
Evaluación de alternativa de abastecimiento de agua mediante sistema atrapanieblas en finca El Descanso, Manaure-Cesar

Luis Fernando Patiño Galvis¹
José Mauricio Pérez Royero²

Resumen

La finca El Descanso está localizada a 2.100 msnm en zona rural del municipio de Manaure; donde la actividad productiva principal del municipio es la agricultura. El recurso hídrico se obtiene al desviar un arroyo cercano, proceso que afecta la cuenca baja, principalmente en temporada seca. El presente estudio se centra en evaluar la eficiencia de un sistema atrapanieblas como método de captación del agua proveniente de la niebla mediante fase de prospección. Primero se realizaron mediciones en temporada seca con neblinómetros, para luego diseñar el sistema, así como realizar un registro diario de los volúmenes captados en temporada húmeda. Los resultados de captación promedio tanto en temporada seca (0,28 l/m²/día) como húmeda (0,94 l/m²/día) muestran que la zona cuenta con potencial hídrico, y que este sistema es una alternativa que contribuye al cubrimiento parcial (1 - 5%) de riego en temporada seca para el cultivo de mayor producción (mora) y a disminuir la presión ejercida sobre el afluente.

Palabras clave: Captación, niebla, atrapanieblas, riego, eficiencia, temporada seca.

Introducción

A nivel mundial, la crisis generada por el acceso al agua ha llevado a la exploración de diversos mecanismos que permitan la obtención de ese recurso en cualquiera de sus formas; dentro de estas formas está el servicio ecosistémico que presenta la niebla. Para la obtención del agua a partir de la niebla, se desarrolla la tecnología del sistema atrapanieblas, que permite conseguir el recurso de forma económica y sin generar un impacto considerable sobre el medio. El método implica la aplicación de conceptos hidráulicos basándose en procesos naturales desarrollados por las plantas (Mada-riaga, 2017).

La niebla implica una oferta hídrica importante, una oportunidad de abastecimiento para áreas rurales en las que ese fenómeno sea frecuente. Se trataría de zonas con problemas para acceder al líquido por razones de planeación territorial, falta de fuentes hídricas o conflictos por el uso del recurso (Carvajal, 2018); tal es el caso del presente estudio; se analiza la finca El Descanso, Vereda El Cinco, Manaure, Cesar, donde la niebla puede representar una alternativa al sistema de colección existente.

En la presente investigación, la metodología implementada se basa en los

estudios elaborados por Cereceda et al, (2014), en el libro Agua de niebla y el de Hidalgo (2016), desarrollado de acuerdo con las directrices del manual para la captación de agua de niebla desarrollada por Schemenauer, Cereceda, y Os- ses, (2005) denominado “*FogQuest: fog water collection manual*”. Se establece que es necesario realizar un monitoreo en campo básico de parámetros meteorológicos formadores de niebla y analizar la eficiencia de captura del sistema para así estimar el potencial de la niebla y cómo puede ser aprovechada para las actividades agrícolas de la finca El Descanso, sobre todo en lo concerniente a la siembra y la recolección de cultivos, entre los que predomina la mora; por otra parte, se busca reducir el impacto sobre la fuente hídrica tradicionalmente usada para conseguir agua.

Materiales y métodos

Inicialmente se realizó un análisis de los parámetros meteorológicos de operación del sistema, y se procedió a recopilar información socioeconómica y ambiental sobre las características del área de estudio. Posteriormente fue necesario identificar las variables que inciden en la formación de niebla mediante la revisión de diferentes estudios similares, que permitieron establecer una referencia de



Figura 1.
Charlas con la comunidad de la Finca El Descanso
Fuente: Elaboración propia.

selección y priorización de parámetros; por último, se socializó la propuesta y se capacitó a la comunidad en cuanto a los beneficios de los colectores de niebla dando a entender a la comunidad la importancia de la oferta hídrica que esta presenta.

Para la segunda etapa, se procedió a diseñar a nivel planta-piloto un sistema atrapanieblas para la captación de aguas provenientes de la niebla. Inicialmente se desarrolló la fase de prospección de niebla mediante el uso del neblinómetro (figura 2) para caracterizar el potencial de la neblina en temporada seca, y se tomaron datos desde el 8 de febrero hasta el 10 marzo de 2021.

