

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Ambiental*

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**“EFICIENCIA METEOROLÓGICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE
NEBLINÓMETROS SINTÉTICOS Y ORGÁNICOS EN LA COSECHA DE
AGUA APLICADOS EN LA LOMA DE RAMOS PERTENECIENTE A LA
COMUNA PICHIKRA DE LA PARROQUIA SAN LUCAS, CANTÓN Y
PROVINCIA DE LOJA”**

AUTOR:

FREDDY ROLANDO GUAMÁN CONDOLO

TUTOR:

Dr. FREDI LEONIDAS PORTILLA FARFÁN

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Freddy Rolando Guamán Condolo con documento de identificación N° 1105743940, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: **“EFICIENCIA METEOROLÓGICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE NEBLINÓMETROS SINTÉTICOS Y ORGÁNICOS EN LA COSECHA DE AGUA APLICADOS EN LA LOMA DE RAMOS PERTENECIENTE A LA COMUNA PICHIKRA DE LA PARROQUIA SAN LUCAS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Ambiental*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, agosto de 2021.



Freddy Rolando Guamán Condolo

C.I. 1105743940

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“EFICIENCIA METEOROLÓGICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE NEBLINÓMETROS SINTÉTICOS Y ORGÁNICOS EN LA COSECHA DE AGUA APLICADOS EN LA LOMA DE RAMOS PERTENECIENTE A LA COMUNA PICHIKRA DE LA PARROQUIA SAN LUCAS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”**, realizado por Freddy Rolando Guamán Condolo obteniendo el *Trabajo Experimental*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, agosto de 2021.



Fredi Leonidas Portilla Farfán, Ph.D.

C.I. 0102824331

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Freddy Rolando Guamán Condolo con documento de identificación N° 1105743940, autor del trabajo de titulación: **“EFICIENCIA METEOROLÓGICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE NEBLINÓMETROS SINTÉTICOS Y ORGÁNICOS EN LA COSECHA DE AGUA APLICADOS EN LA LOMA DE RAMOS PERTENECIENTE A LA COMUNA PICHIKRA DE LA PARROQUIA SAN LUCAS, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”**, certifico que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, agosto de 2021.



Freddy Rolando Guamán Condolo.

C.I. 1105743940

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo a Dios, por brindarme sabiduría, inteligencia, humildad y guiarme en cada paso de mi vida.

A mis padres Luis Guamán y María Condolo por ser los pilares fundamentales en el trayecto de mi vida académica, agradezco por enseñar los buenos modales y brindarme sus consejos cuando más lo necesitaba, porque a pesar de los momentos difíciles siempre estuvieron ahí motivándome, luchando incansablemente para poder alcanzar mis sueños, me siento muy orgulloso de haber tenido unos padres capaces de brindarme la educación a pesar de durísima situación económica, no me alcanzará la vida para agradecerles por el gran sacrificio que han hecho por mí.

Así mismo a mis hermanos/as, porque en los momentos difíciles siempre estuvieron ahí para brindarme su apoyo moral y económicamente, de la misma manera a mis amigos/as de manera especial a mi fiel compañera de mi vida por su apoyo incondicional durante el tiempo de estudio.

Freddy Rolando Guamán Condolo.

AGRADECIMIENTO.

A nuestro creador por prestarme la vida e iluminarme bajo su espíritu en cada paso y en cada momento de mi vida.

A mis padres por darme la mejor herencia (fe, educación y buen ambiente de familia) por enseñarme a ser perseverante en la vida e instruir a ser buen padre, buen hijo y buen hermano.

A la Universidad Politécnica Salesiana y de manera especial al personal docente, administrativo y de apoyo de la carrera de ingeniería ambiental por brindarnos sus conocimientos y educarnos en valores para juntos construir una sociedad más justa, digna y equitativa.

De la misma manera, expreso mis más sinceros agradecimientos al tutor de tesis PhD Freddi Portilla Farfán por su confianza depositada y brindarme su apoyo incondicional para llevar adelante el trabajo investigativo y de tal manera poder cumplir con los objetivos planteados.

Finalmente agradezco al señor Miguel Ángel Macas dueño del terreno donde se realizó la construcción por permitir desarrollar el trabajo experimental y de esta manera poner en práctica los conocimientos adquiridos dentro de la academia.

RESUMEN.

Según los datos obtenidos del PDOT (2015), de la Parroquia San Lucas Cantón y Provincia de Loja, aborda una problemática ambiental que consiste en el retraso del crecimiento de los pastos cultivados producidos por déficit hídrico durante los meses noviembre y diciembre principalmente en las comunidades altas de la parroquia. En tal virtud, la presente investigación se enfoca en la captura del agua de niebla, utilizando el método deductivo inductivo, se comenzó con la construcción de los neblinómetros sintéticos y orgánicos de 1 m de ancho y 1.5 m de largo, colocados a una altura de 2 m sobre la superficie de la tierra y mediante la intercepción de los vientos del sur permitió la captura del agua. Con los resultados obtenidos de la toma de muestras en un rango de cada tres días se evidenció, que el neblinómetro construido a partir del saco de yute mostró mayor eficiencia en la captación del agua, logrando un promedio de 0.62 l/día; mientras que el neblinómetro construido a partir del sarán al 65% de sombra, alcanzó un promedio de 0.58 l/día, cuya diferencia no es significativa; de la misma forma se contrastó que el costo del litro del agua alcanzó los 0.17 y 0.16 centavos respectivamente para un tiempo de duración de un año. En conclusión, los neblinómetros contribuyen a la producción constante del agua utilizable para el consumo y riego en los campos agrícolas, convirtiéndose en una tecnología rentable a largo plazo por el bajo costo de construcción y operación sencilla.

Palabras claves. Agua, neblina, altitud, vientos, colectores, captura.

ABSTRACT.

According to the data obtained from the PDOT (2015), from the Saint Luca's Canton and Loja's Province, it addresses an environmental problem that consists of delay in the growth of cultivated pastures produced by water deficit during the months of November and December, mainly in the communities high in the parish. Therefore, the present investigation focuses on fog water capture, using the inductive deductive method, the construction of synthetic and organic neblinometers with the proportions 1 m wide and 1,5 m long, what is placed at a height of 2 m above the surface of the earth and through the interception of the southerly winds allowed the water capture. Once the results are obtained by the sampling in a range of every three days, it was evidenced that the neblinometer built from the jute bag showed greater efficiency in capturing water, achieving an average of 0.62 l / day; while the neblinometer built by the saran at 65% shade, reached an average of 0.58 l / day, whose difference is not significant; in the same way, it was contrasted about the cost of a liter of water reached 0.17 and 0.16 cents respectively for a one-year duration. Inference, neblinometers contribute to the constant production of usable water for consumption and irrigation in agricultural fields, becoming a profitable technology in the long term due to the low cost of construction and simple operation.

Keywords. Water, mist, altitude, winds, collectors, catch.

ÍNDICE

DEDICATORIA.	III
RESUMEN.	VII
ABSTRACT.	VIII
ILUSTRACIÓN.	XII
TABLAS.	XIII
1. CAPÍTULO I.	1
1.1. Introducción.	1
1.1. Planteamiento del Problema.	2
1.2. Justificación.	3
1.3. Delimitación.	5
1.3.1. Delimitación espacial.	5
1.3.2. Delimitación temporal.	6
1.3.3. Delimitación Académica.	6
1.4. Objetivos.	6
1.4.1. Objetivo general.	6
1.4.2. Objetivos específicos.	6
2. CAPÍTULO II.	7
2.1. Fundamentación legal.	7
2.2. Fundamentación teórica.	7
2.2.1. Atrapanieblas.	7
2.2.2. Análisis estructural.	9
2.2.3. Elementos de construcción.	2
2.2.4. Efectos de los vientos sobre las mallas y las estructuras.	4
2.2.5. Cosecha de niebla.	4

2.2.6.	La neblina o niebla.	5
2.2.7.	Condensación.	6
2.2.8.	Densidad de la niebla.	6
2.2.9.	pH del agua de lluvia.	6
2.2.10.	Usos del agua de las nieblas.	7
2.2.11.	Estudio ambiental.	7
2.2.1.	Evaluación ambiental de proyectos.	8
2.2.2.	Análisis de costo-beneficio.	8
2.2.3.	Investigación cualitativa.	9
2.2.4.	Condiciones para la captación de agua de niebla.	9
2.2.5.	Tipos de captadores de niebla.	11
2.2.6.	Tipos de nieblas.	15
2.3.	Antecedentes.	16
3.	CAPÍTULO III.	23
3.1.	Materiales y métodos.	23
3.1.1.	Materiales.	23
3.1.2.	Equipos.	23
3.2.	Validación y confiabilidad de los instrumentos.	23
3.2.1.	Estación meteorológica.	23
3.2.2.	GPS (Sistema de Posicionamiento Global).	24
3.2.3.	Envase de recolección.	24
3.2.4.	Tratamiento de datos.	25
3.3.	Metodología.	25
3.3.1.	Localización del área de estudio.	26
3.3.2.	Medición y registro de datos.	27

3.3.3.	Evaluación de costo y beneficio.	27
3.3.4.	Descripción de los impactos ambientales.	28
3.4.	Características climatología de la zona de estudio.	28
3.4.1.	Variables independientes.	28
1.1.1.	Variables dependientes.	29
4.	CAPÍTULO IV.	30
4.1.	Análisis de resultados.	30
4.1.1.	Construir neblinómetros a partir de fibras sintéticas y orgánicas.	30
4.1.2.	Construcción de la estructura.	30
4.1.3.	Evaluar la eficiencia de captación de agua de neblinómetros en la Loma de Ramos- Loja.	33
4.1.4.	Análisis de pH del agua.	37
4.1.5.	Realizar análisis de costo beneficios de cada uno de los modelos construidos de neblinómetros y aplicados en la zona de estudio.	38
4.1.6.	Describir los impactos ambientales generados por los neblinómetros en la zona en estudio.	42
5.	CAPÍTULO V.	48
5.1.	Discusión científica.	48
5.2.	Conclusiones.	50
5.3.	Recomendaciones.	52
5.4.	Bibliografía.	53
5.5.	Anexos.	61
	Anexo 1. Hoja de campo para el registro de datos del volumen del agua.	61
	Anexo 2: Registro fotográfico de materiales y toma de datos de campo.	62

ILUSTRACIÓN.

