

# Innovative Use of Fog Catchers to Mitigate Water Stress and Promote Sustainable Agriculture

Stevin M. Becerra-Regalado<sup>1</sup>; Pedro I. Peña-Velasquez<sup>2</sup>; Gladys S. Licapa-Redolfo<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Ingeniería Ambiental, Universidad Privada del Norte, Perú. [N00000000@upn.pe](mailto:N00000000@upn.pe); [N00122819@upn.pe](mailto:N00122819@upn.pe)

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte, Perú. [gladys.licapa@upn.edu.pe](mailto:gladys.licapa@upn.edu.pe)

*Abstract—The research aimed to evaluate the implementation of a fog catcher system that guarantees the quality of the captured water, ensuring its compliance with the established standards, for which a fog catcher was installed using polyethylene Raschel mesh, designed to capture water from fog. and predominant fogs in the area, specifically in the El Verde population center, in the Cajamarca region, Peru. This system demonstrated outstanding efficiency during the rainy season, capturing 140.15 liters in 16 days, with daily productions of 5.3 to 16.4 liters, it was also evaluated in the dry season, collecting 73.7 liters in the same period, with daily productions of 1.8 to 7.9 liters. The analyzes of captured atmospheric water show that the physicochemical parameters meet the values of the water quality standards for category 3, suitable for irrigation and animal drinking, without risks to health or the environment. Based on these results, the feasibility of the fog catcher is concluded as a promising technology for the sustainable management of water resources in arid and semi-arid regions, essential to support local agriculture and community well-being.*

*Keywords—Fog catcher, Raschel mesh, rainy season, dry season, water resources*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LEIRD).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LEIRD).  
**DO NOT REMOVE**

# Uso Innovador de Atrapanieblas para Mitigar el Estrés Hídrico y Promover la Agricultura Sostenible

Stevin M. Becerra-Regalado<sup>1</sup>; Pedro I. Peña-Velasquez<sup>2</sup>; Gladys S. Licapa-Redolfo<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Ingeniería Ambiental, Universidad Privada del Norte, Perú. [N00000000@upn.pe](mailto:N00000000@upn.pe); [N00122819@upn.pe](mailto:N00122819@upn.pe)

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte, Perú. [gladys.licapa@upn.edu.pe](mailto:gladys.licapa@upn.edu.pe)

**Resumen**— La investigación tuvo como objetivo evaluar la implementación de un sistema de atrapanieblas que garantice la calidad del agua captada, asegurando su cumplimiento con los estándares establecidos, para lo cual se instaló un atrapanieblas utilizando malla Raschel de polietileno, diseñado para captar agua de neblinas y nieblas predominantes en la zona, específicamente en el centro poblado el Verde, en la región Cajamarca, Perú. Este sistema demostró una eficiencia destacada durante la estación lluviosa, capturando 140.15 litros en 16 días, con producciones diarias de 5.3 a 16.4 litros, asimismo se evaluó en la estación seca, recolectando 73.7 litros en el mismo período, con producciones diarias de 1.8 a 7.9 litros. Los análisis de agua atmosférica captada muestran que los parámetros fisicoquímicos cumplen con los valores de los estándares de calidad del agua para la categoría 3, aptos para riego y bebida de animales, sin riesgos para la salud o el medio ambiente. Bajo estos resultados se concluye la viabilidad del atrapanieblas como una tecnología prometedora para la gestión sostenible de recursos hídricos en regiones áridas y semiáridas, esencial para apoyar la agricultura local y el bienestar comunitario.

**Palabras Clave**— Atrapanieblas, malla Raschel, estación lluviosa, estación seca, recursos hídricos

## I. INTRODUCCIÓN

La escasez de agua es un problema medioambiental significativo que ha afectado a numerosas comunidades a lo largo de los siglos. A pesar de que el agua cubre el 75% de la superficie terrestre, solo una pequeña fracción es agua dulce, y de esta, apenas un 0,6% está disponible para el uso humano. Según la ONU, solo el 2,5% del agua mundial es agua dulce. Sin un acuerdo global para gestionar los recursos hídricos, nos dirigimos hacia una crisis global del agua [1]

Numerosos estudios científicos han explorado el uso de la niebla como recurso hidrológico sostenible. A pesar de sus efectos adversos en el transporte aéreo y marítimo, la recolección de gotas de niebla mediante tecnologías sostenibles puede resolver problemas de escasez de agua, beneficiando la reforestación, la recarga de acuíferos y las necesidades humanas [2]. El estudio publicado en Clean Technologies and Environmental Policy discuten cómo la recolección de agua de niebla puede ser una fuente alternativa y sostenible, especialmente en áreas áridas [3].

Asimismo, los atrapanieblas han demostrado su eficacia en áreas como el desierto de Atacama en Chile y las montañas de Marruecos. Estos dispositivos funcionan mediante una malla fina que condensa las gotas de agua presentes en la niebla,

recolectándolas y dirigiéndolas a un sistema de almacenamiento. La eficiencia de estos sistemas varía según las condiciones climáticas y la ubicación geográfica, pero en general, han mostrado ser una herramienta valiosa para mitigar la escasez de agua, en ese sentido el uso de atrapanieblas en Pichidangui y Arica, demostrando su efectividad en la recolección de agua para comunidades costeras [4]. En Colombia en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas proponen la implementación de atrapanieblas en Ráquira, destacando su viabilidad como opción sostenible para el consumo humano [5]. En México investigaron la calidad del agua de niebla en Veracruz, determinando su idoneidad para usos agrícolas [6]. Asimismo, en Ecuador se implementó atrapanieblas en comunidades de Chimborazo para satisfacer la demanda de agua en cultivos de maíz [7].