Posteriormente, se seleccionó el criterio de diseño y de materiales del sistema: se realizó una investigación de recursos bibliográficos que permitieron

establecer el modelo más apropiado para obtener una mayor eficiencia. Se priorizaron costos y calidad de materiales (tabla 1) para así dar paso a la construcción y la ubicación del modelo atrapanieblas seleccionado. La medición de datos se desarrolló durante la temporada de lluvias en la región, desde el 5 de junio hasta el 19 de julio.

La última etapa consistió en formu-



Figura 2.
Neblinómetro instalado en la Finca El Descanso.
Fuente: Elaboración propia.

lar las mejores condiciones de operatividad del sistema buscando funcionalidad dentro de la finca El Descanso. Se hizo una estimación de la demanda requerida por el cultivo de mora (al ser el de mayor extensión y producción dentro de la finca) mediante el software CROPWAT versión 8.0, al no contar con información sólida del gasto hídrico en la zona, y dado que ciertos autores sugieren que el agua captada a partir de la niebla no es apta para consumo humano, pero sí para riego (Cuellar, 2018). De igual forma, se establece que unidades experimentales pequeñas como la del presente estudio son implementadas para el riego de especies agrícolas y forestales en búsqueda de productos de consumo (Cereceda et al., 2014).

Resultados y discusión

Descripción de la zona de estudio

La vereda El Cinco, incluida la zona de la finca El Descanso se desarrolló en la década de 1990. La región fue poblada por cultivadores de amapola, establecidos allí por los beneficios económicos. Sin embargo, este modelo ilegal no prosperó y generó afectaciones en todas las esferas de la sociedad, lo que se evidenció en la confrontación con grupos al margen de la ley establecidos en las zonas de alta montaña (Fontalvo, 2019).

Esta situación hizo necesario retornar a la siembra de cultivos legales, por lo que, de forma autónoma, los residentes de la zona seleccionaron la mora con espina como el cultivo de máxima prioridad, en aras de garantizar los valores integrales del campesino (Ibidem, 2019). De acuerdo con la entrevista, dentro de la finca El Descanso la principal actividad productiva es la agricultura: cultivos de mora (2 ha), lulo (1,5 ha), granadilla (1 ha), tomate de árbol (1 ha) y limón (1 ha).

Tabla 1. Materiales a utilizar en el sistema atrapanieblas.

Elemento del sistema	Material	Obtención	Unidad	Cantidad
Malla	Malla Raschel o polisombra 65%	Almacenes Homecenter	m ²	1 rollo de 3*2 metros.
Postes	Eucalipto (<i>eucalyptus globulus</i>)	Residuos de tala de la finca.	UND	3
Canaleta	tubo PVC 2"	Ferretería Cesar	metro	3 1/2
Recipiente de recolección	Envase plástico de 10 y 20 litros	Envase reciclado	UND	1
Tensores externos e internos	Alambre galvanizado	Ferretería Cesar	kilo	1
	Alambre dulce	Ferretería Cesar	kilo	2

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.
Mora cultivada en la finca El Descanso
Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a los requisitos ambientales, las variables objeto de estudio que actúan como condicionantes en el establecimiento de un sistema atrapanieblas son satisfechas, considerando que dentro de la finca El Descanso, el piso térmico es frío (1600 a 2600 m.s.n.m.), y a lo largo del paisaje se cuenta con áreas que facilitan la movilidad de las corrientes de viento.

Prospección de niebla e implementación del sistema

La identificación de los puntos seleccionados con base en lo estipulado en el manual de FogQuest (2005) se muestra en la figura 4. Allí se expone la localización geográfica mediante la utilización del software Arc GIS.

Los resultados comparativos entre los neblinómetros instalados en relación

con las variables analizadas muestra que 2.132,9144 m.s.n.m. el neblinómetro N°ro.4 fue el que logró captar mayor agua de niebla, con un volumen de 7,35 litros durante los 27 días de medición en época de sequías. La mayor captación del neblinómetro 4 se explica por la zona en la que fue posicionado: era la de mayor altura, y además se trata de un área sin obstáculos visibles. Por las características del relieve suele condensarse la niebla en horas de la noche y la madrugada. El promedio generado por el neblinómetro 4 es de 0,28 l/m²/día. De esta forma, identificado el sitio de mayor eficiencia de captura, se realizó el montaje del atrapanieblas como se puede ver en la figura 5.