Ilustración 1: Mapa de ubicación. Fuente: Autor (2021).....	5
Ilustración 2: Atrapanieblas bidimensionales. Fuente: Garciglia (2015).	8
Ilustración 3: Atrapanieblas tridimensionales. Fuente: Espinosa, (2011).	9
Ilustración 4: La estructura de los soportes de atrapanieblas puede ser rígida (a) o flexible (b). Fuente: (Cereceda et al., 2014).	9
Ilustración 5: Imágenes microscópicas de tipos de mallas. Fuente: (Palomino, 2020).	3
Ilustración 6: Malla de sarán Raschel negra. Fuente: Simón (2009).	2
Ilustración 7: Saco de yute. Fuente: Joseph Belanger, (2012).	3
Ilustración 8: Captadores Planos. Fuente: Martín (2016).	12
Ilustración 9: Captadores cilíndricos. Fuente: Cabezas & Castillo (2016).	13
Ilustración 10: Captadores tipo escarabajo. Fuente: Sacramento & Tapia (2017).	13
Ilustración 11: Captadores tipo cometa. Fuente: Estela (2018).	14
Ilustración 12: Colector tipo tienda de Campaña. Fuente: Pirineos (2013).	14
Ilustración 13: Especificación técnica del instrumento GPS utilizada. Fuente: Autor (2021).	24
Ilustración 14: Envase de almacenamiento del agua recolectada. Fuente: Autor (2021).	24
Ilustración 15: Diseño de neblinómetros a construir. Fuente: Autor (2021).	26
Ilustración 16: Ubicación del punto en la zona de estudio. Fuente: Google Earth (2021). ..	26
Ilustración 17: a) Excavación de agujeros, b). Fijación de los postes de madera a una distancia de 1.6 m entre ellas. Fuente: Autor (2021).	30
Ilustración 18: a) Acople de cuerdas en los elementos captadores. a) Montaje sobre los soportes previamente fijados en la superficie. Fuente: Autor (2021).	31
Ilustración 19: a) Canaletas de recolección, b) transporte, c) almacenamiento del agua. Fuente: Autor (2021).	32
Ilustración 20: a) Montaje del sistema de captación, b) recolección, transporte y c) almacenamiento del agua. Fuente: Autor (2021).	32

Ilustración 21: a) montaje de las canaletas de recolección, b) conexionado de sistema de almacenamiento con las canaletas de recolección, c) ajuste del tensor de la infraestructura con la superficie de la tierra. Fuente: Autor (2021).	33
Ilustración 22: Eficiencia del volumen captación del agua mensual captada a través de sarán al 65% de sombra. Fuente: Autor (2021).	34
Ilustración 23: Comportamiento del volumen del agua recolectada cada tres días por captadores a base de sarán. Fuente: Autor (2021).	34
Ilustración 24: Eficiencia del volumen de captación del agua mensual captada a través de saco de yute. Fuente: Autor (2021).	35
Ilustración 25: Comportamiento del volumen recolectada cada tres días por captadores de saco de yute. Fuente: Autor (2021).	36
Ilustración 26: Comparación de la eficiencia de captación del agua de sacos de yute versus sarán al 65% de sombra. Fuente: Autor (2021).	36
Ilustración 27: Eficiencia de captación mensual de agua para prototipos construidos a base de sarán y sacos de yute. Fuente: Autor (2021).	37
Ilustración 28: Medición de la calidad del agua (pH). Fuente: Autor (2021).	37
Ilustración 29: a) Medida del pH del agua, b) color del agua. Fuente: Autor (2021).	38

TABLAS.

Tabla 1: Neblinómetros instaladas en el mundo y promedios de captación.	21
Tabla 2: Tabla de registro de datos en campo.	25
Tabla 3: Coordenadas de localización de la zona de construcción.	27
Tabla 4: Velocidad y dirección del viento de la estación La Argelia.	29
Tabla 5: Presupuesto para construcción de captadores a base de sarán al 65% de sombra.	38
Tabla 6: Resumen de resultados.	40
Tabla 7: Presupuesto para la construcción de captadores a base de saco de yute.	40
Tabla 8: Resumen de resultados.	42
Tabla 9: Descripción de las actividades en las fases de: estudio, ejecución y mantenimiento.	43
Tabla 10: Descripción de los parámetros ambientales de mayor incidencia en la ejecución del proyecto.	44

1. CAPÍTULO I.

1.1. Introducción.

El recurso agua se constituye un elemento primordial para el desarrollo de la vida en el planeta, el 70% del total de la superficie de la tierra es agua, pero solo el 2.5% corresponde a agua dulce, su utilidad en todo proceso de la vida diaria, uso doméstico, riego en los campos agrícolas y la producción (Guerrero, 2014).

La pobreza y el subdesarrollo son una de las causas de la escasez de agua. Según la UNESCO (2015), pronostica que en 2030 el universo tendrá que enfrentar un déficit mundial del 40% del agua, por ende, es indispensable cuidar el medio ambiente ya que garantiza recursos limpios para múltiples actividades cotidianas y económicas. IANAS (2019), señala que “los recursos hídricos son un componente clave para apoyar y fortalecer el desarrollo sostenible en el hemisferio americano y en el mundo”.

La disponibilidad de las fuentes de agua dulce en las zonas altas, es una de las preocupaciones más significativas que enfrenta la sociedad en la actualidad y será más evidente en el futuro, provocando que millones de familias en el mundo sufran el desabastecimiento del recurso hídrico principalmente en los países subdesarrollados (Pascual-Aguilar et al., 2011).

La Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU, 2010), reconoce el derecho al agua y al saneamiento siendo ambos indispensables para el desarrollo de una vida digna, teniendo una estrecha relación con la mejora en la salud y el crecimiento económico, de igual forma reconoce, que el agua es un recurso indispensable para la producción de los alimentos, la generación energía manteniendo los ecosistemas solubles y convirtiéndose en un recurso para el desarrollo sostenible y socioeconómico.

Muchos de los países del mundo, optaron por la implementación de tecnologías para la captación del agua de niebla, obtenido resultados exitosos (Pascual-Aguilar et al., 2011), el proceso consiste, en captar el agua que cae en forma de rocío sobre las hojas de las plantas, al reemplazar las hojas por las mallas de polipropileno sujetadas por dos postes de madera en cada extremo y ubicadas en dirección de los vientos predominantes, logran obtener mayor

eficiencia en la recolección de las gotas de agua. A medida que las gotas quedan retenidas sobre las mallas y al reunir las condiciones de peso, caen por efecto de la gravedad hacia la canaleta de recolección para luego ser transportadas hacia los depósitos de recolección (Vistin, 2014).

Varios estudios en todo el mundo (Tabla 1), demuestran que los rendimientos diarios de la recolección del agua de niebla se sitúan entre 0.2 a 4 l/m²/día, la capacidad de recolección de una malla depende esencialmente de la estructura de diseño (Ritter et al., 2015); el factor de mayor peso en la captación del agua es la velocidad que recorre las nieblas, sin embargo, se debe tener presente; la presencia de obstáculos, geo formaciones, orientación y latitud (Vera, 2018).

En la región sierra ecuatoriana, la gran parte de las fuentes de agua dulce se encuentra en el ecosistema del páramo, que a su vez es considerado como un tipo de humedal que proveen servicios ambientales significativos, cumpliendo funciones primordiales dentro de la biosfera (Guerrero, 2014), de modo que cuando existen precipitaciones produce mayores volúmenes de agua utilizable.

1.1. Planteamiento del Problema.

La escasa fuente de agua para riego y el consumo de los animales, es una problemática que pone en riesgo la seguridad alimentaria a nivel del mundo (Irfan et al., 2014); nuestro país no es excepción, la mayoría de las comunidades campesinas no disponen de cantidad y calidad de agua de riego que compense el déficit hídrico dentro de los campos agrícolas.

Las cuencas hidrográficas de alta montaña presentan graves problemas de deterioro ecológico y erosión de los suelos debido a la deforestación, además de las prácticas agrícolas inadecuadas y el sobre pastoreo que puede producir efectos irreversibles en las poblaciones de las zonas rurales dedicados a la actividad agrícola (FAO, 2007).

La extinción de la vegetación endémica y de la fauna autóctona de los páramos, están relacionados directamente con los asentamientos humanos, la agricultura extensiva, la deforestación, sobrepesca, la implementación de tecnologías inadecuadas, convirtiéndose en los responsables de la alteración y degradación de las fuentes de agua (Mínguez et al., 2009).

La cantidad de agua dulce disponible para uso dentro del sector agrícola y urbano-industrial, se ha reducido considerablemente a causa del uso excesivo de aguas superficiales y subterráneas destinadas al riego dentro de los campos agrícolas para la producción de alimentos para una población en constante crecimiento (Villacrés, 2011).

En la actualidad las actividades agrícolas y pecuarias de las comunidades altas de la parroquia requieren mayor demanda del recurso hídrico, esto hace que las fuentes de captación de agua se hagan cada vez más diversas y el recurso cada vez más escaso. A pesar que la parroquia de San Lucas, cuenta con un clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo (77%) y con recursos hídricos abundantes, una gran parte de las comunidades altas tienen problemas de desabastecimiento de agua, que conlleva a la pérdida de vegetación herbáceas, retraso en el crecimiento de los cultivos y la desecación de las fuentes de agua; cabe mencionar que unos 6432 Ha de superficie son utilizados en cultivos de pasto, para la crianza de ganados vacunos, equinos y animales menores (Cabrera et al., 2014), se evidencia que debido a la deforestación y a la sequía que ocurre en los meses de verano, se ve afectado significativamente el desabastecimiento del recurso hídrico.