Estudios recientes han comenzado a explorar el potencial de los atrapanieblas como una solución viable para las comunidades rurales. La investigación se ha centrado en la evaluación de la eficiencia de estos sistemas y la calidad del agua captada, con resultados prometedores, como una investigación destaca cómo la recolección de niebla puede ser una herramienta clave en la adaptación al cambio climático y en la sostenibilidad agrícola, mejorando la resiliencia de las comunidades agrícolas en áreas afectadas por la escasez de agua [8].

De igual forma, otro estudio relevante, se centra en las innovaciones en la gestión sostenible del agua, destacando el potencial de los atrapanieblas para proporcionar agua a comunidades agrícolas en regiones áridas y semiáridas [9]. Además, otra investigación explora las aplicaciones agrícolas de los atrapanieblas, analizando la eficiencia y viabilidad de estos sistemas en diferentes contextos climáticos y socioeconómicos [10].

En Perú, solo el 10% de la población tiene acceso a agua potable, y solo el 18% cuenta con sistemas de desagüe, siendo las áreas rurales las más afectadas. La desnutrición y la anemia son comunes en niños menores de 5 años debido a la falta de agua segura, ya que solo el 3% de la población rural recibe agua tratada con cloro. Los establecimientos públicos en áreas urbanas tienen mayor acceso a redes de agua potable en comparación con las áreas rurales [11].

De igual importancia, un estudio de la captación de agua de niebla en los Bosques húmedos y Páramos andinos de Ayabaca, Piura, demostraron su uso agrícola [12]. De forma similar existe exploraciones de la recolección de agua de niebla en Los Jardines de Santa Rosa, SJL, Lima, para la reforestación. [13]. Igualmente, otro investigador cuantificó el volumen y calidad del agua de niebla en Pachacútec, Ventanilla, determinando que, aunque no es apta para consumo humano directo, puede ser utilizada para riego [14]. En ese sentido en otra investigación evaluaron la recolección de agua en La Palma, Chota, concluyendo que la malla metálica es la más eficiente para capturar agua en zonas de alta altitud [15].

La fundamentación teórica y los antecedentes recalcan la importancia de explorar nuevas fuentes de agua y desarrollar tecnologías de recolección de niebla para mitigar el estrés hídrico y promover la agricultura sostenible.

El cambio climático ha reducido aproximadamente el 51% de los glaciares en la cordillera de los Andes, afectando profundamente a regiones como Cajamarca [16]. Yanacocha ha invertido 60 millones de soles en 11 proyectos desde 2012 y actualmente trabaja en un proyecto de infraestructura hídrica para explotar una fuente subterránea que beneficiará a 5000 familias en Cajamarca [17]. Además, las regiones de Cutervo, Chota, Cajamarca, San Marcos, Celendín y Cajabamba se enfrentan a sequías significativas, y el Ministerio de Desarrollo Agrario está buscando soluciones inmediatas a través de las Organizaciones de Productores Agrarios [18].

La escasez de agua es un problema crítico que afecta a muchas regiones del mundo, particularmente en áreas áridas y semiáridas. En el Perú, la falta de acceso al agua es un desafío significativo que impacta tanto a comunidades urbanas como rurales. El Centro Poblado El Verde, en Cajamarca, es una de estas comunidades donde la crisis hídrica es palpable. La falta de agua afecta no solo el consumo humano, sino también la agricultura, que es una fuente vital de sustento para los habitantes locales.

Ante esta situación, se han buscado soluciones innovadoras para enfrentar la escasez de agua. Una de las tecnologías emergentes y prometedoras es el uso de atrapanieblas, dispositivos que capturan la humedad presente en la niebla y la convierten en agua utilizable. Esta tecnología ha sido implementada con éxito en diversas regiones del mundo, mostrando ser una solución eficaz y sostenible para comunidades que enfrentan desafíos similares.

El objetivo principal de esta investigación es evaluar la viabilidad técnica y socioeconómica de los atrapanieblas en el Centro Poblado El Verde, Cajamarca. Para ello se busca determinar la factibilidad de implementar estos sistemas no solo para el suministro de agua, sino también para la promoción de la agricultura sostenible. A través de una revisión exhaustiva de la literatura existente y estudios de caso, este artículo proporcionará una visión detallada de los beneficios potenciales y las limitaciones de los atrapanieblas, contribuyendo al conocimiento y la adopción de tecnologías innovadoras para enfrentar la crisis hídrica en Perú. Por tanto se ha propuesto un estudio para desarrollar un sistema innovador de captura de niebla con el fin de obtener agua del ambiente atmosférico,

aprovechando las microgotas de agua suspendidas en el aire, en ese sentido una investigación destaca que los neblinómetros son una tecnología económica y respetuosa con el medio ambiente que proporciona importantes servicios ambientales sin cambiar significativamente el paisaje natural [19].

En ese sentido, el propósito de esta investigación es abordar la escasez de agua en el Centro Poblado El Verde, Cajamarca, mediante la implementación de un sistema de atrapanieblas que garantice la calidad y potabilidad del agua captada, asegurando su cumplimiento con los estándares establecidos. Este enfoque no solo proporciona una solución local, sino que también puede servir como modelo replicable para otras comunidades con desafíos similares [15].

