

**Evaluación de la eficiencia de cinco materiales de malla para el sistema de atrapanieblas en
el Municipio de Siachoque – Departamento de Boyacá**

Poveda Lancheros, Julián & Sanabria Infante, Juan Carlos

Ing. Jorge Armando Fonseca Carreño

Director

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente CEAD

Tunja

2017

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen.....	8
Abstract.....	8
Introducción	10
Justificación	12
Planteamiento del problema.....	13
Objetivos.....	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos.....	14
Marco teórico	15
La niebla.....	15
Captación de agua de la niebla.....	18
Sistemas de captación de niebla.....	19
Tipos de atrapanieblas.....	21
Atrapanieblas Macrodiamante.....	21
Atrapanieblas Cilíndrico.....	21
Atrapanieblas Bidimensional.	22
Elementos del sistema de atrapanieblas bidimensional.....	23
Soportes Estructurales.	23
Tensores Externos.	24
Elemento Captador.	24
Cables de Sostén Interno.	24
Barras de Anclaje.	25

	Pág.
Canaleta Colectora y Drenaje.....	25
La malla en sistemas de atrapanieblas.....	25
Definición de los cinco materiales de los tratamientos a implementar en la malla del sistema de atrapanieblas e instalarlos.....	28
Tratamiento 1. Tela Quirúrgica.....	28
Tratamiento 2. Guata.....	30
Tratamiento 3. Costal de Fique.....	31
Tratamiento 4. Velo o Tul.....	32
Tratamiento 5. Polisombra o Malla Raschel.....	34
Marco Geográfico.....	36
Estado del arte.....	39
Metodología.....	45
Tipo de investigación.....	45
Método.....	45
Procedimiento.....	45
Resultados.....	48
Diseño y construcción del sistema de atrapanieblas.....	48
Soportes Estructurales.....	48
Tensores Externos.....	48
Elemento Captador.....	49
Cables de Sostén Interno.....	49
Canaleta Colectora y Drenaje.....	49

	Pág.
Construcción de la estructura	51
Construcción de elemento captador.....	51
Canaleta Colectora y Drenaje.....	54
Evaluación de la eficiencia de captura de neblina de los tratamientos utilizados en el sistema atrapaniebla, según nivel de volumen registrado en las capturas.....	57
Evaluación de la eficiencia Tratamiento tela quirúrgica	58
Evaluación de la eficiencia Tratamiento Guata.....	59
Evaluación de la eficiencia Tratamiento Costal de fique	61
Evaluación de la eficiencia Tratamiento Velo.....	63
Evaluación de la eficiencia Tratamiento Malla Raschell o Polisombra	64
Análisis comparativo de la eficiencia de los cinco materiales para atrapaniebla	66
Evaluación de la relación beneficio costo para los tratamientos utilizados	67
Conclusiones.....	72
Recomendaciones	74
Referencias Bibliográficas	75
Anexo A. Resultados registros de captación de volumen de agua según material de malla utilizado.....	79

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Sistema de Captación de agua niebla	20
Figura 2. Tela quirúrgica.....	29
Figura 3. Guata.....	30
Figura 4. Costal de fique.....	31
Figura 5. Velo o Tul.....	33
Figura 6. Polisombra o Malla Raschel.....	34
Figura 7. Localización Vereda Tocativa - Municipio de Siachoque, Boyacá, Colombia.....	37
Figura 8. Climograma Municipio de Siachoque - Boyacá.....	38
Figura 9. Diseño del pilar estructural y los tensores externos	48
Figura 10. Vista Frontal de cada sección	49
Figura 11. Vista Frontal de cada sección	50
Figura 12. Vista Frontal con todas las Secciones	50
Figura 13. Construcción de la estructura	51
Figura 14. Tratamiento 1 Tela quirúrgica.....	52
Figura 15. Tratamiento 2 Guata	52
Figura 16. Tratamiento 3 Costal de fique	53
Figura 17. Tratamiento 4 Velo o Tul	53
Figura 18. Tratamiento 5 Polisombra	54
Figura 19. Instalación de canaleta colectora	54
Figura 20. Instalación de sistema drenaje	55
Figura 21. Recipiente utilizado para medir el agua captada	56

Figura 22. Pruebas de simulación	56
Figura 23. Sistema experimental de atrapanieblas con cinco tratamientos	57
Figura 24. Volumen de captación de agua mensual por repetición, obtenido con tela quirúrgica	58
Figura 25. Comportamiento de captación de agua obtenido por el tratamiento tela quirúrgica...	59
Figura 26. Volumen de captación de agua mensual por repetición, obtenido con guata.....	60
Figura 27. Comportamiento de captación de agua obtenido por el tratamiento guata	60
Figura 28. Volumen de captación de agua mensual por repetición, obtenido con costal de fique	61
Figura 29. Comportamiento de captación de agua obtenido por el tratamiento costal de fique...	62
Figura 30. Volumen de captación de agua mensual por repetición, obtenido con velo o tul	63
Figura 31. Comportamiento de captación de agua obtenido por el tratamiento velo o tul	64
Figura 32. Volumen de captación de agua mensual por repetición, obtenido con malla Raschell o Polisombra	65
Figura 33. Comportamiento de captación de agua obtenido por el tratamiento malla Raschell o Polisombra	65
Figura 34. Volumen de captura mensual de los cinco tratamientos utilizados	66
Figura 35. Registro frecuencia absoluta días con registro de captación cero	67

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1	22
Tabla 2	68
Tabla 3	69
Tabla 4	70
Tabla 5	70
Tabla 6	71

Resumen

Este proyecto tuvo como objeto determinar la eficiencia de cinco materiales de malla que pueden ser implementados en un sistema de atrapanieblas, instalado en el Municipio de Siachoque – Boyacá. Se diseñó, construyó y puso a prueba un sistema de atrapaniebla bidimensional con cinco materiales de malla: Tela Quirúrgica, Guata, Costal de Fique, Velo o Tul y Polisombra Raschel. Se realizaron 42 mediciones de volumen de agua captada durante 4 meses para cada material utilizado. Se probó y comparó la eficiencia de materiales para captar agua, de fácil consecución en entornos rurales; así mismo se obtuvo una relación de beneficio costo de cada uno de los tratamientos utilizados. Se ratifica que la polisombra es el material que logra mayor captación de agua y resulta más económico al momento de implementar un sistema de atrapanieblas; la tela quirúrgica se constituye una alternativa de buen nivel de captación, aunque poca durabilidad.

Palabras clave: Atrapanieblas, captación de agua, Tela Quirúrgica, Guata, Costal de Fique, Velo, Polisombra Raschel

Abstract

The objective of this project was to determine the efficiency of five types of net that can be implemented in a catch-fog system, installed in the municipality of Siachoque, Boyacá. A two-dimensional catch-fog system was designed, built, and tested with five types of net: surgical fabric, guata, costal de fique, velo or tul, and polysombra raschel. 42 measurements of water volume were collected during 4 months for each material. The efficiency of the materials for capturing water, which was easily achieved in rural settings, was tested and compared; likewise a cost-benefit relation was obtained for each of the treatments used. It was confirmed that the polysombra is the best material for catching water and it was the most cheap at the time of implementing the catch-fog system; the surgical fabric is an alternative for a good level of uptake, despite its low

durability. Key words: mistletoe, water collection, Surgical Fabric, Wadding, Costal de Fique, Velo, Polisombra Raschel

Introducción

Desde el origen de la humanidad los recursos hídricos han sido una necesidad básica para el desarrollo de las civilizaciones, dado que son utilizados para el consumo humano, se implementan en las diferentes actividades tanto domésticas como agropecuarias, industriales, entre otras, convirtiéndose en un recurso vital. A pesar de la evolución que se ha presentado con relación a su aprovechamiento, en algunas comunidades este recurso se torna escaso y no es potable, adicionalmente no se están utilizando todas las fuentes generadoras de agua, acentuando aún más esta problemática.

Las zonas de alta montaña no son ajenas a los problemas de abastecimiento de agua, como lo es la zona rural del municipio de Siachoque, se puede identificar que para esta región del centro de Boyacá existen meses de sequía los cuales afectan la agricultura y la ganadería.

Como alternativa para estos problemas de abastecimiento, surgen los atrapanieblas, que son sistemas de captura de agua de la niebla, los cuales desde hace varios años han venido siendo implementados en países como Chile, donde fueron originados, y cuyos resultados han sido favorables para suplir los problemas de abastecimiento de agua en zonas áridas.

En Colombia, se han adelantado estudios relacionados con estos métodos de recolección de agua de niebla, y en general de lluvia horizontal, evaluando su efectividad, proponiendo diversos equipos y materiales que pueden ser utilizados en su construcción. Son altas las expectativas que se generan alrededor de este tipo de alternativas, cuyo esquema de construcción se basa en un conjunto de mallas y un sistema de recolección y conducción del agua recolectada, que pasa a unos recipientes de almacenamiento para luego ser distribuida a la población que necesite el recurso.

Esta investigación de tipo experimental, evaluó la eficiencia de cinco materiales para atrapar y condensar la niebla en condiciones de campo. La evaluación se realizó en la vereda Tocavita del Municipio de Siachoque, se seleccionó por conveniencia la finca del señor Horacio Boyacá donde el grupo de investigación GIGAS de la UNAD realiza diversos proyectos. En el predio se seleccionó el sitio alto donde las corrientes de aire y nubes son muy constantes, generando condiciones favorables para la implementación de los sistemas de atrapanieblas.

Se elaboraron y pusieron a prueba quince estructuras de atrapanieblas de modelo bidimensional, utilizando cinco materiales de mallas diferentes distribuidos en repeticiones de tres estructuras por tratamiento. Las mediciones iniciaron el 18 de diciembre de 2016, haciendo tomas cada tres días, hasta el 20 de abril, para un total de 42 tomas.

Los resultados de la investigación permitieron establecer que el tratamiento de malla que captó mayor volumen de agua fue la polisombra con 26,975 litros, seguido por la tela quirúrgica con un volumen de 24,540 litros, con una diferencia de 2,435 litros; el menor desempeño fue obtenido por el costal de fique y la guata con volúmenes similares de captura, 20,595 y 20,305 litros respectivamente. Se estableció una relación de beneficio costo para cada material o tratamiento, se evidenció que el material de mayor costo para su instalación es la tela quirúrgica, y el menor la polisombra, con lo cual se puede establecer que el material alternativo más.

Justificación

El ser humano ha aprovechado todas las formas de recoger agua, principalmente donde escasea más, ingeniando modos alternativos de captura como utilizar las hojas de los árboles para recoger el agua de rocío que queda en las hojas después de un evento de niebla en las primeras horas de la mañana.

En las zonas de alta montaña también se ven afectadas por la escasez de agua en algunos meses del año son de sequía, los cuales afectan la agricultura y la ganadería de manera importante. Por eso es necesario buscar alternativas de recolección de agua especialmente para esta época del año, siendo los atrapanieblas una opción viable para mitigar este problema.

El departamento de Boyacá cuenta con las condiciones ambientales requeridas para la implementación de este tipo de sistema de captación de agua, dado que la mayor parte del territorio es zona de montaña y la humedad es propicia, por tanto constituye una solución alternativa a las necesidades de abastecimiento del líquido que necesitan los habitantes de las zonas rurales para el consumo doméstico, como también para el aprovechamiento en los sistemas de riego en la parte agrícola.

El presente proyecto aporta información muy significativa para la implementación de tecnologías limpias como los sistemas de atrapanieblas en sectores rurales de nuestro país donde el agua no es potable y no está siempre disponible.

Planteamiento del problema

En la actualidad las actividades humanas requieren mayor demanda del recurso hídrico, esto hace que las fuentes de captación de agua se hagan cada vez más diversas y el líquido más escaso. A pesar que Colombia es un país con recursos hídricos abundantes, una gran parte de la población tiene problemas de abastecimiento de agua en términos de calidad y disponibilidad.

En las zonas rurales del Departamento de Boyacá, existen sectores de alta montaña en los cuales el agua no es suficiente para la demanda de la población, tanto para uso doméstico como para el riego de sus cultivos; en la vereda de Tocavita del Municipio de Siachoque, se evidencia que debido a la deforestación y a la sequía que ocurre en unos meses del año, los cuales son de verano, se ve afectado significativamente el abastecimiento de agua.

Debido a esto, es necesario buscar alternativas con tecnologías prácticas y aplicables que permitan conseguir agua en épocas de sequía.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar por su eficiencia cinco materiales de malla que pueden ser implementados en un sistema de atrapanieblas, en el Municipio de Siachoque - Boyacá.

Objetivos Específicos

Diseñar un sistema de atrapanieblas en la vereda Tocavita del municipio de Siachoque.

Determinar un diseño experimental con cinco tratamientos distintos, con tres repeticiones cada uno, para un total de 15 unidades experimentales.

Evaluar la eficiencia de captura de neblina de los tratamientos utilizados en el sistema atrapaniebla, estableciendo el nivel de volumen de agua captado.

Establecer la relación entre beneficio y costo de los tratamientos utilizados.

Marco teórico

“Los sistemas de captación de agua con base en lluvia horizontal, pueden llegar a constituirse como una alternativa viable que suple en parte la demanda de agua, en zonas donde las fuentes hídricas no son suficientes...” (Mendoza y Castañeda, 2014). Según Limitada, C. P. A. S. (2011), se ha demostrado que el recurso de la niebla es factible y fácil de implementar, como lo hizo el equipo CIID de la Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y CONAF, quienes fueron pioneros en suministrar agua de niebla en forma masiva, demostrando que es de buena calidad y constituye una solución para los pueblos alejados de fuentes de agua potable.

Sin embargo, aunque “está probado que el agua de niebla es un recurso efectivo... tiene todavía limitaciones para su implementación amplia y masiva. La primera está en el diseño de una forma de organizar a los beneficiados para que operen y mantengan el sistema indefinidamente... La segunda limitación es que el costo por litro de agua producido todavía es elevado...”. Limitada, C. P. A. S. (2011)

Lo ideal sería poder utilizar el agua en forma masiva y hacer más eficiente la captación del agua niebla, pasando de sistemas artesanales a industriales; sin embargo, son proyectos que no cuentan con el respaldo de los diferentes entes territoriales, lo cual deja su financiación en las manos de pequeñas comunidades, que terminan implementando sistemas básicos donde no siempre se utilizan los materiales más efectivos, dando resultados poco satisfactorios que conducen con el tiempo al desmonte del proyecto.

La niebla

“Una manera en la que el agua presente en la atmósfera regresa a la superficie terrestre es mediante la niebla, la cual se define como un hidrometeoro conformado por una suspensión en la

atmósfera de gotas muy pequeñas de agua, que reducen la visibilidad sobre la superficie del globo a menos de 1 km” (Sarh, 1975 citado por Sánchez, 2010). La niebla también ha sido considerada como una nube a ras de suelo (Thompson y O’ Brian, citado por Sánchez, 2010”).

“La niebla, al ser acarreada por el viento y colectada por cualquier tipo de superficie... se precipita. Mediante este mecanismo la vegetación en general y los árboles en particular pueden contribuir con una cantidad apreciable de agua y que la mayoría de las veces no se toma en cuenta al realizar un balance hídrico de una región” (Barradas, 2000).

La niebla se forma debido al enfriamiento del aire que contiene una cantidad suficiente de agua y núcleos de condensación con un radio igual a $0.2 \mu\text{m}$, y una concentración de aproximadamente 1000 núcleos/cm³ de aire, dando así una condensación no homogénea, es decir, se requieren humedades relativas del aire menores a 100% para que el vapor de agua se condense. Estas gotas poseen un diámetro de 1 a $40 \mu\text{m}$ y una concentración de 300 gotas/cm³ de aire en nieblas densas. (Barradas, 2000).

La niebla se clasifica en tres tipos: niebla radiativa, de advección y frontal. La niebla radiativa se produce en noches despejadas, “el suelo se enfría por escape de radiación y el aire que está en su contacto se enfría por conducción... debido a que el aire es mal conductor del calor, el enfriamiento puede limitarse a algunos centímetros de aire sobre el suelo” (SARH, 1975 citado por Sánchez, 2010).

La niebla advectiva se forma cuando se desplaza aire hacia regiones oceánicas o terrestres más frías, siendo la temperatura de la superficie inferior al punto de rocío del aire en movimiento. Sobre tierra, el enfriamiento por radiación intensifica los efectos de la advección cuando el aire cálido y húmedo procede del mar. Al producirse la niebla de advección se encuentra que a menudo

hay advección cálida en altura, así mismo los vientos pueden ser bastante fuertes en la capa límite y puede presentarse una cizalladura direccional y de velocidad (Sánchez, 2010).

La niebla frontal resulta de la interacción de dos masas de aire. Puede producirse de dos maneras: una de ellas es consecuencia del descenso de la base de las nubes hasta el suelo, tras el paso de un frente, con más frecuencia sobre las colinas o en montaña que en el llano; así mismo, otro tipo de niebla frontal se origina de la saturación del aire por una lluvia continua. Se puede alcanzar así el punto de rocío sin que el aire de las capas bajas se enfríe. Estas condiciones pueden realizarse en el aire frío antes del paso de un frente cálido. Las nieblas prefrontales asociadas a los frentes cálidos pueden ser muy extensas (SARH, 1975, citado por Sánchez, 2010).

Las zonas donde se presentan las nieblas son las cimas montañosas, que se presentan todo el año por el ascenso orográfico del aire y su correspondiente enfriamiento adiabático; las zonas que se ubican a sotavento de la sierra y que se deben al enfriamiento radiativo en las madrugadas con cielos despejados, y zonas como las del norte de Veracruz y sur de Tamaulipas provocadas por la llegada ocasional del borde occidental del Anticiclón de las Bermudas (Tejeda *et al*, 1989, citado por Sánchez, 2010).

Los atrapanieblas o captanieblas son un sistema para atrapar las gotas de agua microscópicas que contiene la neblina. Se usan en regiones desérticas con presencia de niebla, como el desierto del Néguev en Israel o el desierto de Atacama en Chile, además de Ecuador, Guatemala, Perú, Nepal, algunos países de África y la isla de Gran Canaria.

