

Atmospheric water collection using Three Types of Fog Catchers for high Andean climatic conditions, case: locality 22 de Mayo-Celandines-Perú

Alex Chilón Tejada¹, Katherine Del Carmen Quiroz Silva² and Luis Vásquez-Ramírez, Dr. ³

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00020494@upn.pe

²Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00031068@upn.pe

³Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. Luis.vasquez@upn.pe

***Abstract-** This research arises from the increasingly urgent need to have accessible water sources to improve the quality of life of the majority of rural populations in the high Andean areas where surface and subsurface water sources are scarce; In this sense, the use of fog catcher system was proposed as an option to water shortages, especially in these high Andean rural areas where there is apparent fog and fog to generate water in a liquid state. The objective of the research was to compare the efficiency of the volume of water captured using three types of fog catching meshes for local climatic conditions in the 22 de Mayo Populated Center, located in the heights of the Peruvian Andes at an altitude of 3296 m.a.s.l., measurements were made daily from September 2021 to March 2022, For the study, 3 two-dimensional fog catchers were used in which the volume of water captured daily was measured to correlate with the meteorological information obtained with a semi-automatic station installed in situ. The methodology used is of the IDPD type (identify, describe, deepen and disseminate); According to the results obtained, there is evidence of a better efficiency of capture of the fog catcher with surgical fabric mesh, noting that both the fog catcher with fique rib mesh as well as the one built with Raschel type mesh capture on average 50.06% and 25.48% less than Lo captured by the fog catcher built with surgical fabric mesh respectively.*

Keywords: Fog catcher, fog water, water catchment, water scarcity, relative humidity, dew point and climate variation.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Captación de agua atmosférica utilizando Tres Tipos de Atrapanieblas para condiciones climáticas altoandinas, caso: localidad 22 de Mayo-Celendín-Perú

Alex Chilón Tejada¹; Katherine Del Carmen Quiroz Silva² y Luis Vásquez-Ramírez, Dr. ³

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00020494@upn.pe

²Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. N00031068@upn.pe

³Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú. Luis.vasquez@upn.pe

Resumen- La presente investigación surge ante la necesidad cada día más álgida de contar con fuentes de agua accesibles para mejorar la calidad de vida de la mayoría de poblaciones rurales de las zonas altoandinas donde las fuentes de agua superficiales y sub superficiales son escasas; en tal sentido se planteó el uso de sistemas de atrapanieblas como una opción al desabastecimiento de agua especialmente en estas zonas rurales altoandinas donde existe nieblas y neblinas aparentes para generar agua en estado líquido. El objetivo de la investigación fue comparar la eficiencia del volumen de agua captada utilizando tres tipos de mallas atrapanieblas para condiciones climáticas locales en el Centro Poblado 22 de mayo, ubicado en las alturas de los andes peruanos a una altitud de 3296 m.s.n.m, las mediciones se realizaron diariamente desde septiembre del 2021 a marzo del 2022, para el estudio se utilizaron 3 atrapanieblas bidimensionales en los cuales se midió el volumen de agua captado diariamente para correlacionar con la información meteorológica obtenida con una estación semi automática instalada in situ. La metodología utilizada es de tipo IDPD (identificar, describir, profundizar y divulgar); según los resultados obtenidos se evidencia una mejor eficiencia de captación del atrapaniebla con malla de tela quirúrgica, notándose que tanto el atrapanieblas con malla costal de fique, así como el construido con malla tipo raschel captan en promedio un 50.06% y 25.48% menos que lo captado por el atrapaniebla construido con malla de tela quirúrgica respectivamente.

Palabras claves: Atrapanieblas, agua de niebla, captación de agua, escasez de agua, humedad relativa, punto de rocío y variación del clima.

I. INTRODUCCIÓN

A pesar que el planeta tierra está compuesto en un 75% de agua, solo un 0.062% de está es accesible para la captación de agua dulce subterránea y superficial para el consumo humano, sumado a esto la distribución del agua es radicalmente desigual por factores como el crecimiento poblacional y condiciones climáticas ya que esto ejerce presión en la dotación de agua para regiones, por ello la humanidad ha buscado nuevas tecnologías para poder captar agua de buena calidad de las cuales algunos estudios han demostrado que es factible captar agua de niebla por medio de mallas. [1]

En Latinoamérica la contaminación ambiental producida principalmente por la minería y la agricultura ha generado un importante papel en la escasez del recurso hídrico, lo cual ha ocasionado el estudio de diversas alternativas para la captación sobre agua de buena calidad, el agua de niebla es un recurso hídrico natural de fácil accesibilidad, puesto que esta es una nube al ras del suelo, el cual es producido por pequeñas gotas de agua de aproximadamente de 1 a 40 mm que flotan en la atmósfera y se condensan al posarse sobre la superficie, los atrapanieblas son sistemas que captan el agua suspendida en las neblinas un ejemplo es el caso de la fabricación de un atrapanieblas bidimensionales de 1m² que se construyó en Choachí-Colombia logrando una captación de 10.1 litros diarios por lo cual se consideró óptimo para contribuir al abastecimiento de agua en dicha zona. [2]