Medición y registro del agua captada por el sistema

El registro diario de volumen de agua captada por el atrapanieblas se pre-

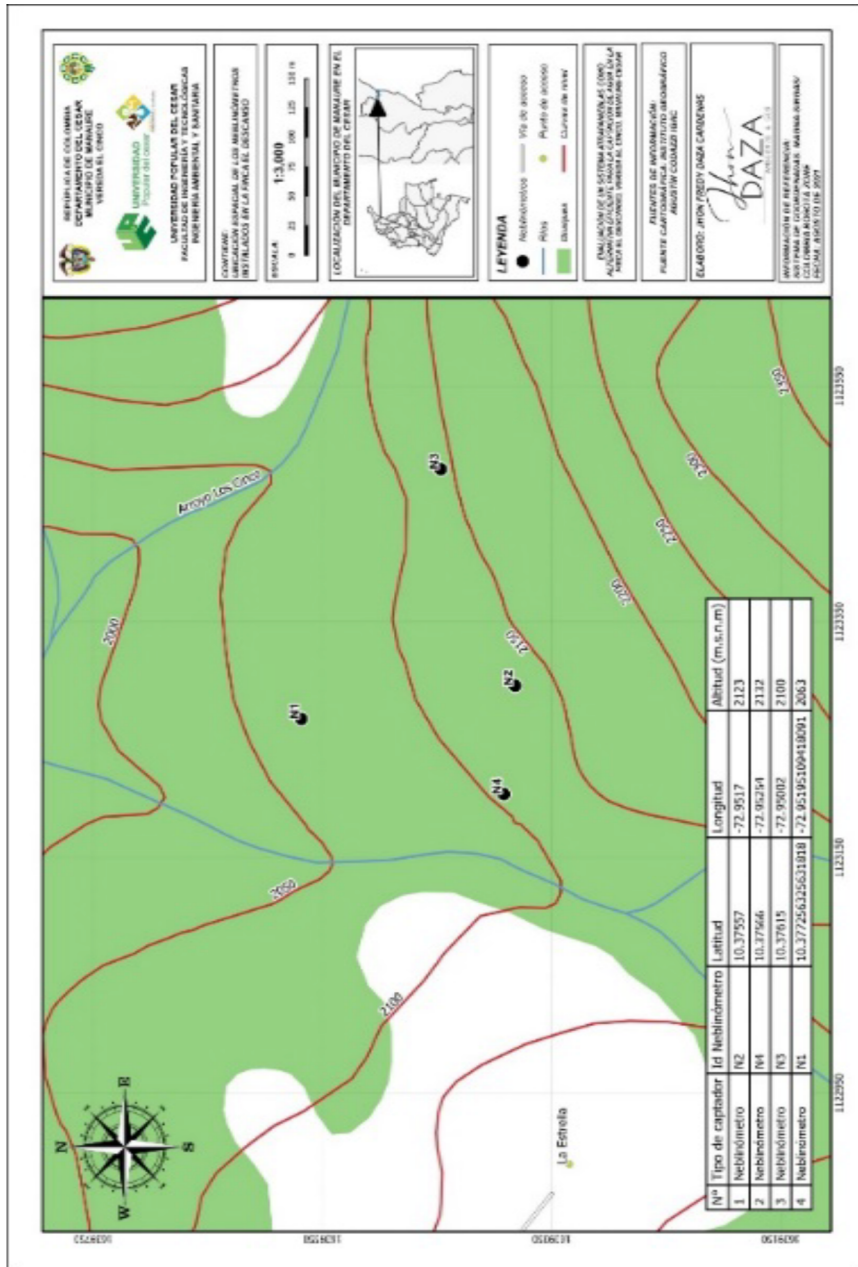


Figura 4.
Ubicación espacial de la finca El Descanso y neblinómetros instalados.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 5.
Sistema atrapanieblas instalado en la Finca El Descanso
Fuente: Elaboración propia.

senta en la figura 6. El volumen de recolección diario promedio es 5,634 litros, y el volumen de recolección total fue de 253,55 litros para el periodo completo de 45 días. Así mismo, se puede observar cómo la presencia de lluvias incide en el registro de agua captada, entendiéndose que los sistemas no sólo captaron agua proveniente de la niebla, sino también la presente en la oferta atmosférica. De igual forma, también se puede atribuir está mejor recolección a la niebla frontal que “se forma por la saturación del aire con lluvias continuas” (Mora, 2020).

Eficiencia del sistema

Para obtener la eficiencia del sistema instalado en la finca El Descanso, se procedió primero a calcular el volumen captado por día de medición en 1 m² de malla Raschel, para lo cual se utiliza la ecuación 1.

$$V_{m^2} = \frac{V_{promdía}}{m^2} = \frac{5,634 \text{ L/día}}{6 \text{ m}^2} = 0,94 \text{ L/m}^2/\text{día}$$

Ecuación 1. Volumen por metro cuadrado de malla.