Por tal razón, es indispensable buscar soluciones con tecnologías prácticas y aplicables que permitan obtener agua en temporadas de sequía. Actualmente no existen estudios relacionados a la cosecha de agua en la provincia de Loja, por lo tanto, se desconoce el valor de captación que convertiría en una fuente alternativa para satisfacer las necesidades básicas, por ende, es indispensable un registro fiable del volumen de captación en un periodo determinado de tiempo mediante la implementación de atrapanieblas.

1.2. Justificación.

La escasa disponibilidad y calidad de los recursos hídricos, son uno de los problemas sociales que limita satisfacer las necesidades básicas, este problema ha incrementado en los últimos años proyectándose con mayor rapidez para los próximos años, debido a que el ser humano ejercer una fuerte presión sobre estos recursos, llegando a niveles de sobreexplotación (Rodríguez, 2016).

El Foro de los Recursos Hídricos (2017), menciona que el Agua para todos es brindar cobertura de agua universal de buena calidad en presión y volumen suficiente, para el abastecimiento del campo y la ciudad, tanto para el consumo humano y riego que garantice la soberanía alimentaria en el país, ya que el riego es una herramienta social y económica para transformar el agro de manera sustentable y luchar contra la pobreza.

Según (FAO, 2013), el incremento de la demanda del recurso hídrico implica razones de: incremento poblacional, desarrollo industrial y expansión de la explotación agrícola. Mientras que (Secaira, 2011), indica que el consumo del agua varía significativamente en los países industrializados, dentro de la agricultura el consumo es la mayor demanda a nivel global alcanzando un 70%, aunque en los países subdesarrollados se sitúan en un orden de 80%.

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2018), señala que la escasa fuente del agua afecta a 4 de cada 10 personas en el mundo; sin embargo, la insalubridad del agua produce más pérdidas humanas que en guerra. Lo anterior indica la falta de atención por parte de las entidades competentes para mejorar la calidad de vida de los sectores más vulnerables, estableciendo diferencias entre la pobreza insuperable y el desarrollo de las comunidades (Assmus & Ortiz, 2015).

La presente investigación justificó en base a la necesidad del agua de riego para los cultivos de pastos y el consumo de los animales en la Loma de Ramos, dado que por su topografía no dispone de vertientes que cubra el déficit hídrico dentro de los campos agrícolas y pecuarios.

Además, es una tecnología de bajo costo de construcción y de fácil instalación, sus componentes son accesibles en el mercado, no requieren grandes superficies para la construcción, su principal ventaja es que genera mayor cantidad de impactos positivos y de fácil mitigación de los impactos negativos causados en el medio durante la construcción.

La ejecución del proyecto busca incentivar a la población de las prácticas no convencionales que permitan aprovechar el recurso hídrico de manera eficiente para diferentes usos, mejorando la calidad de vida de las comunidades y contribuyendo a la mitigación del cambio climático producido por la deforestación.

Del mismo modo, esta investigación busca proporcionar información técnicos y teóricos mediante la publicación, que facilitará la difusión de una alternativa que compense las necesidades básicas en zonas donde existe un limitado acceso a las fuentes de agua, la baja calidad y los altos costos generados por el suministro de agua.

1.3. Delimitación.

1.3.1. Delimitación espacial.

La investigación se llevó a cabo en la loma de Ramos de la Parroquia San Lucas, Cantón y Provincia de Loja (Ilustración 1), la parroquia de San Lucas limita al norte con las Parroquias de Saraguro y San Pablo de Tenta, al sur con la Parroquias de Santiago y Jimbilla, al este con la Provincia de Zamora Chinchipe y al Oeste con las Parroquias de Gualiel y Santiago.

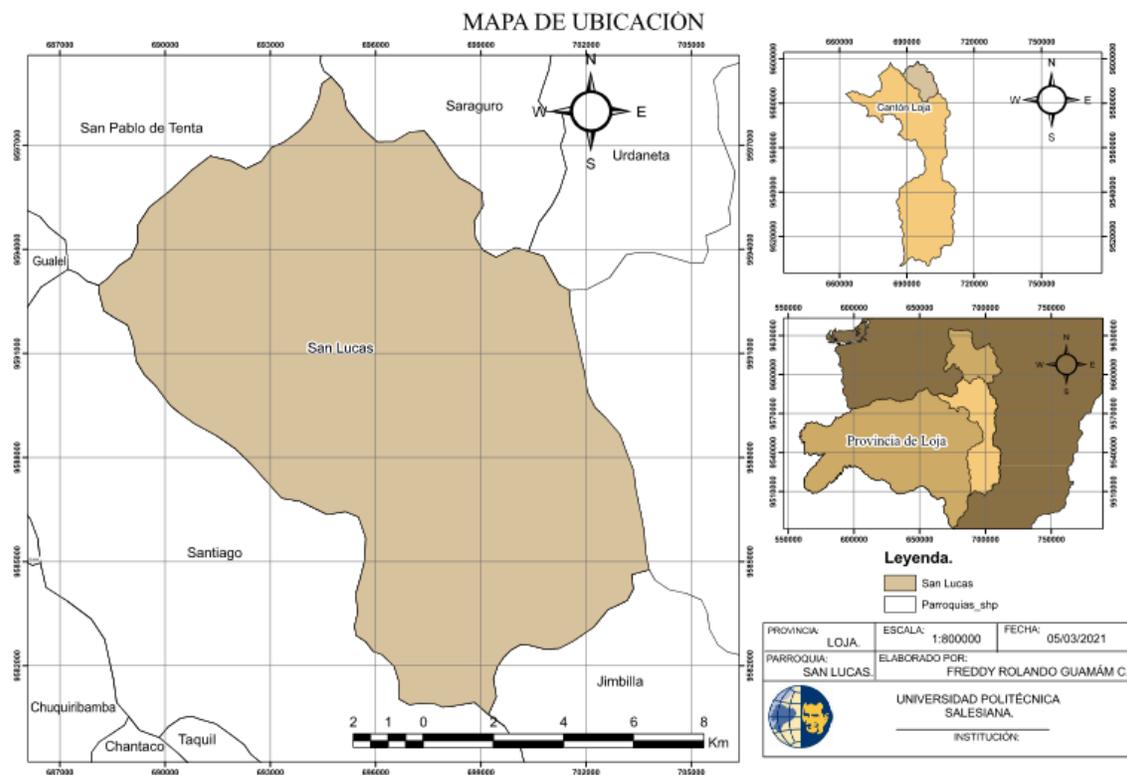


Ilustración 1: Mapa de ubicación. Fuente: Autor (2021).

1.3.2. Delimitación temporal.

El desarrollo de la investigación propuesta se llevó a cabo en la temporada más calurosa y seca del año, comprendido entre los meses de noviembre y diciembre; dentro de la cosmología andina, estos meses son dedicados a la preparación de la tierra, a la feminidad y al inicio de un nuevo periodo agrícola; por lo tanto, es indispensable disponer del agua riego en cantidad y calidad para mejorar el rendimiento en las cosechas; el estudio consta en diferentes actividades necesarias para cumplir los objetivos planteados.

1.3.3. Delimitación Académica.

La presente investigación, contribuyó en la formación profesional poniendo en práctica los conocimientos adquiridos dentro de la academia y el aprendizaje diario enfocadas al área ambiental; la experimentación contempla una tecnología económica para el desarrollo local autosostenible de bajo impacto ambiental que contribuye en la mitigación del cambio climático; el agua recolectada tuvo como medida reducir las graves consecuencias de la falta de acceso al agua en el sector.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Evaluar la eficiencia meteorológica, económica y ambiental de dos tipos de neblinómetros (sintéticos y orgánicos), para la cosecha de agua aplicados en la loma de Ramos perteneciente a la comuna Pichikra de la parroquia San Lucas, Cantón y Provincia de Loja.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Construir neblinómetros a partir de fibras sintéticas y orgánicas.
- Evaluar la eficiencia de captación de agua de neblinómetros en la Loma de Ramos-Loja.
- Realizar análisis de costo beneficios de cada uno de los modelos construidos de neblinómetros y aplicados en la zona de estudio.
- Describir los impactos ambientales generados por los neblinómetros en la zona en estudio.

2. CAPÍTULO II.

2.1. Fundamentación legal.

Los principios fundamentales expresados en el capítulo primero de la Constitución de la República del Ecuador (2008), cita cuatro artículos relacionados a los derechos de los ciudadanos:

- El art 3, hace referencia a los deberes primordiales del estado, en el literal 1 indica literalmente “Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para los habitantes”.
- El art. 66 numeral 2, “El derecho a vivir en una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental”.
- El art. 12, “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable”.
- El art. 14, “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”.

2.2. Fundamentación teórica.

2.2.1. Atrapanieblas.

Los atrapanieblas son dispositivos que permite atrapar las gotas de agua microscópicas del interior de una masa de aire húmeda, tiene “forma de mallas de hilos plásticos (polietileno) trenzados sujetos a un bastidor, normalmente rectangular, formando una red de filamentos verticales y horizontales”. La malla debe permanecer rígida y tensa para que las gotas en su desplazamiento queden adheridas por coalescencia sobre los filamentos (Santana, 2015).

Son dispositivos de bajo costo de instalación, operación y mantenimiento que permite aprovechar el agua de neblina para satisfacer las necesidades básicas, orientada sobre todo a lugares de disponibilidad de agua limitada y en donde se reúnen las condiciones geográficas y climáticas que satisfagan la provisión del agua a través de la neblina (Cieza, 2019).

2.2.1.1. Clasificación de los atrapanieblas.

- Atrapanieblas bidimensionales.

La mayoría de los atrapanieblas instalados en el mundo están basados en estructuras bidimensionales, que consisten en una superficie de captación tensada por dos postes y ubicado perpendicularmente a la dirección del viento (ilustración 2). Estos modelos varían en cuanto a dimensiones, materialidad de empotramiento en el suelo y el sistema de captación, además son construcciones simples y económicas, pero presentan problemas de roturas de la malla y de estabilidad estructural como resultado de los fuertes viento que se presentan en los lugares de construcción (Holmes & Rivera, 2014).



Ilustración 2: Atrapanieblas bidimensionales. Fuente: Garciglia (2015).