El Perú es un país que cuenta con zonas costeras y también con cadenas montañosas de fácil aprovechamiento para agua de neblinas, sin embargo, para captar parte de este recurso es necesario determinar las condiciones climáticas que se relacionan con el volumen de agua captada. La escasez de agua ha llegado a ser tema de conflicto entre regiones e incluso ha conllevado al deterioro de estas, como en el caso de las lomas costeras al norte de Trujillo que se encuentran

en deforestación, depredación y sobrepastoreo, pero también cuentan con densas neblinas, por lo cual se optó en la fabricación de atrapanieblas que demostraron gran potencial para la captación de agua de buena calidad. [3]

Poveda y Sanabria [4] elaboro quince estructuras de atrapanieblas con cinco diferentes tipos de mallas Tela Quirúrgica, Guata, Costal de Fique, Velo tul y malla Raschel cuyas captaciones variaron por el tipo de malla de cada atrapaniebla siendo la de mayor captación la con malla Tela Raschel y la de menor con malla velo tul.

Según Márquez [5] nos plantea que, para la captación de agua de niebla: “El principio físico no es el de condensación de las gotas de la niebla sobre la malla del atrapanieblas sino más bien se basa en que las partículas de agua al chocar contra la malla, se agrupan y formen goterones los cuales caen a las canaletas por efectos de la gravedad para ser recolectadas debido a esto el volumen de agua que se desea captar dependerá del tipo de malla atrapaniebla y del agua que contenga la niebla y de las características climatológicas del lugar, principalmente dada por la humedad atmosférica y la temperatura, el punto de rocío.

Son escasos los estudios realizados para la captación de agua utilizando el sistema de atrapanieblas. Por tal motivo en el departamento de Cajamarca, provincia de Celendín y Centro Poblado 22 de Mayo se realizó el estudio de la variación de la captación por los tres atrapanieblas con sus respectivas mallas, tela quirúrgica, malla Rachel y costal de fique para condiciones climatológicas presentes en el centro poblado.

Atrapanieblas: La captación del agua de niebla es importante tener mallas atrapanieblas las cuales se encargan de atrapar las partículas de agua suspendidas que se encuentran en la atmósfera para ser almacenadas en tanques y ser conducidas hasta los lugares de consumo [6]. Es importante que las mallas atrapanieblas sean de material resistente a la intemperie de los vientos y radiación solar.

A continuación, se dan a conocer algunos conceptos básicos sobre los tres materiales que se eligieron para captar agua de la niebla y las condiciones climatológicas del C. P. 22 de Mayo, Provincia de Celendín - Cajamarca.

Tela quirúrgica: Según la INDA [7] nos dice que, este tipo de tela es producido con procedimientos térmicos, químicos y mecánicos para elaborar una red con fibras unidas que ayudan a tener un mejor rendimiento en sus distintos usos, por ello, estos materiales son apreciados para la confección de diferentes prendas de alto rendimiento.

Además, la tela quirúrgica está compuesta por láminas porosas que se encargan de atrapar el agua que se encuentra en la atmósfera. Por otro lado, este material es fabricado con un porcentaje de material reciclado dependiendo al uso que se le quiera dar, para este estudio la tela cumplirá el rol de captar la mayor cantidad de agua que se encuentra en la niebla. [4]

La malla Raschel: Es una red tejida principalmente con rafia de polietileno virgen de alta densidad, este material se ha convertido en unos de los productos más apreciados dentro del mercado, esto es gracias a las características que posee y a la calidad de sus materias primas, de esa manera lo convierte en una malla resistente al uso que se le da. Para este estudio la malla Raschel tendrá la función de captar partículas de agua que se encuentran en la atmosfera. [4]

Costal de fique: Este material es elaborado con fibras de cabuya en los distintos tamaños estandarizados o en los tamaños que requiera el cliente, además el costal de fique es un material resistente a cualquier intemperie de la naturaleza, y por la composición natural que tienen son 100% biodegradables. [4].

Pascual et al. [8], nos dice que, los captadores de las partículas de agua de la niebla son estructuras que se instalan en las alturas de las montañas o en lugares que exista mucha niebla, de esta manera captar el agua que se encuentra en la atmosfera, así mismo nos permite satisfacer los escasos de agua en el centro poblado 22 de mayo.

Humedad relativa: Es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenido en el aire con respecto a la cantidad máxima que puede contener a cierta temperatura, expresado en porcentaje, por ello esta humedad relativa será dependiente principalmente de la temperatura del aire puesto que a menor temperatura el aire tiene menos capacidad de retener vapor de agua generando la condensación en donde la humedad relativa es 100% y conociendo las magnitudes de la humedad relativa y temperatura del ambiente se determina el punto de rocío. [9]

Punto de rocío: El punto de rocío es la temperatura a la que el vapor de agua se saturara y empieza a condensar produciendo partículas de agua, y para determinar este valor se calcula la humedad relativa y la temperatura del aire. [9]

Punto de rocío vs Temperatura: Cuando la temperatura y el punto de rocío están muy alejados se indica que la humedad relativa es muy baja, eso quiere decir que el aire está lejos de saturarse. Por otro lado, cuando la temperatura y el punto de rocío está muy cerca, nos indica que el aire está cerca de saturarse, y cuando estas dos condiciones climáticas son iguales, quiere decir que el aire está al 100% saturado, en este punto el vapor de agua se convierte en líquido. [10].