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Localización

La investigación se llevó a cabo en la región Cajamarca, Perú. Específicamente, se centró en las coordenadas geográficas 6°27'49.571" sur y 78°32'32.397" este, en la zona UTM 17M. Este punto se encuentra a una elevación considerable de 3256.3 metros sobre el nivel del mar, como se muestra en la Figura 1.

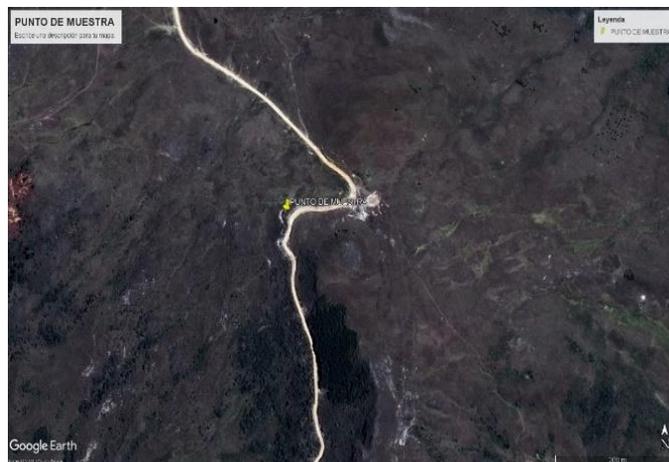


Fig. 1 Mapa de ubicación de muestreo

### B. Materiales

Para construir el atrapanieblas, se empleó una malla Raschel de polietileno, un material de fácil adquisición en las ferreterías locales de Tacabamba. Esta malla cumplía con las siguientes especificaciones:

1. Se empleó una malla Raschel hecha de polietileno, con una abertura de 2,0 × 2,0 mm y una resistencia a la ruptura de 8,8 kg/cm<sup>2</sup>, junto con una engrapadora para trabajo industrial (ETI)
2. Dicha malla fue fijada en postes de madera de 3 in por 3 m de alto y ancladas al suelo natural.
3. Para recoger el agua captada, se instaló una canaleta de PVC de 4 pulgadas y 2,5 metros de longitud. Esta canaleta, con una salida en su extremo inferior, dirigía el agua hacia un balde de 16 litros a través de una manguera de 2 metros.

### C. Metodología

En la presente investigación se utilizó el método cuantitativo, el cual se caracteriza por su enfoque en la recolección y análisis de datos numéricos con el fin de establecer patrones, tendencias y relaciones entre las variables estudiadas. Este método se seleccionó debido a que permite una situación de control, lo que posibilita que las conclusiones derivadas tengan un alto nivel de validez y fiabilidad.

Además, la investigación se desarrolló bajo un enfoque no experimental, ya que no se manipuló ninguna variable independiente. Es decir, se observó y se recolectaron los datos en su contexto natural, sin alterar el entorno o influir en los resultados. Este tipo de diseño es adecuado cuando el objetivo es describir fenómenos tal como ocurren en la realidad y analizar las relaciones que se establecen entre ellos.

Por otro lado, se implementó una metodología de investigación mixta de campo, que combina elementos tanto cualitativos como cuantitativos. El enfoque mixto permitió obtener una comprensión más completa del fenómeno estudiado, al integrar datos cuantitativos que se complementaron con información cualitativa obtenida directamente en el campo. La Figura 2 presenta un esquema detallado de la metodología empleada, ilustrando el proceso de recolección de datos, las técnicas utilizadas y el análisis efectuado.

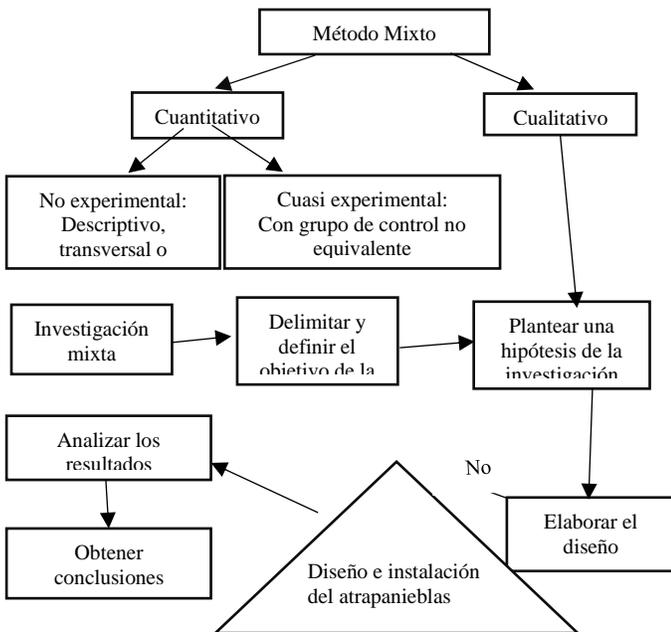


Fig. 2 Diagrama de bloques de procedimiento

### C.1. Identificación de la zona de estudio

El Centro Poblado El Verde, reconocido por la persistencia de neblinas y nieblas durante la mayor parte del año, presenta zonas donde este fenómeno atmosférico es prácticamente constante. Para el punto de ubicación del estudio se oscilan con vientos noroeste; ubicando el norte como punto central para la colocación del atrapanieblas que este contra el viento Figura 3.