Eficiencia teórica. Rivera (2011) estableció que la eficiencia de un atrapanieblas bidimensional es de 30%. Estos valores de acuerdo con Cereceda et al (2014), representan tasas de captación de entre 1,4 a 8,3 l/m²día, concluyendo un promedio de eficiencia de colección aproximado de 3 l/m²día.

Eficiencia experimental. Para la obtención de la eficiencia experimental se parte de la ecuación propuesta por Hidalgo (2021).

$$\eta_{coll} = \frac{0,94 \text{ L/m}^2/\text{día}}{3 \text{ L/m}^2/\text{día}} * 100 = 31,30\%$$

Ecuación 2. Eficiencia experimental del sistema

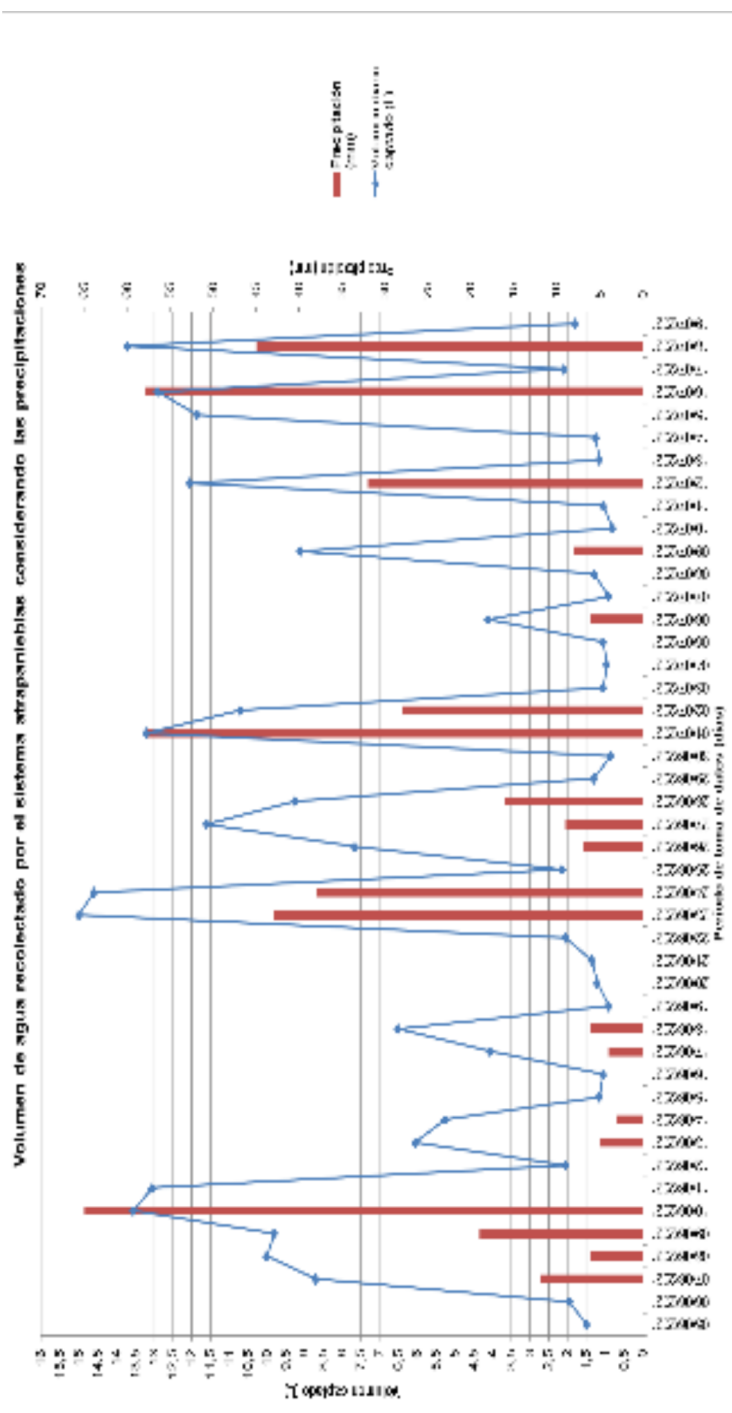


Figura 6.
Influencia de las precipitaciones en el volumen captado por el sistema
Fuente: Elaboración propia.

