



Fecha de recibido:13-03-2023
Fecha de aceptado: 08-08-2023
DOI: 10.22490/21456453.6740

IMPLEMENTACIÓN DE ATRAPANIEBLAS COMO ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE TULUÁ

IMPLEMENTATION OF FOG CATCHERS AS AN ALTERNATIVE FOR WATER SUPPLY IN THE MUNICIPALITY OF TULUÁ

Eyder Fabián Jaramillo Arenas¹
Giovany Tascón Ortiz²
Karol Andrea Leal Vásquez³
Valentina Lamus Molina⁴
Luisa Fernanda Cabezas Burbano⁵
Vivian Milen Orejuela⁶

¹ Ingeniero Agropecuario,
Unidad Central del Valle del Cauca. eyder.jaramillo01@uceva.edu.co

² Ingeniero Agropecuaria,
Unidad Central del Valle del Cauca. giovany.tascon01@uceva.edu.co

³ MSc, Ingeniera Agrícola,
Unidad Central del Valle del Cauca, kleal@uceva.edu.co

⁴ PHD, MSc, Bióloga,
Unidad Central del Valle del Cauca. vlamus@uceva.edu.co

⁵ PHD, MSc, Ingeniera Física,
Unidad Central del Valle del Cauca. lcabezas@uceva.edu.co

⁶ MSc, Ingeniera de Sistemas,
Unidad Central del Valle del Cauca. vorejuela@uceva.edu.co

Citación: Jaramillo, E., Tascón, G., Leal, K., Lamus, V., Cabezas, L. y Orejuela, V. (2024). Implementación de atrapanieblas como alternativa de abastecimiento de agua en el municipio de Tuluá. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 15(2), 131-150. <https://doi.org/10.22490/21456453.6740>

RESUMEN

Contextualización: el consumo mundial de agua ha ido en aumento desde el siglo XX. Este aumento se debe a que ahora existe una gran demanda en las economías desarrolladas y emergentes; otro aspecto por considerar es el crecimiento de la población a nivel mundial, que se relaciona con un incremento en la demanda de recursos en los sectores agrícola, pecuario e industrial, lo cual resulta en un aumento en el consumo de dichos recursos.

Vacío de conocimiento: los sistemas de captación de agua de niebla (atrapanieblas) se están convirtiendo en una alternativa útil para el aprovechamiento de los recursos hídricos ya disponibles en el medio ambiente, para su almacenamiento y posterior distribución en diversas actividades del desarrollo humano. Sin embargo, en Colombia se carece de estudios con relación a la implementación de estos sistemas artesanales.

Propósito: En esta investigación, se indagó por la pertinencia en la utilización de cuatro atrapanieblas con diferentes porcentajes en la polisombra, ubicados en los predios el Vijal y Alto Bonito que corresponden a una zona ecosistémica de

bosque subandino; con el propósito de determinar la viabilidad de esta herramienta en la recolección de agua de niebla.

Metodología: se realizó un diseño de bloques completamente al azar. Se empleó el método estadístico ANOVA y la prueba de Duncan determinó si había una diferencia significativa entre los porcentajes de polisombra utilizados y la altura de los predios. La recolección de datos se llevó a cabo durante un periodo de seis semanas.

Resultados y conclusiones: como resultado, la polisombra del 65% captó 980 ml en el predio de Alto Bonito; y en el predio del Vijal la captura fue de 784 ml. La malla con 80% de sombra obtuvo 990 ml en la finca Alto Bonito y 794 ml en la finca Vijal. No hubo diferencias significativas en la captación de agua con relación al porcentaje de sombra de las polisombras. En cuanto a la altura de los predios, hay una diferencia significativa, la retención de agua promedio en la finca Vijal fue de 25.5 ml/día mientras que en el predio de Alto Bonito fue de 31.8 ml/día.

Palabras clave: agua potable sostenible, atrapanieblas, bosque subandino, captación de agua, polisombra

ABSTRACT

Contextualization: Global water consumption has been increasing since the 20th century. This increase is because there is now a high demand in developed and emerging economies. Another aspect to consider is the population growth worldwide, which is related to an increase in the demand for resources in the agricultural, livestock, and industrial sectors, increasing the consumption of these resources.

Knowledge gap: Fog harvesting systems (fog catchers) are becoming a useful alternative to use water resources already available in the environment for storage and subsequent distribution in various human development activities. However, Colombia lacks studies on implementing these artisanal systems.

Purpose: This study investigated the usefulness of using four fog catchers with different percentages of shade cloth, located in the Vijal and Alto Bonito sites, corresponding to the Sub-Andean Forest ecosystem, to determine the feasibility of this fog water harvesting product.

Methodology: A design of a completely randomized block was carried out. The ANOVA statistical method was used, and Duncan's multiple range test determined if there was a significant difference between the percentages of shade cloth used and the height of the properties. Data collection was carried out for a period of six weeks.

Results and Conclusions: As a result, the 65% shade cloth captured 980ml in the Alto Bonito property, and in the Vijal property, the capture was 784ml. The 80% shade cloth obtained 990ml at the Alto Bonito farm and 794ml at the Vijal farm. There were no significant differences in water harvesting compared to the shade percentage of the shade cloth. Regarding the height of the properties, there is a significant difference; the average water retention in the Vijal farm was 25.5ml/day, while it was 31.8ml/day in the Alto Bonito farm.

Key words: Fog catcher, Sub- Andean Forest, water harvesting, shade cloth, sustainable drinking water

RESUMEN GRÁFICO



Nota: en la figura se muestra el resumen de los procesos implementados para el desarrollo de la investigación realizada

Fuente: autores.

1 INTRODUCCIÓN

En el informe de la Organización de las Naciones Unidas ONU del año 2019 sobre el estado del recurso hídrico a nivel mundial, se estipula que el consumo del agua aumentará cerca de 1% hasta el año 2050, lo cual se debe a que solamente los sectores industriales y el doméstico em-

plean alrededor del 20 y 30 %. En este mismo informe, la ONU reporta que más de 2000 millones de habitantes sufren escasez de agua debido a su posición geográfica, mientras que 4000 millones de personas carecen del recurso, al menos un mes por año, lo cual se atribuye al cambio climático.