Fig. 3 Ubicación del Atrapanieblas

### C.2. Diseño e instalación del atrapanieblas.

Para instalar la malla Raschel, se cortaron las dimensiones necesarias para trabajar, con una superficie de 5 m<sup>2</sup>. Los bordes de la malla se reforzaron con hilo de pita y se aseguraron utilizando una engrampadora de uso industrial para prevenir cualquier rasgadura.

- Las mallas raschel, se fijó con postes de madera de 3 pulgadas por 3 m de alto, mediante grapas 1.2 x 8 mm en todo el contorno, para la canaleta de recolección se utilizó hilo de pita para una mejor estabilidad.
- Para la colocación de los atrapanieblas, se procedió a excavar dos pozos de 60 centímetros de profundidad en el terreno, manteniendo una separación de 2.5 metros entre ellos. Estos pozos fueron ubicados de manera estratégica, de modo que los atrapanieblas quedaran expuestos al viento predominante del norte.
- El atrapanieblas fue fijado al terreno con una buena base rocosa para que no haya caída del sistema debido al viento. La canaleta de recolección debía tener una pendiente mínima de 1 a 4 % en dirección del borde de conexión de la manguera que va dirigida al balde de recolección de agua captada se muestra en la figura 4.



Fig. 4 Instalación del Atrapanieblas con la Malla Raschel



Fig. 5. Capacitaciones en la comunidad

### C.3. Procedimiento de la recolección de datos

Con el fin de determinar la eficiencia del sistema de captación, se midieron diariamente los niveles de agua acumulada en un contenedor de 16 litros de capacidad. Estas mediciones se realizaron a las 24:00 horas durante 16 días consecutivos en los meses de enero, febrero (época de lluvias) y junio (época seca).

### C.4. Población y muestra

La investigación se llevó a cabo en el contexto del Centro Poblado El Verde, distrito de Tacabamba, provincia de Chota, Cajamarca. En este sentido El centro poblado El Verde, cuenta con una población de 128 personas, para fines generales se realizó una breve encuesta a 47 habitantes. Esta muestra, calculada a partir de una población total aplicando la ecuación 1, resultó representativa para los fines de la investigación. Es importante resaltar que se llevaron a cabo sesiones informativas con la comunidad para asegurar su comprensión y colaboración en el proceso, lo cual se muestra en la figura 5.

$$n = \frac{z^2 \times p \times q \times N}{d^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q} \dots\dots\dots \text{Ec. 1}$$

- N = Total de la población
- Z = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)
- q = 1- p (en este caso 1-0.05 = 0.95)
- d = precisión (en investigación se debe usar un 5%)
- n: número de personas a muestrear, 47

## III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### A. Resultados de la encuesta exploratoria en el Centro Poblado El Verde

Es fundamental comprender las dinámicas del agua en el Centro Poblado El Verde para garantizar la sostenibilidad de sus actividades agrícolas y ganaderas. La encuesta exploratoria realizada proporciona información valiosa sobre el acceso y uso actual del agua, pero se necesitan estudios más profundos para evaluar el potencial del agua atmosférica como una fuente alternativa viable. La colaboración con los líderes comunitarios es crucial para garantizar la participación inclusiva y recopilar datos representativos de toda la población.

La mayoría de la población se abastece de agua de lluvia, representando un 75% de las fuentes utilizadas, especialmente en la temporada de lluvias. En segundo lugar, el agua embotellada constituye un 15%, la cual es almacenada en lugares urbanos cercanos o bodegas, donde los habitantes de la zona se dirigen a adquirirla para su uso. Por otro lado, el agua obtenida en bidones, que representa un 10%, proviene de viajes a los puntos más cercanos con acceso a agua potable, como canales y manantiales. Estos datos se derivan de la información recopilada en la encuesta del anexo 1, como se demuestra en la figura 6.

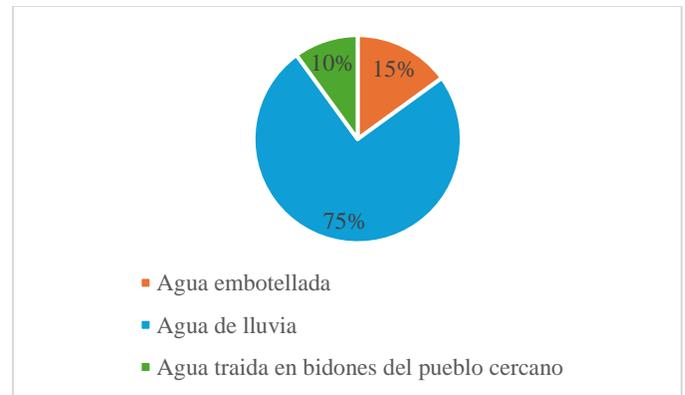


Fig. 6 Fuentes de abastecimiento de agua

El análisis del patrón de uso del agua en la comunidad pone de manifiesto la priorización del consumo humano, que se erige como la mayor demanda, cubriendo el 40% del recurso hídrico disponible. Los detalles en la figura 7, la agricultura, que ha registrado un crecimiento del 35%, se consolida como un sector clave, no solo por su contribución a la seguridad alimentaria, sino también por su rol estratégico en el desarrollo económico de la región. Este incremento en la demanda agrícola refleja la expansión de las actividades productivas, así como la optimización de los recursos en dicho sector.

