



# UNICIT

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA  
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Implementación de la Tecnología de Extracción de Agua del Aire: Un  
Enfoque Sostenible para Mitigar la Escasez Hídrica en la actualidad  
Managua, Nicaragua. (Primera Etapa)

**Autor:** Ing. Fauto Leónidas Palacio Amador

**Asesor:** MSc. María Mercedes Orozco

MBA. José Dagoberto Mejía Flores  
Director de Investigación y Posgrado



Managua, Nicaragua

Diciembre 2025

## **1. Introducción**

El acceso al agua potable constituye uno de los principales desafíos ambientales, sociales y económicos del siglo XXI. A nivel mundial, el crecimiento poblacional, el cambio climático, la contaminación de las fuentes hídricas y la sobreexplotación de acuíferos han intensificado la escasez de agua, afectando de manera directa la calidad de vida y el desarrollo sostenible de las comunidades.

En Nicaragua, y particularmente en la ciudad de Managua, la problemática hídrica se manifiesta a través de la irregularidad en el suministro de agua potable, el deterioro de las fuentes subterráneas y la vulnerabilidad ante fenómenos climáticos extremos como sequías prolongadas. Este contexto demanda la exploración e implementación de soluciones tecnológicas innovadoras, sostenibles y adaptadas a las condiciones climáticas locales.

En este marco, la tecnología de extracción de agua del aire surge como una alternativa viable y prometedora. Esta tecnología aprovecha la humedad atmosférica para producir agua potable mediante procesos físicos como la condensación, ofreciendo una fuente complementaria y renovable de agua, especialmente en regiones con niveles moderados o altos de humedad relativa.

## 2. Planteamiento del Problema

La escasez hídrica en Managua se ha convertido en una problemática recurrente que afecta tanto a zonas urbanas como periurbanas. A pesar de contar con recursos hídricos subterráneos, la infraestructura limitada, el crecimiento urbano desordenado y la contaminación de los mantos acuíferos han reducido la disponibilidad y calidad del agua potable.

La dependencia casi exclusiva de fuentes tradicionales de abastecimiento representa un riesgo significativo frente a escenarios de cambio climático y aumento de la demanda. En este contexto, surge la necesidad de evaluar tecnologías alternativas que permitan diversificar las fuentes de agua, reducir la presión sobre los acuíferos y garantizar un suministro más resiliente y sostenible.

Por ello, se plantea la siguiente interrogante de investigación:

¿De qué manera la implementación de la tecnología de extracción de agua del aire puede contribuir a mitigar la escasez hídrica en la ciudad de Managua, Nicaragua, ¿bajo un enfoque sostenible?

### **3. Justificación de la Investigación**

La presente investigación se justifica desde los ámbitos ambiental, social, técnico y económico. Desde el punto de vista ambiental, la extracción de agua del aire representa una alternativa limpia que no genera descargas contaminantes ni altera significativamente los ecosistemas hídricos existentes.

En el ámbito social, la aplicación de esta tecnología puede mejorar el acceso al agua potable en comunidades con suministro limitado o intermitente, contribuyendo a la salud pública y al bienestar de la población. Asimismo, desde una perspectiva técnica, el estudio permitirá analizar la viabilidad de esta tecnología en las condiciones climáticas de Managua, caracterizadas por temperaturas elevadas y niveles variables de humedad relativa.

Finalmente, desde el enfoque económico, la investigación permitirá evaluar el potencial de esta tecnología como una solución complementaria a mediano y largo plazo, considerando costos de implementación, operación y mantenimiento frente a los beneficios obtenidos.

#### **4. Objetivos de la Investigación**

##### **Objetivo General**

Analizar la viabilidad de la implementación de la tecnología de extracción de agua del aire como una alternativa sostenible para mitigar la escasez hídrica en la ciudad de Managua, Nicaragua.

##### **Objetivos Específicos**

1. Describir el estado actual de la problemática de escasez hídrica en Managua.
2. Explicar el funcionamiento y los principios tecnológicos de la extracción de agua del aire.
3. Evaluar las condiciones climáticas de Managua y su influencia en la eficiencia de esta tecnología.
4. Identificar los beneficios ambientales y sociales asociados a su implementación.