- Atrapanieblas tridimensionales.

Los atrapanieblas tridimensionales (ilustración 3), son poco comunes, la mayoría son contruidos como proyectos experimentales para planteamientos de soluciones de innovación para optimizar el rendimiento de la colección de agua. Estos atrapanieblas son diseñados para ser contruidos en zonas con nieblas multidireccionales por tener varios frentes para la recolección del agua de niebla, sin embargo, hay escasa información de la eficiencia de recolección de estos modelos (Holmes & Rivera, 2014).

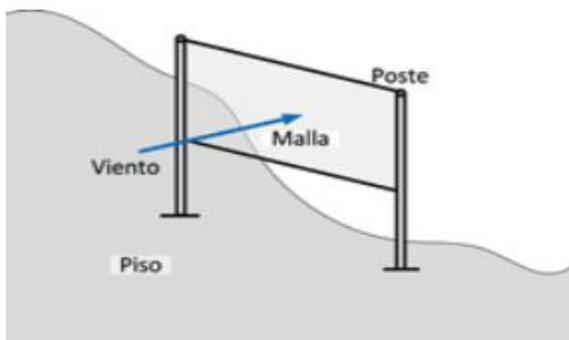


Ilustración 3: Atrapanieblas tridimensionales. Fuente: Espinosa, (2011).

2.2.2. Análisis estructural.

La estructura debe resistir el peso de la malla saturada de agua, la fuerza de los vientos predominantes, las cargas de peso producidas por las personas durante el montaje y reparación de los sistemas de atrapanieblas. Existen dos tipos de estructura que se han usado comúnmente, una consiste en marcos en los cuales se fija la malla y otra con una tenso-estructura formado por postes rígidos y cable flexibles (ilustración 4). La duración de la infraestructura está directamente relacionada con el costo de construcción, las fallas estructurales se producen cuando sobreviven efectos invernales con vientos muy fuertes. La malla de raschel puede soportar vientos mayores a 2.5 N/mm^6 , sin embargo, es recomendable instalar la malla con dirección longitudinal con el menor dimensionamiento para asegurar su resistencia (Cereceda et al., 2014).

a) Estructura rígida.



b) Estructura flexible

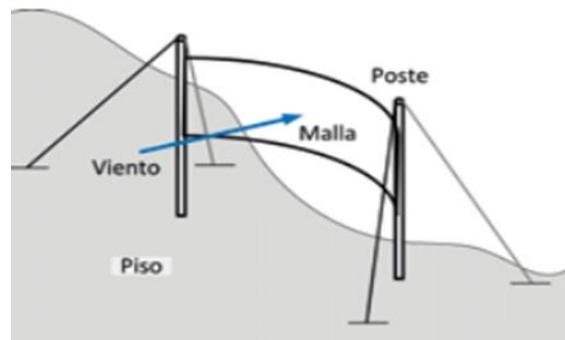


Ilustración 4: La estructura de los soportes de atrapanieblas puede ser rígida (a) o flexible (b). Fuente: (Cereceda et al., 2014).

2.2.3. Elementos de construcción.

En la construcción de un neblinómetro se puede utilizar materiales propios del medio que permita el diseño y el correcto funcionamiento.

2.2.3.1. Malla de captación.

Las mallas para atrapanieblas pueden estar hechas de cualquier material que resista la intemperie, especialmente la radiación solar y a la corrosión (Holmes & Rivera, 2014). Las mallas Rachel de nylon o de polipropileno son las más utilizadas en la construcción de los neblinómetros, los últimos estudios han ido encaminado a hallar mallas y estructuras capaces de soportar efectos invernales con vientos muy fuertes, se ha contrastado que la malla Aluminet al 40% de cobertura recoge entre 10-50% más agua que la malla raschel y presenta buena resistencia (Simón, 2009).

Mientras que en lugares donde no se tenga acceso a estas mallas se pueden usar cualquier material que cumplan las condiciones: permitir el paso de la luz, sea un material resistente a la intemperie, permitir la condensación del agua y que no altere las condiciones físicas del agua (Simón, 2009).

– Geometría de la malla de captación.

La geometría de la malla ayuda a que las microgotas atrapadas fluyan por los filamentos por la acción de la gravedad y se depositen en la canaleta de recolección. Los tipos de geometrías de los atrapanieblas más eficientes se encuentran en tejidos de tipo rectangulares, triangulares, tridimensionales y lineales (ilustración 5), cada una responde a un mecanismo distinto en la captación del agua. Las mallas de acero inoxidable de tejido lineal permiten que las gotas se acumulen y caigan por efecto de la gravedad más rápido que las otras mallas debido ya que no existe elementos horizontales (Palomino, 2020).



*Malla polipropileno
Tejido triangular.*

*Mallar acero
inoxidable
Tejido rectangular.*

*Malla poliéster
Tejido tridimensional.*

*Malla acero inoxidable
Tejido lineal.*

Ilustración 5: Imágenes microscópicas de tipos de mallas. Fuente: (Palomino, 2020).

– **Permeabilidad y absorción.**

La permeabilidad es directamente proporcional con la eficiencia aerodinámica o con el porcentaje de sombra. Se han realizado varios estudios que demuestran que el porcentaje óptimo de las mallas de polipropileno triangulares están entre 50% y 60%. Mientras que la absorción responde a la relación entre la temperatura, la acumulación de la niebla y el viento, cuanto más fría es la superficie de la malla mayor cantidad de agua recolectará (Palomino, 2020).

Los prototipos multidireccionales son diseñados para lograr captar agua de más de una dirección. Se ha contrastado que los prototipos de geometría hexagonal son más eficientes ya por que capta el viento en varias direcciones (Palomino, 2020). En esta investigación se usaron dos tipos de malla cuya estructura son semejantes, los cuales son:

– **Sarán.**

Son mallas de polietileno liviano de alta densidad en tejido de raschel con diversos porcentajes de sombra (ilustración 6), son resistentes a la radiación solar y de fácil instalación. Se han utilizado dentro de la agricultura, pecuario, recreaciones y especialmente para la captura de nieblas (Litec, 2012).

El coeficiente de sombra son una de las características de mayor importancia en las mallas, si el coeficiente es muy grande, baja cantidad de niebla pasará a través de ella y por lo tanto la captura del agua será reducida; en cambio sí es muy pequeño, pocas cantidades de gotas chocarán en los filamentos por lo tanto se obtendrá bajos rendimientos de captura de agua. Los mayores rendimientos en la captura del agua se obtienen con porcentajes de sombra que varían del 49 al 62%, el óptimo probablemente sea el 55% (Cereceda et al., 2014).

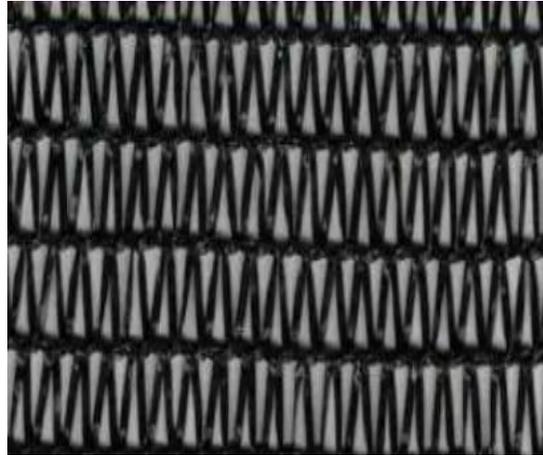


Ilustración 6: Malla de sarán Raschel negra. Fuente: Simón (2009).

– **Saco de yute.**

Son tejidos de alta densidad fabricados de fibras naturales de alta resistencia, se utiliza en el empaque, embalaje y el transporte de productos agrícolas (café, cacao); actualmente son utilizados en la fabricación de envases sustituyendo el plástico, pueden servir como barreras contra erosión o inundaciones si son llenadas con tierra o arena, además son biodegradables (El Diario, 2015).



Ilustración 7: Saco de yute. Fuente: Joseph Belanger, (2012).

2.2.3.2. Soportes estructurales.

Los soportes estructurales pueden ser de muy diversos tipos, por ejemplo: bambú tratado, postes de madera, acero galvanizado y los propios árboles de la zona, su función es permitir la ubicación en altura de la malla colectora en dirección perpendicular del viento predominante, así mismo de soporte del sistema de transporte y debe resistir el empuje de los vientos de altas velocidades (Simón, 2009).

2.2.3.3. Sistema de conducción y almacenamiento.

El sistema de conducción normalmente está compuesto por canaletas de PVC, sostenida de los bordes inferiores de la malla de captación con alambres galvanizados, recolecta el agua cae por efecto de la gravedad y transporta a través sistema de aducción (sistema de tuberías o mangueras de goma, uniones de plástico, tejas), que conecta con el sistema de almacenamiento. Generalmente, como depósitos de almacenamiento se utiliza bidones de plástico, sin embargo, dentro de ingeniería pueden construirse depósitos de piedras, ladrillo etc. (Poveda & Sanabria, 2017).

– Evaporación y Filtración.

El depósito de almacenamiento debe permanecer cerrado para evitar la evaporación del agua, mientras que para evitar la filtración se debe impermeabilizar el reservorio evitando materiales porosos y asegurar la calidad de la estructura (Palomino, 2020).

– **Volumen.**

El volumen de almacenamiento se relaciona con el ciclo de producción, ciclo de consumo y el área de captación. Cuando el consumo es periódico se extrae el agua del reservorio, por lo tanto no necesita tener un gran tamaño, sin embargo, se debe evaluar que ciclos anuales son mas productivos que otros, ya que puede ocurrir que los depósitos se llene más rápidos en los meses más fríos y como resultado exista el desbordamiento del agua (Palomino, 2020).