Por su parte, la ganadería, que representa el 25% del uso total de agua, completa el panorama de las principales actividades económicas locales. Este sector, aunque con un menor porcentaje en comparación con los otros, sigue siendo un actor relevante en la cadena de producción rural. Estos datos subrayan la importancia crítica del recurso hídrico no solo para la sostenibilidad de las actividades económicas locales, sino también para garantizar la calidad de vida de la población y su bienestar integral. De esta forma, se resalta la necesidad de una gestión eficiente y planificada del agua, considerando las interdependencias entre los sectores y su impacto en el ecosistema local.

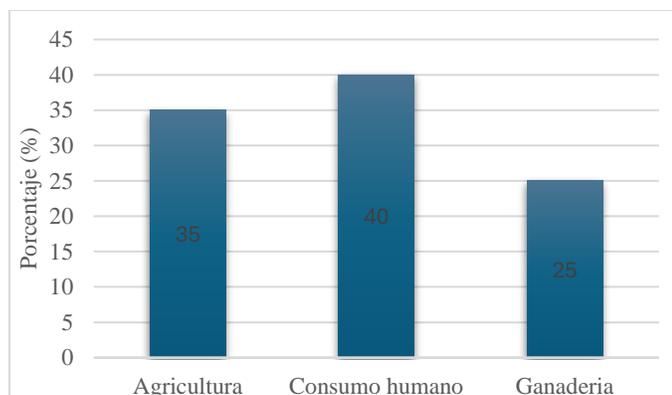


Fig. 7 Actividades más comunes para el uso del agua

### B. Calidad del agua atmosférica captado.

Los resultados expuestos en la Tabla I revisten gran relevancia, ya que evidencian que el agua captada a través de los atrapanieblas se ajusta plenamente a los parámetros de calidad establecidos por la normativa vigente, específicamente el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, para su uso en actividades agrícolas y ganaderas, tales como el riego de cultivos y el consumo animal. Dichos hallazgos no solo certifican la seguridad e idoneidad del agua para estas aplicaciones, sino que también descartan cualquier posible riesgo para la salud humana y el equilibrio ecosistémico, posicionando esta tecnología como una alternativa fiable y sostenible en el aprovechamiento de recursos hídricos en zonas con limitada disponibilidad de agua.

TABLA I  
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA CAPTADO DEL ATRAPANIEBLAS

Parámetros	ECA- Categoría 3	Agua atmosférica
Cianuro libre	**	**
Cloruro	250 mg/L	0,0650 mg/L
Color	15 color verdadero Escala Pt/Co	6,38 Pt/Co
Conductividad	1 500 (µS/cm)	58,8 us/cm
DBO	3 mg/L	-
Fluoruros	1,5 mg/L	0,0380 mg/L
Nitratos	50 mg/L	0,0640 mg/L
Nitritos	3 mg/L	0,0500mg/L
Amoníaco	1,5 mg/L	0,02 mg/L
Oxígeno Disuelto	≥ 6 mg/L	4,41 mg/l
pH	6,5 – 8,5	6,27
Sólido Disuelto Total	1 000 mg/L	27,6 mg/l
Sulfato	250 mg/L	0,0700 mg/L
Temperatura	Δ 3 °C	17°C
Turbiedad	5 UNT	4, 21 UNT
Dureza	500 mg/L	1,04 mg/L

### C. Resultados obtenidos en estación lluviosas y sequía a partir de la instalación del atrapanieblas

En el marco del proyecto de investigación, se evaluó el rendimiento de los sistemas de captación de agua de niebla durante dos periodos de monitoreo: dieciséis días en la estación lluviosa (enero-febrero) y dieciséis días en la estación seca (julio), cuyas métricas se presentan en la Tabla II y Tabla III, respectivamente. El objetivo del estudio es desarrollar soluciones hídricas sostenibles para zonas áridas y semiáridas con recursos hídricos limitados, explorando el potencial de estos sistemas para suplir necesidades en riego agrícola y consumo animal.

La investigación se centra en validar la calidad del agua captada para su aplicación segura en el riego de cultivos y la bebida de ganado, asegurando que cumpla con los estándares establecidos por la normativa vigente. Esto permitiría diversificar la producción agrícola y reducir la dependencia de fuentes tradicionales de agua, fortaleciendo así la sostenibilidad y resiliencia de las comunidades rurales frente a la escasez hídrica.

TABLA II  
CAPTACIÓN DE AGUA EN ESTACIÓN LLUVIOSA (ENERO – FEBRERO.)

Fecha de recolección	Hora de recolección	Tipo de muestra	Tiempo atmosférico	Cantidad recolectada (L)
24/01/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	5.3L
25/01/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	5.8L
26/01/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	6.1L
27/01/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	6.7L
28/01/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	6.15L
29/01/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	6.4L
30/01/2024	12.00 P.M	Simple	Despejado	5.7L
31/01/2024	12.00 P.M	Simple	Lluvia	13.9L
01/01/2024	12.00 P.M	Simple	Lluvia	15.4L
02/01/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	8.1L
03/01/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	7.7L
04/01/2024	12.00 P.M	Simple	Despejado	8.1L
05/01/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	8.3L
06/01/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	9.5L
07/01/2024	12.00 P.M	Simple	Lluvia	10.6L
08/01/2024	12.00 P.M	Simple	Lluvia	16.4L
				140.15 L

El atrapanieblas evaluado mostró una notable capacidad de adaptación a las condiciones climáticas variables de la estación lluviosa. A lo largo de los dieciséis días de monitoreo, se logró captar un volumen total de 140.15 litros de agua, con una producción diaria que osciló entre 5.3 y 16.4 litros, según la nubosidad y las precipitaciones. Estos resultados indican que el sistema es un instrumento competente para la captación de agua en regiones con recursos hídricos limitados, ya que puede operar de manera eficiente tanto en días soleados como nublados.