Humedad atmosférica: Según Chereque [11] nos dice que, la humedad atmosférica es el contenido de agua que se encuentra suspendida en el aire, esto proviene de la evaporación de los suelos húmedos o a través de las plantas. Además, esta humedad atmosférica varía dependiendo de la temperatura, altitud y condiciones geográficas del lugar.

Vapor de agua: El vapor es la cantidad de agua en estado gaseoso que se obtiene por la evaporación del agua líquida o

II. MÉTODO

sublimación del hielo, este vapor son bombillas que contienen agua y se encuentran en la superficie de la atmosfera, por otro lado, el vapor de agua es el principal responsable de la humedad ambiental, en cierta condición, parte del vapor se condensa en gotas de agua líquida en forma de niebla.

Luego de la realidad expuesta se plantea el siguiente objetivo, “Determinar la variación del volumen de agua captada utilizando tres tipos de malla atrapanieblas para condiciones climáticas locales en el Centro Poblado 22 de mayo – Celendín, año 2022”.

En esta estudio se estudiaron diversos parámetros como determinar las condiciones climáticas locales por día del Centro Poblado 22 de Mayo, Provincia de Celendín – Cajamarca; diseño y construcción de tres tipos de mallas atrapanieblas: Tela quirúrgica, Raschel y costal de fique; medición del volumen captado de agua por cada tipo de malla atrapaniebla de pantallas bidimensionales y determinar qué condiciones climatológicas hacen variar la captación de agua de tres tipos de mallas atrapanieblas bidimensionales.

Se propone como hipótesis lo siguiente: La captación de agua proveniente de la niebla por medio del atrapanieblas varían debido a su respectiva malla; el atrapaniebla con malla costal de fique varía en un 50% menos del atrapaniebla con malla tela quirúrgica, el atrapaniebla con malla Raschel varía en un 25% menos del atrapaniebla con malla tela quirúrgica para las condiciones climáticas en el Centro Poblado 22 de Mayo.

En esta investigación es importante analizar la variación de condiciones climatológicas y volumen de agua captado, en base a eso se presenta la siguiente justificación:

Cieza [6] asegura que una alternativa para zonas de escasos recursos de agua son los atrapanieblas, estos sistemas se encargan de captar agua que se encuentran suspendidas en la atmosfera utilizando distintas mallas (Raschel, mosquitero y malla metálica) y una estación meteorológica para medir las características climatológicas del lugar, por ello en el presente estudio se determinó la variación del volumen de agua captado utilizando mallas atrapanieblas: Tela quirúrgica, raschel y costal de fique para las características climatológicas de la localidad estudiada u otras zonas alto andinas de la sierra del Perú.

La existencia de nieblas y neblinas en la localidad de 22 de Mayo, hace propicio la posibilidad de captar estas aguas utilizando tres tipos de malla atrapanieblas: Tela quirúrgica, Raschel y costal de fique. De manera que este líquido sea utilizado por los pobladores de las zonas altas en sus actividades cotidianas. Además, se incrementará el volumen de agua escaso por la naturaleza con el cual cuentan en la actualidad, dado a que sus fuentes de agua disponibles se encuentran en puntos muy alejados de los pobladores.

A. Tipo de investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, tal como lo indica Fernández y Díaz [12] ya que refleja la necesidad de estimar magnitudes y se traza un conjunto de procesos secuenciales para comprobar la hipótesis, además se miden las variables en un determinado contexto en donde se analizan las mediciones obtenidas por métodos estadísticos llegando a conclusiones que comprueban o niegan la hipótesis.

Esta investigación es de diseño de campo, puesto que no se manipula las variables para la recolección de datos, además se elabora un marco teórico a partir de fuentes bibliografías y se puede realizar a nivel explicativo y descriptivo. [13]

Por ello, lo que se va a realizar en esta investigación es el análisis de la variación de la captación de agua proveniente de la niebla por tres prototipos de atrapanieblas con diferentes mallas de 3.20 m² para las condiciones climáticas locales de 22 de Mayo, por ello esta investigación es de campo ya que las variables no serán manipuladas.

Por lo cual, por conveniencia se ha tomado tres prototipos de atrapanieblas bidimensionales con las mallas: Tela quirúrgica, Raschel y Costal de Fique y una estación meteorológica para responder a la pregunta de investigación formulada

B. Técnicas y materiales

La presente investigación se utilizará la técnica de recolección de información de datos documentales y de campo que permitirán reconocer casos prácticos que se acerquen al fenómeno de estudio y extraer información de los cuales deben cumplir con ciertas condiciones para que los datos extraídos de ellos sean realmente un reflejo de la realidad existente.

Los instrumentos de recolección fueron los tres atrapanieblas de mallas: Tela quirúrgica, Raschel y costal de fique; con una estación meteorológica semiautomático que almacena datos climatológicos cada 10 segundos por ello estará conectado a la energía durante las 24 horas del día.