Por medio de un proceso conocido como condensación, el vapor de agua atmosférico en el aire se condensa naturalmente en las superficies frías en gotitas de agua líquida conocido como rocío. El fenómeno es más observable en objetos, delgados y planos expuestas incluyendo las hojas de las plantas y hojas de hierba. Como la superficie expuesta se enfría mediante la radiación de su

calor hacia el cielo, la humedad atmosférica se condensa a una velocidad mayor que la que se puede evaporar, lo que resulta en la formación de gotitas de agua. (Alanoca, J. et., 2013)

Captación de agua de la niebla

Uno de los principales efectos de la captación de niebla es el de mojar el follaje de las plantas, lo que produce una reducción de la tasa de transpiración de las mismas y la evaporación del suelo por la alta humedad y baja temperatura del aire, además de una probable absorción a través del tejido foliar (Barradas, 2000; Schemenauer *et al.*, 1997, citado por Sánchez, 2010).

Como antecedentes históricos al respecto, se encuentran a los habitantes de las islas Canarias, quienes dedicaban un culto particular a un árbol, el Garoé, ya que éste les proporcionaba agua dulce en abundancia; éste era capaz de captar el agua de las nieblas y de las lloviznas, facilitando el desarrollo de vida agrícola en periodos de precipitación escasa.

Según reporta Pascual, et. al. (s.f.), el agua proveniente del árbol era conducida a un agujero desde el cual los habitantes podían proveerse de la misma; así mismo, este autor establece que la captación de agua por los árboles “es todavía más eficiente cuando los especímenes están aislados o agrupados en pequeños bosquecillos. Las especies de árboles que presentan este fenómeno son muy variados y en un entorno boscoso, los árboles fuente sólo pueden localizarse en los bordes forestales”.

La historia da muestra del interés del ser humano por aprovechar el agua de las nieblas, pues el requerimiento de agua dulce siempre ha sido vital para la supervivencia al igual que el requerimiento de sistemas que faciliten su captación, almacenamiento y distribución.

En la época prehispánica, siguiendo lo planteado por Pascual, et. al. (s.f.), se tiene conocimiento que en la Cuenca de México se utilizaban varios tipos de redes confeccionadas en diferentes materiales, especialmente algunas con “pelo humano”, lo cual da muestra de una diversa

tecnología desarrollada para diferentes propósitos; se han encontrado redes localizadas dentro de los lagos y otras colocadas a diferentes alturas sobre los cerros cercanos a los lagos, lo cual da cuenta que no solo se utilizaban redes para la pesca, se asume que con éstas también se buscaba la captación de neblina.

También en Chile, la historia muestra que en el desierto de Atacama se recogía agua del rocío y la niebla utilizando un montón de piedras “colocadas de manera que la condensación de las gotas de niebla se iban depositando dentro de la base del montón... quedaba protegida del sol diurno. Esta técnica se utilizaba también en el antiguo Egipto, donde se almacenaba el agua captada en acueductos subterráneos” (UNESCO, 2005, citado por Pascual, et. al., s.f.).

Según Pascual, et. al. (s.f.), en 1958, un grupo de investigadores Chilenos “luego de observar y analizar el fenómeno de la niebla costera y el extraño crecimiento de especies arbóreas en las regiones áridas del norte, fabricaron y probaron los primeros instrumentos para captar el agua de la niebla...”, según este mismo autor, gracias a estas investigaciones en 1958 “se desarrolló el primer captador de agua de niebla denominada “Macrodiamante”.

Sistemas de captación de niebla

Los captadores de agua de la niebla o atrapanieblas, pueden ser definidos como estructuras que se instalan a determinadas alturas en la costa o las montañas con el objetivo de captar las partículas de agua que posee la niebla, y poder aprovechar este recurso hídrico (Schemenauer y Cereceda,1992; Semenzato et al., 1998).

Estos sistemas consisten en: a) Una malla colectora con una luz determinada, que deja pasar la niebla y sobre la cual condensan el contenido en agua de la misma. Las mallas atrapanieblas están hechas con hilos de polipropileno, similares al nylon; pero pueden utilizarse otros materiales. b) Unos soportes que sirven de estructura para la malla colectora. c) Una canaleta recolectora sobre

la cual, por gravedad, se recoge el agua condensada. d) Un deposito o recolector donde almacenar el agua acumulada y desde la cual se canaliza hasta el punto de consumo. Ver Figura 1.

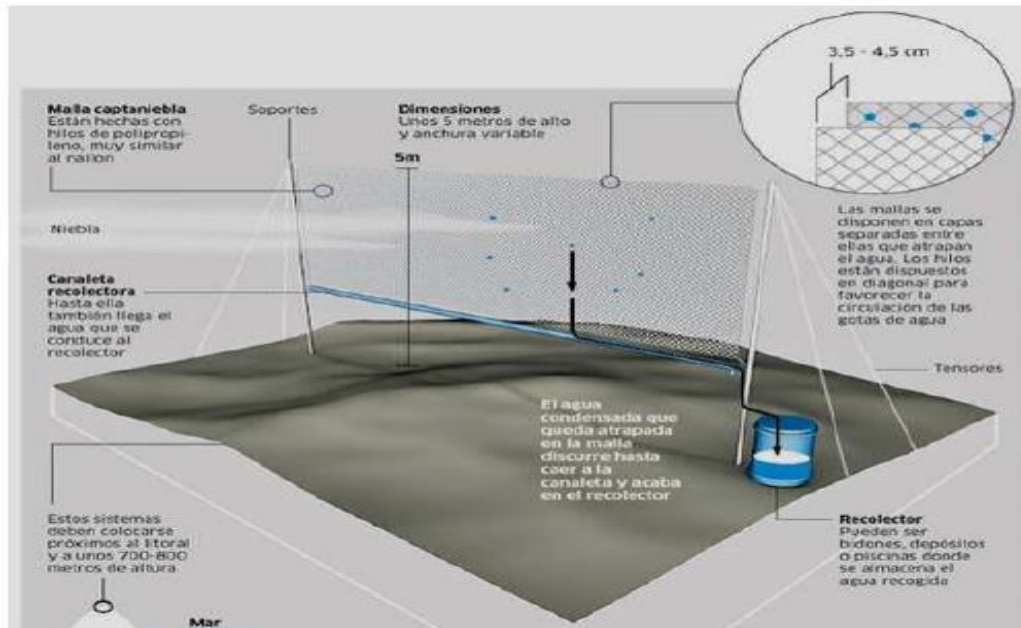


Figura 1. Sistema de Captación de agua niebla

Fuente: Martos, 2009

En este proceso intervienen factores como: meteorológicos, topográficos y estacionales, los cuales condicionan el rendimiento del sistema.

Un atrapanieblas básicamente es una estructura conformada por dos postes verticales, separados 10 a 12 m, que soportan una estructura de cables sobre la cual se cuelga una malla Raschel (Aránguiz et al., 2009).

Aránguiz et al. (2009), refiere el diseño de un prototipo de atrapanieblas bidimensional de 48m², compuesto de una estructura de dos pilares distanciados a 12 metros, entre los cuales se dispone una malla tipo Raschel de 4 metros de altura y 12 metros de largo, colocada en una doble capa (24 metros de largo en total) y mantenida mediante unos tensores de sustentación entre los postes. Este elemento captador artificial, es ubicado en forma perpendicular a la dirección del viento predominante, aumentando de esta manera la eficiencia en la obtención de agua.

Según proponen estos autores, los paneles atrapanieblas pueden ser módulos simples, conformados por una sola malla de captación, sostenida por dos postes (48m²), o pueden ser módulos múltiples, es decir compuestos por varias mallas de captación, sostenidas por postes comunes, manteniendo siempre la orientación de los paneles en forma perpendicular a la dirección del viento.

Para la conducción del agua, Sarria et. al. (2015), describen el sistema propuesto por Zuazo (2008) compuesto por "...diferentes tramos de tubería, empalmados uno a continuación de otro, que comunican el lugar de captación con el lugar de almacenamiento... El agua es conducida por gravedad desde el punto más alto dónde es captada hasta el más bajo, dónde es almacenada".

Tipos de atrapanieblas

Atrapanieblas Macrodiamante. En 1958, Carlos Espinosa y otros investigadores desarrollaron el primer artefacto diseñado para la captación de agua de niebla en Chile y el mundo. Esta estructura tridimensional captura el agua de la niebla costera, posee una estructura poliédrica compuesta por tubos revestidos con malla tipo Raschel, al poseer caras en distintas direcciones permite la omisión de la variante de la orientación del viento aumentando la eficiencia de la captación y mejorando la autoresistencia de su estructura frente a los fuertes vientos. La estructura se eleva por sobre los 10 metros de altura, con un rendimiento promedio superior a los 3.9 lt/día por m². Siguiendo lo planteado por Vistin (2014), una de las mayores desventajas que ofrece este modelo es que tiende a costos mayores por metro cuadrado de área de captación.

Atrapanieblas Cilíndrico. Desarrollado en 1980 por Pilar Cereceda, Horacio Larraín, Joaquín Sánchez y Nazareno Carvajal, de la Universidad Católica de Chile, fue el sucesor del diseño macrodiamante.

Atrapanieblas Bidimensional. Es una estructura que se compone de un par de pilares distanciados a 12 m, entre los cuales va dispuesta una malla tipo Raschel de 4 m de altura y unos tensores de sustentación. Este elemento captador artificial, es ubicado en forma perpendicular a la dirección del viento predominante, aumentando de esta manera la eficiencia en la obtención de agua. Estos paneles pueden ser módulos simples, conformados por una sola malla de captación, sostenida por dos postes (48 m²), o pueden ser módulos múltiples, compuestos por varias mallas de captación, sostenidas por postes comunes (96 m², 120 m², etc.) manteniendo siempre la orientación de los paneles en forma perpendicular a la dirección del viento. (Vistin, 2014)

Hay diferentes tipos de atrapanieblas lo cual permite que esta tecnología se desarrolle como alternativa de abastecimiento de agua potable. Tabla 1.

Tabla 1

Tipos de Atrapaniebla

Tipo captador	Materiales	Rendimiento	Año creación	Observaciones
<p>Macrodiamante: Fue el primer artefacto desarrollado para la captación de agua de niebla en Chile y el mundo por Carlos Espinosa, patentado por la UNESCO</p>	Tubos revestidos con malla tipo Raschel.	3.9 l/día/m ²	1958	Alta eficiencia de la captación y por otro lado presenta una alta autoresistencia de su estructura frente a los fuertes vientos. Alto coste por metro cuadrado de captación.
<p>Cilíndrico: Fue desarrollado por Pilar Cereceda, Horacio Larraín, Joaquín Sánchez y Nazareno Carvajal, junto a un grupo de alumnos de Geografía de la Universidad Católica.</p>	Hilos verticales de polietileno y un bidón de metal.	Obtuvo al primer día de aplicación 4.75 litros de agua de la nube	1980	Posee una alta eficiencia. Por su altura de 2 metros se ve poco afectado por los fuertes vientos.

Tipo captador	Materiales	Rendimiento	Año creación	Observaciones
Bidimensional: Fue realizado en El Tofo, Chile. Pueden ser paneles simples de 48m ² , dobles 96 m ² , triples 120 m ²	Un par de pilares distanciados a 12 m, entre los cuales va dispuesta una malla tipo Raschel de 4 m de altura y unos tensores de sustentación, además de una canaleta horizontal.	Aproximadamente 3 l/día/m ²	1980 1984	Fácil instalación, bajo coste, autogestión, no consume energía y ofrece un gran abanico de posibilidades de construcción a partir de materiales alternativos. Elevadas exigencias geográficas, reducción del rendimiento a determinadas velocidades de viento, vulnerable frente a determinados fenómenos meteorológicos

Fuente: Aránguiz et al 2009.

Para efectos de esta investigación, se dan a conocer los materiales requeridos para la construcción de un sistema de atrapanieblas bidimensional.

Elementos del sistema de atrapanieblas bidimensional

Según Villarroel (2009) citado por Vistin (2014), el sistema de atrapanieblas bidimensional presenta los siguientes elementos:

Soportes Estructurales. El Soporte Estructural se encuentra conformado por dos o más pilares, dependiendo del número de subunidades que compongan el panel captador, los cuales son los encargados de sostener y alzar el elemento captador de niebla. Generalmente estos postes tienen una altura entre 6 y 7 metros y un diámetro de 5”, anteriormente se instalaban con un bloque de cemento en su base, pero posteriormente, los estudios establecieron que un empotramiento por compactación de piedras era más eficiente ya que permitía un mejor drenaje del agua, la que se acumulaba en la base de los postes evitando así la aparición de hongos y podredumbre en ellos. De esta manera se aumentó el tiempo de vida útil de la estructura.

Los soportes del conjunto pueden ser de muy diversos tipos, siempre que proporcionen las necesidades estructurales adecuadas. En principio, una buena estructura con propiedades adecuadas estaría formada por soportes de acero inoxidable, dadas las condiciones húmedas de trabajo.

La función de los soportes es: a) Permitir la ubicación en elevado, y la malla captadora en perpendicular a la dirección del viento predominante; b) Resistir el empuje de vientos de altas velocidades; c) Servir de soporte para las primeras fases del sistema de transporte del agua.

Los soportes pueden ser de bambú tratado, los propios arboles de la zona, postes de madera, postes de acero galvanizado o cualquier otro material resistente y estructural, y de fácil acceso en la zona de aplicación. Sumado a estos elementos están también otros que forman la estructura de los captadores de agua de niebla como son: los cables tensores horizontal y vertical de alambre galvanizado; barras de anclaje compuesta de tablillas de pino tratado y canaleta colectora y drenaje de PVC de 110 mm. (Pascual, J. et s.f.)

Tensores Externos. Los tensores corresponden a los cables que sujetan los postes al suelo, de tal manera que la mayor resistencia al viento sea absorbida por ellos y no por los postes. En el punto inferior del cable se colocan anclajes prefabricados que van enterrados.

Elemento Captador. Durante la historia de los Atrapanieblas se han estudiado diversas mallas con el fin de observar cuál de ellas es la que más cantidad de agua logra retener y ofrece más resistencia al viento y otros fenómenos. Hasta la fecha la malla Raschel es la que mejor ha satisfecho esas necesidades y es la única utilizada en las propuestas existentes.

Cables de Sostén Interno. Existen dos grupos de cables que cumplen distintas funciones: a) Elemento de Sustentación Vertical: Está compuesto por dos cables de acero de 3/16" de diámetro (superior e inferior) cuyo rol es soportar verticalmente la malla. Dado que la malla se ha definido

como el elemento de sacrificio frente a un siniestro mayor, los cables en su punto de anclaje llevan un "fusible de seguridad" constituido por un tramo pequeño hecho con un cable de menor resistencia. b) Elemento de Sustentación Horizontal: La fuerza del viento produce una catenaria (curva) en la malla, lo que ocasiona una pérdida significativa del agua captada. Dado lo anterior se decidió subdividirla en tres paños discretos de las mismas dimensiones. Para ello se dispuso entre los cables superior o inferior, dos líneas de alambres galvanizados y plastificados de 5.11 mm de diámetro.

Barras de Anclaje. Están compuestas por dos o más pares de tablillas de pino tratado. De esta manera se previene el ataque de hongos, en las que se envuelven los extremos de la malla. Estas barras, que van adosadas a cada poste, permiten traccionar la malla en forma pareja y a la vez le otorgan un cierto grado de rigidez.

Canaleta Colectora y Drenaje. En el cable inferior de la malla colectora se cuelga una canaleta por medio de alambres galvanizados, ésta recibe las aguas que escurren por gravedad en la malla y las conducen hacia el sistema de aducción (sistema de tuberías o mangueras de conducción hídrica) el cual se conecta finalmente a una cañería matriz o estanque de acumulación.

La malla en sistemas de atrapanieblas

Según Cereceda, Hernández, Leiva & Rivera (2014), el atrapanieblas consiste en una malla que atrapa gotitas de agua de niebla, una estructura que la soporta y una canaleta en la parte inferior de la malla, hacia la cual el agua escurre por gravedad. La eficiencia de colección se puede descomponer en otras tres eficiencias: la eficiencia aerodinámica, la eficiencia de deposición y la eficiencia de drenado. El papel que cumple la malla en esta eficiencia de colección es entonces fundamental.

Para entender la eficiencia aerodinámica de colección, hay que tener en cuenta que la malla es una obstrucción para el flujo de la niebla. Consecuentemente, parte del flujo pasará por los alrededores de la malla. La fracción de niebla que pasa a través de la malla depende de su permeabilidad, que es función inversa del coeficiente o porcentaje de sombra s , y de las características del tejido de la malla. (Cárdenas y Moncayo, 2017)

Por otro lado, la cantidad de gotitas de agua que chocan con los filamentos de la malla es función directa de la fracción de sombra. Es fácil ver que existe una fracción de sombra óptima para cada malla: si es muy grande pasará muy poca niebla, si es muy chica, pocas gotas chocarán con los filamentos. En resumen, la eficiencia aerodinámica depende mucho del coeficiente de sombra s para una malla determinada (Cereceda, Hernández, Leiva, & Rivera, 2014).

Es concebible aumentar la permeabilidad de la malla mediante un diseño aerodinámico cuidadoso del tejido y de sus filamentos, con lo que se podría aumentar la eficiencia máxima de colección.

La eficiencia de deposición toma en cuenta que las gotitas tienden a seguir las líneas de flujo del aire y van a tratar de pasar por los costados de los filamentos. Los mecanismos de captura son más efectivos si el diámetro del filamento es del orden del tamaño de las gotitas, que tienen entre 1 y 20 μm de diámetro. Por lo tanto, conviene que la malla tenga los filamentos lo más delgados posible. Sin embargo, hay dos limitaciones importantes para el grosor de los filamentos. La más obvia es que al disminuir su diámetro para un mismo coeficiente de sombra, también disminuye la resistencia mecánica de la malla. La segunda limitación es que, conservando constante el coeficiente de sombra, al disminuir el diámetro de los filamentos también disminuye el tamaño de las aberturas entre ellos. (Cereceda, Hernández, Leiva, & Rivera, 2014).