De esta forma, el cambio climático es un fenómeno que afecta el ciclo hidrológico y por ende su suministro y disponibilidad para todas las labores, que requieren de dicho recurso, hecho que se presenta gracias al aumento o disminución de las precipitaciones, así como su frecuencia (ONU, 2019). Por lo tanto, se estima que cerca de 850 millones de personas no cuentan con agua potable en sus hogares, situación que se incrementa cuando 34 millones de habitantes que corresponden al 4% de dicha cifra debe desplazarse cerca de media hora para poder recolectar agua (OMS, 2017). Finalmente, otra gran parte de la población mundial se abastece de la recolección de las aguas superficiales (ONU, 2019). Es importante destacar que casi el 60% de esta población se encuentra en África Subsahariana donde el recurso hídrico es casi nulo (UNESCO, 2015).

En Latinoamérica y el Caribe los procesos de explotación (agrícolas, pecuarios e industriales) afectan tanto al recurso hídrico como al suelo, generando consecuencias negativas en el balance hidrológico, la disponibilidad y calidad del agua en nacimientos y cuencas hidrográficas. Por otro lado, en el caso puntual de Colombia, son diferentes los usos que se le dan a dicho recurso, asimismo se manifiestan diferentes dificultades en cuanto a su tratamiento. Además, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, afirma que en Colombia hay cerca de 391 municipios que viven la escasez del recurso, situación que se va extendiendo a otras zonas del país.

A fin de mitigar en algo la problemática que se presenta en el país, entidades como las Corporaciones Autónomas Regionales CAR de cada departamento implementan dentro de las herramientas del manejo del paisaje orientadas a la reforestación, aislamientos de protección y la restauración ecológica para el cuidado y la conservación del recurso hídrico; mediante estas estrategias de innovación se busca que el acceso al agua sea más equitativo y benéfico, ampliando la cantidad y calidad, empleando las características del relieve y las condiciones de los diversos ecosistemas presentes en el país (CRA, 2019).

En el corregimiento de la Iberia, municipio de Tuluá, departamento del Valle del Cauca, se cuenta con un ecosistema de bosque subandino, que se extiende desde 1200 hasta 2500 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas medias de 20°C (Arias, citado por SGAP y CIAT, 2011). En el caso de los ecosistemas de bosque subandino, caracterizados por la presencia de fauna y flora endémica que contribuyen a evitar los deslizamientos tendientes en esta zona y favorecen la conservación del recurso suelo y por ende del agua (SGAP y CIAT, 2011), otorgan ventajas y condiciones favorables para la implementación de sistemas de captación de agua de niebla. Cabe mencionar que dicho corregimiento cuenta con altitudes comprendidas entre los 1300 y los 1600 m.s.n.m., las cuales presentan condiciones óptimas para la implementación de atrapanieblas, debido a que suelen tener temperaturas bajas en horas de la noche, humedad alta, presencia de fuertes vientos durante la mayor época del año y niebla en horas de

la mañana, factores que en su conjunto son propicios para la recolección de las pequeñas gotas de agua presentes en ese tipo de bosque (SEDAMA, 2020), correspondiente al ecosistema subandino, cuya importancia radica que es un lugar clave para que se dé la niebla y por ende exista un gran potencial hídrico (Cereceda *et al.*, 2014).

Cabe resaltar que los sistemas de atrapanieblas son una solución innovadora y sostenible para capturar la humedad presente en la niebla y convertirla en agua potable utilizable. Estos sistemas aprovechan la capacidad de ciertas estructuras, mallas o redes especiales, para atrapar las partículas de agua suspendidas en la niebla. A medida que la niebla pasa a través de estas estructuras, las partículas de agua se condensan y se acumulan en una zona de recolección (Rivera, 2011). Una de las principales características de los sistemas de atrapanieblas es su capacidad para extraer agua en áreas donde la disponibilidad de recursos hídricos es limitada (Domen *et*

al., 2014). Estos sistemas son especialmente útiles en regiones áridas o semiáridas, donde la niebla es una fuente potencial de agua valiosa. Además, los sistemas de atrapanieblas son una alternativa sostenible, ya que no requieren el uso de energía eléctrica ni productos químicos para su funcionamiento (Morichi *et al.*, 2018). Por lo cual, se han llevado a cabo diversos proyectos que utilizan sistemas de atrapanieblas que, con su implementación adecuada, pueden mejorar la calidad de vida de las comunidades y fomentar la conservación de los recursos naturales (LeBoeuf and de la Jara, 2014; Valjarević *et al.*, 2023).

Considerando lo anterior, el objetivo del estudio fue realizar la implementación de cuatro atrapanieblas: dos en el predio El Vijal, propiedad de la Unidad Central del Valle del Cauca y dos en el predio Alto Bonito, en el corregimiento de la Iberia del municipio de Tuluá, Valle del Cauca, como una alternativa para el abastecimiento de agua.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Por lo general en el municipio de Tuluá del Departamento del Valle del Cauca, se registran temperaturas que varían entre los 19-30 °C, una humedad relativa entre el 77-90%, se presenta una variación en la precipitación durante todo el año, siendo

noviembre el mes con el mayor promedio con 152 ml y julio con el menor promedio con alrededor de 80 ml de lluvia. Con relación a la velocidad del viento, no presenta una variación considerable y puede encontrarse entre 0.0-5.1 km/h (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo

Territorial, 2010) y la nubosidad es poco variable durante el año. Sin embargo, se presenta que el mes más despejado del año es julio con un 28% de nubosidad y el mes más nublado inicia en septiembre con un 89% de nubosidad (Castañeda y Mendoza, 2014). Cabe resaltar que, para poder desplegar equipamientos que se ajusten a las necesidades de la población, es necesario ubicar dichos equipamientos en zonas con mucha nubosidad (Garcidueñas, 2018). El proceso experimental se realizó en el transcurso del año 2022.