Se representa una eficiencia de captación del sistema atrapanieblas instalado de 31,30%. Es decir que cumple la funcionalidad de su objetivo primordial consistente en la captación y almacenamiento de agua proveniente de la oferta hídrica que otorga la niebla.

Agua requerida por el cultivo de mora mediante software CROPWAT versión 8.0

El software CROPWAT cuenta con cuatro módulos de precisión de información referente a las condiciones climáticas de la zona, denominados clima y precipitación, así como aspectos del cul-

tivo y del suelo; estos señalan el requerimiento de agua de cultivo analizado.

- Satisfacción de demanda hídrica del cultivo por parte del sistema.

Para el cálculo del porcentaje de satisfacción que brinda el sistema atrapanieblas instalado, inicialmente se desarrolló una esquematización mostrada en la tabla 2.

En función de los valores obtenidos de captación para el atrapanieblas, en la tabla 3, y con base en el estudio desarrollado por Hidalgo (2016), se calcularon las dimensiones y el número de atrapanieblas que deben colocarse en la zona de estudio para cumplir con parte

Tabla 2.

Promedio de captación de agua mensual por metro cuadrado de malla acorde a la temporada.

Temporada	Mes	Agua colectada promedio por m ² de malla (L)	Agua colectada promedio por mes (L)
Sequía	21 NOV – 21 DIC	0,28	8,4
	21 DIC – 21 ENE	0,28	8,4
	21 ENE – 21 FEB	0,28	8,4
	21 FEB – 21 MAR	0,28	8,4
	21 MAR – 21 ABR	0,28	8,4
	21 ABR – 21 MAY	0,94	28,2
Lluvias	21 MAY – 21 JUN	0,94	28,2
	21 JUN – 21 JUL	0,94	28,2
	21 JUL – 21 AGO	0,94	28,2
	21 AGO – 21 SEP	0,94	28,2
	21 SEP – 21 OCT	0,94	28,2
	21 OCT – 21 NOV	0,94	28,2
Total, volumen captado			239,4

Fuente: Elaboración propia.

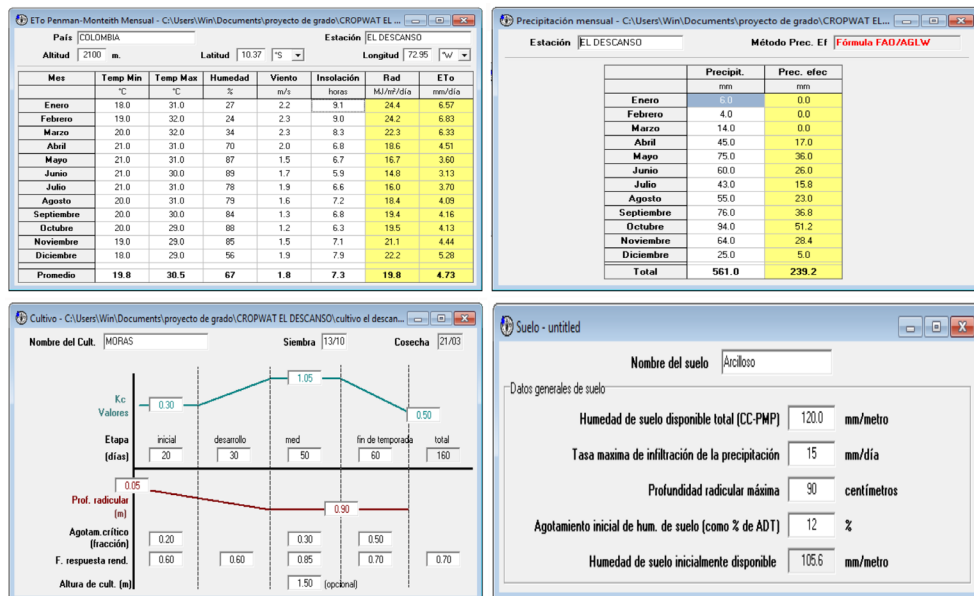


Figura 7. Información requerida por CROPWAT para programación de riego.

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, se obtuvo un valor para la temporada de 1'178.496 litros de agua necesarios para las dos hectáreas existentes en la finca El Descanso.

del requerimiento de agua del cultivo, y además se modeló un sistema de mayores dimensiones (5 metros de alto por 5 de ancho) para un total de 25 m².