## **5. Alcance de la Investigación**

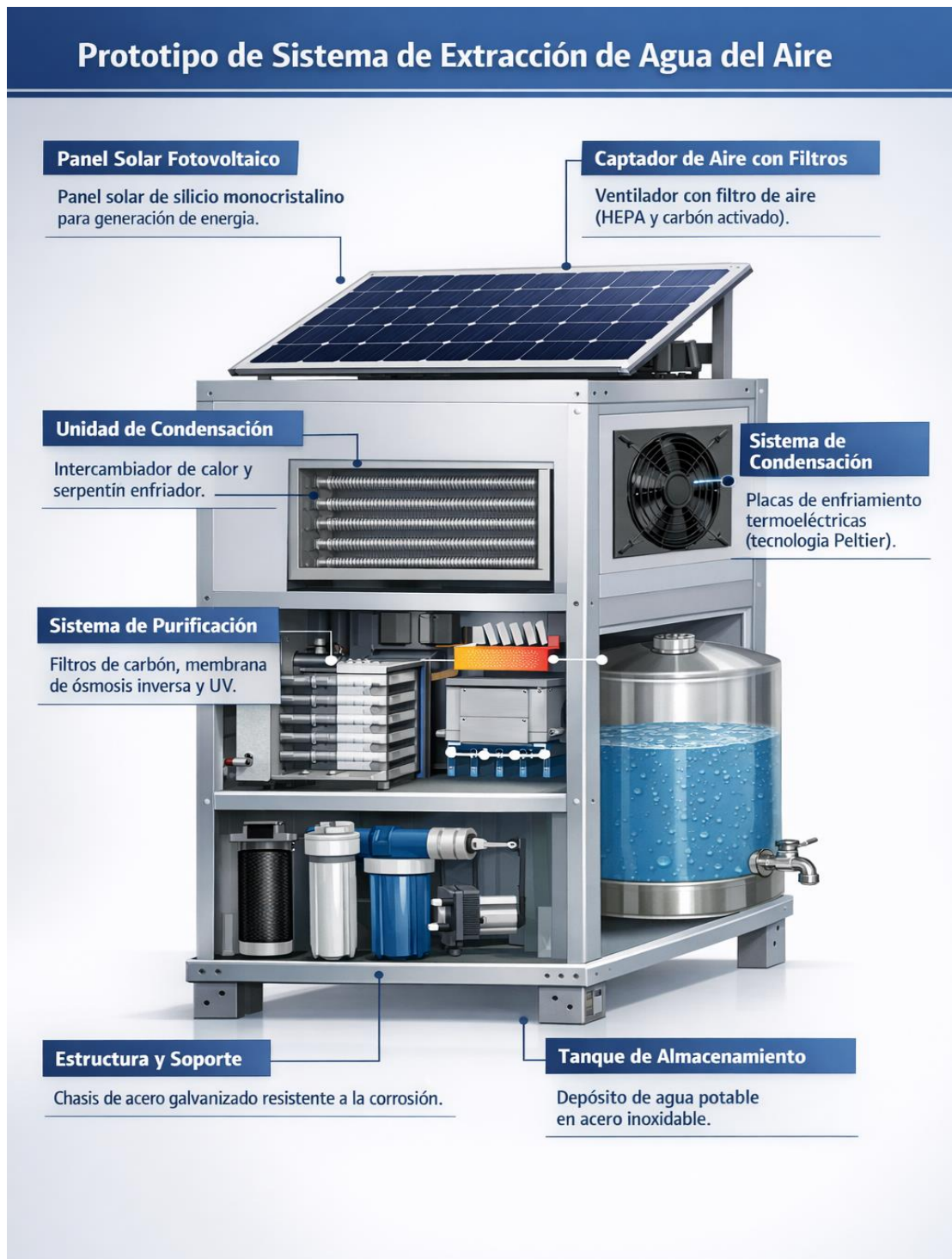
La investigación se centra en el análisis técnico y descriptivo de la tecnología de extracción de agua del aire aplicada al contexto urbano de Managua. El estudio no contempla el diseño detallado de un prototipo industrial, sino la evaluación conceptual, técnica y ambiental de su implementación como solución complementaria al abastecimiento de agua potable.

El alcance temporal corresponde a la situación actual de la escasez hídrica y las condiciones climáticas predominantes, mientras que el alcance geográfico se limita a la ciudad de Managua y sus zonas de influencia inmediata.

## **6. Metodología General (Resumen)**

La investigación adopta un enfoque descriptivo y analítico, basado en la revisión de literatura científica, informes técnicos, datos climáticos y estudios de casos relacionados con la extracción de agua del aire. Asimismo, se realizará un análisis comparativo entre esta tecnología y los métodos tradicionales de abastecimiento hídrico, considerando criterios de sostenibilidad y factibilidad.

## 7. Descripción de Prototipo de la primera etapa





## **8. Descripción Técnica del Prototipo Propuesto**

### **8.1. Descripción General del Prototipo**

El prototipo propuesto corresponde a un Sistema de Extracción de Agua del Aire diseñado para operar bajo las condiciones climáticas de la ciudad de Managua, Nicaragua. Su funcionamiento se basa en la captación de aire atmosférico, la condensación de la humedad contenida en él y la posterior purificación del agua obtenida, garantizando su aptitud para consumo humano.