C. Procedimiento de recolección de datos

Los procedimientos de recolección de datos teóricos fueron la búsqueda de distintas fuentes confiables como: Redalyc, Scielo, Dial net, Repositorio UNAD, Dspace, repositorio UPN y Google académico. Así mismo se usó una laptop o computadora para el desarrollo, software de Zotero para poder citar correctamente en formato APA y otros.

Mediante estos instrumentos se procesó la información teórica de captación de agua por atrapanieblas y condiciones climatológicas.

Por otro lado, para obtener los datos de campo de nuestra investigación fue necesario construir los atrapanieblas de los 3 tipos de mallas e instalar una estación meteorológica semi automática en el lugar de estudio, a continuación, se dará a conocer las etapas del trabajo realizado.

Etapas 1: Ubicación geográfica del proyecto. Esta investigación será aplicada en el Centro Poblado 22 de Mayo, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca – Perú, a una altitud de 3364 m.s.n.m. Coordenadas UTM: Este 818737.90, Norte 9248513.02. Dicho lugar está ubicado a 12.600 Km aproximadamente desde el centro de la ciudad de Celendín.

Etapas 2: Visita a la zona de estudio (C.P. 22 de Mayo). Esta localidad es una zona en donde los moradores carecen de agua, hasta el día de hoy no cuentan con ningún proyecto de abastecimiento de agua potable, es por ello, que este proyecto estará diseñado en este Centro Poblado, puesto que predomina la niebla gran parte del año, de esa manera captar el agua que se encuentra suspendida en la atmósfera.

Etapas 3: Diseño y construcción de las 3 mallas atrapanieblas: Tela quirúrgica, Raschel y Costal de fique. Para la facilidad de su construcción del atrapanieblas, se realizó un plano con los detalles constructivos mediante el software AutoCAD 2021. Las técnicas e instrumentos para este diseño es exploratorio documental, revisando las tesis [4], [6] se ha seleccionado las medidas como se detallan.

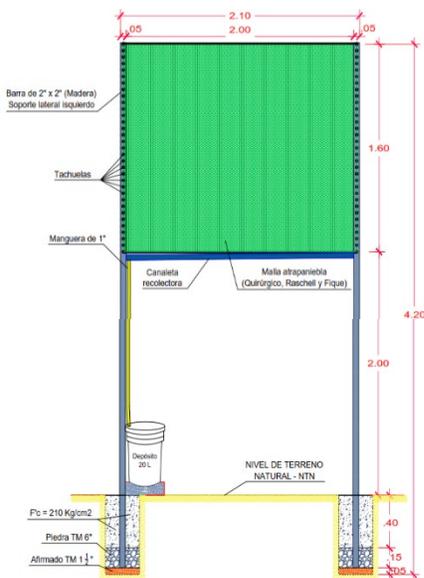


Fig. 1: Diseño de las mallas atrapanieblas de pantalla bidimensional.

Fuente [14].

Todas las especificaciones detalladas en la figura 1, son aplicables para los tres tipos de mallas instaladas en campo como se muestra en la figura 2; cuya función es capturar la mayor cantidad posible de agua que se encuentra suspendidas en la atmósfera.



Fig. 2: Instalación de tres atrapanieblas con sus respectivas mallas: Tela quirúrgica, costal de fique y Raschel. Fuente [14]

Etapas 4: Construcción de los 3 atrapanieblas. Se realizó la excavación de los cimientos para cada uno de las mallas atrapanieblas según las especificaciones dadas en el plano, asimismo se colocó las mallas en las maderas que estarán como soporte, para dicho procedimiento se utilizó tachuelas, clavos de 1/2” y chinchas para asegurar cada malla, luego de ello se procede a la colocación en los cimientos.

Etapas 5: Ubicación de la estación meteorológica AcuRite Atlas. Una vez instalada los atrapanieblas con los tres tipos de mallas, se procedió a la ubicación de la estación meteorológica, dicha estación deberá estar cerca a los tres atrapanieblas, a una altura mayor a 2.00 metros.

Etapas 6: Toma de datos en las mallas atrapanieblas: Tela quirúrgica, costal de fique y Raschel. Teniendo en cuenta las dimensiones del depósito recolector (20 litros) se procedió a registrar las alturas de agua recolectada cada día en el horario de las 18.00 horas de manera independiente para cada tipo de malla. Estos registros se iniciaron el 15 de setiembre del año 2021 hasta el 15 de marzo del 2022.

Estación meteorológica. Los datos que nos brinda la estación meteorológica AcuRite Atlas son: Precipitación acumulada, punto de rocío, temperatura máxima y mínima, humedad relativa, y otros datos.

III. RESULTADOS

A. Datos climatológicos del C. P. 22 de Mayo

Los datos climatológicos fueron extraídos de la estación meteorológica, tales como: Temperatura (°C), Humedad relativa (%), velocidad del viento (km/h), dirección del viento, precipitación (mm/m² Por día), punto de rocío (°C) como se presenta en la siguiente tabla. Estos datos son características climatológicas del C. P. 22 de Mayo de la ciudad de Celendín que fueron tomados durante el 15 de setiembre del 2021, hasta el 15 de marzo del 2022 y diariamente promediados desde las 18.00 H hasta las 18.00 H del día siguiente durante el 15 de setiembre del 2021, hasta el 15 de marzo del 2022.