La estación seca representa un desafío particular para la disponibilidad de agua en muchas regiones. Sin embargo, los datos obtenidos en este análisis, detallados en la Tabla III, muestran que el método de captación de niebla, evaluado puede ser una solución viable para mitigar los efectos de la escasez hídrica. A pesar de las condiciones climáticas desfavorables, se logró recolectar un volumen total de 73.7 litros de agua en dieciséis días, con una producción diaria que osciló entre 1.8 y 7.9 litros. Estos hallazgos resaltan la importancia de explorar tecnologías como la captación de niebla para garantizar la seguridad hídrica en zonas vulnerables.

TABLA III  
CAPTACIÓN DE AGUA EN LA ESTACIÓN SEQUÍA (JULIO.)

Fecha de recolección	Hora de recolección	Tipo de muestra	Tiempo atmosférico	Cantidad recolectada (L)
07/07/2024	12.00 P.M	Simple	Despejado	2.1L

08/07/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	5.7L
09/07/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	3.8L
10/07/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	3.2L
11/07/2024	12.00 P.M	Simple	Despejado	1.8L
12/07/2024	12.00 P.M	Simple	Despejado	2.2L
13/07/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	4.1L
14/07/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	4.8L
15/07/2024	12.00 P.M	Simple	Lluvia	7.3L
16/07/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	6.4L
17/07/2024	12.00 P.M	Simple	Nubloso	5.3L
18/07/2024	12.00 P.M	Simple	Lluvia	7.9L
19/07/2024	12.00 P.M	Simple	Lluvia	6.5L
20/07/2024	12.00 P.M	Simple	Lluvia	5.5L
21/07/2024	12.00 P.M	Simple	Despejado	3.9L
22/07/2024	12.00 P.M	Simple	Despejado	3.2L
				73.7 L

El atrapanieblas evaluado posee una notable capacidad de adaptación a las diversas condiciones climáticas de las estaciones lluviosa y seca, como se muestra en la Figura 8. Durante la estación lluviosa, el dispositivo demostró su eficacia al capturar un volumen total de 140,15 litros de agua en dieciséis días de monitoreo, con captaciones diarias que oscilaron entre 5,3 y 16,4 litros, dependiendo de las condiciones meteorológicas. Por otro lado, durante la estación seca en el mes de julio, el atrapanieblas continuó demostrando su funcionalidad al recolectar un total de 73,3 litros de agua en el mismo periodo de tiempo. Aunque las captaciones diarias fueron más bajas, variando entre 1,8 y 7,9 litros, estos resultados subrayan su capacidad para operar eficientemente incluso en condiciones climáticas desfavorables. En conjunto, estos hallazgos resaltan la viabilidad del atrapanieblas como una tecnología prometedora para la recolección de agua en regiones con variabilidad climática, proporcionando una solución efectiva y adaptable para la gestión sostenible de recursos hídricos.

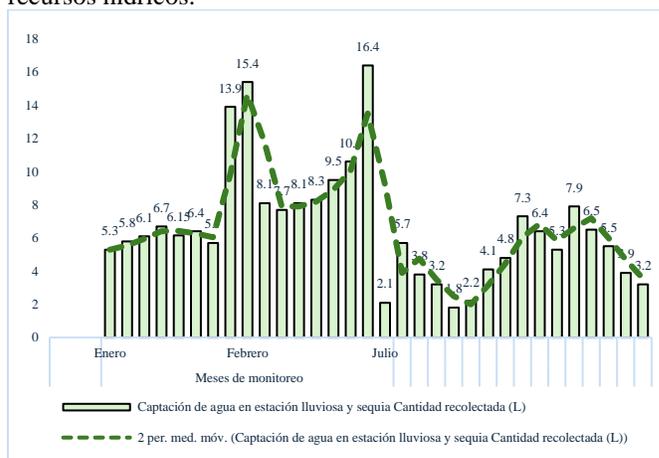


Fig. 8 Captación de agua en estación lluviosa y sequía

### C.1. Resultados del estudio del Centro Poblado el Verde

Los resultados obtenidos en el estudio del Centro Poblado El Verde revelan una compleja relación entre la comunidad y el recurso hídrico. Si bien la encuesta exploratoria proporciona una visión general del acceso y uso del agua, es necesario profundizar en el análisis para comprender a cabalidad las dinámicas hídricas locales y diseñar estrategias de gestión sostenible.

El estudio de los datos sugiere que la implementación de tecnologías de captación de agua de niebla podría complementar significativamente las fuentes de agua tradicionales en la región. Estudios previos han demostrado la eficacia de estas tecnologías en zonas áridas y semiáridas [21] lo que respalda su viabilidad en el Centro Poblado El Verde. Sin embargo, es esencial continuar investigando y adaptando estas soluciones a las condiciones locales para maximizar su efectividad y sostenibilidad. La colaboración con expertos en hidrología y recursos hídricos, así como con la comunidad, será crucial para desarrollar estrategias integrales que aseguren un suministro de agua adecuado y sostenible.