El sistema ha sido concebido bajo un enfoque modular, sostenible y escalable, permitiendo su implementación tanto en entornos urbanos como periurbanos. Asimismo, integra el uso de energía renovable mediante un sistema fotovoltaico, reduciendo su dependencia de la red eléctrica convencional y minimizando el impacto ambiental.

### **8.2. Principio de Funcionamiento**

El prototipo opera siguiendo las siguientes etapas:

1. Captación de aire atmosférico: Un ventilador de alta eficiencia aspira el aire ambiente y lo conduce a través de un sistema de filtración primaria.
2. Filtrado del aire: El aire es purificado mediante filtros HEPA y de carbón activado, eliminando partículas sólidas, polvo y contaminantes.
3. Condensación de la humedad: El aire filtrado entra en contacto con superficies frías generadas por un sistema de enfriamiento termoeléctrico (celdas Peltier) o serpentines refrigerados, provocando la condensación del vapor de agua.
4. Recolección del agua condensada: El agua obtenida es canalizada hacia un sistema de almacenamiento temporal.
5. Purificación del agua: El líquido pasa por un proceso de filtración múltiple que incluye filtros de sedimentos, carbón activado, membrana de ósmosis inversa y desinfección por luz ultravioleta (UV).
6. Almacenamiento final: El agua tratada se almacena en un tanque de acero inoxidable grado alimenticio, lista para su uso.

### 8.3. Componentes Principales del Sistema

El prototipo está constituido por los siguientes subsistemas:

- ❖ Sistema de energía: Panel solar fotovoltaico, controlador de carga, batería y sistema de respaldo eléctrico.
- ❖ Sistema de captación de aire: Ventilador axial o centrífugo con filtros HEPA y de carbón activado.
- ❖ Sistema de condensación: Módulos termoelectricos Peltier, disipadores de calor y ventiladores auxiliares.
- ❖ Sistema de purificación: Filtros de sedimentos, carbón activado, ósmosis inversa y lámpara UV.
- ❖ Sistema de almacenamiento: Tanque de agua potable en acero inoxidable.
- ❖ Estructura y soporte: Chasis metálico resistente a la corrosión y a condiciones ambientales adversas.

### 9. Tabla de Materiales (BOM – Bill of Materials)

A continuación, se presenta la tabla de materiales necesarios para la construcción del prototipo de extracción de agua del aire:

| Ítem | Componente               | Especificaciones Técnicas                         | Función Principal               |
|------|--------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1    | Panel solar fotovoltaico | Silicio monocristalino, 300–400 W, 24 V           | Suministro de energía renovable |
| 2    | Controlador de carga     | Tipo MPPT, 24 V, protección contra sobrecarga     | Regulación de energía solar     |
| 3    | Batería                  | Batería de litio o AGM, 24 V, 100–200 Ah          | Almacenamiento de energía       |
| 4    | Ventilador de captación  | Ventilador axial/centrífugo, 12–24 V, alto caudal | Aspiración de aire              |

|    |                                  |                                |                                 |
|----|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 5  | Filtro HEPA                      | Eficiencia $\geq 99.97\%$      | Retención de partículas finas   |
| 6  | Filtro de carbón activado        | Granular o en bloque           | Eliminación de olores y gases   |
| 7  | Módulos Peltier                  | TEC1-12706 o superior          | Condensación del vapor de agua  |
| 8  | Disipadores de calor             | Aluminio con ventilador        | Transferencia térmica           |
| 9  | Serpentín/intercambiador         | Cobre o aluminio               | Enfriamiento del aire           |
| 10 | Filtro de sedimentos             | 5 micras                       | Retención de partículas sólidas |
| 11 | Filtro de carbón activado (agua) | Bloque de carbón               | Mejora del sabor y olor         |
| 12 | Membrana de ósmosis inversa      | 50–100 GPD                     | Eliminación de sales y metales  |
| 13 | Lámpara UV                       | 254 nm, grado potable          | Desinfección microbiológica     |
| 14 | Tanque de almacenamiento         | Acero inoxidable, 20–50 L      | Almacenamiento de agua potable  |
| 15 | Bomba de agua                    | 12–24 V, baja presión          | Circulación del agua            |
| 16 | Sensores ambientales             | Temperatura y humedad relativa | Monitoreo del sistema           |
| 17 | Estructura metálica              | Acero galvanizado              | Soporte del sistema             |
| 18 | Tuberías y conexiones            | PVC grado alimenticio          | Conducción del agua             |

## **10. Análisis de Viabilidad Técnica**

La viabilidad técnica del prototipo de extracción de agua del aire se evalúa considerando las condiciones climáticas, la disponibilidad tecnológica, la eficiencia operativa y la factibilidad de implementación en el contexto de la ciudad de Managua, Nicaragua.