De acuerdo con la anterior tabla, se establecieron porcentajes de satisfacción de 1 a 100% del requerimiento de agua para el cultivo de mora en la temporada analizada. Se concluyó que la cantidad de agua demandada para riego es demasiado alta, por lo que, se pretende con el desarrollo del sistema atrapanieblas proyectado satisfacer del 1 al 5% de la demanda.

Conclusiones

El modelo atrapanieblas implementado en la presente investigación se exhibe como un esquema que cumple con el propósito de brindar una alternativa de abastecimiento. Efectivamente puede interceptar y captar el agua proveniente de la niebla tanto en periodo seco como húmedo en la finca El Descanso. Es de recordar que ese recurso se encuentra en una situación de conflicto al depender enteramente del arroyo El Cinco para la satisfacción de su demanda hídrica. El

atrapanieblas permite obtener el recurso sin la utilización de energía o el empleo de grandes esfuerzos. El uso potencial es el de un instrumento de adaptación y resiliencia al cambio climático.

Aun cuando el sistema propuesto y proyectado no satisface totalmente las exigencias de riego para el cultivo de mora, sí brinda la oportunidad de mitigar el impacto generado sobre la fuente hídrica El Cinco, al proveer porcentualmente del recurso a la finca El Descanso en temporada seca, cuando el afluente se ve mayormente afectado por la disminución de su caudal.

En el país, la información sobre este tipo de tecnologías (estudios de producción de agua a partir de la niebla) es escasa o se encuentra poco desarrollada, centrándose en la esquematización de los sistemas, más no en su desarrollo; por tal motivo, se resalta la importancia de la presente investigación al presentar resultados en campo que expongan los planteamientos teóricos, estableciéndose como una base para futuras investigaciones.

Agradecimientos

El presente proyecto se agradece primeramente a Dios, por haber otorgado las capacidades para llegar hasta

este punto de formación profesional. A nuestros padres por permitirnos la oportunidad de avanzar en nuestra educación profesional. Al señor Ever Guerra, por ser quien nos otorgó el espacio para desarrollar la investigación, así como a los habitantes de la finca El Descanso por estar prestos a compartir el espacio de la finca y colaborarnos en nuestros requerimientos. Por último, a la Universidad Popular del Cesar por generar el espacio que permite desarrollar los proyectos de investigación entendiendo la importancia de establecer tecnologías que busquen el beneficio y la mejora en la calidad de vida de la sociedad.

Referencias

- Carvajal de la Sota, R. A. (2018). *Diseño de un sistema de refrigeración para un atrapanieblas tridimensional* (tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito). Repositorio Digital USFQ. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7322>
- Cereceda, P., Hernández, P., Leiva, J., y Rivera, J. (2014). Agua de niebla: Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas. *Corporación de Fomento de la Producción*. <https://www.eae-publishing.com/catalog/details/store/gb/book/978-620-2-12935-0/agua-de-niebla-nuevas-tecnolog%C3%ADas-para-el-desarrollo-sustentable>
- Cuéllar Mayta, J. G. (2018). Impacto económico de la implementación de mecanismos

- capturadores de agua atmosférica para uso agrícola. Villa María del Triunfo, Lima-Perú. [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3356>
- Fontalvo, L. E. (2019). Justicia transicional sin transición: el caso de la vereda El Cinco, Balcones de Manaure, Cesar. *Revista Oraloteca*, (10), 110-120. <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/oraloteca/article/view/3807>
- Hidalgo Maylle, 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 César Vallejo, Lima]. Repositorio Digital Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59654>
- Hidalgo, D. (2016). Captación de agua por medio de la técnica de atrapanieblas en las comunidades campesinas de Galte, Cantón Guamate, Provincia de Chimborazo, Ecuador. [tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas Espe, Sangolquí]. <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/11891>
- Madariaga Olivares, 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, Moquegua]. https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/55/T095_46281694_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mora Alarcón, K. T. (2020). Análisis de viabilidad para la implementación de mallas atrapanieblas en la vereda San Antonio bajo en el municipio de Arbeláez-Cundinamarca. [tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá]. Repositorio Institucional. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/24305>
- Rivera, J. (2011). Aerodynamic collection efficiency of fog water collectors. *Atmospheric Research*, 102(3), 335-342. https://www.researchgate.net/publication/238504184_Aerodynamic_collection_efficiency_of_fog_water_collectors
- Schemenauer, R., Cereceda, P. y Osses, P., (2005) FogQuest Fog Water Collection Manual, Toronto, Canada, 100pp.