2.2.4. Efectos de los vientos sobre las mallas y las estructuras.

2.2.4.1. Rotura de mallas.

Las roturas de las mallas se producen por la concentración de tensiones en los puntos de fijación, cuyas tensiones son directamente proporcionales con las distancias de los puntos de fijación y dependen de la concentración de tensiones y del tipo de fijación utilizada; la rotura se origina al momento de la fijación con los soportes estructurales y se expande progresivamente en su vecindario por las fuerzas inducidas por el viento. Mientras que la rotura extensa corresponde a la desintegración total de la malla producidas por la falla de sus fibras y de la estructura de tejido. Esta rotura se origina en las áreas de concentración de tensiones o por el roce de la malla con otros elementos del sistema (Holmes & Rivera, 2014).

2.2.4.2. Destrucción de la estructura.

Las mallas que son suficientemente resistentes a la presión del viento, la fuerza incidente se transmite a los soportes estructurales, lo cual puede fallar en los componentes más frágiles, como por ejemplo en los empalmes de los postes con la base que puede llegar a un colapso total de la construcción (Holmes & Rivera, 2014).

2.2.5. Cosecha de niebla.

Las nieblas producidas por advección de las nubes sobre terrenos más altos tienden a tener mayores contenidos de agua líquida que las nieblas en la tierra o la superficie del mar (Batisha, 2015). La eficiencia de recolección de las nieblas en un colector obedece principalmente de la eficiencia del impacto, eficiencia aerodinámica y la eficiencia de drenaje (Domínguez et al., 2020).

La **eficiencia del impacto**, es la capacidad de la malla para retener las gotas del agua de niebla que pasa a través de ella, si una gota sigue perfectamente las líneas de flujo y choca con un radio de la malla menor a la gota, esta se interceptará y drenará sobre la canaleta; así mismo, es conveniente que los filamentos sean lo más delgado posible, sin embargo, existen limitaciones debido a que reduce la resistencia mecánica de la malla y conservando su coeficiente de sombra disminuye el tamaño de abertura entre ellos (Cereceda et al., 2014).

La **eficiencia aerodinámica**, se define como la capacidad de la malla para atravesar el flujo del aire de niebla sin perturbarla, cuyo flujo depende de la permeabilidad que es la función inversa del coeficiente del porcentaje de sombra y de las características del tejido de la malla (Cereceda et al., 2014).

La **eficiencia del drenaje**, es el agua que llega a la canaleta de recolección una vez capturada por la malla. Las pérdidas se producen por arrastre de las gotas provocadas por el viento, haciendo que las gotas de la malla caigan fuera de la canaleta (Cereceda et al., 2014).

Dentro de un análisis estadístico realizado por (Domínguez et al., 2020), indica que la velocidad del viento, la radiación solar y la lluvia influye significativamente en la recolección de las nieblas, es decir, que los neblinómetros capturan más niebla a medida que aumenta la velocidad del viento, mientras que las otras variables climáticas sobre la niebla son insignificantes. Los autores (Osses et al., 2018), a través de un estudio, demostraron que la orientación de las laderas, el relieve a sotavento y barlovento, la topografía para la instalación de la cañería, el espacio para la ubicación de los colectores, la cobertura de vegetación y la dirección de vientos predominantes tiene gran incidencia en la recolección de las nieblas.

2.2.6. La neblina o niebla.

Las nieblas son nubes bajas formadas por gotas de aguas muy finas de diámetros menores a 0.1 mm, producidas por la condensación del vapor de agua que se mueven a alturas bajas con respecto a la superficie de la tierra (Soriano, 2015). Tanto la niebla como la neblina mantienen una diferencia por la visibilidad en función de las distancias, si la visibilidad es menor a 1 km se considera niebla, si es mayor a 1 km se considera neblina y si es superior a 4 km se conoce como bruma (Pérez, 2019).

“La diferencia entre la lluvia y la neblina es por el diámetro de las gotas y la velocidad de caída” (FAO, 2000). La niebla puede llegar a ser fuente de suministro de agua en cantidad y calidad; para el desarrollo de la técnica de captación, es necesario conocer las condiciones meteorológicas y geográficas que permita aprovechar el agua contenido en la niebla (Simón, 2009).

2.2.7. Condensación.

La condensación se define como el proceso físico de cambio de la materia de forma gaseosa transformándola a forma líquida. La acción química se produce al disminuir la temperatura de los vapores (Mora, 2020), que favorece que las gotas de agua aumentan en peso y tamaño y como resultado precipitan (Madariaga, 2017).

Otro mecanismo para la condensación del vapor del agua atmosférico, es el aumento de la humedad del aire, “así cuando una masa de aire frío y relativamente seco se sitúa sobre la encima de una masa de agua más caliente, el agua tiende a evaporarse, produciendo la saturación de la masa de aire y la formación de la neblina o niebla” (Simón, 2009).

2.2.8. Densidad de la niebla.

Es la cantidad de agua que está presente por metro cúbico de niebla, se expresa en g/m^3 y se encuentra en un rango de 0.2 a 0.5 g de agua líquida por m^3 . La mayor parte de la cantidad de agua de niebla está presente en la fase gaseosa en lugar de la fase líquida, por tal razón, el volumen de recolección es directamente proporcional con la cantidad de agua transportada por la niebla (Juliao et al., 2016).

2.2.9. pH del agua de lluvia.

El agua de lluvia captada puede no ser apta para el consumo humano, las variaciones de las características físicas, químicas y microbiológicas dependen de la superficie de captación y de la calidad del aire (Quevedo, 2013). El pH del agua de lluvia puede sufrir variaciones de incremento al estar en contacto con minerales alcalinos o disminución al estar en contacto con el CO_2 durante la recolección, el pH del agua de lluvia se sitúa en un rango de 5.5 a 6.5, es decir, que el agua de lluvia no puede mantener un pH neutro a pesar de tener cantidades

muy pequeñas de ácidos, debido a que no contiene amortiguadores o reguladores de pH (Fierro, 2010).

El vapor del agua en la atmósfera tiene un pH natural de 5.6 producido por el equilibrio con CO₂ atmosférico. No obstante, el pH de la niebla y de nubes bajas puede llegar a ser menores por la interacción con las emisiones de aerosoles emitidas por fuentes naturales, antropogénicas o por el dimetilsulfitos (DMS) de los océanos. Por lo tanto, cuando se requiera captar agua a través de los neblinómetros para el consumo humano, debe medirse la calidad (Cereceda et al., 2014).

2.2.10. Usos del agua de las nieblas.

El análisis de la calidad del agua no precisa ser apta para el consumo humano, sin embargo, puede reemplazar perfectamente el agua en la lavadora, limpieza en la casa, lavavajillas, cisterna del inodoro y riego en general. Fundamentalmente en la actualidad se utiliza dentro los sectores agrícolas, mineros, consumo de animales, recuperación de la flora natural, usos turísticos y recreaciones, uso agroindustrial o como materia prima para la fabricación de otros productos (Cereceda et al., 2014; Simón, 2009).

2.2.11. Estudio ambiental.

Cuando se inicia el estudio de una propuesta de inversión, se debe tomar en cuenta los efectos adversos sobre el ámbito geográfico, que constituye en la alteración irreversible de la flora, fauna y las organizaciones sociales; por ende, se debe incursionar en el dimensionamiento ambiental de los proyectos: el primero derivado de los efectos negativos irreversibles en la mayoría de proyectos de desarrollo que causan en el medio ambiente, buscando involucrar en la contabilidad de proyectos los costos ambientales, lo que se denomina la evaluación ambiental de proyectos. El segundo son los bienes ambientales, que evalúa los proyectos que se diseñan para promover el mejoramiento, las recuperación y mitigación de los efectos nocivos o para promover a través de la sensibilización de las comunidades a una actitud de respeto o para respaldar a las instituciones competentes de estas políticas, nos referimos a la “evaluación de proyectos ambientales” (Miranda., 2010).

2.2.1. Evaluación ambiental de proyectos.

El estudio ambiental se define como la modificación o alteración de los componentes ambientales producidos por las actividades humanas, el término impacto no solo implica negatividad, ya que este puede ser tanto positivo como negativo (Mínguez et al., 2009).

El estudio ambiental trata de identificar y evaluar los efectos ambientales positivos o negativos como consecuencia de las actividades de un proyecto con el objetivo de prevenir, mitigar o controlar los efectos nocivos que altera las condiciones de vida de las presentes y futuras generaciones al destruir los bienes ambientales (Miranda., 2010).

La evaluación ambiental es una forma de predecir las consecuencias ambientales de una propuesta de decisión legislativa, implementación de políticas o la puesta en marcha de proyectos de desarrollo. La evaluación sistemática de las consecuencias conlleva a que los responsables de la toma de decisiones puedan considerar lo más temprano posible en el diseño, conjuntamente con las consideraciones socioeconómicas, con el fin de garantizar la sostenibilidad ambiental (Huertas & Molina, 2016).

Tiene como propósito identificar, valorar y cuantificar los impactos de un proyecto sobre el medio y los posibles efectos del medio sobre el proyecto, aspecto importante para incorporar en la formulación del proyecto. La evaluación del impacto ambiental (EIA), es un procedimiento administrativo para identificar, evaluar y describir de conformidad con la normativa los efectos directos o indirectos de un proyecto sobre los factores (flora, fauna, aire, clima, paisajes, patrimonio cultural) (Huertas & Molina, 2016).

2.2.2. Análisis de costo-beneficio.

Es una técnica que pretende determinar la conveniencia de un proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios del costo y beneficio derivados directa o indirectamente de un proyecto. Se aplica en proyectos colectivos o individuales, obras sociales, empresas, negocios etc., prestando mayor atención a la importancia y cuantificación de consecuencias económicas y sociales (Huertas & Molina, 2016).

El costo-beneficio es la medida de contribución de un proyecto en términos de beneficio, que puede acumular en algún momento y el costo que incurrirá la construcción. Un proyecto se justifica cuando los costos son menores a los beneficios, es decir, que la relación beneficio-costo es mayor a 1 (Huertas & Molina, 2016).

2.2.3. Investigación cualitativa.

Es un proceso imperativo que permite indagar a través de distintas metodologías, por ejemplo: la bibliografía, teoría fundamentada, estudios de casos; así mismo abarca una gran variedad de materiales empíricos, experiencia personal, entrevistas, observación, que permite conocer los aspectos significativos de un caso puntual (Gialdino, 2006).