Desde el punto de vista climático, Managua presenta temperaturas promedio elevadas y niveles de humedad relativa moderados a altos durante gran parte del año, condiciones favorables para el funcionamiento de sistemas de condensación de humedad atmosférica. Estas características permiten una producción continua de agua, especialmente en horas nocturnas y en temporadas húmedas.

En cuanto a la disponibilidad tecnológica, los componentes que integran el prototipo (paneles solares, módulos termoelectrónicos, filtros, sensores y sistemas de purificación) son tecnologías comercialmente disponibles, probadas y de fácil adquisición en el mercado regional o internacional. Esto reduce los riesgos asociados a la implementación y mantenimiento del sistema.

La operación del prototipo no requiere mano de obra altamente especializada, ya que los procesos de captación, condensación y purificación están automatizados. Asimismo, el diseño modular facilita el mantenimiento preventivo y correctivo, incrementando la confiabilidad del sistema.

En consecuencia, se concluye que el prototipo presenta una alta viabilidad técnica, siendo compatible con las condiciones ambientales y las capacidades tecnológicas disponibles en el contexto local.

## **11. Análisis de Viabilidad Ambiental**

Desde la perspectiva ambiental, la tecnología de extracción de agua del aire se considera una alternativa sostenible debido a su bajo impacto ecológico. A diferencia de los sistemas tradicionales de abastecimiento, este prototipo no requiere la extracción directa de agua de fuentes superficiales o subterráneas, contribuyendo a la conservación de los acuíferos.

El uso de energía solar fotovoltaica reduce significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo energético, alineándose con los principios de mitigación del cambio climático. Asimismo, el proceso de condensación no genera residuos líquidos contaminantes ni descargas nocivas al ambiente.

El impacto ambiental del sistema se limita principalmente a la fabricación y disposición final de los componentes electrónicos, lo cual puede mitigarse mediante prácticas de reciclaje y una adecuada gestión de residuos tecnológicos.

Por lo tanto, el prototipo demuestra una alta viabilidad ambiental, contribuyendo positivamente a la sostenibilidad hídrica y energética.

## 12. Criterios de Sostenibilidad

El diseño del prototipo incorpora criterios de sostenibilidad en sus dimensiones ambiental, social y económica:

- ❖ Sostenibilidad ambiental: Uso de energía renovable, reducción de la presión sobre fuentes hídricas naturales y mínima generación de residuos.
- ❖ Sostenibilidad social: Mejora del acceso al agua potable en comunidades con suministro limitado, fortaleciendo la salud pública y la calidad de vida.
- ❖ Sostenibilidad técnica: Diseño modular y escalable que permite su adaptación a diferentes capacidades de producción.
- ❖ Sostenibilidad económica: Reducción de costos operativos a largo plazo gracias al uso de energía solar y bajo consumo energético.

### 13. Estimación General de Costos (Presupuesto)

La Tabla siguiente presenta una estimación referencial de los costos asociados a la implementación del prototipo. Los valores son aproximados y pueden variar según proveedores y condiciones del mercado.

| Concepto                             | Costo Estimado (USD) |
|--------------------------------------|----------------------|
| Panel solar y sistema energético     | 450 – 600            |
| Sistema de condensación              | 300 – 450            |
| Sistema de filtración y purificación | 250 – 400            |
| Tanque de almacenamiento             | 120 – 200            |
| Estructura y montaje                 | 150 – 250            |
| Sensores y control                   | 80 – 120             |
| Costo total estimado                 | 1,350 – 2,020        |

A pesar de la inversión inicial, el sistema presenta bajos costos de operación y mantenimiento, lo que lo convierte en una solución económicamente viable a mediano y largo plazo.

## 14. Referencias Bibliográficas

Obando Mora, X. (2019). Valoración financiera implementación de sistema de reciclaje de aguas grises en Grupo Monge S.A. en el periodo 2020-2025 [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua].

Watergen. (2021, 7 de octubre). Conozca la tecnología que crea agua potable a partir del aire. Infobae.

BBC News Mundo. (2018, 28 de septiembre). Las fascinantes tecnologías que logran obtener agua potable del aire. BBC.

Corporación Font Nicaragua S.A. (s.f.). Sistemas de potabilización.

García, M. (2019). Actualización hidrogeológica y disponibilidad del acuífero del valle de Sébaco, Nicaragua. Aqua-LAC, 11(2), 45-58.