La investigación se realizó en dos ubicaciones así:

- ❖ **Predio El Vijal:** ubicado en el corregimiento de la Iberia, con las siguientes coordenadas 4°3'39.64"N y 76°6'23.13"W. A 1360.3 m.s.n.m., con unas características de bosque subandino (SEDAMA, 2020), presencia de afluentes hídricos, uso de suelo agropecuario e infraestructura para el desarrollo de actividades para la escuela veredal.
- ❖ **Predio Alto Bonito:** ubicado en el corregimiento la Iberia, con las siguientes coordenadas: 4°3'52.79"N y 76°5'54.66"W. A 1554,3 m.s.n.m., con características de bosque subandino (SEDAMA, 2020), en conservación y sistema agroforestal de café, uso de suelo agropecuario e infraestructura distribuida en vivienda familiar, procesamiento del café y almacenamiento.

Entre los dos predios existe una diferencia de altura de 194 m.s.n.m.

Establecimiento en campo de los atrapanieblas

Descripción de las mallas: las polisombras son un hilo de malla tejida y están elaboradas de fibras resistentes de polietileno de alta densidad, siendo utilizadas para agricultura, avicultura, construcciones, entre otras (Quinche, 2019) y sirven para regular la luminosidad (Madariaga, 2017). Para la realización de esta investigación se emplearon porcentajes de sombra de 65 y 80% respectivamente, ya que estos permiten el tránsito de la niebla para que pueda quedarse en la malla, debido al tamaño de poro que traen definidas. Las corrientes de aire que pudieran afectar las estructuras de los atrapanieblas pueden circular a través del tejido y así no sufrir daños en las mallas y la tela (Huertas y Molina, 2016). Los calibres empleados se distinguen entre sí debido a que su tejido es más denso y cerrado a medida que aumenta el porcentaje de luminosidad.

Construcción de los atrapanieblas:

- ❖ Enterrar los postes de guadua a 80 cm de profundidad. Cabe resaltar, que es necesario dejar 1 m libre entre el suelo y la malla. A partir de esta distancia se colocan las mallas de polisombra (65% y 80%) que miden 2 x 2 m, una enseguida de la otra, separadas por un poste de guadua y con diferentes porcentajes de sombra.

- ❖ En la parte inferior de las mallas se instala un tubo de 4 pulgadas dividido a la mitad, cuya función es recolectar el agua capturada en forma de niebla con un desnivel del 20%. Al final del tubo en un extremo se instala una reducción de 1/2 pulgada, donde se conecta una manguera del mismo diámetro que conducirá el agua a un tanque de almacenamiento de 20 litros, debidamente aforado para realizar el registro del agua captada.
- ❖ El tanque de almacenamiento se ubicó bajo tierra y se encontraba debida-

mente sellado, con el objetivo de minimizar las pérdidas de agua captada.

- ❖ Se instaló en el perímetro de ubicación de la estructura (atrapanieblas), un cerco de guadua y alambre de púa calibre 14, para evitar así la interferencia de algún animal que pueda afectar la estructura y disposición de los atrapanieblas.

En la Figura 1, se muestra cómo se realizó la construcción y el establecimiento en campo de los atrapanieblas y, en la Figura 2, se muestra cómo se realizó el proceso de captación del agua.

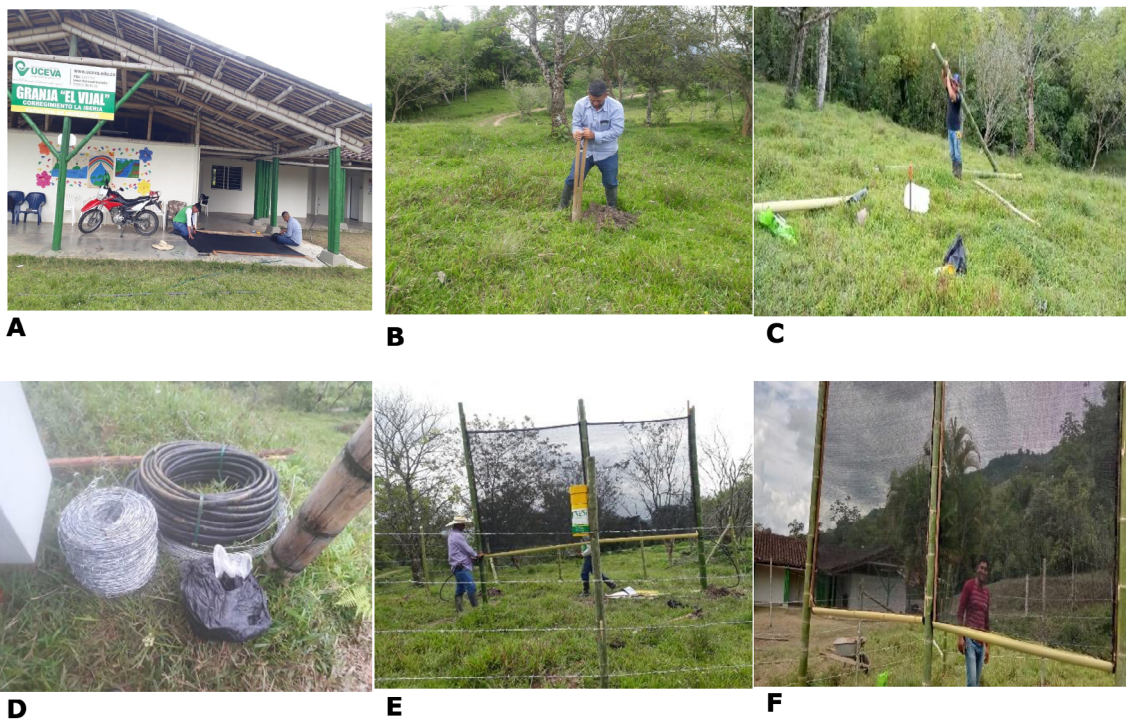


Figura 1. Construcción y establecimiento en campo de los atrapanieblas

Nota: en la Figura 1 se muestra el establecimiento en campo y construcción de los atrapanieblas
A. Marco de madera con malla. **B.** Ahoyado para poner poste de guadua. **C.** Cosechado de guadua.
D. Alambre de púa y manguera de 1/2". **E.** Instalación de la canaleta de P.V.C. **F.** Malla instalada

Fuente: autores.