Finalmente, la eficiencia de drenado se define como la razón entre el agua que llega al estanque de almacenamiento y la que se ha depositado en la malla. Las pérdidas se producen por arrastre de gotas por el viento, agua que se desprende de la malla y cae fuera de la canaleta y filtraciones o desborde de la canaleta (Cereceda, Hernández, Leiva, & Rivera, 2014).

Con relación a las características que debe tener la malla del sistema de atrapanieblas, Cereceda, Hernández, Leiva, & Rivera, 2014, citado por Cárdenas y Moncayo, 2017, expresan que pueden estar hechas de cualquier material que resista la intemperie, especialmente la radiación solar; la más utilizada ha sido la malla Raschel fabricada con cintas de polietileno de aproximadamente 2 ml de ancho y algunas décimas de milímetro de espesor, no obstante ratifican que existe una gran variedad de mallas plásticas que pueden ser apropiadas, dentro de las cuales identifican las mallas de monofilamento cilíndrico como las mejores por su comportamiento aerodinámico y resistencia.

Dichos autores, determinan que el coeficiente de sombra es la característica más importante al escoger una malla: si es muy grande, la malla es muy tupida y pasará a través de ella poca neblina por ende recolectará poca agua; y si es muy pequeña, la separación de los filamentos será mayor, por lo cual pocas gotitas de niebla chocarán con los filamentos y la captura también será baja. La mayor eficiencia entonces, se obtendría con un coeficiente de sombra del orden de 55%, no obstante entre el 49% y el 62% de sombra hay poca diferencia en la eficiencia, del orden del 1%.

Otros aspectos fundamentales con relación al tipo de material utilizado en los sistemas atrapanieblas son el costo de instalación, su durabilidad y la eficiencia en la recolección de agua. Para que sea durable, debe ser resistente al sol, al viento y a la corrosión. Al respecto, se pueden utilizar materiales plásticos, que son más económicos, pero requieren tratamiento especial para

protegerlos de la radiación solar; también existen materiales metálicos, resistentes al sol y al viento, pero de fácil corrosión, a menos que se utilice acero inoxidable o aleaciones de cobre; en cualquiera de los casos, son materiales de alto costo. Mallas de acero y aluminio tienen poca duración.

Otros materiales que se pueden emplear para la condensación de agua son: Sacos de rafia (polipropileno laminado) acondicionados; Plástico de invernaderos (como el del Canal Abierto de Saneamiento), manipulado para establecer una forma de malla; Tiendas de campaña desechadas; Mosquiteras manipuladas; Telas o trapos (como opción menos eficiente).

Actualmente, se están desarrollando nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia de estos materiales, para hacerlos más resistentes a los cambios climáticos y la exposición a éstos.

Definición de los cinco materiales de los tratamientos a implementar en la malla del sistema de atrapanieblas e instalarlos

Para este proceso se escogieron cinco materiales de fácil consecución, que cumplieren con características básicas para actuar como malla captadora de niebla y que tuviesen un costo accesible para un campesino de ingresos promedio en la región.

Tratamiento 1. Tela Quirúrgica

Según la INDA, este tipo de textil es producido al formar una red con fibras unidas por procedimientos mecánicos, térmicos o químicos, pero sin ser tejidas y sin que sea necesario convertir las fibras en hilo. En este sentido, estos materiales se definen por su negativo, es decir, no son tejidos; estos materiales textiles no se deshilachan, por eso, son apreciados para la confección de prendas y accesorios de alto rendimiento. En la Figura 2 se muestra la tela quirúrgica.

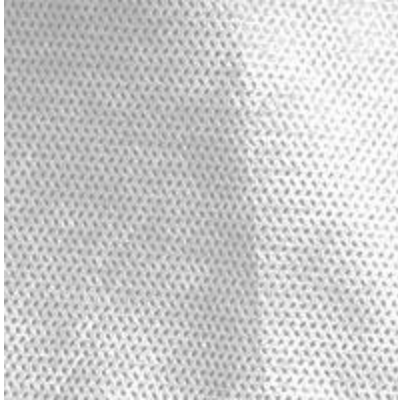


Figura 2. Tela quirúrgica

Fuente: La investigación

La tela quirúrgica está formada por láminas planas y porosas que se fabrican directamente de filamentos o de plástico fundido o de film de plástico. Suelen fabricarse con cierto porcentaje de tejido reciclado; el porcentaje depende de la resistencia necesaria para el uso previsto. A la inversa, algunos no tejidos pueden reciclarse después de utilizados, con el tratamiento y las instalaciones adecuadas. Por estas razones, algunas personas consideran los no tejidos más ecológicos en algunas aplicaciones, especialmente donde los artículos desechables (o de un solo uso) son algo importante, como hospitales, escuelas, residencias, hoteles de lujo...

Según Udale (2008), los no tejidos son productos tecnológicos que pueden tener una vida limitada. Algunas características propias de los no tejidos son: absorbencia, impermeabilidad, elasticidad, suavidad, resistencia al fuego, lavable, esterilizable, amortiguación, barrera contra bacterias. Estas propiedades se combinan en textiles diseñados para usos específicos, en los que se equilibra el coste y la vida del producto. Los principales usos de este material, son: Higiene: pañales, toallas sanitarias, otros artículos desechables como toallas desmaquillantes, toallas de manos, zapatillas...; Medicina: batas de hospital y de cirugía, sábanas de quirófano, envoltorios de cirugía (la porosidad permite la esterilización); Filtros: en la industria automovilística, de aire, de aceite, de agua; en el hogar, de café, de agua, bolsitas de té, aspiradoras; en la industria

farmacéutica, en la extracción de minerales; Geotextiles: geomembranas de protección, construcción de canales, sistemas de drenaje, control de erosión; Bolsa ecológica: Uso promocional en bolsos, bolsas y demás productos.

Tratamiento 2. Guata

La guata es un material textil no tejido fabricado con fibras o filamentos de algodón que se usa principalmente como relleno y aislante térmico. Las principales características de esta son: Gran aislante térmico y acústico; Auto extingible (quema sin llama); Extra liviana; Resistente al lavado frecuente (a máquina o mano); No alérgica; Volumen inalterable a través el tiempo; Libre de todo tipo de olores y resinas; Resistente al moho y la pudrición; No absorbe humedad; De rápido secado. La figura 3 muestra la guata.



Figura 3. Guata

Fuente: La Investigación

La guata se obtiene superponiendo varias capas de velos de fibras textiles procedentes del cardado o formadas por soplado o aspiración, comprimiéndolas después para aumentar la cohesión de las fibras. La guata se presenta en forma de una manta flexible, esponjosa, de espesor uniforme, cuyas fibras pueden separarse fácilmente. Se fabrica generalmente con fibras de o con fibras

artificiales. La guata de baja calidad, hecha con desperdicios del cardado o del deshilachado, suele contener nudos o desperdicios de hilados.

Las propiedades físicas y químicas de la guata, dan importancia a la densidad para la unidad de volumen de la tela, que puede ser pesada o ligera. Existen 4 tipos de densidades, desde ligera que es menos de 1.30 y de alta densidad que es de 1.52. La elasticidad o resiliencia es importante porque las telas que mantienen su volumen incorporan más espacio de aire. Cuando las fibras quedan quebradas, la tela se hace más delgada y compacta. Es importante la resistencia al desplazamiento para mantener la uniformidad del espesor en la tela.

Tratamiento 3. Costal de Fique

Se utiliza tela de fibra natural donde su condición de biodegradable se requiera. Por ejemplo, para evitar el desplazamiento de tierra en terrenos, donde los sacos son llenados con tierra y luego forman estivas y para fabricación de productos artesanales. La figura 4 muestra el costal de fique.



Figura 4. Costal de fique

Fuente: La Investigación

Los sacos se fabrican utilizando fibras de cabuya o yute, algunos en tamaños estandarizados y otros de acuerdo con necesidades del cliente. El saco de fibra natural presenta características especiales respecto al producto que se empaca. Permiten que no se condense la humedad del producto y que salga libremente al ambiente, lo que garantiza conservar el sabor del producto que se empaca.

Dada la rigidez de este empaque, los productos que se transportan no se deterioran y mantienen la apariencia y cualidades por una mayor cantidad de tiempo comparado con otros empaques tradicionales. Por ser tejidos de fibras naturales son 100% biodegradables, por tanto, no ocasionan daños al ambiente cuando son desechados. El color natural de la fibra permite que las impresiones de marca y logotipo distintivo resalten y sean más agradables a la vista, para este efecto se utilizan únicamente tintas y solventes biodegradables.

Los sacos de fibra natural se utilizan principalmente para el transporte de papa, café, frutas, cacao, tubérculos, legumbres y hortalizas.

Tratamiento 4. Velo o Tul

El velo o tul es un tejido ligero con estructura abierta, en forma de red, que suele almidonarse. Es un encaje mecánico (tejido mecánicamente a diferencia del encaje tradicional, hecho a mano). Debido a la finura del hilo su tacto es más suave que el de otros tejidos de malla. La figura 5 muestra el velo.



Figura 5. Velo o Tul

Fuente: La Investigación

Según Baugh (2011), el velo se fabrica siempre con hilo multifilamento. Los hilos pueden ser fibras naturales como la seda, fibras artificiales como el rayón o fibras sintéticas como el nailon. En el ámbito de la moda, el tul se utiliza para velos y vestidos de novia, para vestidos de noche y para los tutú de las bailarinas de ballet. En otros ámbitos, el tul es el soporte de pelucas, puede ser el tejido de una mosquitera o de los visillos. El velo o tul está disponible en muchos colores y puede teñirse para adaptarse a un modelo concreto.

El velo se consigue dando vueltas a los hilos de la trama alrededor de los hilos de la urdimbre; así se obtiene un enrejado o red con hueco hexagonal que no se enrolla ni deforma debido a los hilos retorcidos de la trama. Tampoco se deshilacha.

El telar específico para tejer un tul se denomina ‘bobinet’. La red de tul resultante es ligera pero firme; es un «tejido de expansión», diseñado para permanecer alejado del cuerpo. Para confeccionar el tul se puede emplear la seda más superior que ha recibido un torcido particular, torcido que varía según la calidad que se desea producir; también nailon o poliéster. Los tules de seda, según la forma de sus mallas, sus usos y otras circunstancias, reciben de los fabricantes nombres más o menos propios.

Los principales usos de este material son: Cortinas, Moda y confección de prendas y sombreros, Decoración, Ballet, teatro y disfraces; Ropa de casa como manteles, servilletas, sábanas, y para hacer screens de ventanas.

Tratamiento 5. Polisombra o Malla Raschel

Las mallas para sombras se tejen bajo el procedimiento Raschel y son fabricadas con polietileno virgen de alta densidad, cuyas especiales características la han convertido en un producto apreciado por su calidad y durabilidad. La Tela Raschel es una verdadera red tejida con rafias de polietileno de Alta Densidad. Se comercializa en rollos de 2,1 y 4,2 (extendido o doble ancho) metros de ancho, por 100 metros de largo en equilibrio tensil largo-ancho. Anchos especiales de hasta 9 metros. La Figura 6 muestra la imagen de la polisombra o malla raschel.

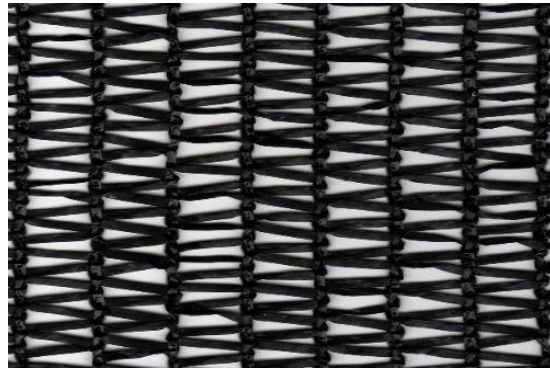


Figura 6. Polisombra o Malla Raschel

Fuente: La Investigación

La calidad de sus materias primas y estabilizantes anti UV, garantizan la durabilidad del producto contra la acción de los rayos ultravioleta. Su tejido de punto por urdiembre evita el desarme del tejido cuando se cortan las cintas, asegurando mayor resistencia, durabilidad y una obtención de sombra uniforme sobre un área cubierta. Se recomienda para usos hortofrutícolas, ganaderos, Avicultura, invernaderos, sombreados de construcciones y en general para todo tipo de sombras dependiendo de su trama. Las Telas Raschel Polytex presentan una amplia gama de

tramados constituyendo distintos porcentajes de sombra que varían de acuerdo a las necesidades específicas, tales como: 35%, 50%, 65% y 80%, 90% y 95% de acuerdo a Normas Internacionales de medición de grado de sombra.

Como tejidos cortavientos, protegen los cultivos y plantaciones de los efectos nocivos del viento, impiden los daños mecánicos y aceraciones en el follaje producidas por el viento. Evitan daños fisiológicos impidiendo el exceso de transpiración, evaporación y erosión del suelo.

La Malla Raschel contribuye a mejorar el microclima, la actividad fotosintética y el balance hídrico. Un tejido muy cerrado no elimina los efectos del viento, la barrera más eficaz es aquella que permite una permeabilidad del 50%. Una malla con una trama que no permitiera el paso fluido del aire crea corrientes de regreso que limitan la zona protegida.

La polisombra o malla raschel tiene una alta resistencia mecánica a la acción del Viento: Un corta viento de 4.2 m de altura, con postación cada 6 metros ejerce una fuerza de 0.54 ton en cada poste para vientos de 20 m/s (72 Km/h), para vientos de 30 m/s (108 Km/h), la fuerza equivale a 1,2 ton en cada poste, Una Trama del 50% posee una densidad óptica del 50% y disminuye la fuerza del viento en un 45%.

La trama con una densidad óptica del 65%, es aconsejable para zonas muy ventiladas, en donde resulte necesario filtrar arenas u otras partículas similares en suspensión. Disminuye la velocidad del viento en un 80%. Tejidos más cerrados pueden crear turbulencias antes y después de la barrera. Tejidos con tramas más tupidas son aconsejables para bloquear el paso de los insectos, tal como la mosca blanca u otros parásitos que pueden contagiar las plantas con otras clases de virus afectando seriamente los cultivos bajo cubierta. Se produce un balance adecuado entre el bloqueo físico de los insectos y el paso del aire o ventilación.

Marco Geográfico

El municipio de Siachoque se localiza en la provincia Centro del Departamento de Boyacá. Posee comunicación hacia la capital de la República teniendo como paso obligado la ciudad de Tunja de la cual tiene una cercanía de 35 minutos aproximadamente. También posee vínculo con el municipio de Soracá, el cual se encuentra entre Tunja y Siachoque.

Según el Dane en el Censo 2015 se registran 8964 habitantes, el promedio entre estas mismas, se localiza en el área rural el 87.75% y el restante 12.25% en el casco urbano. 52% hombres, 48% mujeres. La densidad poblacional corresponde a 78 Hab/km² según EOT y de 66.6 Hab/Km² según Censo 2015.

El municipio de Siachoque tiene una gran importancia a nivel ambiental, ya que posee una gran zona de páramo entre los 3200 y los 3700 m.s.n.m. en las veredas de Cormechoque arriba, San José, Firaya y Tocavita. Siachoque tiene impacto ambiental con los siguientes municipios: Toca, Pesca Rondón y Viracachá, no se le ha dado un manejo integral al páramo, pues cada municipio se ocupa de sus áreas, trayendo esto como consecuencia el deterioro de esta vasta zona de reserva forestal. Además las especies existentes son en un 70% aproximadamente, similares en los municipios nombrados.

Esta zona de páramo de aproximadamente 4000 hectáreas es de gran importancia, ya que allí nacen parte de los recursos hídricos que abastecen las necesidades de los acueductos y regadíos del municipio, además suministra agua en gran porcentaje a la represa de la Copa. Aunque es de mencionar, la zona de páramo día a día está siendo destruida, por las personas que en su afán de mejorar su estabilidad económica, usan esta zona para sus cultivos en especial de la papa.

Existen siete municipios que se benefician de la represa de la Copa, con los cuales se hace importante realizar un encuentro para formular soluciones que beneficien a todos, así como se beneficie a Siachoque por ser uno de los municipios que aporta parte de su potencial hídrico.

El proyecto se realizó en la vereda Tocavita, por sus condiciones de paramo y su proyección de niebla las cuales la hacían óptima para el desarrollo del trabajo. La figura 7 muestra la localización del proyecto.

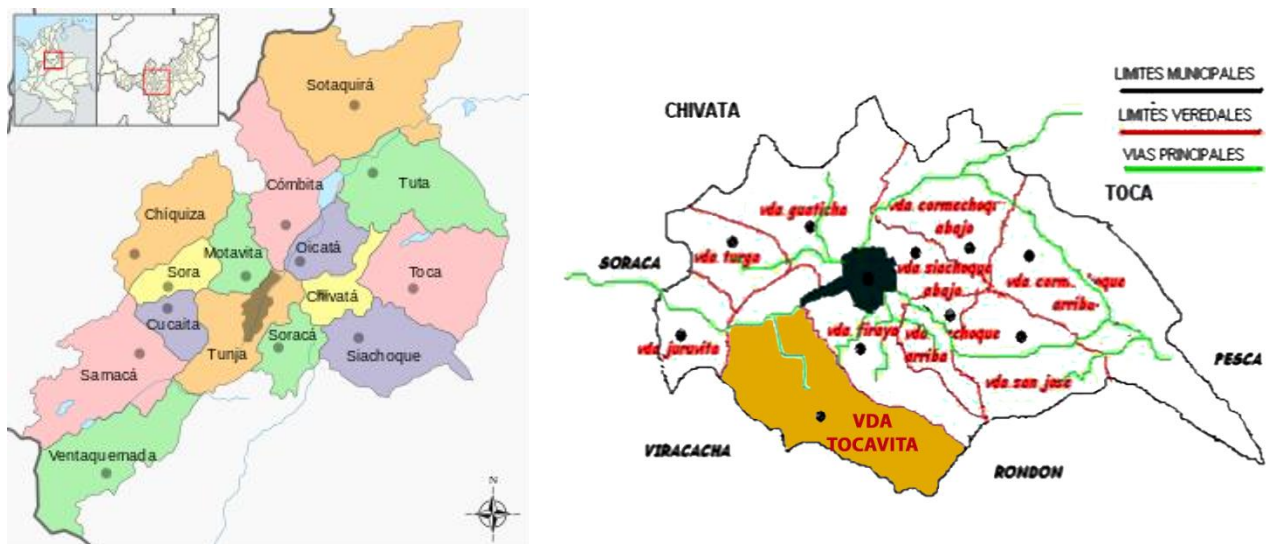


Figura 7. Localización Vereda Tocativa - Municipio de Siachoque, Boyacá, Colombia

Fuente: EOT Siachoque Boyacá 2001 - 2010

La figura 8 presenta el climograma del Municipio de Siachoque, el cual representa sobre un mismo sistema de coordenadas la evolución de la temperatura y de la pluviosidad.