### C.2. Eficiencia del atrapanieblas en diferentes estaciones climáticas

La eficacia del sistema de captación de niebla para adaptarse a las fluctuaciones climáticas características de la región de estudio se evidencia en la Figura 8. La notable variabilidad en la captación diaria, tanto en la estación lluviosa como en la seca, pone de manifiesto la necesidad de considerar factores meteorológicos específicos, como la humedad relativa, la velocidad del viento y la densidad de niebla, para optimizar el diseño y la operación de estos sistemas. Estos resultados subrayan la viabilidad del atrapanieblas como una tecnología prometedora para la captación de agua en regiones con alta variabilidad climática, proporcionando una solución efectiva y adaptable para la gestión sostenible de recursos hídricos. Además, la tecnología de atrapanieblas ha sido ampliamente reconocida por su potencial para la recolección de agua en áreas con baja disponibilidad hídrica, posicionándose como una alternativa innovadora y eficiente frente a la escasez de recursos. [22]. Además, la utilización de agua captada de la niebla para riego agrícola y consumo animal puede reducir la presión sobre fuentes de agua tradicionales, facilitando una administración más eficaz de los recursos hídricos disponibles [23].

Basándonos en informaciones recopiladas en esta investigación, se manifiesta que el Centro Poblado El Verde enfrenta desafíos significativos en el huso y la gestión del agua. Es esencial adoptar estrategias que fomenten la diversificación de fuentes de agua, optimicen la eficiencia en el uso de los recursos hídricos y se ajusten a los impactos del cambio climático. En la figura 9, se muestra el uso de atrapanieblas para la captación de agua y su integración en sistemas de riego representa una solución innovadora y sostenible para la agricultura, especialmente en regiones con escasez de agua, como el centro poblado El Verde en el que se sembró papa

utilizando el agua atmosférica para el riego. Con un diseño adecuado y una implementación estratégica, los atrapanieblas pueden contribuir significativamente a la seguridad hídrica y alimentaria, promoviendo prácticas agrícolas más resilientes y sostenibles [24], en ese sentido se involucró a la comunidad local en el proceso de implementación para asegurar su aceptación y participación activa, asimismo cabe mencionar que se debe integrar un sistema de almacenamiento con un método de irrigación eficaz, como el sistema de goteo, que minimice el desperdicio de agua y asegure su entrega directa a las raíces de las plantas.



Fig. 9. Siembra de papa utilizando el agua captada

La tecnología de atrapanieblas se ha consolidado como una opción viable y eficaz para obtener agua en regiones con condiciones meteorológicas favorables, proporcionando un recurso hídrico de alta calidad apto para el riego agrícola y el consumo animal. Esto no solo contribuye a la seguridad hídrica de las comunidades rurales, sino que también promueve su desarrollo sostenible. Además, se presenta como una alternativa prometedora para las áreas que enfrentan dificultades en el acceso a agua dulce, especialmente en zonas áridas y semiáridas, proporcionando una fuente de agua segura y confiable para actividades agrícolas y ganaderas.

## IV. CONCLUSIONES

Finalmente se evaluó el rendimiento de los métodos en captación de agua de niebla durante las estaciones lluviosa con una captación de 5.3 litros a 16.4 litros y seca 1.8 litros a 7.9 litros a lo largo de dieciséis días en cada estación. Los resultados obtenidos en ambas estaciones del año demuestran el potencial de esta tecnología para suministrar una fuente de agua adicional en regiones con escasez hídrica. Durante la estación lluviosa, los sistemas de captación lograron capturar una cantidad considerable de agua, operando de manera eficiente incluso en condiciones de alta humedad. En la estación seca, a pesar de las condiciones meteorológicas desfavorables, los sistemas continuaron capturando agua, aunque en menores cantidades. Estos hallazgos confirman que la captación de agua

de niebla es una alternativa viable y prometedora para complementar las fuentes de agua tradicionales para zonas áridas y semiáridas. Esta tecnología puede contribuir significativamente a mejorar la seguridad hídrica de las comunidades y garantizar el fomento de actividades productivas como la agricultura y la ganadería.

### REFERENCIAS

[1] Ibarra, N., y Vivas, A. (2018). El Acceso al Agua Potable como Derecho Humano en el Sistema Interamericano de Derechos Humanos. Universidad Libre.

[2] Schulz, N. (2013). El rol de la interceptación de niebla en el balance hídrico del bosque nublado tropical montano del valle de Kosñipata, Departamento de Cusco. Pontificia Universidad Católica del Perú.

[3] Pan, X., Cao, Y., Pan, X. and Uddin, M.K. (2021), "The cleaner production technology innovation effect of environmental regulation policy: evidence from China", *Management of Environmental Quality*, Vol. 32 No. 4, pp. 737-751. <https://doi.org/10.1108/MEQ-10-2020-0227>

[4] Cereceda, P., Schemenauer, R. S., & Osses, P. (1997). The potential for harvesting water from fog in Chile. *Revista Geográfica*, 125, 9-24.

[5] Cortés Rojas, H. F., & Caicedo Rojas, E. (2022). Prototipo funcional IOT para determinar la viabilidad de instalación del modelo atrapanieblas tipo chileno en el municipio de Chiquinquirá Boyacá. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 10720-10738. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i6.4161](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4161)

[6] Jofre-Meléndez R, Cervantes-Pérez J, Barradas VL. Calidad del agua de la niebla captada artificialmente en la microcuenca del río Pixquiác, Veracruz, México: resultados preliminares. *TIP Rev Esp Cienc Quim Biol*. 2015;18(2):122-130.