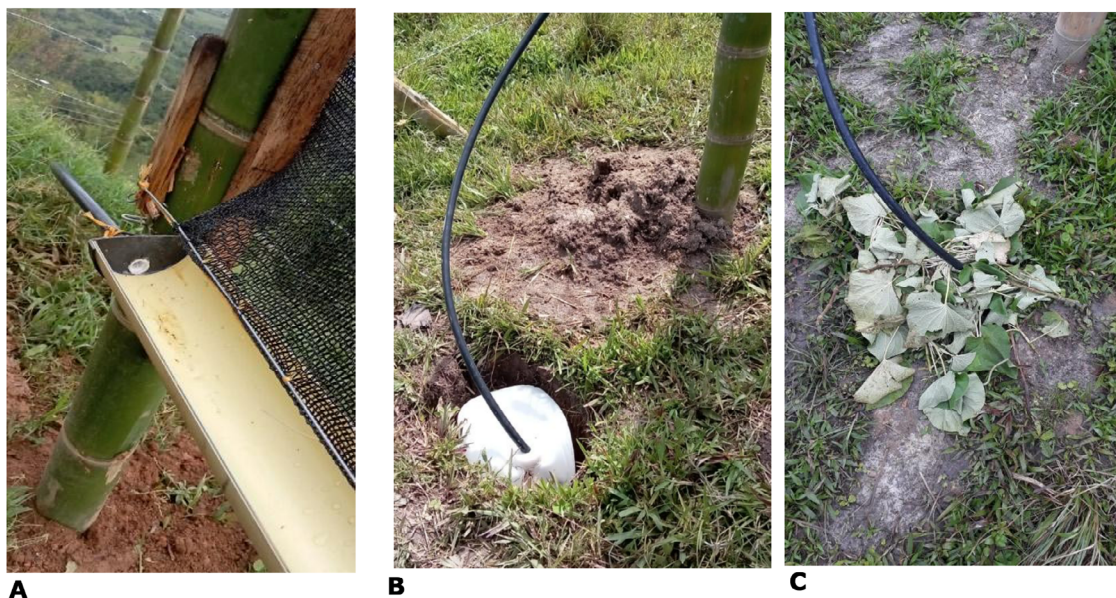


Figura 2. Proceso de captación

Nota: en la Figura 2 se muestra el sistema de captación y almacenamiento de agua de los atrapanieblas. **A.** Conducción de agua entre canaleta de PVC y manguera. **B.** Tanque de almacenamiento de agua. **C.** Protección con vegetación al tanque de almacenamiento

Fuente: autores.

Monitoreo

La realización del registro y monitoreo de la captura de agua se cuantificó de manera diaria, en los cuatro tanques de 20L instalados, dos por cada predio. La medición se realizó a las 7:00 a.m., durante 6 semanas. Este tiempo se determinó después de realizar la revisión de literatura en donde se estipula este tiempo como el indicado para la medición en la captación.

Análisis estadísticos

El estudio se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completos al azar con

dos bloques representados como dos fincas El Vijal y Alto Bonito. Para el desarrollo de esta investigación, los tratamientos empleados consistieron en dos polisombras con porcentajes de sombra de 65% y 80% y la variable de respuesta estudiada fue la acumulación de agua de niebla recolectada.

Para realizar la recolección de datos, se colocaron colectores de agua en cada tratamiento y en cada bloque. Los recolectores de agua consistieron en recipientes de plástico con capacidad de 25 litros, que se instalaron debajo de cada polisombra en cada finca. Los recolectores de agua se va-

ciaron y midieron todos los días durante seis semanas.

A partir de los datos obtenidos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la diferencia en la acumulación de agua recogida entre los tratamientos y los bloques.

Sobre la base de lo anterior se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

(Ecuación 1)

Donde:

Y_{ij} : es la observación de la variable de respuesta (acumulación de agua) para el tratamiento i en el bloque j .

μ : es la media general.

β_j : es el efecto del bloque j en la acumulación de agua.

τ_i : es el efecto del tratamiento i en la acumulación de agua.

ϵ_{ij} : es el error aleatorio.

Para el análisis de varianza se empleó el software estadístico R versión 4.2.1. A partir de este análisis de varianza (ANOVA), se encontró una significancia estadística de $p < 0.05$. Una vez que la ANOVA ha demostrado que existen diferencias significativas entre los grupos, la prueba de Duncan se aplica para realizar comparaciones múltiples entre todas las combinaciones posibles de medias de grupo. Esta prueba asigna rangos a las medias y los utiliza para determinar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas. Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó una prueba de comparaciones múltiples para evaluar las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, con la cual también se consideró una significancia estadística de $p < 0.05$.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se realizó el registro y monitoreo durante seis semanas, en cada uno de los lugares seleccionados para cada una de las mallas establecidas. En el predio El Vijal, malla No 1 con un porcentaje de sombra de 80%, el valor promedio de captura de agua correspondió a 25.61 ml/día. En la malla No. 2, con un 65% de sombra, la media aritmética fue de 255,29

ml/día; cabe resaltar que la malla tenía una medida de 2m².

En el predio el Alto Bonito en la malla 3 correspondiente al 80% de sombra el comportamiento promedio de los datos fue de 31,94 ml/día, mientras que en la malla 4 con un porcentaje de sombra de 65% tuvo un valor de 31,61 ml/día, con una media

de mallas de 2 m². Estos datos se recolectaron entre el 6 de abril y el 30 de mayo del año 2022, donde se presentaron precipitaciones promedio 18 ml/día. En la Tabla 1 se muestra que no existe diferencia significativa entre las polisombas.

Con respecto a la Figura 3, se puede observar la cantidad de agua acumulada en

cada polisombra empleada con su respectivo porcentaje. Aunque inicialmente se había planteado que la incidencia del porcentaje de sombra podría afectar la captación de agua. En los resultados obtenidos no se registra una incidencia en la captura de agua con relación a esta.

■ **Tabla 1.** Diferencias significativas entre las polisombas empleadas

Polisombra	Media	Group
0.65	28.5	a
0.8	28.8	a

Nota: en la Tabla 1 se puede evidenciar que no existen diferencias significativas con los diferentes porcentajes de sombra empleados

Fuente: autores.