TABLA I
DATOS EXTRAÍDOS DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Mes/Fecha	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (km/h)	Dirección del viento	Precip. acumulada (mm*m ² día)	Punto de rocío (°C)
Setiembre	11.05	91.81	3.52	45.84	0.74	9.26
Octubre	10.24	88.68	3.52	34.43	2.00	11.48
Noviembre	9.46	95.30	3.32	27.18	5.76	7.54
Diciembre	10.41	95.42	3.75	26.23	8.37	8.44
Enero	10.18	95.14	3.62	43.94	12.83	8.33
Febrero	9.84	96.02	3.22	55.10	9.08	7.96
Marzo	9.82	94.52	2.96	59.89	7.87	8.12

Estos datos presentados son datos climatológicos del C. P. 22 de Mayo, las cuales se presentan los promedios de cada mes durante el transcurso que se realizó el estudio.

Fuente: [14]

B. Volumen de agua captado en el tanque

Agua captada diariamente en el tanque de almacenamiento por cada tipo de atrapaniebla.

En la tabla II se presenta la cantidad de los volúmenes agua acumulados en cada tanque de atrapanieblas con sus respectivas mallas. Estas cantidades se presenta convertido en litros con las siguientes fórmulas.

$$\bullet \text{Volumen de agua en el tanque (cm}^3\text{)} = \text{Á. del tanque (cm}^2\text{)} * \text{Altura del agua en el tanque (cm)}$$

$$\bullet \text{Volumen de agua en el tanque (L)} = (\text{Volumen de agua en el tanque (cm}^3\text{)})/1000$$

$$\bullet \text{Volumen de agua en el tanque captado por mese (L)} = \text{suma de volúmenes captado diario al mes (L)}$$

TABLA II
DATOS DE VOLUMEN DE AGUA TOTAL EN EL DEPÓSITO

Fecha/mes	Tela Quirúrgica (L/mes)	Raschel (L/mes)	Costal de fique (L/mes)
Setiembre	60.71	28.34	13.19
Octubre	114.58	89.07	61.72
Noviembre	188.76	157.96	127.30
Diciembre	182.88	152.20	123.26
Enero	200.14	174.36	141.21
Febrero	166.26	138.17	109.10
Marzo	90.44	73.82	54.98
Total (6 Meses)	1003.76	813.91	630.76

En la tabla se presenta volumen de agua captado de la niebla más la precipitación, de cada mes.

Fuente [14].

Agua captada de la niebla por los atrapanieblas con sus respectivas mallas.

El volumen de agua medido en los tanques de almacenamiento es el total del agua proveniente de la precipitación y de la niebla, por ello a continuación se presenta tablas con datos procesados, de tal forma obtener solo la cantidad de agua captado de la niebla, estas tablas son detallados por mes para cada uno de las mallas atrapanieblas tal como se muestra en la tabla III.

- Precipitación acumulada diaria (mm*mes) x 0.10 = Precipitación acumulada diaria (cm*mes)
 - Vol. de precip. (tanque) (cm³/mes) = Precip. acumulada diaria (cm/mes) * área de la canaleta (cm²)
 - Volumen de precipitación en el tanque (L/mes) = (Volumen de precipitación en el tanque (cm³/dia))/1000
- Área de la canaleta = 2032.00 cm² 1mm = 0.10 cm

Además, se presentan las tablas que muestra el volumen de agua captada de la niebla (L/mes) por los tres tipos de atrapanieblas, la cual es la diferencia del volumen de agua en el tanque de almacenamiento (L/mes) y el volumen de las precipitaciones recolectadas en el tanque (L/mes), como resultado se obtiene el volumen de agua captada de la niebla (L/mes).

TABLA III
DATOS DE VOLUMEN DE AGUA TOTAL DE LA NIEBLA

Fecha/mes	Tela Quirúrgica (L/mes)	Raschel (L/mes)	Costal de fique (L/mes)
Setiembre	59.25	26.88	11.74
Octubre	101.96	76.45	49.10
Noviembre	153.65	122.86	92.20
Diciembre	130.14	99.45	70.51
Enero	119.31	93.54	60.39
Febrero	114.62	86.53	57.46
Marzo	66.45	49.83	30.99
Total (6 Meses)	745.39	555.53	372.38

Fuente [14].

Volumen promedio de agua captada de la niebla (L/día) por las mallas: Tela quirúrgica, Raschel y costal de fique.

En la siguiente tabla se muestra el volumen promedio de agua captada de la niebla (L/mes) por medio del atrapanieblas con sus respectivas mallas, las cuales fueron calculadas al dividir el volumen total de agua captado por los seis meses de estudio, mostrados en la tabla III, con los 181 días que duro el estudio (6 meses).

TABLA IV
VOLUMEN PROMEDIO DE AGUA CAPTADO DE LA NIEBLA

Atrapanieblas	Volumen total de agua captado de la niebla, 181 días (L)	Número de días que duro el estudio (día)	Volumen promedio de agua (L/día)
Malla tela quirúrgica	745.15	181	4.12
Malla raschel	555.29	181	3.07
Malla costal de fique	372.14	181	2.06

La tabla muestra el promedio de los volúmenes de agua proveniente de la niebla por los 181 días que se realizó la recolección de datos para la captación por los atrapanieblas con sus respectivas mallas.