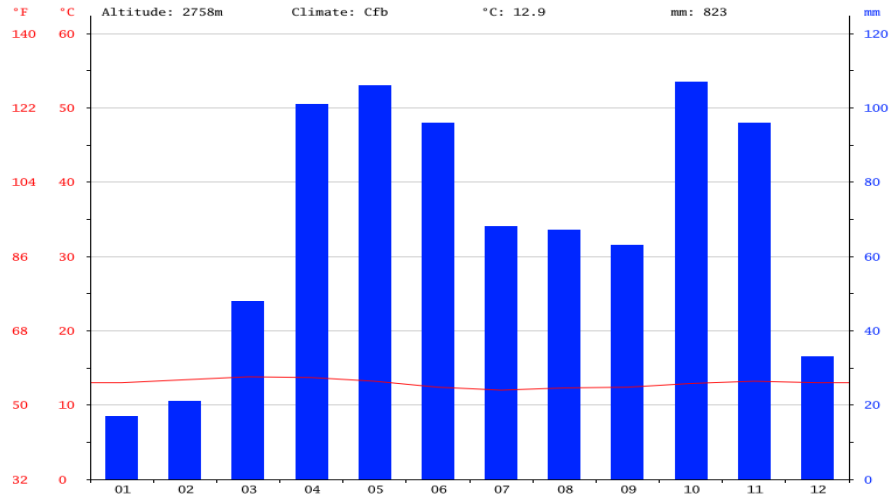


Figura 8. Climograma Municipio de Siachoque - Boyacá

Fuente: Climate-Data.org

Se identifica entonces que los meses de menor registro de precipitaciones corresponden a Diciembre, Enero, Febrero y Marzo, razón por la cual fueron los meses seleccionados para el desarrollo de este proyecto.

Estado del arte

A continuación se presenta una recopilación de investigaciones que sirven de sustento teórico para la presente investigación, centradas en la implementación de sistemas de atrapaniebla en contextos internacionales y nacionales.

Evaluación social de alternativas de abastecimiento de agua potable a la costa sur de Iquique

Esta investigación fue realizada por Sarria, Standen y Vilaza en 2015, de la Universidad de Chile; tuvo como objetivo principal analizar si la alternativa de los atrapanieblas constituye una opción viable y eficiente, en términos económicos, para las caletas del sur de Iquique; para esto, se realizó una comparación de alternativas de abastecimiento de agua según el método de evaluación social de costo - efectividad. Los autores compararon el sistema de provisión de agua actual, el cual es la distribución de agua con camiones aljibe, con la opción de atrapanieblas y la provisión desde la planta desalinizadora que se encontraba funcionando en dicha zona.

Los resultados de dicho estudio se basaron en el comparativo de costo por metro cúbico de agua, encontrando que los costos de la provisión de agua desde la planta desalinizadora son bastante superiores con relación a las otras dos alternativas. La opción de menores costos, fue la distribución con camiones aljibe. Sin embargo, con relación al sistema de atrapanieblas, se torna una opción viable especialmente para aquellos sectores alejados, donde el transporte del agua en camiones de aljibe incrementa los costos de distribución, lo cual hace muy reducida la diferencia en costos de estos dos sistemas (\$231); en estos casos la alternativa de atrapanieblas sería la más conveniente, ya que luego de implementada, los habitantes ya no deben pagar por el servicio, a diferencia de las otras dos alternativas.

Por último, la alternativa de provisión de agua potable mediante atrapanieblas será la más conveniente para todas las caletas, si lo que se busca como política pública es hacer que los

pobladores no tengan que desembolsar dinero para obtener agua potable, ya que con esta alternativa, no se debe pagar por metro cúbico de agua, lo que no ocurre con las otras dos opciones de abastecimiento: camiones aljibe y planta desalinizadora.

Esta investigación da muestras de cómo en países como Chile, ha surgido el interés de llevar agua potable a zonas rurales, en busca del desarrollo económico y la integración social del país, a través de estrategias de participación responsable de las comunidades, especialmente diseñadas para sectores donde se evidencia marcada escasez del recurso hídrico. Para estos casos, contemplan sistemas alternativos de recolección de agua, haciendo uso de las características climáticas de las regiones, que actúan como facilitadoras de sistemas como los atrapanieblas.

Captación de agua por medio de la técnica de atrapanieblas en las comunidades campesinas de Galte, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo, Ecuador

La investigación de Hidalgo (2016), surgió como alternativa para dar solución a las comunidades campesinas de Galte, donde se presentan altos niveles de escasez de agua para riego (constituye el 80% del volumen de agua requerido) y consumo de animales, debido a la baja precipitación durante épocas de verano y las altas pérdidas de agua en los sistemas de riego. El objetivo del proyecto se centró en diseñar un sistema de atrapanieblas que satisfaga las necesidades hídricas para riego de las comunidades campesinas de Galte, Catón Guamote, Provincia de Chimborazo, Ecuador.

Se implementaron siete colectores de niebla (prototipos de atrapanieblas) de 1 m² para calcular la producción de agua y determinar la duración de la época de niebla por lo menos durante un año calendario; finalmente con esta información, diseñaron un sistema de atrapanieblas que pudiera abastecer la demanda de agua para riego de la comunidad, elaborando el respectivo presupuesto y capacitando a la comunidad para realizar el mantenimiento y la reparación del

mismo. El material utilizado para la malla de los sistemas de atrapanieblas implementados en este estudio, fue malla Sarán con un coeficiente de sombra de 50% con un diámetro de 13 m x 2.1 m.

Esta investigación permitió establecer que la niebla presentada en la zona de estudio generó en promedio entre noviembre de 2014 y febrero de 2015, entre 5 y 6 litros de agua al día en cada atrapanieblas; aunque este volumen no es suficiente para satisfacer las necesidades de todos los cultivos de la zona, la instalación de estos colectores de niebla ayudó a regar parte de los terrenos ubicados en las zonas más altas y compensar la falta de agua en épocas de baja precipitación. Se recomienda ubicar los sistemas de atrapanieblas en terrenos de los propietarios de los cultivos donde el sistema de riego no satisfaga las necesidades.

Los aportes de este estudio dan muestra de la eficiencia de los sistemas de atrapanieblas para recolección de agua, dando a conocer no solo la importancia de tener en cuenta las condiciones ambientales de la zona de implementación de los sistemas, sino también los prototipos de diseño y tener en cuenta otros factores que influyen en el volumen de captación de agua tales como la ubicación y la extensión de los sistemas; concluyendo en general, que los atrapanieblas son sistemas útiles para apoyar los volúmenes de agua requerida en zonas rurales, especialmente a nivel agrícola, en épocas de escasez. La implementación de sistema de atrapanieblas de 6 x 10 metros en nueve puntos localizados en la zona de estudio para abastecer el 5% de la demanda de agua del cultivo, se presupuestó en USD \$ 3272.98.

Diseño e Implementación de sistemas de captación de agua lluvia y condensación atmosférica tipo “Warka water” en la parroquia Palmira, Provincia de Chimborazo

El proyecto de Cárdenas y Moncayo (2017), se orientó al diseño e implementación de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias y un sistema de aprovechamiento de agua atmosférica, de fácil implementación y mantenimiento, y una propuesta de tratamiento de agua,

como alternativa a la escasez de agua potable en la parroquia Palmira, en el cantón Guamote, provincia de Chimborazo.

En esta investigación se implementó un sistema de atrapanieblas Warka Water, el cual utiliza una figura tridimensional que proporciona una mayor área de captación, aumenta el volumen diario de recolección y disminuye el impacto visual que generan los atrapanieblas bidimensionales. Los resultados de la investigación, de interés para el presente estudio, muestran parámetros a seguir al momento de implementar un sistema de atrapanieblas tridimensional, el cual permite la obtención de mayores volúmenes de agua, con buenos parámetros de calidad de agua, es una técnica que evita que el líquido entre en contacto con el suelo por lo cual se reduce la contaminación por presencia de excretas de ganados y animales que viven en el sector.

El presupuesto presentado en este estudio contempla una inversión de USD \$ 625.86 para un sistema de atrapanieblas Warka Water, lo cual evidencia un valor muy superior, frente a un sistema de atrapanieblas convencional (horizontal). No obstante, el nivel de captación tiende a ser superior, y la calidad del agua puede ser utilizada para el consumo humano.

Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de agua por medio de dos tipos de neblinómetros en las tres cuencas de la parroquia Achupallas, cantón Alausi, provincia de Chimborazo

Vistin (2014), en este estudio determinó la factibilidad de dos tipos de neblinómetros o sistemas de atrapanieblas, utilizando dos tipos de materiales: sintético (Sarán 30%) y orgánico (yute); buscando determinar el beneficio – costo de cada prototipo y evaluar la calidad del agua capturada por cada uno de ellos. Los resultados de esta investigación muestran que en las tres cuencas donde se instalaron los neblinómetros de los dos materiales, se lograron volúmenes significativos de agua captada, la variación de volumen entre el yute y el sarán no fue mayor a los

1000 ml, por lo tanto se aceptó la hipótesis nula en la cual se plantea que la eficiencia de los neblinómetros no difiere del material del cual está elaborado.

Con relación al costo de cada prototipo, se estima que se llegaría al punto de equilibrio en el quinto mes de implementación de los neblinómetros; sin embargo, se recalca que este tipo de proyectos no buscan rentabilidad, sino el mejoramiento de la calidad de vida de quienes lo implementen.

Finalmente, con relación a la calidad del agua, se determinó que el agua obtenida en la malla de sarán es apta para el consumo humano; no sucede igual con la malla de yute, pues las muestras analizadas evidencian que dicho material altera la composición química del agua, encontrando un alto contenido de saponina, elemento utilizado en la fabricación de detergentes.

Este estudio permite evidenciar la viabilidad de implementar diversos materiales de fácil consecución en contextos rurales, probando su eficiencia y eficacia en cuanto a captación de volúmenes de agua significativos; no obstante, las características de los materiales utilizados influyen directamente en la calidad del agua captada y por ende determinan el uso de la misma.

Tecnología para la recolección de agua de niebla

Pascual, et. al. (s.f.), realizó un análisis histórico de las técnicas de captación de agua de las nieblas, mostrando las experiencias de países como Chile, México y las Islas Canarias con el uso de la técnica. Expone los diferentes materiales, sistemas de redes de recolección, almacenamiento, distribución y cómo puede optimizarse para garantizar la obtención del agua, como alternativa viable en zonas donde otros sistemas serían más difíciles de instalar y mantener.

El estudio ratifica que para la construcción de los captadores de agua de niebla se pueden emplear diversos materiales. Uno de ellos es la malla captadora, tiene una vida útil entre 3 y 10

años para la instalación completa. La malla más comúnmente empleada es la malla Raschel, de polipropileno o de nylon.

Se citan investigadores como Schemenauer y Cereceda (1992), y Semenzato et al. (1998) quienes compararon distintos tipos de malla: la malla Raschel utilizada en Chile (con un coeficiente de cobertura del 35% y es la propuesta por Schemenauer et al. (1988) como la “malla estándar”), la malla de polipropileno de una empresa americana, Kimre Inc., USA y una malla plástica utilizada en invernaderos con un recubrimiento metálico denominada Aluminet. Habiendo constatado la malla Aluminet de 40 % de cobertura como la óptima, ya que es la más eficiente en cuanto a recolección de agua (recoge 10-50% más de agua que la malla Raschel) y presenta una buena resistencia a las tormentas de arena.

Metodología

Tipo de investigación

El tipo de investigación es cuantitativa descriptiva, pues se pretendió medir la eficiencia de diferentes materiales de malla en un sistema de atrapanieblas, determinando cuál es el mejor en cuanto a volumen de agua captada.

Según Sabino (1986), citado por Giraldo (2013) “La investigación de tipo descriptiva trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento. De esta forma se pueden obtener las notas que caracterizan a la realidad estudiada”.

Método

Se utilizó un método experimental, dado que no es posible el control y manipulación absoluto de las variables; de este modo, a través de la experimentación y el conocimiento directo, se buscó probar la eficiencia de diferentes materiales en sistemas de atrapanieblas.

Procedimiento

Objetivo específico 1: Diseñar un sistema de atrapanieblas en la vereda Tocavita del municipio de Siachoque. Para el desarrollo de este objetivo se seleccionó la finca del señor Horacio Boyacá en la Vereda Tocavita del Municipio de Siachoque dado que en ésta actualmente se realizan diferentes proyectos del grupo de Investigación GIGAS de la UNAD. Se tuvo en cuenta la bibliografía recolectada con respecto a la construcción de atrapanieblas, el diseño que se escogió

fue un sistema bidimensional. Se seleccionaron cinco materiales que se utilizaron como mallas (tratamientos) para las unidades experimentales.

Objetivo específico: Determinar el diseño experimental con cinco tratamientos distintos con tres repeticiones cada uno, para un total de 15 unidades experimentales. Se tuvo en cuenta el diseño realizado y la topografía del terreno para la elaboración del sistema de atrapanieblas. Para el desarrollo de este objetivo se realizó un diseño experimental con cinco tratamientos (uno para cada material evaluado) y tres repeticiones por tratamiento, así:

T1: Tela Quirúrgica: R1, R2, R3

T2: Guata: R1, R2, R3

T3: Costal de Fique: R1, R2, R3

T4: Velo: R1, R2, R3

T5: Polisombra: R1, R2, R3

Las repeticiones (R) son cada unidad o panel en el atrapaniebla, cada uno con su sistema de recolección.

Objetivo específico: Evaluar la eficiencia de captura de neblina de los tratamientos utilizados en el sistema atrapaniebla, estableciendo el nivel de volumen de agua captado. Se estableció un sistema de recolección del agua captada, utilizando una canaleta de PVC conectada con una manguera a un recipiente plástico para su almacenamiento; para la medición, se utilizó un recipiente plástico marcado en mililitros, en el cual se depositaba el agua captada y se registraba su volumen en una planilla; la frecuencia destinada para las mediciones fue de cada 3 días, a partir del 18 de diciembre de 2016 hasta el 20 de abril de 2017. Posteriormente, se analizaron los datos de volumen obtenidos en cada uno de los tratamientos evaluando así su eficiencia.

Objetivo específico: Establecer la relación entre beneficio y costo de los materiales

comparados. Para dar cumplimiento a este objetivo, se estableció un presupuesto detallado de la construcción del sistema de atrapaniebla, teniendo en cuenta los tratamientos utilizados; igualmente, se utilizó una fórmula para determinar el costo de un litro de agua para cada tratamiento, como también la proyección de la durabilidad de la estructura y su capacidad de captación en un año.

Resultados

Diseño y construcción del sistema de atrapanieblas

De acuerdo con la bibliografía consultada para el diseño del atrapanieblas y teniendo en cuenta la topografía del terreno, la dirección del viento y la distribución para probar los materiales, se implementó una estructura de tipo bidimensional, ya que por su diseño es la más adecuada para este experimento. A continuación se describen las características del diseño utilizado.

Soportes Estructurales. El Soporte Estructural se encuentra conformado por dos pilares para cada subunidad de panel captador; los pilares utilizados fueron de madera de pino, con un altura de 3 metros y un diámetro de 4 x 4 cm. Dichos pilares fueron empotrados en el suelo 50 cm, dejando 2.50 metros disponibles, y a una distancia de 3 metros entre cada pilar.

Tensores Externos. Para este caso, se utilizaron dos soportes transversales, uno a cada lado, utilizados para proporcionar la estabilidad a la estructura; fueron igualmente de madera de pino, conformados por dos varillones de 1.50 m, anclados en el piso aproximadamente 20 cm. y fijados al pilar principal con puntillas de 2". Ver Figura 9.

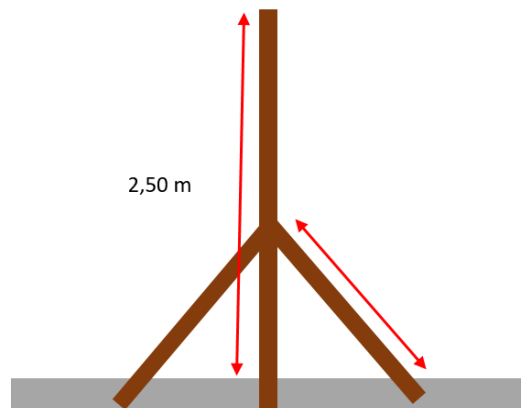


Figura 9. Diseño del pilar estructural y los tensores externos

Fuente: La Investigación

Elemento Captador. Se utilizaron cinco materiales de malla: tela quirúrgica, guata, costal de fique, velo y polisombra. En cada estructura, se colocaron tres repeticiones de malla del mismo tratamiento, para un total de cinco estructuras con 15 repeticiones.