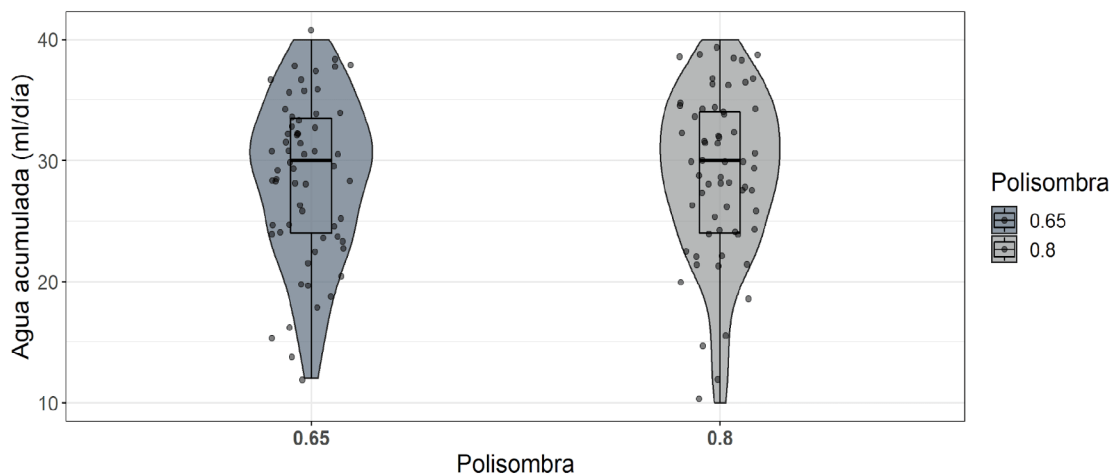


Figura 3. Agua acumulada por porcentaje de polisombra empleado

Nota: en la Figura 3 se presentan los resultados obtenidos con relación a la captura de agua con los diferentes porcentajes de sombra empleados en los predios

Fuente: autores.

Para poder implementar una estructura de acuerdo con las necesidades de sus pobladores se hace necesario ubicar dichas estructuras en zonas con mayor nubosidad. Aun cuando se encuentran algunos estudios sobre la captura de agua mediante la implementación de los atrapanieblas, no se establece en estos casos de estudio información acerca del material empleado, los porcentajes de sombra y el diseño de la estructura con relación a la afectación que puede causar en el proceso de captación. En la gran mayoría de material bibliográfico consultado, por lo general se registra que se emplean materiales de polipropileno pero no la afectación en el proceso de captura (LeBoeuf and de la Jara, 2014; Cereceda *et al.*, 2015; Valjarević *et al.*, 2023). Razón por la que este estudio brinda la oportunidad de iniciar nuevos procesos de investigación sobre este tema.

Cabe señalar y hacer referencia a la investigación de Sánchez (2018), donde se puede comparar que este tipo de estrategia se pueden implementar a mayor escala para generar agua en tiempos de sequía.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos con relación a las diferencias significativas existentes entre los predios. En la Figura 4, se observa que entre las variables agua acumulada (ml/día) y el predio, en el predio de Alto Bonito por polisombra se logró acumular mayor cantidad de agua, gracias a que se condensa mayor cantidad de vapor de agua lo cual se debe a la diferencia de altitud que se presentaba entre ambos predios. Por lo tanto, al comparar ambos lugares, se tiene que factores como la nubosidad, la vegetación circundante y el viento permitieron que ambos sectores presentaran diferentes cantidades de agua capturada.

■ **Tabla 2.** Diferencias significativas existentes entre los predios

Finca	Media	Group
El Vijal	25.5	A
Alto Bonito	31.8	B

Nota: en la Tabla 2 se puede evidenciar que, existen diferencias estadísticas significativas entre los predios, debido al diferencial de altura de estos

Fuente: autores.

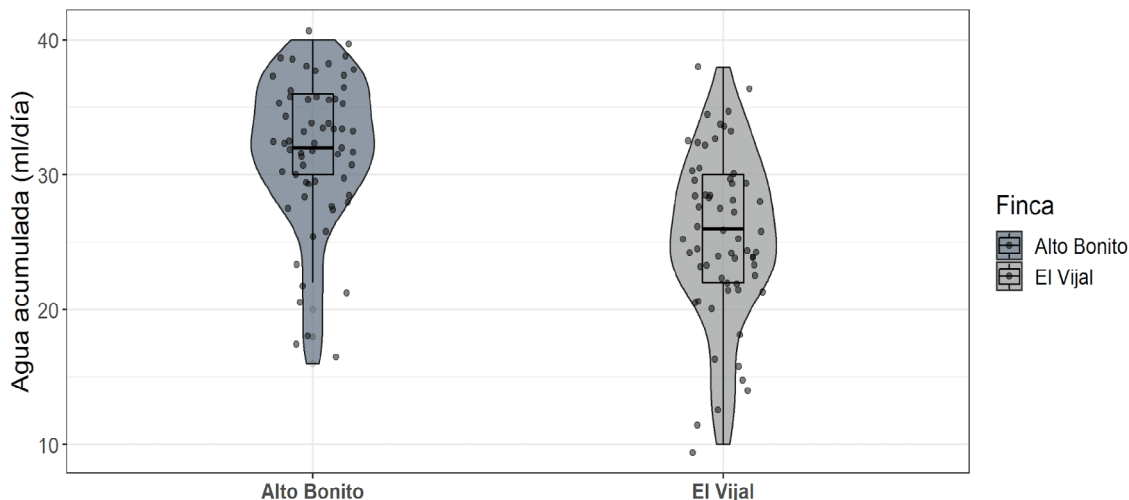


Figura 4. Agua acumulada en cada predio

Nota: en la Figura 4 se presentan los resultados obtenidos con relación a la captura de agua con los diferentes predios

Fuente: autores.

Por lo general el proceso de captación de agua y su posterior almacenamiento van a depender de la nubosidad presente en el momento de la realización del estudio, las fluctuaciones diarias que se puedan presentar tanto en la precipitación como en el viento, en la superficie y la cantidad de atrapanieblas instalados (Morichi *et al.*, 2018). Algunos autores registran que para obtener volúmenes entre 400 m³ a 1000 m³ se requiere de alrededor de 50 estructuras instaladas en la zona de estudio determinada (Cereceda *et al.* 2015). En esta investigación se implementaron cuatro atrapanieblas, ya que se buscaba poder realizar la identificación de cómo afecta el porcen-

taje de la sombra y la altura en el proceso de captación de agua de niebla.