Fuente [14].

C. Variación del volumen de agua captado utilizando tres tipos de malla atrapanieblas: Tela quirúrgica, raschel y costa de fique; en base al atrapaniebla con la malla de mayor captación.

En la siguiente tabla se muestra la diferencia de los volúmenes promedio captados de la atrapaniebla con mayor captación que fue la malla tela quirúrgica, con las atrapanieblas de menor captación que fueron las de mallas

raschel y costal de fique, además el porcentaje que estos representan teniendo como el 100%, el volumen promedio captado por la atrapaniebla con tela quirúrgica; con la finalidad de hallar en que porcentaje menos varia las atrapanieblas con mallas de menor captación y con la de mayor captación.

TABLA V
VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA CAPTADO

Atrapaniebla	Volumen promedio de agua captada (L/día)	diferencia de volúmenes promedio captados	Porcentaje (%)
Malla tela quirúrgica	4.12		
Malla raschel	3.07	1.05	25.48%
Malla costal de fique	2.06	2.06	50.06%

Se muestra la variación en porcentaje del volumen de agua captadas de la niebla por los atrapanieblas con las mallas de menor captación (tela raschel y costal de fique) respecto al atrapaniebla con malla que obtuvo mayor captación (malla tela quirúrgica) para condiciones climatológicas para condiciones climatológicas del Centro Poblado 22 de mayo.

Fuente [14].

Variación de agua captada y condiciones climáticas:

Las condiciones climáticas es un conjunto de características meteorológicas de un lugar determinado en un tiempo atmosférico, para el presente estudio se realizará un análisis de la variación de agua captada de la niebla por cada tipo de atrapanieblas por con las condiciones climáticas de 22 de Mayo, este análisis se realiza con las principales características meteorológicas, tales como: Las precipitaciones, humedad relativa, punto de rocío y temperaturas las cuales son presentados mediante gráficos de los seis meses que se recolectó los datos.

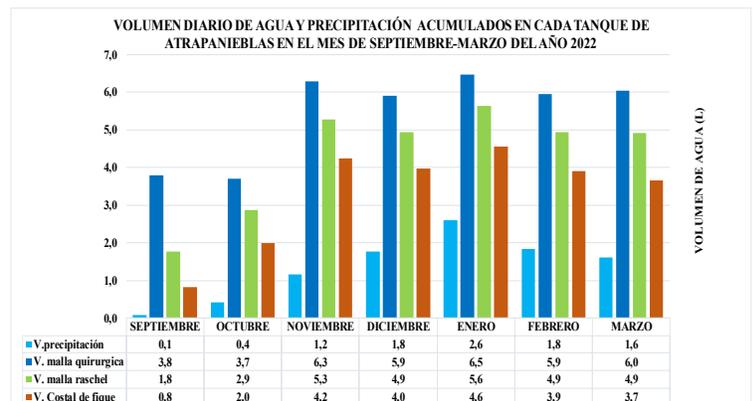


Fig. 3: Se muestra el volumen acumulado del agua captado en los tanques y las precipitaciones en cada malla: Tela quirúrgica, Raschel y costal de fique.

Fuente [14]

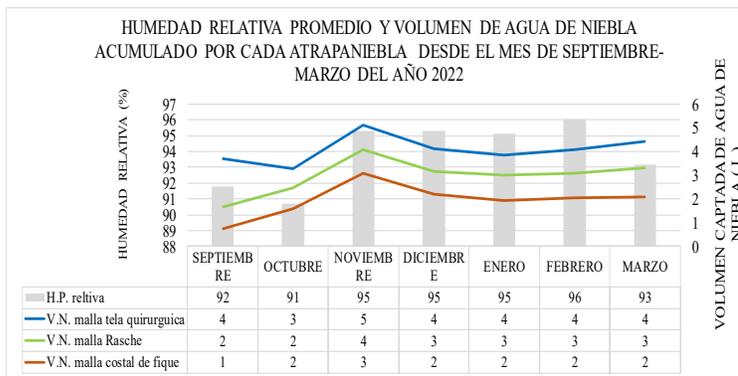


Fig. 4: Se muestra la humedad relativa y el volumen de agua de niebla acumulado en cada tanque de los tres tipos de atrapanieblas. Tela quirúrgica, Raschel y costal de fique.

Fuente [14].