Cables de Sostén Interno. Como elemento de sustentación horizontal, se utilizó alambre galvanizado de calibre 16; para cada estructura una extensión de 3 m, como se muestra en la Figura 10, así: una línea de alambre fijado a un metro del piso, una segunda a 0.75m de la primera, y una tercera a 0.75m de la segunda, para un total de 1.50 m de altura de fijación de la malla; el alambre anclado al pilar de madera con grapa de acero. Como elemento de sustentación vertical, se utilizó igualmente alambre galvanizado de calibre 16, dividiendo el área en tres paneles, cada uno a un metro de distancia, con un espacio de 5 cm entre cada panel.

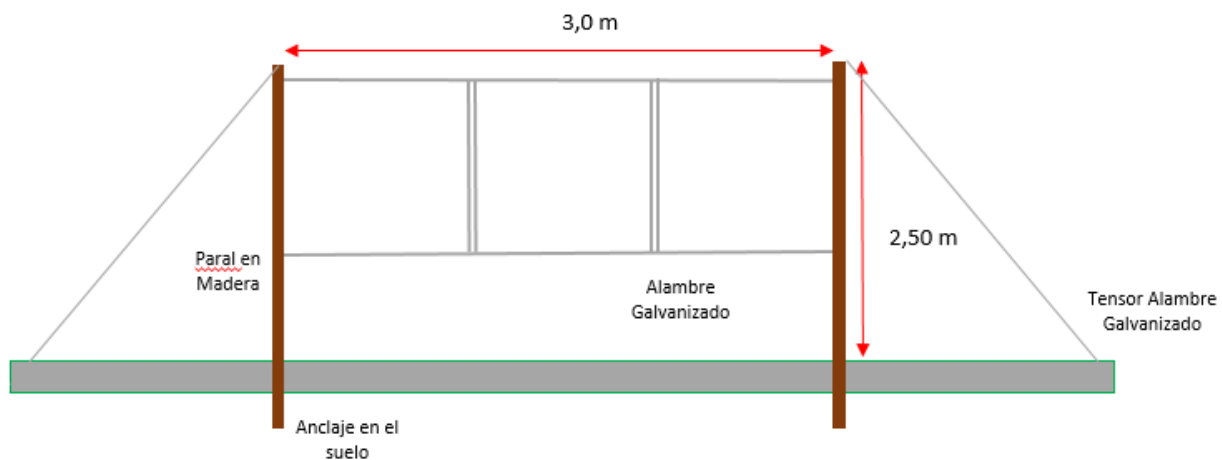


Figura 10. Vista Frontal de cada sección

Fuente: La Investigación

Canaleta Colectora y Drenaje. En el cable inferior de la malla colectora se colgó una canaleta de tubo de PVC sanitario de 2" cortado longitudinalmente, con alambre galvanizado de calibre 16; con una división interna en PVC para garantizar la captura independiente de cada

repetición. Como sistema de aducción, se utilizó en cada repetición una manguera para riego de diámetro 5/16, conectada a la canaleta de PVC con un acople de riego, sellada con silicona, y en el otro extremo, conectada a una botella plástica a través de un orificio realizado en la tapa. Ver Figura 11.

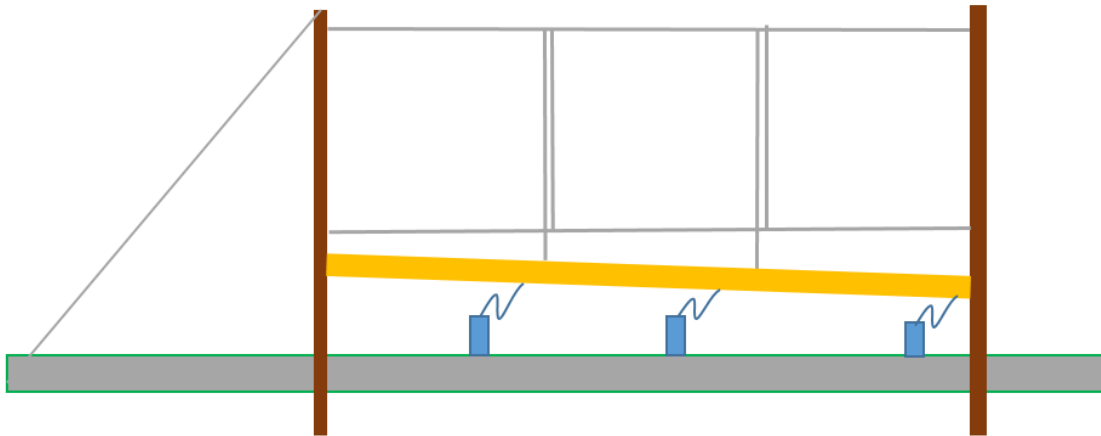


Figura 11. Vista Frontal de cada sección

Fuente: La Investigación

En total, el diseño estuvo conformado por cinco tratamientos con tres repeticiones cada uno, de las características mencionadas, fijadas una después de la otra, compartiendo el pilar entre las estructuras interiores; cada estructura con tres paneles de captación de niebla y sus sistemas de aducción independientes. El diseño final se muestra en la figura 12.

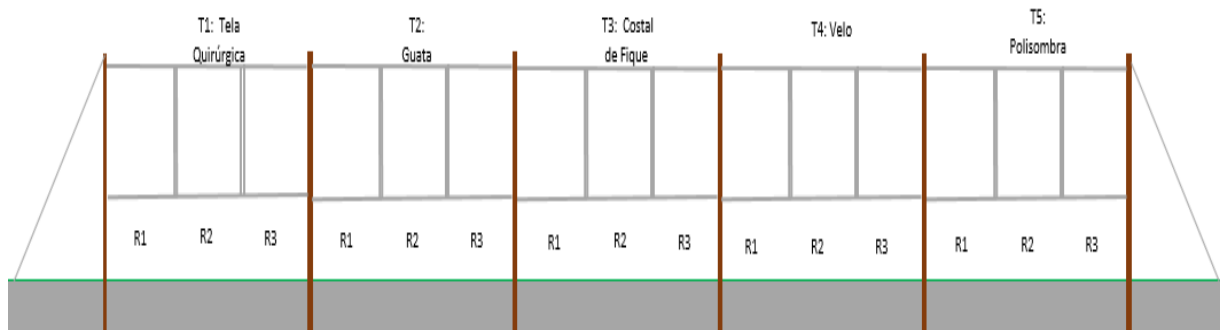


Figura 12. Vista Frontal con todas las Secciones

Fuente: La Investigación

La construcción del sistema de atrapanieblas se desarrolló siguiendo el diseño aprobado, de la siguiente manera:

Construcción de la estructura

Se adelantó el corte de los pilares y se empotraron, formando el soporte estructural base. Así mismo, se colocaron los soportes transversales, anclados al pilar principal, como se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Construcción de la estructura

Fuente: La Investigación

Construcción de elemento captador

Teniendo las estructuras fijadas y los cables de sostén interno, se comenzó a instalar el elemento captador, constituido por los cinco materiales de malla escogidos: tela quirúrgica, guata, costal de fique, velo y polisombra. Se colocaron tres repeticiones de malla de cada material en cada estructura, para un total de cinco estructuras con 15 repeticiones.

La Figura 14 muestra la estructura del tratamiento 1. Tela quirúrgica



Figura 14. Tratamiento 1 Tela quirúrgica

Fuente: La Investigación

La Figura 15 muestra la estructura con el Tratamiento 2 Guata



Figura 15. Tratamiento 2 Guata

Fuente: La Investigación

La Figura 16 muestra la estructura con el Tratamiento 3 Costal de fique.



Figura 16. Tratamiento 3 Costal de fique

Fuente: La Investigación

La Figura 17 muestra la estructura con el tratamiento 4 Velo o Tul



Figura 17. Tratamiento 4 Velo o Tul

Fuente: La Investigación

La Figura 18 muestra la estructura con el tratamiento 5 Polisombra



Figura 18. Tratamiento 5 Polisombra

Fuente: La Investigación

Canaleta Colectora y Drenaje

Finalmente, se instaló la canaleta colectora y el sistema de aducción, como se muestran en las Figuras 19 y 20.



Figura 19. Instalación de canaleta colectora

Fuente: La Investigación

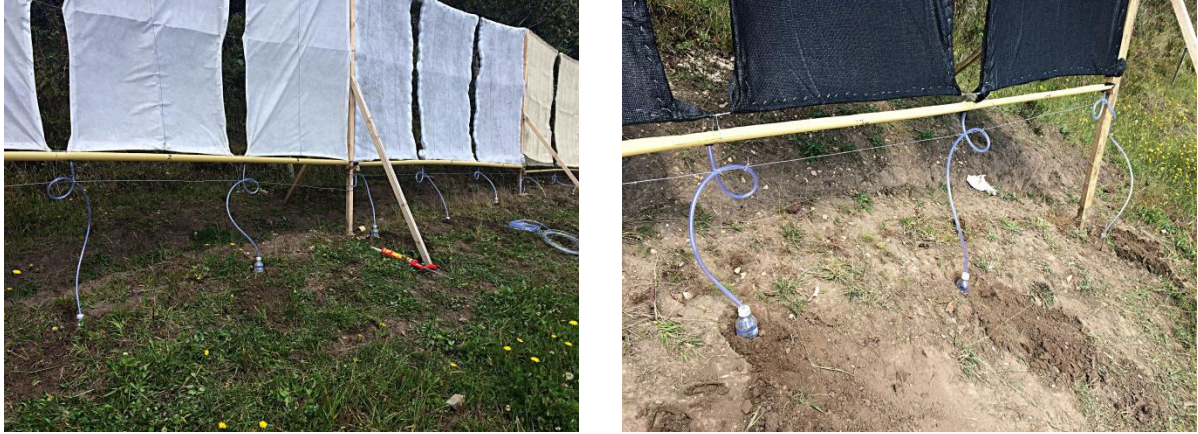


Figura 20. Instalación de sistema drenaje

Fuente: La Investigación

Teniendo el sistema de atrapaniebla instalado con todos los tipos de mallas y el sistema de recolección, se empezaron a definir los tiempos para medición de las capturas, puesto que no se tenía certeza de cuánto volumen podría llegar a recolectar; de este modo, se definió que cada tres días se hiciera la medición utilizando un recipiente debidamente marcado y llevando una planilla para registrar los datos.

Se realizó una prueba para simular el agua producida por la niebla para verificar la utilidad del sistema (Ver Figuras 21 y 22), ésta se llevó a cabo con una máquina de fumigar y se colocó la aspersión a un punto de rocío para simular la gota más fina de agua; este procedimiento se efectuó en cada uno de las repeticiones de todos los tratamientos instalados. Con esta prueba se evidenció que las repeticiones cumplen con lo diseñado y sirven para captar agua.



Figura 21. Recipiente utilizado para medir el agua captada

Fuente: La Investigación

Esta prueba fue realizada con el asesor del proyecto, Ingeniero Jorge Fonseca, quien realizó la recomendación de instalar una segunda capa de malla en los tratamientos de costal de fique y malla Raschel o Polisombra, debido a que según su concepto, se podría llegar a captar un poco más de agua con una mayor densidad en estos materiales.



Figura 22. Pruebas de simulación

Fuente: La Investigación

El sistema construido en su totalidad, se presenta en la Figura 23, y muestra los cinco tratamientos.



Figura 23. Sistema experimental de atrapanieblas con cinco tratamientos

Fuente: La Investigación

El registro del volumen de agua se realizó de manera independiente en cada uno de las tres repeticiones del mismo material, buscando probar con esto la efectividad de cada tratamiento en cuanto a captación de agua. Las mediciones iniciaron el 18 de diciembre de 2016, haciendo tomas cada tres días, hasta el 20 de abril, para un total de 42 tomas. Para la realización de las mediciones se tuvieron en cuenta los datos arrojados por Climate-Data.org, relacionados con el histórico de precipitaciones, de tal forma que pudiese implementarse el proyecto en los meses considerados como de menores lluvias.

Evaluación de la eficiencia de captura de neblina de los tratamientos utilizados en el sistema atrapaniebla, según nivel de volumen registrado en las capturas

Los registros diarios realizados por cada uno de los tratamientos evaluados se encuentran en el Anexo A. A continuación se presenta la descripción del desempeño alcanzado por cada uno de los tratamientos utilizados en el diseño experimental, mostrando el nivel de volumen de agua captada por cada repetición, describiendo el comportamiento de registro diario y mensual.

Evaluación de la eficiencia Tratamiento tela quirúrgica

El registro de volumen de agua captada por el T1 correspondiente a tela quirúrgica se presenta en la Figura 24. La figura muestra el comportamiento de las tres repeticiones de ese tratamiento para el periodo comprendido entre el 18 de diciembre y el 20 de abril.

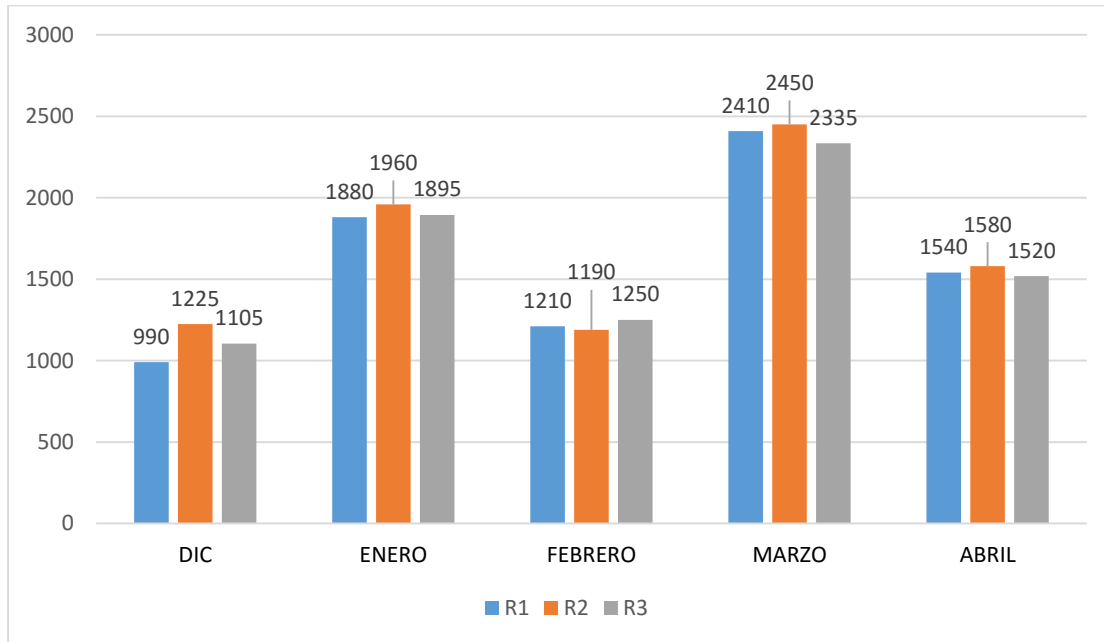


Figura 24. Volumen de captación de agua mensual por repetición, obtenido con tela quirúrgica

Fuente: La Investigación

En general, se evidencia que este material mostró una buena capacidad para recolectar agua. Se observa que Marzo fue el mejor mes para la recolección de agua con 7.195 ml captada entre las tres repeticiones, seguido por el mes de enero con un volumen de 5.735 ml. El promedio de captura mensual de agua utilizando la tela quirúrgica fue de 4.908 ml.

El comportamiento de captura de agua por día, por la estructura en la que se implementó tela quirúrgica como material de malla, se presenta en la Figura 25.

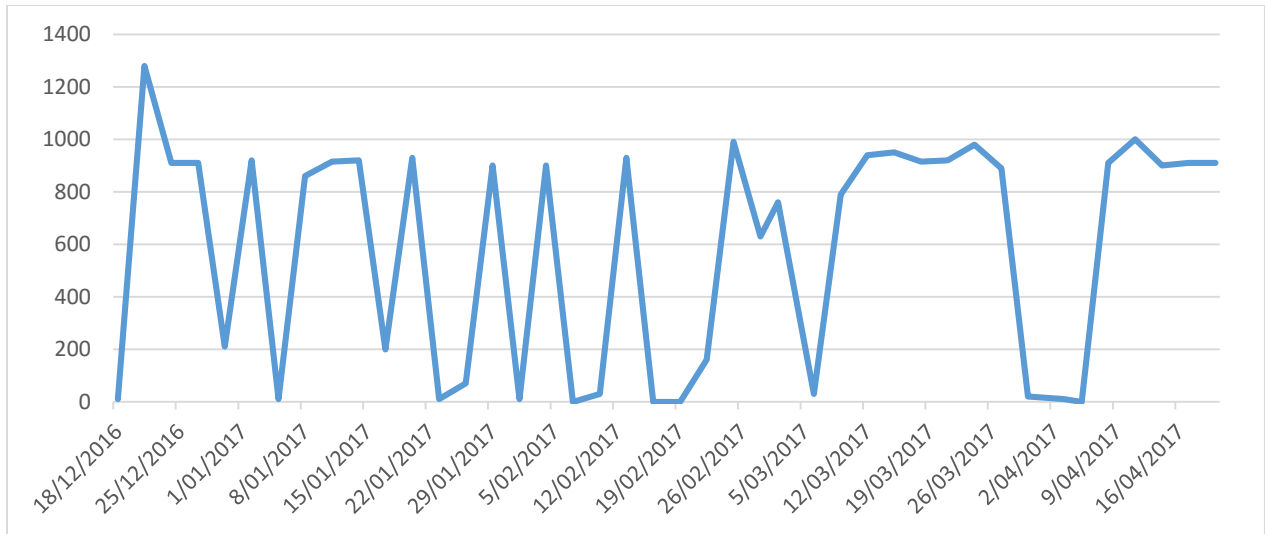


Figura 25. Comportamiento de captación de agua obtenido por el tratamiento tela quirúrgica

Fuente: La Investigación

La figura muestra que este material de malla tuvo un rendimiento de captura de agua bueno, sin embargo, se evidenció que la durabilidad del mismo es corta, pues a los dos meses de instalada mostró deterioro completo, razón por la cual debió ser cambiada en su totalidad.