Flick (2004), describe a la investigación cualitativa como un conjunto de prácticas, así como; notas de campo, entrevistas, conversaciones, fotografías, grabaciones, memorandos personales que permite al investigador estudiar los casos en su entorno natural, intentando interpretar lo más significativo, dando mayor énfasis a la indagación en profundidad con el propósito captar los hechos reales de la problemática.

2.2.4. Condiciones para la captación de agua de niebla.

La producción continua del agua a través de los sistemas de captación y su durabilidad de construcción, depende de ciertas condiciones ambientales, entre ellos se encuentran:

2.2.4.1. Viento.

El viento es el factor que determina la velocidad y la dirección de las nieblas lo cual está relacionado con la temperatura, que son los rayos de calor reflejados desde las superficies terrestres y acuáticas. El viento se produce generalmente por las divergencias de la temperatura del aire y la densidad de dos regiones de la superficie de la tierra (Vistin, 2014).

La dirección que el viento se desplaza define el lado del sotavento del terreno. Se define sotavento como la parte opuesta que se encuentra protegido del viento ya sea por una montaña o elevación de terreno, mientras que el barlovento es la respuesta del viento sobre las geografías con elevaciones que recibe directamente el viento y por lo tanto es el lado más húmedo (Schemenauer & Cereceda, 1994).

– **Dirección y velocidad del viento.**

La construcción de los sistemas de atrapanieblas colocadas en dirección perpendicular a los vientos predominantes, permite el paso de mayor velocidad del viento y por ende mayor cantidad de micropartículas atravesará la malla. El rango óptimo de la velocidad del viento es de 3 a 10 m/s, el viento con velocidades bajas no atravesará la malla y si son demasiados altos las gotas no se adherirán a ella (Palomino, 2020). Tanto la dirección como la velocidad del viento varían constantemente en las horas del día y en las temporadas del año creando cambios de temperatura y cambios del factor viento (Carvajal, 2018).

2.2.4.2. Variación diurna.

Es el cambio de temperatura durante el día y la noche originado por la rotación de la tierra. En el día la radiación solar es generalmente mucho mayor en la superficie terrestre por lo tanto la superficie se torna más caliente, en cambio durante la noche solo con el abandono de la radiación solar la superficie de la tierra es más fría, debido a que solo actúa la radiación terrestre, llegando a temperaturas mínimas poco antes de la salida del sol (Vistin, 2014).

2.2.4.3. Humedad absoluta y relativa.

La humedad absoluta es la cantidad de masa de vapor de agua presente por una unidad de aire seco, mientras que la humedad relativa es el vapor del agua que se encuentra presente en la atmósfera o la relación entre el aire seco y el aire húmedo. El vapor del agua depende de la temperatura, por lo tanto, la recolección del agua será mayor en la noche debido a las bajas temperaturas y mayor humedad (Carvajal, 2018).

2.2.4.1. Relieve u Orografía.

Los relieves no interfieren directamente en la formación de las nieblas, sino en el desarrollo y la dirección por donde las masas de aire se desplazan (relieves montañosos, depresiones, océanos, etc.). Los relieves terrestres más altos tienen mayor capacidad de interceptar la nube; junto con eso a mayor altitud, se produce menores temperaturas creando mayor condensación en la masa cálida, produciendo mayor humedad susceptible en la niebla. Por

tal motivo los relieves en alturas considerables son los puntos geográficos donde se concentra mayor cantidad y permanencia de las nieblas (Pascual, 2019).

Los relieves son obstáculos naturales que determinan la movilidad del viento, a medida que el viento choca en dirección perpendicular, las laderas se humedecen, mientras que el viento se desvía según la inclinación de las laderas. Las superficies montañosas con vegetación ayudan a la captación del agua y regula su movilidad, por lo contrario, los suelos desprovista de vegetación pierde la capacidad de retener el agua causando impactos en el suelo (Mendoza & Castañeda, 2014).

2.2.4.2. Altitud.

La altitud óptima para la construcción de los neblinómetros está en la mitad superior de la capa de nubes estratiformes. Normalmente se sitúa en el rango de 400 a 850 msnm, sin embargo, se han desarrollado estudios relacionados a la captura del agua construidos a 3800 msnm, con altos rendimientos en la cosecha del agua, mientras que en alturas bajas las nieblas pueden estar corrompidas con sales minerales (Palomino, 2020; Pascual, 2019).

2.2.4.3. Rocío.

Se define como los fenómenos físicos y meteorológicos que produce la condensación de las gotas de agua sobre la superficie, como consecuencia de las temperaturas bajas. Este fenómeno se suele observar en la superficie de las hojas de las plantas (Mora, 2020). El punto de rocío o el punto de condensación, es el valor que debe alcanzar al disminuir la temperatura del aire para que el agua existente comience a condensarse (Jasso, Angeles, Bervera, Alvarado, & Pérez, 2019).

2.2.5. Tipos de captadores de niebla.

Son técnicas diseñadas para que las gotas del agua de las masas nubosas queden retenidas al pasar por la malla. Para dimensionar el número de sistemas de atrapanieblas que cubran la demanda del agua, es necesario conocer el volumen del agua potencialmente a recolectar en la zona de estudio (Cereceda et al., 2010).

2.2.5.1. Captadores planos.

Se caracterizan por ser estructuras formadas por postes clavadas en la superficie del suelo a los cuales se sujetan cables que sostienen la cortina de malla de polipropileno comúnmente se denomina malla raschel (ilustración 8). El sistema al estar a una altura sobre el nivel del mar permite interceptar la neblina y retener las gotas de agua, las gotas retenidas al reunir las condiciones de peso caen por efecto de la gravedad hacia la canaleta de recolección. Las mallas son resistentes a las radiaciones UV, y son utilizadas en varios países del mundo para la captación del agua en tamaños y cantidades muy diversas (Fernández, 2012).



Ilustración 8: Captadores Planos. Fuente: Martín (2016).

2.2.5.2. Captadores cilíndricos.

Estos captadores tiene la ventaja de colocar de cualquier manera sin necesidad de realizar estudios previos del lugar (Ilustración 9), su principal inconveniente se presenta en la baja recolección debido a su tamaño menor (0.5 metros de alto por 0.3 de ancho) inferior con los captadores planos, suelen utilizar para cuantificar el potencial de recolección para la implementación de captadores plano (Fernández, 2012).

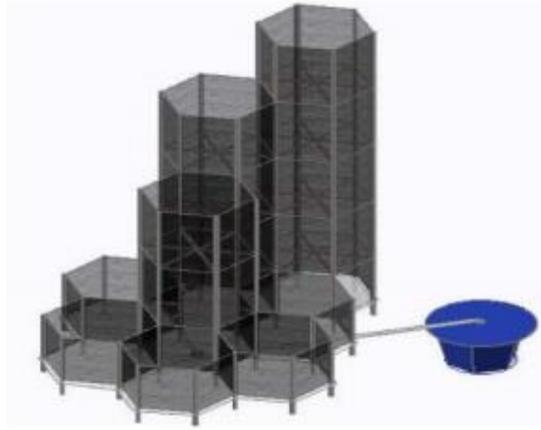


Ilustración 9: Captadores cilíndricos. Fuente: Cabezas & Castillo (2016).

2.2.5.3. Captadores escarabajos.

La geometría posee características similares a *Onymacris unguicularis*, es una especie de escarabajo del desierto africano (Ilustración 10). La recolección de agua de niebla se deposita en la zona ondulada, que se asimila a la espalda del escarabajo y escurre hasta el depósito colector (Pirineos, 2013).



Ilustración 10: Captadores tipo escarabajo. Fuente: Sacramento & Tapia (2017).

2.2.5.4. Captadores tipo cometa.

Son de forma triangular a modo de cometa, elaborado con materiales ligeros capaces de atraer las gotas de agua, el agua concentrada se dirige a un depósito ubicado en la parte inferior de la cometa (Ilustración 11), su capacidad de recolección es de forma reducida hasta un litro y

medio por noche, además utiliza sensores que permite abrir y cerrar el captador según las variaciones climatológicas (Fernández, 2012).



Ilustración 11: Captadores tipo cometa. Fuente: *Estela (2018)*.

2.2.5.5. Captadores de tienda de campaña.

Tiene la capacidad de recolectar entre 10 a 20 litros diarios (Ilustración 12). Se puede ubicar como una red para el suministro del agua en un pequeño pueblo (Pirineos, 2013).



Ilustración 12: Colector tipo tienda de Campaña. Fuente: *Pirineos (2013)*.

2.2.6. Tipos de nieblas.

2.2.6.1. Nieblas por evaporación.

La formación se produce debido a que el agua superficial evapora cuando interacciona con el aire de menor temperatura (Contreras, 2012), estas transformaciones se clasifican en:

- **Niebla de vapor.**

La formación de nieblas de vapor se produce cuando el aire frío se mueve sobre la cima del agua cálida, produciendo que el agua se evapore desde la superficie. El vapor producido asciende y al interactuar con el aire frío superior se satura produciendo nieblas. Generalmente este tipo de nieblas es visible sobre las superficies de lagos y ríos (Soriano, 2015).

- **Nieblas frontales.**

Se produce en un frente por el choque de dos masas de aire, “el aire más frío forma una cuña que fuerza al ascender al aire más cálido. El aire que asciende se enfría y puede provocar la formación de nubes y la precipitación. La precipitación cae desde la masa de aire cálido localizada en altura puede saturar el aire más frío situado por debajo y provocar la formación de la niebla frontal”. El resultado son gotas de agua que van del suelo hasta las nieves (Simón, 2009)

2.2.6.2. Nieblas formadas por enfriamiento.

Estas nieblas se producen cuando la temperatura desciende hasta alcanzar la saturación (Simón, 2009), se clasifican en:

- **Nieblas de radiación.**

Según Cruzat-Gallardo (2004), las nieblas de radiación son muy comunes en temporadas de otoño y verano, se producen durante las noches despejadas, frías y con vientos suaves; su formación se da por interacción de masas de aire cálido y húmedo sobre una superficie enfriada por liberación de calor durante las noches.