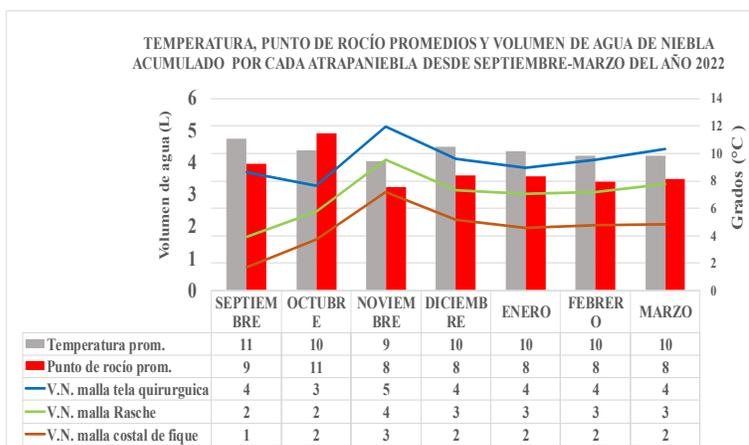


Fig. 5: Se muestra la temperatura, punto de rocío y los volúmenes de agua de niebla acumulado en cada tanque de atrapanieblas de los tres tipos de mallas. Tela quirúrgica, Raschel y costal de fique.

Fuente [14].

Análisis de resultados

Los volúmenes promedios de agua captada de la niebla por las atrapanieblas con malla raschel y malla costal de fique varían en un 1.05 L/día y 2.06 L/día respectivamente menos que el volumen promedio de agua captada de la niebla con malla tela quirúrgica siendo este volumen promedio de agua el de mayor captación con 4.12 L/día, y respecto a este volumen las atrapanieblas con malla raschel y malla costal de fique captan el 25.48% y 50.06% menos que el volumen de captación de la atrapaniebla con malla tela quirúrgica, durante el tiempo que se recolectó los datos (15 de septiembre del 2021 al 15 de marzo del 2022) para condiciones climáticas del Centro Poblado 22 de Mayo, esto se evidencia en la tabla V.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las tablas II y III, se muestra el volumen total del agua proveniente de los tres tipos de mallas, estas tablas muestran las cantidades

captadas en cada tanque de almacenamiento durante los seis meses que se recolecta los datos, y según estos resultados, la malla que capta mayor volumen de agua es la tela quirúrgica seguida de la malla Raschel y por último la malla costal de fique.

En los gráficos de “humedad relativa promedio y volumen de agua de niebla acumulado por cada atrapaniebla”, se puede observar que la captación de agua proveniente de la niebla es mayor cuando la humedad relativa es más alta, debido a que esta última refleja la capacidad de contener vapor de agua en el ambiente, mientras haya más humedad relativa menor será la capacidad de contener vapor de agua en el ambiente estando más cerca a saturarse y se ve reflejado en la cantidad captada de agua de niebla.

En los gráficos de “Temperatura, punto de rocío promedios y volumen de agua de niebla acumulado por cada atrapaniebla”, se puede observar que mientras la temperatura está más cerca al punto de rocío el vapor de agua se condensa logrando mayor captura de niebla.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A. Discusión de resultados

Según los resultados de la tabla V, la variación de la captación de agua de las atrapanieblas con malla raschel y costal de fique varían en un 25% y 50% menos que la captación del volumen de agua captado por la malla tela quirúrgica siendo esta la de mayor captación promedio, sin embargo los resultados de Poveda y Sanabria [4], nos demuestra que, el atrapaniebla con malla raschel capta un 33.22% de agua de niebla, el atrapaniebla con malla tela quirúrgica un 9.03% menos del atrapaniebla con malla raschel, el velo de tul 9.38% menos del atrapaniebla con malla raschel, el atrapaniebla con malla costal de fique un varía 23.65% menos del atrapaniebla con malla raschel y la malla guata varía un 24.73% menos del atrapaniebla con malla raschel, lo que se demuestra que la malla que más capta agua de niebla es la raschel y la menor es la malla guata.

Los datos de la estación meteorológica nos muestran las condiciones climatológicas del Centro Poblado 22 de Mayo, se observa que al tener una temperatura baja la variación de la humedad relativa es bastante alta, la cual se puede decir que el aire está muy cerca de saturarse, de tal forma que se pueda captar agua de la niebla, para ello una de las condiciones climáticas determinantes es la temperatura y humedad relativa y esto se puede afirmar con Cieza [6] la cual dice que, para obtener una mayor cantidad de volumen de agua aprovechable de las neblinas es fundamental tener la bastante humedad relativa.

Además, para tener una mayor captura de agua de las nieblas es importante tener atrapaniebla con mallas de mayor tamaño al diseño realizado para esta investigación (Ver figura 1), al tener un área de malla atrapaniebla pequeña, esta no

podrá alcanzar su máxima captación y esto lo afirma Meléndez et al. [1] la cual nos dice que, se debe diseñar captadores más eficientes para mejorar las cosechas de agua de tal forma satisfacer las necesidades de la población.

B. Conclusiones

En conclusión, la captación del volumen de agua de niebla por el atrapaniebla con malla raschel varia en un 25.48% menos que la captación del volumen de agua de niebla por la atrapaniebla con malla tela quirúrgica y el volumen de agua de niebla por la atrapaniebla con malla costal de fique varia en un 50.06% menos que la captación del volumen de agua de niebla por la malla tela quirúrgica, durante el 15 de septiembre del 2021 al 15 de marzo del 2022 para condiciones climáticas del Centro Poblado 22 de Mayo – Celendín.