Evaluación de la eficiencia Tratamiento Guata

El registro de volumen de agua captada por el T2 correspondiente a guata se presenta en la Figura 26. La figura muestra el comportamiento de las tres repeticiones de ese tratamiento para el periodo comprendido entre el 18 de diciembre y el 20 de abril.

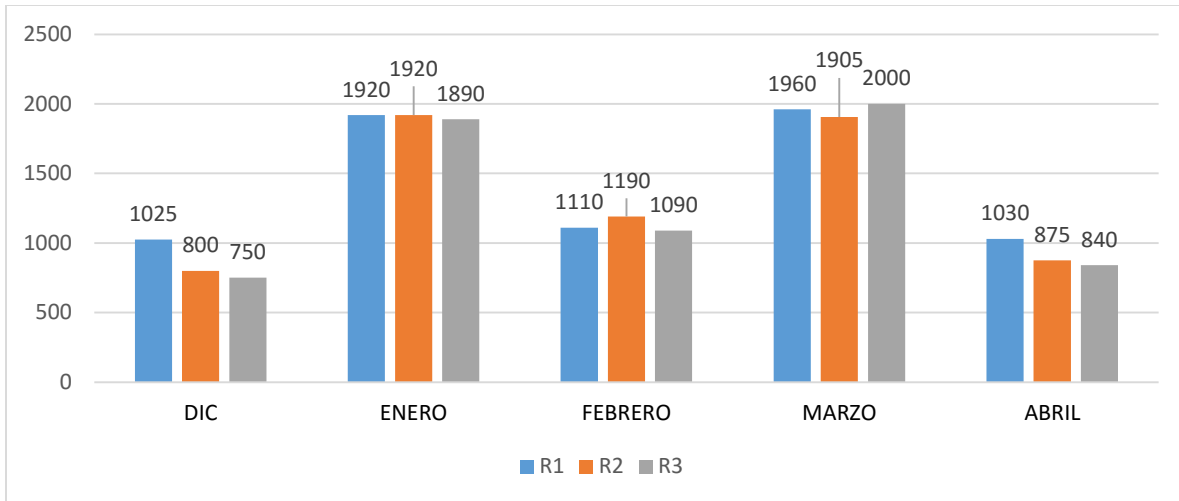


Figura 26. Volumen de captación de agua mensual por repetición, obtenido con guata

Fuente: La Investigación

Se evidencia, que el mes de marzo fue el que alcanzó mayor captación con 5.865 ml, seguido por el mes de enero con 5730 ml. Se logró con este material un promedio mensual de 4.061 ml.

El comportamiento de captura de agua por día, por la estructura en la que se implementó guata como material de malla, se presenta en la Figura 27.

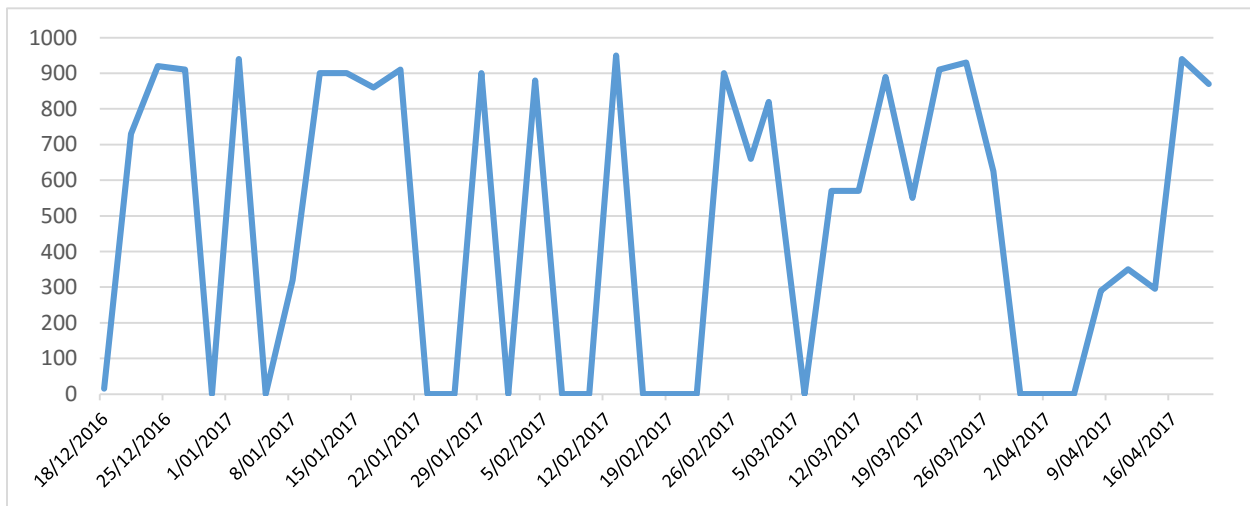


Figura 27. Comportamiento de captación de agua obtenido por el tratamiento guata

Fuente: La Investigación

Este material tuvo un comportamiento aceptable, no mostró deterioro significativo en sus características a excepción de variación en su color pasando de blanco a leve amarillo, al igual que la textura pasó de ser acolchonada a adoptar una textura más sólida.

Evaluación de la eficiencia Tratamiento Costal de fique

El registro de volumen de agua captada por el T1 correspondiente a costal de fique se presenta en la Figura 28. La figura muestra el comportamiento de las tres repeticiones de ese tratamiento para el periodo comprendido entre el 18 de diciembre y el 20 de abril.

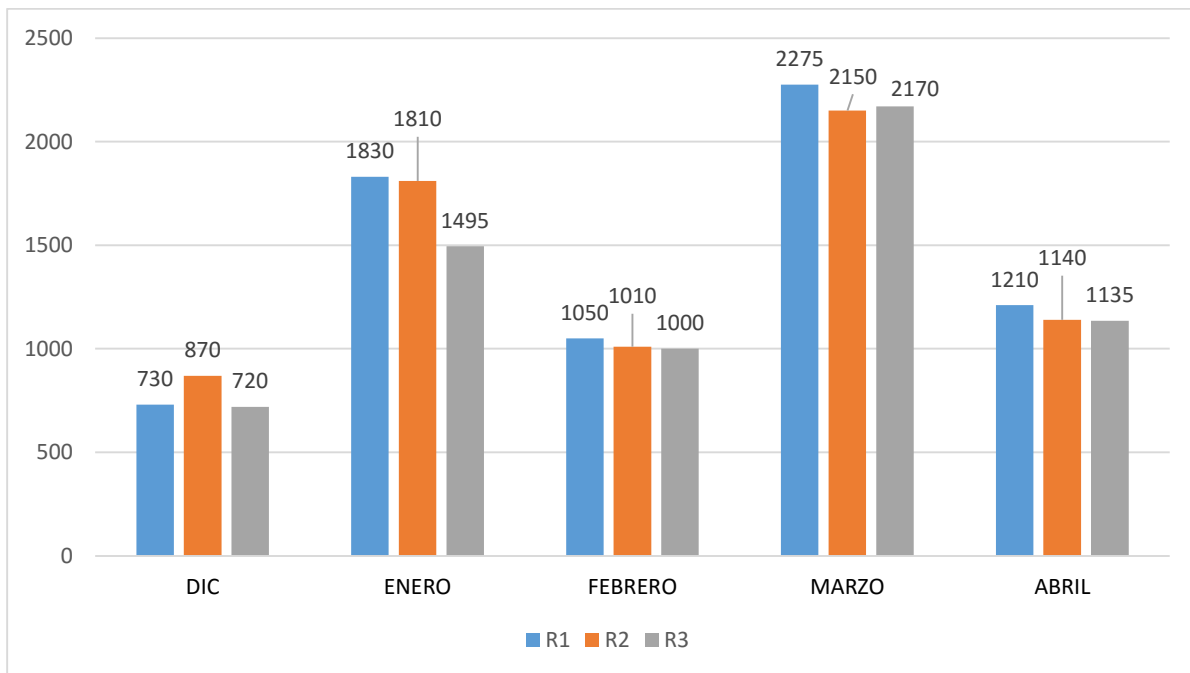


Figura 28. Volumen de captación de agua mensual por repetición, obtenido con costal de fique

Fuente: La Investigación

Para este tratamiento de malla, se puede decir que capturó un total de agua de 20.595 ml. Las repeticiones se comportaron de manera similar al momento de captar agua. Marzo fue el mes

que mejores resultados obtuvo capturando agua con 6.595 ml., seguido por enero con 5135 ml, para un promedio mensual de 4.119 ml.

El comportamiento de captura de agua por día, por la estructura en la que se implementó costal de fique como material de malla, se presenta en la Figura 29.

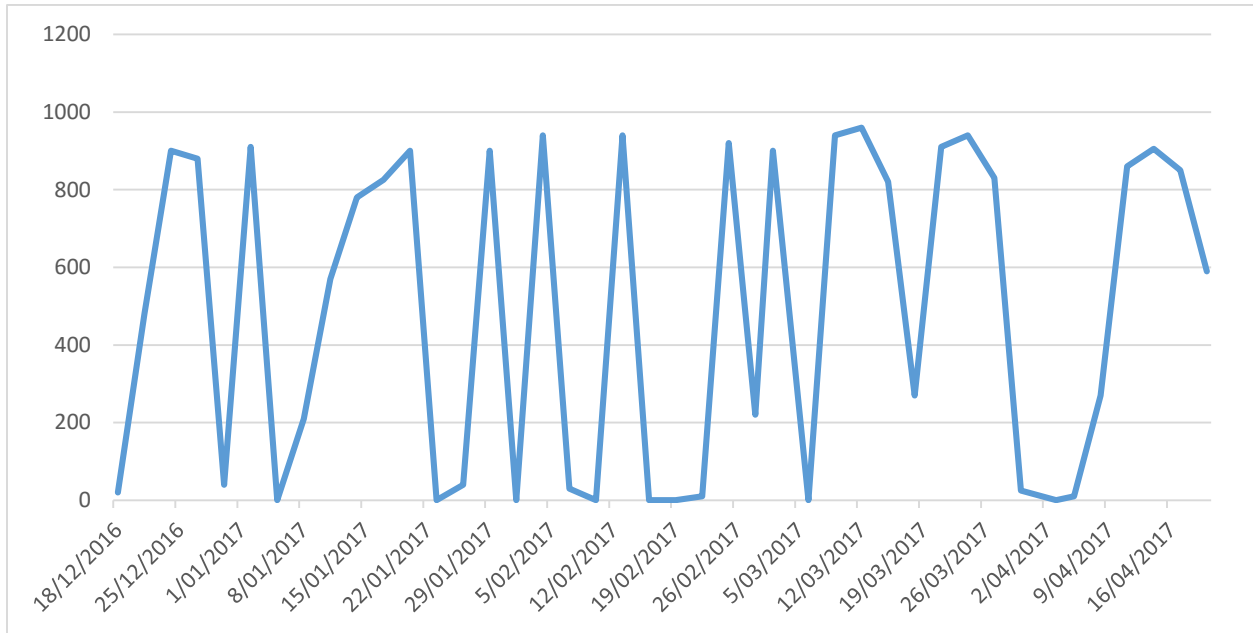


Figura 29. Comportamiento de captación de agua obtenido por el tratamiento costal de fique

Fuente: La Investigación

Este material tuvo un comportamiento aceptable, los cambios evidenciados durante la experimentación fueron mínimos, se centraron en la variación del color del costal, pasando a un tono más oscuro del original.

Evaluación de la eficiencia Tratamiento Velo

El registro de volumen de agua captada por el T1 correspondiente a velo se presenta en la Figura 30. La figura muestra el comportamiento de las tres repeticiones de ese tratamiento para el periodo comprendido entre el 18 de diciembre y el 20 de abril.

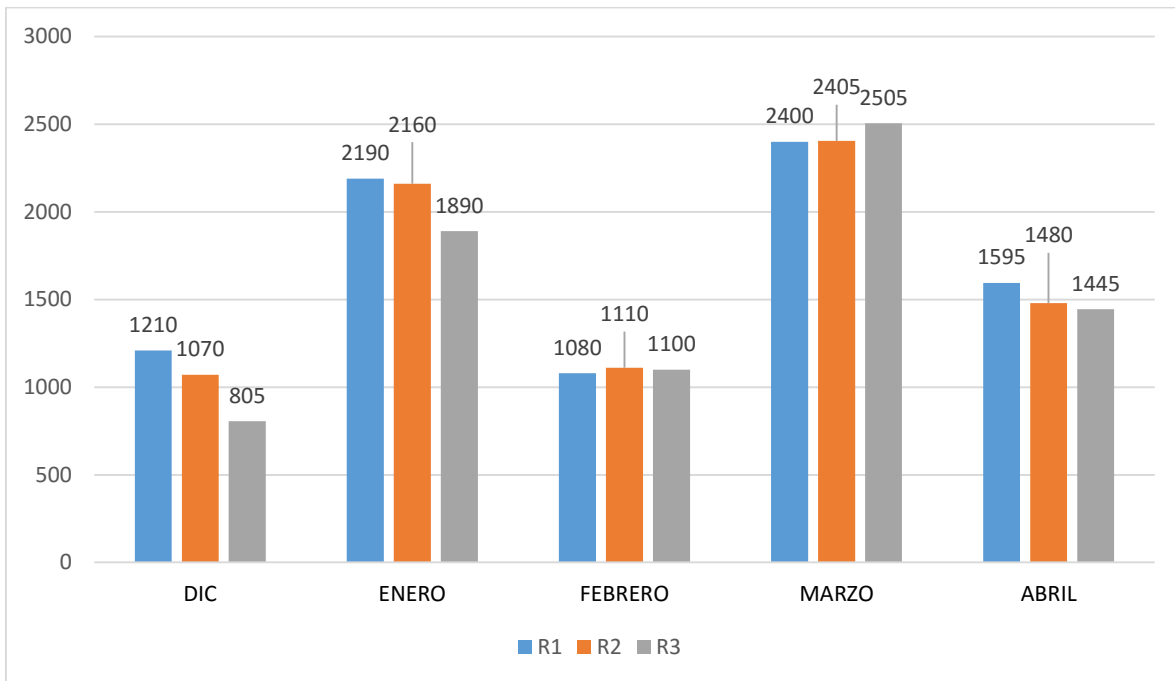


Figura 30. Volumen de captación de agua mensual por repetición, obtenido con velo o tul

Fuente: La Investigación

El resultado de la captura del material velo o tul, evidencia que éste logró un total de captura de agua de 24.445 ml. El mes de marzo con 7.310 ml fue el de mayor volumen captado, seguido por enero con 6240 ml. El material alcanzó un promedio mensual de 4.889 ml.

El comportamiento de captura de agua por día, por la estructura en la que se implementó velo o tul como material de malla, se presenta en la Figura 31.

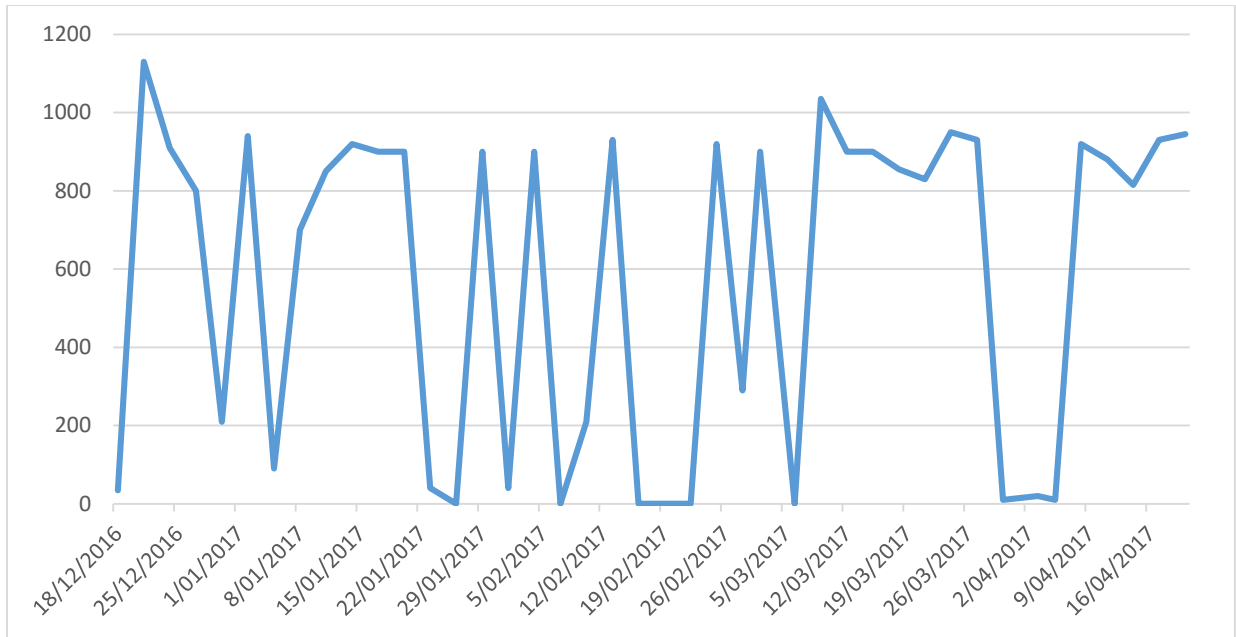


Figura 31. Comportamiento de captación de agua obtenido por el tratamiento velo o tul

Fuente: La Investigación

Con relación a las características físicas de este material, se encontró que no presentó mayor variación en cuanto a textura y color.

Evaluación de la eficiencia Tratamiento Malla Raschell o Polisombra

El registro de volumen de agua captada por el T1 correspondiente a malla Raschell o polisombra se presenta en la Figura 32. La figura muestra el comportamiento de las tres repeticiones de ese tratamiento para el periodo comprendido entre el 18 de diciembre y el 20 de abril.