La Figura 5, permite corroborar que, en el predio alto bonito durante el proceso de investigación se logró mayor recolección de agua que en el predio El Vijal. Por lo tanto, se establece que la recolección de agua tiene que ver con la finca y no con el porcentaje de polisombra. Se observa que en el predio Alto Bonito con relación a la polisombra la media acumulada es mayor en 10 ml con respecto al predio El Vijal. Lo cual permite entender que el predio Alto Bonito presenta un potencial para la implementación de esta técnica, debido a

factores como la nubosidad, altitud y velocidad del viento. Por lo tanto, se presenta un valor de desviación muy grande entre el dato de mayor recolección y el dato de menor recolección en El VijaI, esto se debe al efecto que existe en la variación en la altura de los predios. En los estudios

realizados en Perú por Hidalgo Maylle en el año 2021 se encontró que, con un diferencial de altura de 100 m.s.n.m., de los predios se puede capturar entre un promedio de 1.5L/m²/día implementando alrededor de 6 estructuras.

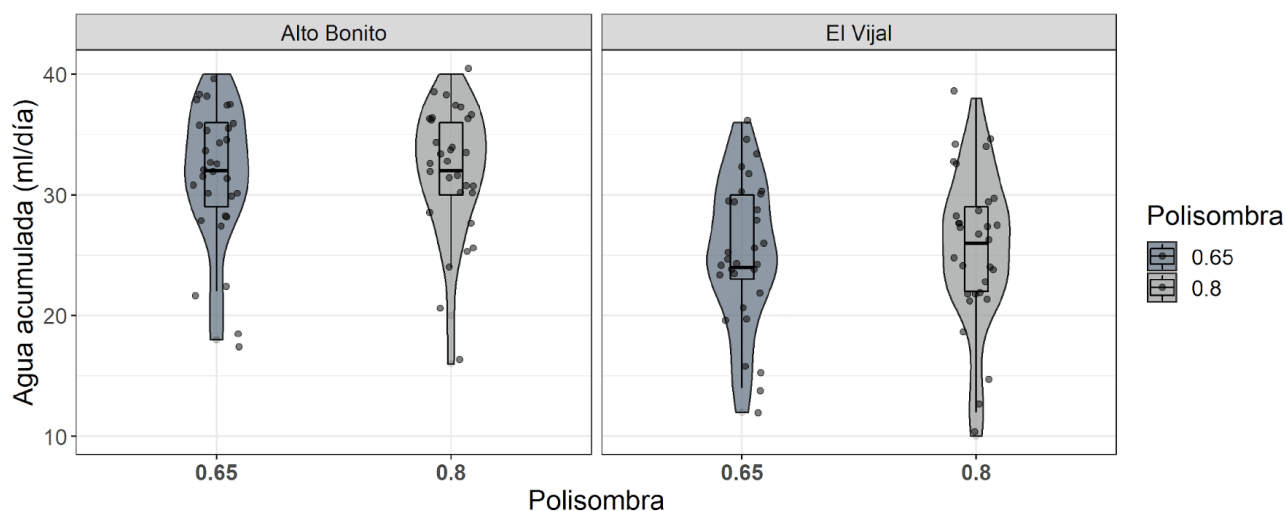


Figura 5. Captura de agua por polisombra en cada uno de los predios

Nota: en la Figura 5 se presentan los resultados obtenidos con relación a la captura de agua con los diferentes porcentajes de polisombra empleados en los distintos predios

Fuente: autores.

Al analizar la Figura 6, se puede afirmar que la sumatoria total en ml por predio fue mayor en el predio Alto Bonito con un valor muy similar en las polisombras empleadas (65% y 80%). Mientras que en el predio El VijaI fue de casi 200 ml por debajo con respecto al otro predio.

De igual forma, se puede decir que no hay mayor diferencia en el agua acumulada con respecto al porcentaje de polisombra, pues se observa que la diferencia es solamente de 10 ml acumulados.

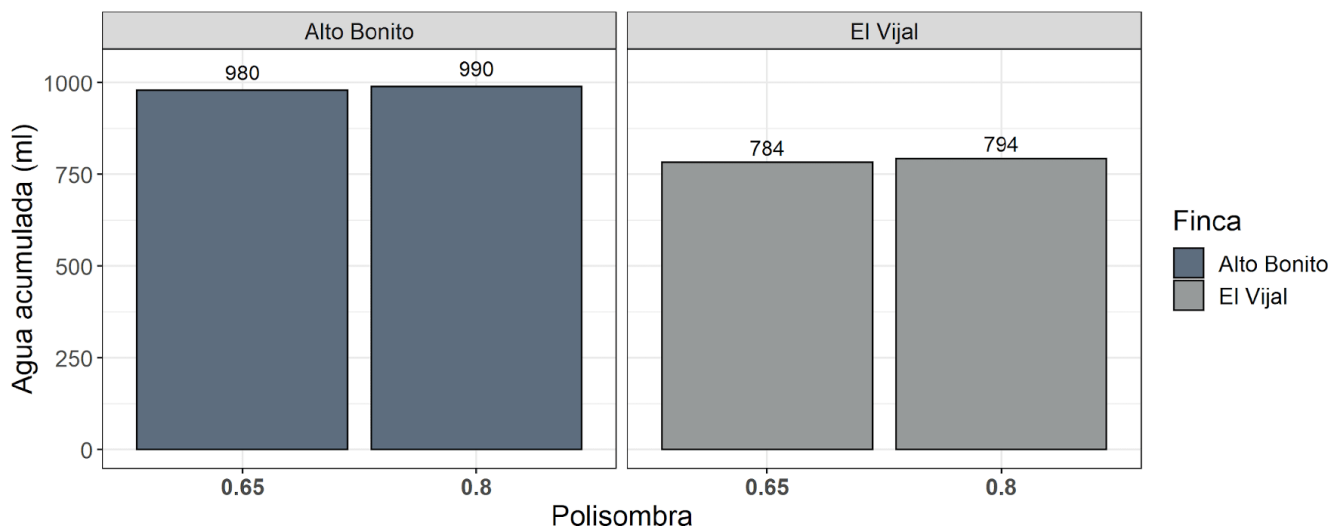


Figura 6. Resumen por finca y polisombra (barras, acumulado)

Nota: en la Figura 6 se presentan el resumen de los resultados obtenidos con relación a la captura de agua con los diferentes porcentajes de polisombra empleados en los distintos predios

Fuente: autores.