Se encontró una mayor captación de agua de niebla en la tela quirúrgica, el cual en los seis meses de recolección de datos llegó a captar un volumen de agua total de 745.39 litros, seguido de la malla Raschel con un total de 555.53 litros y finalmente el costal de fique con un total de 372.38 litros. Según estos resultados se concluye que la malla más efectiva para captar agua de niebla es la tela quirúrgica.

En el presente estudio se concluye que en la localidad del Centro Poblado 22 de Mayo, el volumen de agua captada por los atrapanieblas varía principalmente por el tipo de malla pero también por las condiciones climatológicas tales como el punto de rocío, la temperatura y la humedad relativa ya que el punto de rocío es la temperatura a la que el vapor de agua llega a la saturación es decir en donde la humedad relativa es 100% y si la temperatura del ambiente se mantiene igual o menor que el punto de rocío la capacidad del ambiente en retener vapor de agua disminuye y aumenta la captación de agua por las atrapanieblas.

Esto se ve reflejado en la toma de datos del mes de noviembre donde se obtuvieron los volúmenes de agua captados por la niebla más altos que fueron de 153.65 L con la malla tela quirúrgica, 122.86 L con la malla Rachel y 92.20 L por la malla costal de fique; en donde la temperatura fue de 9.46°C, el punto de rocío es de 7.54°C y la humedad relativa fue de 95.30%. Y en el mes donde se obtuvieron los volúmenes de agua captados por la niebla más bajos que fueron de 59.25 L con la malla tela quirúrgica, 26.88 L con la malla Rachel y 11.74 L con la malla costal de fique para una temperatura de 11.05 °C, el punto de rocío es de 9.26 °C y la humedad relativa fue de 91.81%.

Para finalizar, y a modo de conclusión general, se puede decir que, luego de analizar los resultados obtenidos se afirma que la captación de agua varia cuanto más cerca este la temperatura al punto de rocío, pues si estas están más cerca la humedad relativa durante el día será mayor, dando como resultado más captación de agua por atrapanieblas.

Esta investigación está dirigida a personas que buscan profundizar futuras investigaciones referentes a captaciones de agua de niebla utilizando mallas atrapanieblas bidimensionales bajo condiciones climáticas del lugar.

V. REFERENCIAS

- [1] R. Jofre-Meléndez, J. Cervantes-Pérez, y V. L. Barradas, «Calidad del agua de la niebla captada artificialmente en la microcuenca del río Rixquiac, Veracruz, México: resultados preliminares», *TIP*, vol. 18, n.º 2, pp. 122-130, dic. 2015, doi: 10.1016/j.recqb.2015.09.004.
- [2] S. V. B. Palacios, A. L. D. Reyes, y S. M. M. Hoy, «Evaluación de la calidad de agua de niebla recolectada en Choachí, Colombia», *INVENTUM*, vol. 13, n.º 25, Art. n.º 25, 2018, doi: 10.26620/uniminuto.inventum.13.25.2018.53-60.
- [3] C. P. Laure, «Captación de agua de niebla en lomas de la costa peruana», *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 11, n.º 2, Art. n.º 2, 1996.
- [4] J. Poveda Lancheros y J. C. Sanabria Infante, «Evaluación de la eficiencia de cinco materiales de malla para el sistema de atrapanieblas en el Municipio de Siachoque – Departamento de Boyacá», nov. 2017, Accedido: 4 de septiembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/13661>
- [5] J. Márquez-Robles, «Atrapanieblas: Una tecnología para reforestación de las lomas costeras del Perú», *Universidad de Lima*, 1993, Accedido: 4 de septiembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/7507>
- [6] L. R. Cieza León, «Volumen de agua aprovechable utilizando malla atrapanieblas en el centro poblado La Palma - Chota.», *Universidad Nacional de Cajamarca*, 2019, Accedido: 4 de septiembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3446>
- [7] INDA, «Association of the Nonwoven Fabrics Industry.», 2012. [http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/No%20tejid o/es-es/](http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/No%20tejid%20o/es-es/) (accedido 4 de septiembre de 2021).
- [8] J. Pascual-Aguilar, M. Naranjo, R. Payano, y O. R. Medrano Pérez, *Tecnología para la recolección de agua de niebla*. 2011. doi: 10.13140/RG.2.1.4806.7048.
- [9] B. E. Barinas Perdomo y C. A. Camargo González, «Sistema de generación de agua mediante humedad del aire», Accedido: 5 de septiembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13384>

- [10] *Humedad, Saturación y Punto de Rocío*, (26 de septiembre de 2021). Accedido: 25 de octubre de 2022. [En línea Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=wQ58eAsgAe8>
- [11] W. Chereque Morán, «Hidrología: para estudiantes de ingeniería civil», 1989, Accedido: 5 de septiembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/28689>
- [12] P. Fernández y P. Díaz, «Investigación cuantitativa y cualitativa», p. 4.
- [13] F. G. Arias, *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición*. Fidas G. Arias Odón, 2012.
- [14] A. Chilón Tejada y K. D. C. Quiroz Silva, «“Variación del volumen de agua captada utilizando tres tipos de atrapanieblas para condiciones climáticas locales en 22 de Mayo-Celendín, 2022”», 2022. <https://www.deperu.com/centros-poblados/22-de-mayo-32064> (accedido 21 de febrero de 2023).