[7] Hidalgo Quinga, Deysi Liliana (2016). Captación de agua por medio de la técnica de atrapanieblas en las comunidades campesinas de Galte, cantón Guamote, provincia de Chimborazo, Ecuador. *Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Matriz Sangolquí.

[8] Aracena, B., Schemenauer, R. S., Cereceda, P., & Osses, P. (2022). Evaluation of fog water collection in El Verde, Cajamarca, Peru. *Journal of Sustainable Water Resources*

[9] Navigating Impact. (2022). Innovations in sustainable water management: The potential of fog nets. Retrieved from <https://www.navigatingimpact.org>

[10] Climate-Smart Agriculture Guide. (2022). Fog collection and irrigation: Opportunities for climate resilience and agricultural sustainability. Retrieved from <https://www.climate-smartagriculture.org>

[11] Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2023). <https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/781301-el-10-la-poblacion-peruana-no-tiene-agua-potable-y-23-no-accede-al-alcantarillado/>

[12] Miñan, L. (2017). Estudio para la obtención y aprovechamiento de agua para uso agrícola, por medio de captadores de neblina en los bosques húmedos y páramos andinos de la comunidad campesina de Samanga del distrito de Ayabaca, provincia de Ayabaca - región Piura. Universidad Alas Peruanas.

[13] Carmen, C. (2018). Infraestructura de captación y riego tecnificado con agua proveniente de niebla para la reforestación en la agrupación familiar Los Jardines de Santa Rosa, 2018. Universidad Cesar Vallejo.

[14] Pérez, D. (2019). Captación de agua de niebla y análisis de la calidad para consumo humano en el Asentamiento Humano Leandra Ortega, Pachacútec - Ventanilla, 2016. Universidad Científica del Sur.

[15] Vásquez, L., y Cieza, L. (2020). Eficiencia de captación de agua con tres tipos de malla atrapanieblas en zonas rurales altoandinas de la sierra norte del Perú. Universidad de Carabobo.

[16] Pérez, J. (2023). Pérdida de glaciares en Perú en los últimos 50 años. *Actualidad Ambiental*. <https://www.actualidadambiental.pe/infografia-peru-perdio-el-perdio-el-51-de-sus-glaciares-en-los-ultimos-50-anos/>

[17] RCR Perú. (n.d.). Cajamarca es una de las zonas más afectadas por el cambio climático y la sequía. Recuperado de <https://www.rcrperu.com/cajamarca-es-una-de-las-zonas-mas-afectadas-por-el-cambio-climatico-y-la-sequia/>

[18] Pajares Vigo, E. (2023, 5 de julio). AAA Maraón: Cutervo, Chota, Cajamarca, San Marcos, Celendín y Cajabamba son zonas afectadas por sequías. RCR Perú. <https://www.rcrperu.com/aaa-maranon-cutervo-chota-cajamarca-san-marcos-celendin-y-cajabamba-son-zonas-afectadas-por-sequias/>

[19] López, V. (2021). Tecnologías de captación de agua de niebla para el desarrollo sostenible en la loma. Universidad Continental.

[20] MINAM, *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*. Perú, 2017. Accessed: Dec. 28, 2023. [Online]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

[21] Hildebrandt, A., et al. (2021). "Fog Water Collection: Advances in Water Resource Management in Arid and Semi-Arid Regions." *Journal of Hydrology*, 598, 126486.

[22] Holmgren, P., Schemenauer, R. S., & Cereceda, P. (2001). The use of fog for domestic water supply in Chile. *International Journal of Water Resources Development*, 17(1), 1-12.

[23] Schemenauer, R. S., & Cereceda, P. (1994). A proposed standard fog collector for use in high-elevation regions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 33(10), 1313-1322.

[24] V. Leon, "Atrapanieblas: propuesta de solución en el Día mundial del ambiente," Universidad de Ciencias y Humanidades.

### ANEXO I

#### Encuesta exploratoria de disponibilidad del agua

N°	PREGUNTAS	NO	SI	Otros	Total	
1	¿Desde hace cuánto tiempo vive en este Centro Poblado?	1 año=4	2 años=3	3 años = 8	4 años= 32	47
2	¿Tiene su hogar conexión directa a la red de Agua?	0	47			47
3	¿Cuál es la principal fuente de agua para su familia?	Reservorio= 15	JASS=21	Pozo subterráneo= 7	Tanque de agua= 4	47
4	¿Cómo considera la calidad del agua que recibe?		Buena= 6	Regular=23	Mala= 18	47
5	¿Recibe usted el servicio de agua todos los días?	15	32			47
6	¿Considera Ud. importante encontrar nuevas alternativas para recolectar agua?	5	42			47
7	¿Cree Ud. que sería posible recolectar agua atmosférica (neblina) mediante una malla?	8	39			47
8	¿Has oído hablar sobre los atrapanieblas?	18	29			47
9	¿Utilizaría Ud. como alternativa un atrapanieblas para la escasez de agua?	5	42			47
10	¿Cree Ud. que la neblina existente en la localidad puede abastecer con agua suficiente para el uso diario en su casa?	20	27			47
11	¿Ud. estaría conforme de brindar un espacio de su terreno para instalar un atrapanieblas?	6	41			47