– **Niebla de advección.**

Se asocia a la interacción de dos masas de aire de distinta temperatura y humedad. Se produce cuando la corriente de aire cálido se desplaza horizontalmente sobre la cima de una capa de aire más frío, el aire se enfría desde la parte inferior hasta su punto de rocío, la humedad relativa aumenta y el vapor de agua se condensa dando formaciones de nieblas advectivas (Sánchez, 2018). Este tipo de nieblas es muy frecuente que se produzca en el mar, cuando el aire cálido de la zona costera fluye sobre el área de las aguas frías (Simón, 2009).

– **Nieblas orográficas.**

Se forman por la interacción de una masa de aire cálida y húmeda que desplazan hacia la cima de una montaña, al escalar la ladera tiende a enfriarse y expandirse, si la superficie montañosa es suficientemente húmeda el vapor de agua se condensa formando nieblas (Cruzat-Gallardo, 2004).

2.3. Antecedentes.

La escasez de recursos naturales con el pasar de los años es cada vez más evidente en todos los países a nivel del mundo, debido a que gran cantidad de caudales hídricos no cuentan con los medios de captación adecuados para su aprovechamiento. En este sentido se ha ido desarrollando alternativas de captación y aprovechamiento del agua a través de tecnologías que permitan que los países en vías de desarrollo puedan tener acceso a bajo costo de instalación y de operación sencilla (Vigo, 2018).

Según Vera (2018), en su trabajo de fin de grado realizó un “estudio de viabilidad de captadores de agua”; la construcción de los prototipos se realizó en diferentes puntos del sistema montañoso con picos elevados en la sierra de la Muela y Peñas Blancas de la región de Murcia ubicada a una altura superior a los 400 msnm, concluyó que en los picos no elevados recolectó un promedio de 2 l/m²/día, mientras que en los picos elevados alcanzó un promedio menor que no supera el 1.1 l/m²/día; de la misma manera indica que Chile es considerado como el país pionero en la implementación de captadores de niebla, lugar donde se plasmaron los primeros modelos de captadores cilíndricos, planos y tridimensionales como una alternativa para la captación de agua de lluvia.

Los autores Cereceda et al. (2010), a través de la revista “Medio Ambiente y Desarrollo”, realizaron la investigación de “los atrapanieblas como una tecnología para el desarrollo rural”; indican que las necesidades básicas del agua en Chungungo ubicada al norte de la Sirena que es la capital de la región de Coquimbo en la costa de Chile, se cubren mediante la instalación de atrapanieblas con una superficie de 48 m² de malla raschel ubicadas a 780 msnm, cuya eficiencia de recolección alcanzó los 1.75 m³ diarios.

De acuerdo con Osses et al. (2018), a través de un estudio con proyecciones para combatir la desertificación, realizaron la instalación de 10 atrapanieblas en el Santuario de Santiago de Chile; la ejecución se realizó, seis sistemas a una altura de 780 msnm y cuatro sistemas a una altura 650 msnm, durante los meses de abril a agosto registró un promedio de recolección de 5.4 l/m²/día; así mismo, resalta que los sistemas con menores altitudes y ubicados más al norte pueden alcanzar menores rendimientos, en cambio en los sistemas a mayores altitudes y ubicados más al sur pueden alcanzar mayores rendimientos según las estaciones del año.

Según Poveda & Sanabria (2017), a través de un estudio tuvo como finalidad evaluar la eficiencia de cinco materiales mediante la construcción de atrapanieblas en Siachoque del departamento de Boyacá-Colombia situada a una altura 2760 msnm; concluyeron que la malla de polisombra captó mayor cantidad de agua alcanzando un volumen de 26.97 ml, seguidamente de la tela de quirúrgica con un volumen de 24.54 ml, recolecciones similares se obtuvieron con la malla de velo de 24.44 ml, mientras que los atrapanieblas de fique y guata alcanzaron un volumen de 20.6 y 20.3 ml; por otra parte señalan que durante el estudio, la tela quirúrgica debió ser reemplazada después de dos meses de funcionamiento ya que pudo haber sido una interferencia en la captación del agua.

Los resultados encontrados por Cabezas & Castillo (2016), mediante la investigación con el propósito de diseñar un sistema de recolección de agua de rocío y niebla para el abastecimiento en la comunidad del barrio Buena Esperanza en Barranquilla Colombia; concluyeron que a una altura de 3165 msnm, recolectó un volumen de 85.20 l/mensuales con un promedio de 2.66 l/m²/día; y a una altura de 3181 msnm, alcanzó un volumen menor de 58.3 l/mensuales con un promedio de 1.82 l/m²/día, es decir que a menor altitud recolectaron mayor cantidad de volumen del agua; además indica, que la formación de las neblinas se dan

en áreas con mayor humedad (valles, ríos, lagos, puertos, cerros) formándose normalmente en la partes bajas donde el agua se condensa.

De acuerdo con Meléndez, Pérez, & Barradas (2015), mediante un artículo determinaron la calidad del agua de niebla captada en la zona central montañosa del Estado de Veracruz; los muestreos se realizaron en los meses con mayor frecuencia de niebla a través de captadores en forma rectangular construida con malla plástica; en el análisis de laboratorio evidenciaron la presencia de metales pesados como mercurio, nitrógeno amoniacal en altas concentraciones y organismos coliformes que superan los límites permisibles del agua para el consumo humano establecida en la normativa mexicana, sin embargo, concluyó que el agua recolectada es apta para usos agrícolas sin recibir ningún tratamiento.

Según Ritter et al. (2015), desarrollaron una investigación para cuantificar la recolección de agua de niebla en tres localidades de Isla Canarias-España, las localidades seleccionadas para el estudio fueron: La Esperanza (1093 msnm), Taborno (1015 msnm) y El Gaitero (1747 msnm); durante los meses noviembre 2012 a marzo 2013, la recolección del agua de niebla en la Esperanza registró menor volumen de captación que alcanzó 357.7 l/m^2 , mientras que las zonas de Taborno y el Gaitero registró volúmenes de recolección de 1065.1 l/m^2 y 868.3 l/m^2 .

González & Guevara (2009), planteó un estudio para la captación del agua de lluvia mediante paneles rectangulares construidas a partir de mallas sintéticas en las lomas de Arequipa-Perú; primero realizó la construcción en la loma costera del cerro de Mejía situada a una altura de 850 msnm, cuyo rendimiento promedio alcanzó $6.7 \text{ l/m}^2/\text{día}$, evaluadas desde 1995 hasta 2003; seguidamente construyó en la loma de Atiquipa situado a 960 msnm, alcanzado un rendimiento promedio de $21.5 \text{ l/m}^2/\text{día}$, evaluadas desde 1996-1997 y 2002- 2006.

De acuerdo con (Cuéllar, 2018), en Villa María del Triunfo en Lima Perú, debido a la necesidad de agua para el cultivo de sábila, a través de su tesis planteó la instalación de atrapanieblas de malla raschel de 12 m^2 , con el propósito de combatir el déficit del agua durante los en los meses de mayo a diciembre; los resultados muestran que recolectó un volumen de 4308 l/año; además concluyó que los atrapanieblas es una alternativa

económicamente rentable que promueve el desarrollo local en comunidades de escasos recursos económicos.

Los resultados encontrados por Hualla & Cairampoma (2020), a través de su trabajo de tesis, “evaluó la eficiencia de colecta de agua a través de sistemas de atrapanieblas hexagonal y estándar en los asentamientos humanos” de Villa el Salvador situadas a una altura de 107 msnm y Villa Pachacútec a una altura de 277 msnm, en Perú; el estudio se realizó durante de meses de abril, mayo y junio, con una de área de captación de 4.2 m² para cada uno de los modelos; concluyeron, que rendimientos mayores obtuvieron con el modelo hexagonal ubicado en Villa el Salvador con un volumen de captación de 4.10 l/día y de 3.25 l/día para el modelo estándar, mientras que en Villa Pachacútec alcanzó un volumen menor de 3.74 l/día para el modelo hexagonal y 3.01 l/día para el modelo estándar.

Madariaga (2017), en su tesis realizó la “evaluación del potencial de la neblina mediante la construcción de sistemas de atrapanieblas en la Loma de Ancón Provincia de Lima, durante el evento del niño 2015-2016” concluyó lo siguiente:

- La mayor cantidad de agua que se recolectó durante los meses de estudio se localiza en los neblinómetros de mayor altura (540 msnm), debido a que las nieblas en altura son más densas.
- Las interacciones entre la topografía del lugar, las masas montañosas y la dirección del recorrido de las nieblas incidieron significativamente en la captación de volumen de agua.
- El volumen promedio de recolección de los neblinómetros a diferentes alturas alcanzó 0.94 l/m²/día.
- Los parámetros: humedad, temperatura, altitud, dirección y velocidad del viento interfirieron en la formación de las nieblas

Rivera (2017), en su trabajo de grado desarrolló la implementación de sistemas básicos para la captación de agua de niebla; la construcción realizó en Purulhá, baja Verapaz y Cobán, alta Verapaz situadas a una altura de 1570 a 1600 msnm; concluyó, que el volumen promedio de captación en Purulhá, baja Verapaz alcanzó 1.28 l/m²/día y en Cobán, alta Verapaz alcanzó un promedio mayor de 1.4 l/m²/día; sin embargo, indican que los resultados están por debajo del potencial de producción del agua de niebla.

De acuerdo con Godínes (2013), desarrolló una tesis para la “recolección de agua de niebla y rocío” a través de modelo scarn-mex que es un dispositivo de forma cilíndrica que permite el escurrimiento desde la parte superior hasta la parte baja del modelo, la construcción se realizó a diferentes alturas sobre el nivel del mar en el “Parque Nacional Cerro de la Estrella” del valle de México; como resultado demostró, que a una altura de 2387 msnm, alcanzó un promedio 0.26 l/día, mientras que a una altura de 2381 msnm, alcanzó un volumen recolección menor de 0.015 l/día.