De acuerdo con la prueba de Duncan se establece que la variable finca (predios) presenta diferencias significativas generando diferencias en la cantidad de agua recolectada como se muestra en la Figura 7. Se puede afirmar que en el predio El Vival por día se acumularon en promedio 25.5 ml, mientras que en el predio Alto Bonito se acumuló alrededor de 7 ml más por día, es decir, que existe una diferencia significativa entre los datos obtenidos

en el predio El Vival y Alto Bonito. En el predio alto bonito se presenta una mayor captura de agua y esto se debe a la variación en la altitud de los predios y a que el lugar en donde se ubican los atrapanieblas en alto bonito estaba más expuesto, esto quiere decir que no contaba con barreras vivas cercanas con las cuales competir por el agua de niebla debido a los procesos de desarrollo antrópico.

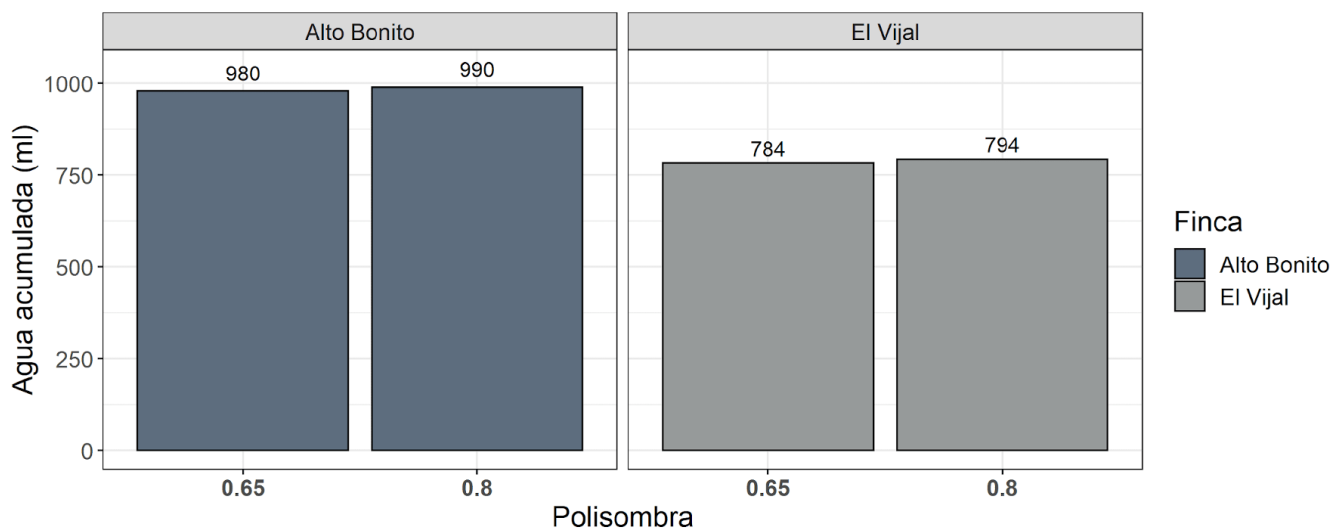


Figura 7. Promedio de agua acumulada por día en cada uno de los predios

Nota: en la Figura 7 se puede observar los resultados de la prueba de Duncan esta indica que existen diferencias significativas entre los predios

Fuente: autores.

Aun cuando los valores obtenidos con relación a la captura de agua en esta investigación son mínimos, en la investigación realizada por Durán (2016) se refuerza la idea de que este tipo de metodología serviría para que la zona media de Tuluá, siempre y cuando se implementen atrapanieblas mucho más grandes que los que se implementaron en la presente investigación, ubicada en el corregimiento de La Iberia, para que pueda hacerle frente a los tiempos de sequía que, según Durán, se presentarán en la década del 50 en el Siglo

XXI. Por otro lado, es importante mencionar y comparar la investigación realizada por López en 1989, con el presente estudio, donde se emplearon también troncos de madera que en este caso provenían de la especie *Guadua Angustifolia* de la familia *Poaceae*) y mallas de 2 x 2 m, las cuales permitieron que las pequeñas partículas de agua se pudieran condensar para su posterior almacenamiento. Sin embargo, las mallas que se emplearon en este caso fueron diferentes a las empleadas en cuanto a los porcentajes de sombra (López *et al.*, 1989).

CONCLUSIONES **4**

Existen diferencias significativas en el proceso de captura de agua en lo que tiene que ver con las alturas de los predios en los cuales se establecieron los atrapanieblas. Los porcentajes de la polisombra empleados no presentan diferencias significativas en cuanto a la cantidad de agua capturada.

Se puede establecer que la cantidad de agua almacenada en cada uno de los predios se vio afectada debido a factores como la pérdida de la cobertura vegetal, ya que, en la zona de El Vijal los atrapanieblas se encontraban ubicados cerca de un pequeño bosque. En la zona de Alto Bonito la intervención de las actividades antropológicas como la ganadería y la agricultura generaron que la captación de agua fuese mayor al no tener capa vege-

tal que compitiera por el recurso; la altura generó que se condense con mayor facilidad el agua presente en el ambiente.

La estructura empleada para el aprovechamiento de agua en esta investigación no generó niveles amplios en el proceso de captura de agua para la satisfacción de la demanda hídrica de una persona por día; sin embargo, mediante el correcto almacenamiento y tratamiento del agua capturada se puede emplear para la realización de diferentes actividades domésticas, agrícolas o pecuarias durante periodos de tiempo que varían desde una semana hasta 15 días, que servirían como tanques de reserva, a fin de realizar actividades varias como lavado de ropas, recipientes o implementos de aseo, así como riego de plantas ornamentales o comestibles.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Eyder Fabián Jaramillo Arenas: metodología, investigación, análisis de datos y conceptualización. **Giovany Tascón Ortiz:** metodología, investigación, análisis de datos y conceptualización. **Karol Andrea Leal Vásquez:** metodología, investigación, análisis de datos, concep-

tualización, escritura, revisión y edición. **Valentina Lamus Molina:** escritura, borrador original, revisión y edición. **Luisa Fernanda Cabezas Burbano:** escritura, borrador original, revisión y edición. **Vivian Milen Orejuela:** escritura, borrador original, revisión y edición.

■ AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los ingenieros Fabián Jaramillo y Giovany Tascón, ya que sin su empeño, dedicación y participación no se habría logrado el desarrollo de la investigación; así como al MSc, Luis Fernando Delgado, por toda la colaboración suministrada.

■ LITERATURA CITADA

- Castañeda, F. y Mendoza, B. (2014). *Criterios metodológicos para la definición de sistemas de captación de aguas con base en lluvia horizontal*. [Tesis de pregrado]. Universidad Católica de Bogotá Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1748>
- Cereceda, P., Hernández, P., Leiva, J. y Rivera, J. (2014). Agua de Niebla, nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas. *CORFO Coquimbo*, 8-123 <https://docplayer.es/15025512-Editores-pilar-cereceda-pedro-hernandez-jorge-leiva-juan-de-dios-rivera.html>
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. (CRA). (2019). *Agenda Regulatoria Indicativa V7*. <https://www.cra.gov.co/sites/default/files/documents/2019-10/AREGULATORIA-INDICATIVA-2019-V7.pdf>
- Domen, J. K., Stringfellow, W. T., Camarillo, M. K., and Gulati, S. (2014). Fog water as an alternative and sustainable water resource. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16(2), 235–249. <https://doi.org/10.1007/s10098-013-0645-z>
- Durán, M. (2016). El desierto de Atacama en Chile es uno de los lugares más áridos del mundo, su aspecto rocoso y seco son evidencia de que allí el agua escasea. *Revista Universitaria Oyeme UTADEO*, 2(5), 1-2. <https://www.utadeo.edu.co/es/noticia/emisora/emisora-oyeme-ujtl/7451/atrapa-nieblas-la-alternativa-que-combate-la-falta-de-agua>
- Fundación Ciudad Verde (SGAP) y Centro Internacional de Agricultura Tropical, Programa (DAPA CIAT). (2011). *Taller “Construcción y socialización de la estrategia de adaptación al cambio climático en la cuenca Tuluá Morales del Valle*

- del Cauca priorizando acciones de conservación de fauna vulnerable". https://www.cvc.gov.co/ecopedia/sites/default/files/archivosAdjuntos/estrategia-de-adaptacion-cc-cuenca-tulu-consewacion-2010_0.pdf
- Garcidueñas, P. (2018). ¿Qué es un atrapanieblas? *Expok: Comunicación de Sustentabilidad y RSE*. <https://www.expoknews.com/que-es-un-atrapanieblas/>
- Huertas, J.P. y Molina, P.A. (2016). *Estudio de prefactibilidad para la posible Implementación de atrapanieblas en el municipio de Ráquira*. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá-Colombia]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Hidalgo, F.S. (2021). *Eficiencia del sistema de atrapanieblas con dos tipos de malla raschel para la captación de agua de niebla Lomas de Paraíso 2017*. [Tesis de pregrado]. Universidad Cesar Vallejo de Lima. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59654>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (s.f). *Indicadores*. <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1>
- López, J., Canto, W. y Meneses, R. (1989). *Construcción de atrapanieblas*. Biblioteca Digital INIA. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/41799/NR08655.pdf?sequence=1>
- LeBoeuf, R., and de la Jara, E. (2014). Quantitative goals for large-scale fog collection projects as a sustainable freshwater resource in northern Chile. *Water International*, 39(4). <https://doi.org/10.1080/02508060.2014.923257>
- Madariaga, I.P (2017). Evaluación del potencial de neblina mediante el sistema de atrapanieblas en las lomas de ancón durante el evento del niño, en el distrito de ancón, provincia de lima periodo 2015-2016 [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Moquegua. http://200.48.160.221/bitstream/handle/UNAM/55/T095_46281694_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la gestión integral del recurso hídrico*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Política-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>
- Morichi, G., Calixto, L. B., and Zanelli, A. (2018). Novel Applications for Fog Water Harvesting. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 06(3). <https://doi.org/10.4236/gep.2018.63004>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU], UN WATER. (2019). *Informe de políticas de ONU sobre el Cambio Climático y el Agua*. UN Water online. https://www.unwater.org/app/uploads/2019/12/UN-Water_Policy-Brief_Water_Climate-Change_ES.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cul-

- tura [UNESCO]. (2015). *Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe*. FAO. <https://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>
- Organización Mundial de la salud [OMS]. (2017). *El informe del Programa Conjunto de Monitoreo, Progress on drinking water, sanitation, and hygiene: Special focus on inequalities, 2000-2017*. <https://www.who.int/es/publications/item/9789241516235>
- Quinche, M. S. (2019). *Evaluación de la Malla Atrapaniebla como Método Alternativo para Mejoramiento de la Oferta Hídrica, sus Usos Potenciales y la Gobernanza del Agua*. [Tesis de pregrado]. Universidad el Bosque. https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2768/Quinche_Bautista_Manuel_Sebasti%C3%A1n_2019.pdf?sequence=1
- Rivera, J. de D. (2011). Aerodynamic collection efficiency of fog water collectors. *Atmospheric Research*, 102(3). <https://doi.org/10.1016/j.atmos-res.2011.08.005>
- Sánchez, J. A. (2018). *Atrapanieblas tecnología para el atrapamiento de agua, una experiencia exitosa en el distrito de Villa María del Triunfo, Lima 2018*. [Tesis de pregrado]. Escuela de Postgrado de la Universidad César Vallejo https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/15678/S%C3%A1nchez_CJA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente [SEDAMA]. (2020). *Programa Agropecuario Municipal periodo: 2020-2023*. <https://antiguo.tulua.gov.co/wp-content/uploads/2020/08/PROGRAMA-AGROPECUARIO-MUNICIPIO-TULUA.-2020-2023.pdf>
- Valjarević, A., Algarni, S., Morar, C., Grama, V., Stupariu, M., Tiba, A., and Lukić, T. (2023). The coastal fog and ecological balance for plants in the Jizan region, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(1). <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103494>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.



Licencia de Creative Commons

Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional License.