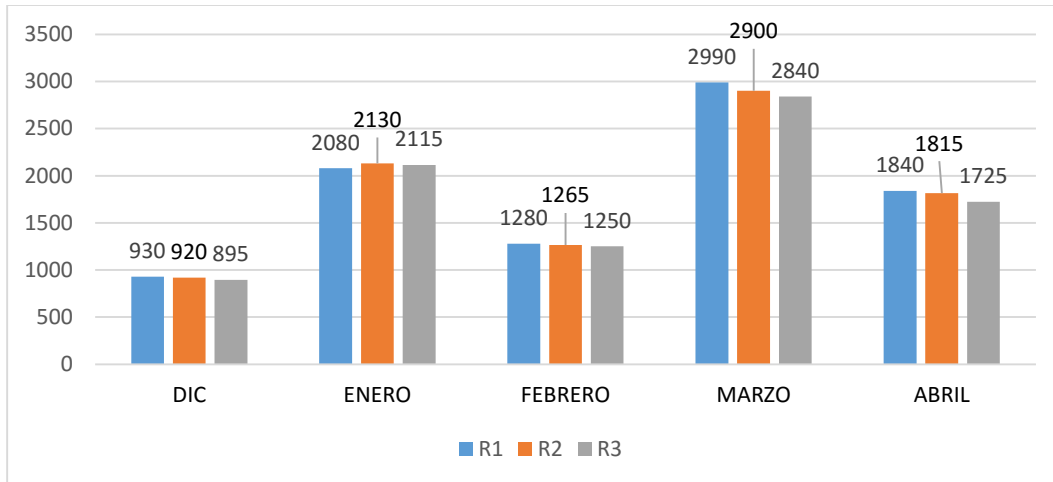


Figura 32. Volumen de captación de agua mensual por repetición, obtenido con malla

Raschell o Polisombra

Fuente: La Investigación

Este material registró un volumen total de captura de 26.975 ml de agua. El mes de marzo con 8.730 ml fue el de mayor volumen captado, con un promedio mensual de 5.395 ml.

El comportamiento de captura de agua por día, por la estructura en la que se implementó Raschell o Polisombra como material de malla, se presenta en la Figura 33.

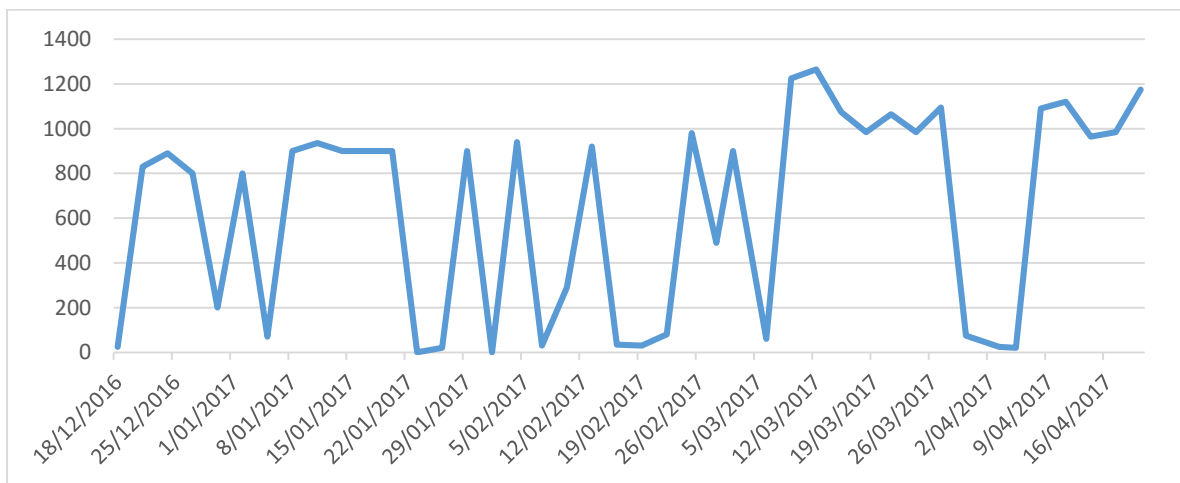


Figura 33. Comportamiento de captación de agua obtenido por el tratamiento malla

Raschell o Polisombra

Fuente: La Investigación

La malla Raschell o polisombra no sufrió ninguna variación con relación a sus características físicas durante el tiempo de medición.

Análisis comparativo de la eficiencia de los cinco materiales para atrapaniebla

Finalmente, se realizó un consolidado con los totales de volumen de agua captada por mes, por cada uno de los materiales utilizados; esta información se presenta en la Figura 34

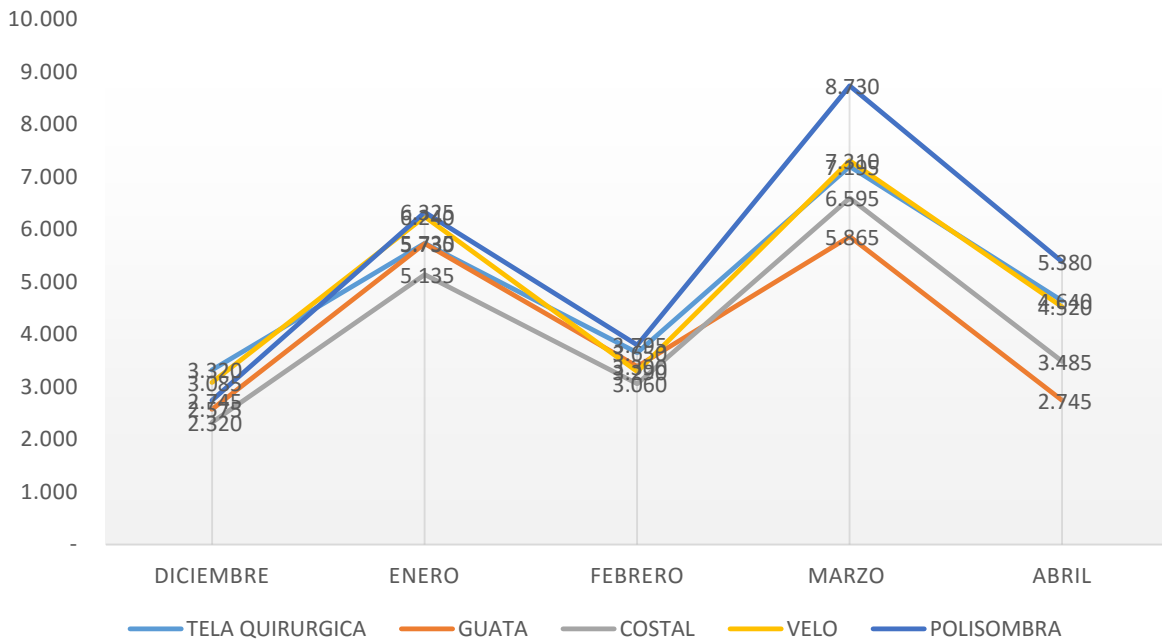


Figura 34. Volumen de captura mensual de los cinco tratamientos utilizados

Fuente: La Investigación

Una vez obtenidos los resultados, se puede deducir que el tratamiento que captó mayor volumen de agua fue la polisombra con 26.975 ml, el segundo mejor tratamiento fue la tela quirúrgica con un volumen de 24.540 ml, seguido casi por un volumen igual la malla de velo con 24.445 ml, el costal de fique y la guata se posicionan con volúmenes muy similares de captura con un volumen de 20.595 y 20.305 ml respectivamente.

Sin embargo es importante tener en cuenta que durante el proceso experimental, la tela quirúrgica debió ser cambiada a los dos meses de instalada, lo cual pudo haber interferido en su

rendimiento de captación; a diferencia de los demás tratamientos que mantuvieron sus condiciones básicas desde el inicio de la instalación hasta la terminación del proceso de medición.

Teniendo en cuenta los resultados, marzo es el mes que mayor volumen de agua capturó el sistema de atrapanieblas, con un volumen total de 35.695 ml, siendo el tratamiento de malla de polisombra la que presentó mayor eficiencia con 8.730 ml.

Al evaluar la frecuencia absoluta de los días en que se presentó captación de agua con valor cero, se ratifica que el material de menor captación correspondió a la guata, seguido por el fique, tal como se presenta en la Figura 35.

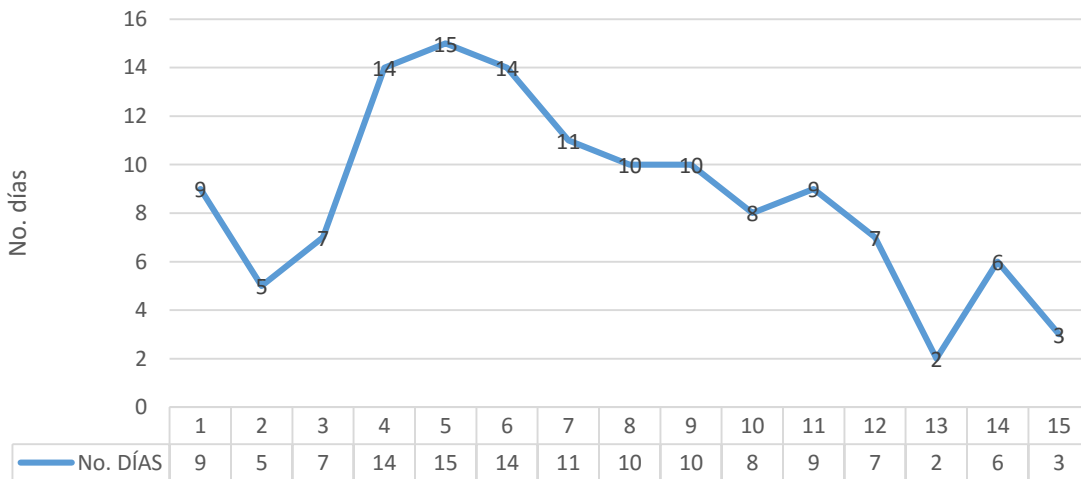


Figura 35. Registro frecuencia absoluta días con registro de captación cero

Fuente: La Investigación

Evaluación de la relación beneficio costo para los tratamientos utilizados

Habiendo ya probado la efectividad de captación de agua de cada uno de los tratamientos utilizados, se presentan en las tablas 2 a la 6, los presupuestos referenciales de construcción de los tratamientos implementados en la investigación. Para establecer la relación entre beneficio y costo de los materiales comparados, se estableció un presupuesto detallado de la construcción del

sistema de atrapaniebla, teniendo en cuenta los tratamientos utilizados. Igualmente, se utilizó una fórmula para determinar el costo de un litro de agua para cada tratamiento, como también la proyección de la durabilidad de la estructura y su capacidad de captación en un año.

Tabla 2**Presupuesto tratamiento tela quirúrgica**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Malla interna					
1	Malla tela quirúrgica	M2	5	1.800	9.000
Estructura					
1	Elementos verticales (varillones)	Un	2	4.500	9.000
2	Tensores en alambre galvanizado cal 14	Kg	0,5	5.500	2.750
3	Canaleta	MI	3	3.000	9.000
4	Manguera para Riego 5/16	MI	4	950	3.800
5	Puntilla	Lb	0,5	4.000	2.000
6	Grapa	Lb	0,3	4.500	1.350
7	Grapa malla	Lb	0,3	12.000	3.600
8	Alambre galvanizado cal 16	Kg	2	4.000	8.000
Excavación y remoción de tierra					
1	Excavación	M3			-
					48.500

Teniendo en cuenta que a los dos meses de instalación del sistema de atrapanieblas con tela quirúrgica, se evidenció deterioro total del mismo y que esto obligó a reemplazar la malla en su totalidad; se genera una adición al presupuesto ocasionada por la compra de 5 M2 de tela quirúrgica y gastos de instalación, evaluados en \$20.000=, lo cual daría un total de \$68.500=. y para que dure un año tendría que cambiarse tres veces más, y haciendo una proyección que la estructura puede durar un año (12 meses), podemos proyectar el costo por litro.

$$\text{Volumen Inicial} = V_i = 24,54 \text{ litros}$$

$$\text{Volumen final} = V_f = ?$$

$$\text{Tiempo inicial} = t_i = 4 \text{ meses}$$

Tiempo final = $t_f = 12$ meses

Costo Infraestructura= CI = 128.500 pesos

Entonces
$$V_f = \frac{V_i \times t_f}{t_i}$$

$$V_f = \frac{24.54 \text{ litros} \times 12 \text{ meses}}{4 \text{ meses}} = 73.62 \text{ litros}$$

Costo por litro= C_l

$$c_l = \frac{C_I}{V_f}$$

$$c_l = \frac{\$ 128.500}{73,62 \text{ litros}} = \$ 1745 \text{ litro}$$

Resumen:

V_i (litro)	t_i (mes)	t_f (mes)	V_f (litro)	CI	Costo por litro
24,54	4	12	73,62	\$ 8.500	\$ 930

Tabla 3

Presupuesto tratamiento Guata

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Malla interna					
1	Malla guata 12 gr	M2	5	4.500	22.500
Estructura					
1	Elementos verticales (varillones)	Un	2	4.500	9.000
2	Tensores en alambre galvanizado cal 14	Kg	0,5	5.500	2.750
3	Canaleta	MI	3	3.000	9.000
4	Manguera para Riego 5/16	MI	4	950	3.800
5	Puntilla	Lb	0,5	4.000	2.000
6	Grapa	Lb	0,3	4.500	1.350
7	Grapa malla	Lb	0,3	12.000	3.600
8	Alambre galvanizado cal 16	Kg	2	4.000	8.000
Excavación y remoción de tierra					
1	Excavación	M3			-
					62.000

V_i (litro)	t_i (mes)	t_f (mes)	V_f (litro)	CI	Costo por litro
---------------	-------------	-------------	---------------	----	-----------------

20,305	4	12	60,915	\$	62.000	\$	1.018
--------	---	----	--------	----	--------	----	-------

Tabla 4**Presupuesto Tratamiento Costal de fique**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Malla interna					
1	Malla costal de fique	M2	5	4.500	22.500
Estructura					
1	Elementos verticales (varillones)	Un	2	4.500	9.000
2	Tensores en alambre galvanizado cal 14	Kg	0,5	5.500	2.750
3	Canaleta	MI	3	3.000	9.000
4	Manguera para Riego 5/16	MI	4	950	3.800
5	Puntilla	Lb	0,5	4.000	2.000
6	Grapa	Lb	0,3	4.500	1.350
7	Grapa malla	Lb	0,3	12.000	3.600
8	Alambre galvanizado cal 16	Kg	2	4.000	8.000
Excavación y remoción de tierra					
1	Excavación	M3			-
					62.000

V_i (litro)	t_i (mes)	t_f (mes)	V_f (litro)	CI	Costo por litro
20,595	4	12	61,785	\$ 62.000	\$ 1.003

Tabla 5**Presupuesto Tratamiento Velo**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Malla interna					
1	Malla velo	M2	5	6.900	34.500
Estructura					
1	Elementos verticales (varillones)	Un	2	4.500	9.000
2	Tensores en alambre galvanizado cal 14	Kg	0,5	5.500	2.750
3	Canaleta	MI	3	3.000	9.000
4	Manguera para Riego 5/16	MI	4	950	3.800
5	Puntilla	Lb	0,5	4.000	2.000
6	Grapa	Lb	0,3	4.500	1.350
7	Grapa malla	Lb	0,3	12.000	3.600
8	Alambre galvanizado cal 16	Kg	2	4.000	8.000
Excavación y remoción de tierra					

1	Excavación			M3		-
						74.000
V_i (litro)	t_i (mes)	t_f (mes)	V_f (litro)	CI	Costo por litro	
24,445	4	12	73,335	\$ 4.000	\$ 1.009	

Tabla 6**Presupuesto Tratamiento Polisombra**

Cód	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Malla interna					
1	Malla raschel (polisombra)	M2	5	2.500	12.500
Estructura					
1	Elementos verticales (varillones)	Un	2	4.500	9.000
2	Tensores en alambre galvanizado cal 14	Kg	0,5	5.500	2.750
3	Canaleta	MI	3	3.000	9.000
4	Manguera para Riego 5/16	MI	4	950	3.800
5	Puntilla	Lb	0,5	4.000	2.000
6	Grapa	Lb	0,3	4.500	1.350
7	Grapa malla	Lb	0,3	12.000	3.600
8	Alambre galvanizado cal 16	Kg	2	4.000	8.000
Excavación y remoción de tierra					
1	Excavación	M3			-
					52.000

V_i (litro)	t_i (mes)	t_f (mes)	V_f (litro)	CI	Costo por litro	
26,975	4	12	80,925	\$ 52.000	\$ 643	

Se ratifica con esto que el material de menor costo para implementarlo en sistemas de atrapanieblas es la malla Raschell o Polisombra, la cual se mostró más efectiva y económica con relación a los demás materiales utilizados. Se puede determinar que el material alternativo diferente a la malla Raschell o Polisombra, de menor costo para su instalación fue la guata y el

costal de fique (\$62000); y los de mayor costo, el velo (\$74000) y la tela quirúrgica (\$68500).

Conclusiones

El diseño e implementación de un sistema de atrapanieblas es viable en sectores de alta montaña como la vereda de Tocavita del municipio de Siachoque; dado que las condiciones del entorno facilitan la consecución, transporte y adecuación de los materiales requeridos, al igual que se encuentra receptividad y aceptación por parte de sus habitantes.

Se logró establecer que existen materiales como la guata, tela quirúrgica, el tul o velo y el costal, que son diferentes a los convencionalmente utilizados en sistemas de atrapanieblas, y que llegan a ser efectivos en diferentes niveles al ser utilizados para la captación de agua.

Se corroboró la eficiencia de la malla Raschell o Polisombra como material convencional utilizado en sistemas de atrapaniebla, demostrando que es altamente funcional en la captación de agua, alcanzando un volumen de 26.975 cm^3 de agua durante el tiempo de duración del experimento.

Al comparar la eficiencia de captura de neblina de los tratamientos utilizados en el sistema atrapaniebla, según el nivel de volumen de agua captado, se logró concluir que el tratamiento que alcanzó mayor volumen fue la polisombra seguido por la tela quirúrgica. Sin embargo, dadas las alteraciones en las características físicas que presentó la tela quirúrgica, se establece que aunque es un material que captura la niebla con eficiencia, es poco durable y se afecta de rápidamente por las condiciones ambientales.

