I al ser colocada en una plantación forestal en Demañi, Tlahuiltepa, Hidalgo, México.
Fotografía: Raúl Ortiz-Pulido.

de un día daría una captura de 59.3 l/día/m² de malla. Este es un valor muy alto, quizá el más alto reportado a nivel mundial, al menos hasta donde sabemos. Ahora bien, nos queda la duda de si los litros de agua capturada provinieron solo del atrapanieblas. Esto es porque creemos que las ramas de los árboles también capturaban agua y ésta caía en la malla. Con base en esto, consideramos que en el futuro sería conveniente investigar si combinando plantación de árboles se puede mejorar la eficiencia de un atrapanieblas.

Posteriormente, con el conocimiento que adquirimos en esa instalación, mejoramos el modelo y construimos la Planta Atrapanieblas II, que contó con 21.6 m² de malla de tipo Raschel al 80% de sombra, postes de metal y colector inferior de cemento, y fue construida en un sitio abierto, es decir, sin árboles cercanos. En ella, en el mes de septiembre de 2022, atrapamos en 17 días 4,500 litros de agua (es decir, capturamos en promedio 12.3 l/día/m² de malla). Esa agua la colectamos en una cisterna rústica expuesta con capacidad de 5,000 litros de agua, misma que también diseñamos en el proyecto y que buscamos que fuera muy económica. Ahora bien, ese resultado podría no ser confiable, porque durante los 17 días ocurrió un evento de lluvia intenso, por lo que sería posible que el atrapanieblas hubiera capturado también el agua precipitada en forma de lluvia. Considerando esto, en dicha planta, el 10 de febrero de 2023, durante un frente frío húmedo que originó neblina y vientos fuertes, pero no lluvia, atrapamos una media de 5.5 l/día/m² (este fue el promedio de tres medidas de captura de agua de 1 minuto cada una). En dicha planta esperamos obtener otros resultados experimentales, lo que será importante para afinar la construcción de otros atrapanieblas.

¿Qué sigue?

A la fecha varios dispositivos siguen en prueba, por lo tanto, los sistemas continúan mejorándose. Por ejemplo, hay que planear cómo transportar el agua, desde el sitio en que será capturada hasta el sitio donde será usada. En ese sentido estamos explorando, con la ayuda del joven empresario Jorge Luis Balderas Islas, la implementación de bombas de ariete, que pueden bombear el agua a más de 90 m de altura sin usar otra energía más que la cinética del agua. Otra necesidad es mejorar la calidad del agua capturada, porque está expuesta a factores contaminantes provenientes del ambiente, como polvo, hojas e insectos, ya que los atrapanieblas son sistemas abiertos. Por ello, hasta el momento, el agua recolectada debe usarse solo para el riego, dar de beber al ganado, limpiar la casa o, como ha hecho uno de los campesinos participantes con uno de los prototipos, dar de beber a las abejas. Sin embargo, existe la posibilidad de utilizar esta agua para consumo humano siempre y cuando se lleve a cabo un proceso de potabilización, cumpliendo así con los lineamientos establecidos por las normas de agua para consumo humano.

Considerando lo expuesto aquí, creemos que es posible ayudar a las comunidades que presentan estrés hídrico en zonas de bosque de niebla usando sistemas atrapanieblas. En general deseamos desarrollar una tecnología adaptada a cada condición climática local, anteponiendo siempre la funcionalidad, la facilidad de instalación y la rentabilidad de los sistemas atrapanieblas. 



Paisaje montañoso con mar de nubes en Demañi, Tlahuiltepa, Hidalgo, México. En la esquina inferior derecha se puede observar parte de la Planta Piloto Atrapanieblas II. **Fotografía:** Raúl Ortiz-Pulido.

Agradecimientos

Los autores agradecen a sus respectivas familias por, sin saberlo, donar tiempo para este proyecto. A Kenia Ceballos Manzano, estudiante de intercambio de la Universidad Autónoma de Guerrero, por su comentario breve hecho a RO-P, mismo que disparó la fase inicial de este proyecto. A la Academia Mexicana de Ciencias y a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por asignar estudiantes al proyecto. A los habitantes y autoridades de las comunidades Demañi y Palo Perdido de Tlahuiltepa, en especial a Don Leoel Morales Ponce, Don Tito Ballesteros Ponce, Adrián Lira, Víctor Ponce Escamilla y Antonio Cruz Olguín por creer en el proyecto, por el préstamo de terrenos y por su apoyo con mano de obra e ideas. A la empresa Magos de los Bosques y a sus donantes por su apoyo económico para comprar parte de los materiales usados en los sistemas atrapanieblas piloto instalados. A Astrid Carolina Ramos Luna, estudiante de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por su agradable compañía en campo.

Referencias

- Antara-Hinostroza, J. P. y Marquez-Bravo, E.B. (2020) Evaluación de la eficiencia de la tecnología de atrapanieblas de tipo Raschell al 50% y 80% de porosidad en el cerro las Tunas para el riego de las áreas verdes de la Universidad Peruana Unión. Tesis de Licenciatura. Universidad Peruana Unión. Lima.
- Calvo, A. (2022). Sacar agua de las nubes. Tiktok. <https://vm.tiktok.com/ZMYSs9q8G/>.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2022). Bosques nublados. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueNublado>.
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). (2017) Estrés hídrico: ¿nos estamos quedando sin agua? EcoPuma, UNAM. Recuperado el 22 de febrero del 2023 de <https://www.fundacionunam.org.mx/ecopuma/estres-hidrico-nos-estamos-quedando-sin-agua/>.



Cisterna rústica desarrollada durante este proyecto llena con 4,500 litros de agua capturada con la Planta Piloto Atrapanieblas II.
Fotografía: Raúl Ortiz-Pulido.