De los materiales alternativos, se encontró eficiencia significativa en el tratamiento de velo, el cual alcanzó un volumen de captura de agua similar a la tela quirúrgica, con una diferencia de 95 cm^3 ; no obstante, el velo mantuvo sus características físicas originales. Comparada con la malla Raschell, el velo alcanzó buen nivel de captura, encontrándose una diferencia de 2530 cm^3

la cual se considera medianamente representativa.

Los tratamientos con menor rendimiento alcanzado fueron el costal de fique y la guata, los cuales tuvieron un nivel de captura de 20.595 y 20.305 cm³ respectivamente, muy por debajo de lo capturado por el tratamiento de la Raschell.

Con relación a la rentabilidad que pueden tener los diferentes tratamientos utilizados, se estableció que el de menor costo para su instalación en un sistema de atrapanieblas como el propuesto en la investigación, es la malla Raschell o Polisombra (\$52.000); el segundo material de menor precio fue el costal de fique y la guata (\$62.000).

La tela quirúrgica y el velo, fueron los tratamientos con buen desempeño de captación de agua, no obstante los costos de su implementación se mantienen elevados en sistemas de atrapanieblas mayor gran escala.

Aunque el volumen del agua captada fue significativa, no siempre es suficiente para abastecer toda una comunidad, por eso debe ser tomada como una alternativa para predios o fincas pequeñas.

Este proyecto ayudó a obtener información sobre cómo se comportan los atrapanieblas y cuál es su rendimiento, sus costos de implementación dependiendo el tipo de malla que se quiera utilizar.

Recomendaciones

Es necesario hacer un reconocimiento al terreno antes de diseñar los atrapanieblas para poder decidir qué tipo de estructura utilizar, teniendo en cuenta la topografía y la dirección de los vientos, para que sea más efectiva la captura de niebla.

Siempre es mejor diseñar un atrapaniebla con una estructura de fácil construcción, para que se pueda hacerlo mano de obra no calificada, pues generalmente las condiciones topográficas son de difícil accesibilidad afectando no solo el ingreso del material sino la disponibilidad de personas para su realización.

Para la construcción de la estructura es necesario contar con las herramientas adecuadas, ya que al realizarse en lugares apartados se dificulta el traslado y la consecución de estos equipos generando retrasos e incrementando los costos.

Es necesario que los atrapanieblas se ubiquen dentro de las fincas en un lugar que no sean propenso a contaminación, dado que la dirección del viento que puede traer residuos o contaminantes peligrosos como los fungicidas y pesticidas de los cultivos, que al entrar en contacto con el sistema afectarían la calidad del agua.

Referencias Bibliográficas

Alcaldía Municipal de Siachoque. Esquema de Ordenamiento Territorial EOT Siachoque

Boyacá 2001 – 2010. Documentos Municipales. Anexo componente Biofísico. Recuperado en: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot%20-20siachoque%20-%20boyac%C3%A1%20-%20anexo%20componente%20biofisico\(%2026%20pag%20-%20722kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot%20-20siachoque%20-%20boyac%C3%A1%20-%20anexo%20componente%20biofisico(%2026%20pag%20-%20722kb).pdf)

Aránguiz, et. al. (2009). Diseño generativo Aplicación en Sistemas de Atrapanieblas en el norte de Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Seminario de Diseño Computacional II. Recuperado en:

file:///C:/Users/betts/Downloads/S2_Dise_o_Generativo_2009.pdf

Barradas, V. (2000). La importancia de la niebla como fuente natural y artificial de agua en la región de las grandes montañas del Estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 2 p. 43 – 48. Recuperado en:

<file:///C:/Users/betts/Downloads/2000ImportanciaNieblaVeracruz.pdf>

Baugh, G. (2011). Sección tres: Directorio textil. Capítulo cuatro: Expansión — Tules y redecillas. *Manual de tejidos para diseñadores de moda*. En castellano, 1ª edición. Barcelona (España): Parramón Ediciones, S.A. pp. 228-229. ISBN 978-84-342-3831-2. Recuperado en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Tul>

Cárdenas, C. y Moncayo, A. (2017). *Diseño e Implementación de sistemas de captación de agua lluvia y condensación atmosférica tipo “Warka water” en la parroquia Palmira, Provincia de Chimborazo*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción. Ecuador. Recuperado en: <file:///C:/Users/betts/Downloads/T-ESPE-057206.pdf>

- Climate-data.org. Datos climáticos mundiales. Recuperado en: <https://es.climate-data.org/location/44452/>
- Cruz, F. y Peñaranda, V. (2010). Sistemas Hídricos Un paso en dirección al manejo eficiente de los sistemas hídricos. Caso de estudio: Municipio de Samacá (Boyacá). *Revistas Universidad Santo Tomás. Tunja.* Recuperado en: revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/download/116/91
- GIRALDO, B. (2013). *Metodología de la Investigación.* Recuperado en: <https://bianneygiraldo77.wordpress.com/category/capitulo-iii/>
- Gobernación de Boyacá (2011). Indicadores Básicos en Salud Boyacá 2011. Ministerio de Salud. Recuperado en: <https://www.minsalud.gov.co/plandecenal/mapa/Analisis-de-Situacion-Salud-Boyaca-2011.pdf>
- González, S. y Torres, J. (2009). *Gestión ambiental de las tierras secas del sur del Perú: cosecha del agua de neblinas en lomas de Atiquipa.* Centro de Investigaciones de Zonas Áridas (CIZA) Universidad Nacional Agraria La Molina. *Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental.* Vol. XXX, No. 3. Perú. p. 34 – 38. Recuperado en: <http://docplayer.es/45712282-Gestion-ambiental-de-las-tierras-secas-del-sur-del-peru-cosecha-del-agua-de-neblinas-en-lomas-de-atiquipa.html>
- Hernández, Leiva & Rivera (2014). Agua de niebla. Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas. Dirección General de Aguas, Consultora Profesional Agraria Sur, Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado en: <http://www.cda.uc.cl/wp-content/uploads/2015/12/Libro-Agua-de-Niebla-1.pdf>
- Hidalgo, D. (2016). *Captación de agua por medio de la técnica de atrapanieblas en las comunidades campesinas de Galte, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo, Ecuador.*

- Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción. Ecuador. Recuperado en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11891/1/T-ESPE-053243.pdf>
- INDA, Association of the Nonwoven Fabrics Industry. «About Nonwovens» (en inglés). Consultado el 8 de julio de 2012. Recuperado en: <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/No%20tejido/es-es/>
- Limitada, C. P. A. S. (2011). La niebla una fuente de alternativa de recursos hídricos en zonas semiáridas, con sistemas de captación altamente eficientes y usos no tradicionales. Dirección General de Aguas, Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado en: <http://repositoriodigital.corfo.cl/handle/11373/2694>
- Mendoza, B. y Castañeda, F. (2014). Criterios metodológicos para la definición de Sistemas de Captación de Aguas con base en lluvia horizontal. Facultad de Ingeniería, Programa de Especialización en Recursos Hídricos. Universidad Católica de Colombia. Bogotá
- Pascual, et. al. (2011). Tecnología para la recolección de agua de niebla. Universidad Alcalá de Henares, Madrid – España. Recuperado en: https://www.researchgate.net/profile/Ojilve_Ramon_Medrano_Perez/publication/257199788_TECNOLOGIA_PARA_LA_RECOLECCION_DE_AGUA_DE_NIEBLA/links/004635249e0fbcc454000000.pdf
- Prensa – Noticias (2016). Oficina Asesora de Comunicaciones y Protocolo de la Gobernación de Boyacá. Recuperado en: <http://www.boyaca.gov.co/prensa-publicaciones/noticias/7156-municipio-de-siachoque-enfrenta-dificultades-por-falta-de-agua>

- Sánchez, A. (2010). Captación de agua a partir de la niebla por pinos en la región montañosa central de Veracruz. Universidad Veracruzana, Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas. Recuperado en: <https://core.ac.uk/download/pdf/16305324.pdf>
- Sarria, et. al. (2015). Evaluación social de alternativas de abastecimiento de agua potable a la costa sur de Iquique. Universidad de Chile, Facultad de Economía y Negocios. Recuperado en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/134624/Evaluaci%C3%B3n%20social%20de%20alternativas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20po.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soriano, M. (2015). Niebla como fuente alternativa para suministro de agua. Especialización en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Recuperado en: <http://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/243/1/CD-Especializaci%C3%B3n%20en%20Recursos%20Hidraulicos%20y%20Medio%20Ambiente-80737338.pdf>
- Udale, J. (2008). La construcción de los textiles. Diseño textil, tejidos y técnicas. Primera edición. Barcelona, España. Gustavo Gili. p. 86. ISBN 978-84-252-2269-6. Recuperado en: http://www.gpedia.com/es/gpedia/Textil_no_tejido
- UNICEF (2016). El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo. Colombia. Recuperado en: <https://www.unicef.org/colombia/pdf/Agua3.pdf>
- Vistin, D. (2014). Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de agua por medio de dos tipos de neblinómetros en las tres cuencas de la parroquia Achupallas, cantón Alausi, provincia de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Ecuador. Recuperado en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3595/1/33T0130%20.pdf>

**Anexo A. Resultados registros de captación de volumen de agua según material de malla
utilizado**

Captación volumen de agua Tratamiento 1 (Tela Quirúrgica) por Repetición

<i>Captación volumen de agua Tratamiento 1 (Tela Quirúrgica) por Repetición</i>			
Fecha Captura / No. Pantalla	1	2	3
18/12/2016	0	5	5
21/12/2016	320	520	440
24/12/2016	300	310	300
27/12/2016	300	310	300
30/12/2016	70	80	60
2/01/2017	300	320	300
5/01/2017	5	5	0
8/01/2017	300	270	290
11/01/2017	300	325	290
14/01/2017	300	310	310
17/01/2017	80	50	70
20/01/2017	300	320	310
23/01/2017	0	10	0
26/01/2017	15	30	25
29/01/2017	280	320	300
1/02/2017	0	10	0
4/02/2017	300	300	300
7/02/2017	0	0	0
10/02/2017	10	10	10
13/02/2017	300	320	310
16/02/2017	0	0	0
19/02/2018	0	0	0
22/02/2017	40	70	50
25/02/2017	300	320	370
28/02/2017	260	160	210
2/03/2017	280	260	220
6/03/2017	10	10	10
9/03/2017	300	280	210
12/03/2017	300	360	280
15/03/2017	310	330	310
18/03/2017	300	300	315
21/03/2017	300	310	310
24/03/2017	310	310	360

<i>Captación volumen de agua Tratamiento 1 (Tela Quirúrgica) por Repetición</i>			
Fecha Captura / No. Pantalla	1	2	3
27/03/2017	300	280	310
30/03/2017	0	10	10
3/04/2017	0	0	10
5/04/2017	0	0	0
8/04/2017	300	300	310
11/04/2017	330	360	310
14/04/2017	300	310	290
17/04/2017	310	300	300
20/04/2017	300	310	300
Sub Total	8.030	8.405	8.105
TOTAL cm ³			24.540

Captación volumen de agua Tratamiento 2 (Guata) por Repetición

<i>Captación volumen de agua Tratamiento 2 (Guata) por Repetición</i>			
Fecha de captura / No. Pantalla	1	2	3
18/12/2016	5	0	10
21/12/2016	400	200	130
24/12/2016	310	300	310
27/12/2016	310	300	300
30/12/2016	0	0	0
2/01/2017	300	320	320
5/01/2017	0	0	0
8/01/2017	120	140	60
11/01/2017	300	300	300
14/01/2017	300	300	300
17/01/2017	300	260	300
20/01/2017	300	300	310
23/01/2017	0	0	0
26/01/2017	0	0	0
29/01/2017	300	300	300
1/02/2017	0	0	0
4/02/2017	300	280	300
7/02/2017	0	0	0
10/02/2017	0	0	0
13/02/2017	320	320	310
16/02/2017	0	0	0

<i>Captación volumen de agua Tratamiento 2 (Guata) por Repetición</i>			
Fecha de captura / No. Pantalla	1	2	3
19/02/2018	0	0	0
22/02/2017	0	0	0
25/02/2017	300	300	300
28/02/2017	190	290	180
2/03/2017	270	265	285
6/03/2017	0	0	0
9/03/2017	210	200	160
12/03/2017	180	165	225
15/03/2017	300	290	300
18/03/2017	160	180	210
21/03/2017	300	300	310
24/03/2017	310	300	320
27/03/2017	230	205	190
30/03/2017	0	0	0
3/04/2017	0	0	0
5/04/2017	0	0	0
8/04/2017	120	100	70
11/04/2017	180	90	80
14/04/2017	110	85	100
17/04/2017	320	310	310
20/04/2017	300	290	280
Sub Total	7.045	6.690	6.570
TOTAL cm ³			20.305

Captación volumen de agua Tratamiento 3 (Costal de Fique) por Repetición

<i>Captación volumen de agua Tratamiento 3 (Costal de Fique) por Repetición</i>			
Fecha de captura / No. Pantalla	1	2	3
18/12/2016	10	10	0
21/12/2016	140	240	100
24/12/2016	300	300	300
27/12/2016	280	300	300
30/12/2016	0	20	20
2/01/2017	300	310	300
5/01/2017	0	0	0
8/01/2017	40	90	80
11/01/2017	280	190	100
14/01/2017	300	300	180

<i>Captación volumen de agua Tratamiento 3 (Costal de Fique) por Repetición</i>			
Fecha de captura / No. Pantalla	1	2	3
17/01/2017	300	300	225
20/01/2017	300	300	300
23/01/2017	0	0	0
26/01/2017	10	20	10
29/01/2017	300	300	300
1/02/2017	0	0	0
4/02/2017	340	300	300
7/02/2017	10	10	10
10/02/2017	0	0	0
13/02/2017	310	330	300
16/02/2017	0	0	0
19/02/2018	0	0	0
22/02/2017	0	0	10
25/02/2017	300	300	320
28/02/2017	90	70	60
2/03/2017	300	300	300
6/03/2017	0	0	0
9/03/2017	310	310	320
12/03/2017	310	330	320
15/03/2017	290	280	250
18/03/2017	120	90	60
21/03/2017	290	300	320
24/03/2017	330	310	300
27/03/2017	310	220	300
30/03/2017	15	10	0
3/04/2017	0	0	0
5/04/2017	0	0	10
8/04/2017	120	90	60
11/04/2017	310	250	300
14/04/2017	300	310	295
17/04/2017	300	290	260
20/04/2017	180	200	210
Sub Total	7.095	6.980	6.520
TOTAL cm ³			20.595

Captación volumen de agua Tratamiento 4 (Velo) por Repetición

<i>Captación volumen de agua Tratamiento 4 (Velo) por Repetición</i>			
Fecha de captura / No. Pantalla	1	2	3
18/12/2016	20	10	5
21/12/2016	520	310	300
24/12/2016	300	300	310
27/12/2016	300	310	190
30/12/2016	70	140	0
2/01/2017	300	320	320
5/01/2017	40	20	30
8/01/2017	310	300	90
11/01/2017	310	300	240
14/01/2017	320	300	300
17/01/2017	300	300	300
20/01/2017	300	300	300
23/01/2017	10	20	10
26/01/2017	0	0	0
29/01/2017	300	300	300
1/02/2017	10	20	10
4/02/2017	300	300	300
7/02/2017	0	0	0
10/02/2017	70	80	60
13/02/2017	320	310	300
16/02/2017	0	0	0
19/02/2018	0	0	0
22/02/2017	0	0	0
25/02/2017	300	300	320
28/02/2017	80	100	110
2/03/2017	300	300	300
6/03/2017	0	0	0
9/03/2017	330	360	345
12/03/2017	290	300	310
15/03/2017	310	300	290
18/03/2017	270	285	300
21/03/2017	280	240	310
24/03/2017	310	310	330
27/03/2017	310	310	310
30/03/2017	0	0	10
3/04/2017	10	0	10
5/04/2017	0	0	10

<i>Captación volumen de agua Tratamiento 4 (Velo) por Repetición</i>			
Fecha de captura / No. Pantalla	1	2	3
8/04/2017	300	300	320
11/04/2017	330	310	240
14/04/2017	300	260	255
17/04/2017	310	300	320
20/04/2017	345	310	290
Sub Total	8.475	8.225	7.745
TOTAL cm ³			24.445

Captación volumen de agua Tratamiento 5 (Polisombra) por Repetición

<i>Captación volumen de agua Tratamiento 5 (Polisombra) por Repetición</i>			
Fecha de captura / No. Pantalla	1	2	3
18/12/2016	10	0	15
21/12/2016	280	240	310
24/12/2016	300	290	300
27/12/2016	300	280	220
30/12/2016	40	110	50
2/01/2017	240	280	280
5/01/2017	20	15	35
8/01/2017	300	300	300
11/01/2017	310	335	290
14/01/2017	300	300	300
17/01/2017	300	300	300
20/01/2017	300	300	300
23/01/2017	0	0	0
26/01/2017	10	0	10
29/01/2017	300	300	300
1/02/2017	0	0	0
4/02/2017	340	300	300
7/02/2017	10	10	10
10/02/2017	90	100	100
13/02/2017	310	310	300
16/02/2017	10	15	10
19/02/2018	10	10	10
22/02/2017	30	20	30
25/02/2017	320	350	310
28/02/2017	160	150	180

<i>Captación volumen de agua Tratamiento 5 (Polisombra) por Repetición</i>			
Fecha de captura / No. Pantalla	1	2	3
2/03/2017	300	300	300
6/03/2017	20	15	25
9/03/2017	425	410	390
12/03/2017	460	400	405
15/03/2017	360	335	380
18/03/2017	320	360	305
21/03/2017	360	370	335
24/03/2017	315	330	340
27/03/2017	400	360	335
30/03/2017	30	20	25
3/04/2017	15	0	10
5/04/2017	20	0	0
8/04/2017	380	400	310
11/04/2017	355	375	390
14/04/2017	340	320	305
17/04/2017	360	310	315
20/04/2017	370	410	395
Sub Total	9.120	9.030	8.825
TOTAL cm ³			26.975