Vistin (2014), en su trabajo de titulación, tuvo como objetivo “realizar un estudio de factibilidad para la captación del agua de lluvia a través de dos tipos de neblinómetros (sacos de yute y sarán), en tres cuencas de la parroquia Achupallas del cantón Alausí en la provincia de Chimborazo”; concluyó, que los neblinómetros de sacos de yute tiene mayor grado de captación de agua en comparación con el sarán, cuya eficiencia no es mayor a 1 litro. Los resultados indican que: en la cuenca de río Ozogoché (4031 msnm), se registró un promedio de 6.13 l/semana; en la cuenca Jubal (3446 msnm), un promedio de 4.02 l/semana; mientras que en la cuenca del río Zula (3871 msnm), se registraron menores volúmenes de captación con un promedio de 2.58 l/semana.

Los resultados encontrados por Guerrero (2014), en su trabajo de titulación evaluó tecnologías de captura de agua de niebla con el objetivo de contribuir con la dotación del agua de consumo humano para la comunidad de Shaushi perteneciente a la provincia de Ambato; el estudio realizó durante los meses de junio y julio, concluyendo que, a una altitud de colector de 3694 msnm, recolectó 21.11 l/m² y a una altitud de 3770 msnm, recolectó un promedio mayor de 29.33 l/m².

Quinga (2018), en su trabajo de titulación planteó la implementación de atrapanieblas con la finalidad cubrir la demanda del agua del cultivo maíz en las comunidades campesinas de Galte perteneciente al cantón Guamate de la Provincia de Chimborazo-Ecuador; concluyó que a una altura de construcción de 3571 msnm, el sistema logró recolectar un volumen de 5.45 l/m²/día, para cumplir con la demanda del agua planteó la instalación de siete sistemas de 6 m² cada uno consiguiendo acumular un total de 228.82 litros de agua diaria.

Según Echeverría (2018), a través de su tesis evaluó el “potencial de la captura de niebla para uso doméstico y riego durante la época de seca del año en la isla San Cristóbal Galápagos-Ecuador”; el lugar de construcción se sitúa a una altura de 400 msnm, luego de 48 días de exposición concluyó, que el colector al 50% de sombra recolectó un volumen promedio de 0.90 l/m²/día, el colector al 35% de sombra registró un volumen promedio de 0.94 l/m²/día y mientras que el colector cilíndrico alcanzó un volumen promedios de 1 l/m²/día.

En la actualidad hay varios colectores de niebla instalados en todo el mundo: Ecuador, Chile, Sudáfrica, Namibia, Omán, Arabia Saudita, España; los estudios señalan un rendimiento promedio de recolección que varía entre 2 y 10 l / m² /día (Ritter et al., 2015).

En la tabla 1 hace referencias a los captadores de niebla instalados en todo el mundo teniendo una variabilidad de captación en cada uno de ellos.

Tabla 1: Neblinómetros instaladas en el mundo y promedios de captación.

País.	Localización.	Captación promedio de agua de niebla (l/m²/día).
Chile	Cerro Moreno.	8.26
Chile	El Tofo.	2.98
Chile	Parque Nacional de Bosque Fray Jorge.	3
Chile	Santuario del Padre Hurtado.	5.4
Chile	Falda Verde.	1.43
Chile	Iquique (Alto Patache).	7.81
Perú	Cerro Orara.	4.6 – 5.8
Ecuador	Comunidad de Pachamama Grande.	4
Guatemala	Lago Atitlan.	6.51
Colombia	Desierto de Guajira.	1.4
República Dominicana	-	3.58
México	Chiapas.	0.5
Sudáfrica	Ciudad del Cabo.	14.4 (incluye lluvia)

Sudáfrica	Lepelfontein.	5.3 – 5.9 (88% agua de niebla)
Sudáfrica	Soutpansberg.	2 (25% agua de niebla)
Namibia	Swartank, Klipneus, Soutrivier.	0.5 – 2
Isla de Cabo Verde	-	11.5
Eritrea	-	8
República de Yemen	Hajja.	9.5
Nepal	-	1 (Estación seca)
Omán	-	30 (Mozón)
Croacia	-	< 27.8
España	Islas Canarias (EL Gaitero).	1.8
España	Islas Canarias (Erjos).	0.2
España	Islas Canarias (Cumbres Anaga).	4.5
España	Islas Canarias (El Pulpito).	0.2
España	Islas Canarias (Parque Rural de Teno).	4.1 – 5.5
España	Alicate (El Montgó).	5.6

Fuente: Simón (2009).

3. CAPÍTULO III.

3.1. Materiales y métodos.

3.1.1. Materiales.

- 03 postes de madera (3m).
- 01 sarán (1.5m x 1m).
- 01 yute (1.5m x 1m).
- 01 libreta de campo.
- 01 tubos PVC (3m).
- 01 tensores (8m).
- 01 alambre galvanizado.
- 01 manguera de 3/4 pulgadas (6m).
- 01 barreta.
- 02 uniones.
- 01 teflón.
- 01 martillo.
- 01 recipiente para recolección de agua de 20l.
- 02 jarras de 3L
- 01 alicate.

3.1.2. Equipos.

- GPS.
- Metro.
- Cámara fotográfica.
- Computadora.
- Tiras de pH.
- Bolígrafos.
- Motocicleta.
- Estaciones meteorológicas.
- Software ArcGis 10.

3.2. Validación y confiabilidad de los instrumentos.

3.2.1. Estación meteorológica.

La estación que sirvió para el estudio es de tipo automática, ubicado en el barrio La Argelia perteneciente a la Parroquia Urbana El Sagrario en la Provincia de Loja, la ubicación se sitúa a una altura 2160 msnm, y una distancia de 37.9 km de la zona de estudio; los datos fueron obtenido de la página del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI (2018).

3.2.2. GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

La ubicación de la altura sobre el nivel del mar y el posicionamiento satelital de los neblinómetros se utilizó un equipo GPS de marca GARMIN MAP 64s (Ilustración 13).



Ilustración 13: Especificación técnica del instrumento GPS utilizada. Fuente: Autor (2021).

3.2.3. Envase de recolección.

La ilustración 14, muestra el envase de plástico calibrada en litros para el almacenamiento del agua proveniente del sistema de captación.



Ilustración 14: Envase de almacenamiento del agua recolectada. Fuente: Autor (2021).

3.2.4. Tratamiento de datos.

En la recolección de los datos en el campo se utilizó una tabla de registro (Tabla 2), que contienen los siguientes campos para su posterior digitalización.

Tabla 2: Tabla de registro de datos en campo.

N.º	Fecha.	Hora.	Altitud.	Volumen.		Unidad.
				Sarán.	Saco de Yute.	

Fuente: Autor (2021).

3.3. Metodología.

La ejecución de los neblinómetros en las zonas de estudio siguió el modelo sugerido por Schemenauer & Cereceda (1994).

En la ilustración 15, muestra el neblinómetro a ejecutar que consiste en 3 postes de madera de 3.50 m de largo, el plantando de los postes se realizó en agujeros con una profundidad de 60 cm bajo tierra, posteriormente se procedió a la ubicación en altura los captadores en dirección de los vientos predominantes, que consiste en el montaje por un lado con saco de yute y al otro lado con sarán al 65% de sombra de 1 m de ancho y 1.5 m de largo; seguidamente en la parte inferior del sistema de captación de cada uno de los modelos se acopló la canaleta de PVC cuya función es recolectar el agua captada por las mallas; finalmente se colocó el sistema de transporte que radica en el conexionado de la canaleta con el depósito de almacenamiento a través de una manguera de 3/4 de pulgada; el almacenamiento consiste en un baldón de 30 litros de capacidad en cuyo interior se encuentra una jarra de plástico que permitió receptor el agua transportada por las canaletas.

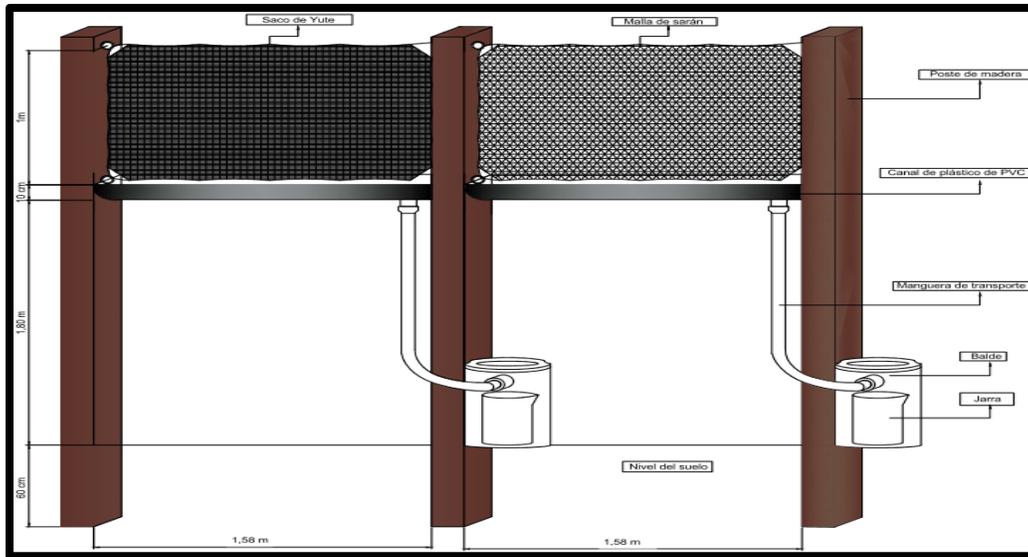


Ilustración 15: Diseño de neblinómetros a construir. Fuente: Autor (2021).

3.3.1. Localización del área de estudio.

Los campos agrícolas y pecuarias localizados en la loma de Ramos (ilustración 16), se caracterizan por ser una de las zonas con poca disponibilidad de fuentes de agua, sin embargo, durante las primeras horas de las mañanas y en los atardeceres se presencia la formación de nieblas que cubre gran parte de la superficie montañosa, el aprovechamiento de las nieblas como fuente alternativa para la captura del agua fue el propósito para el desarrollo de esta investigación.

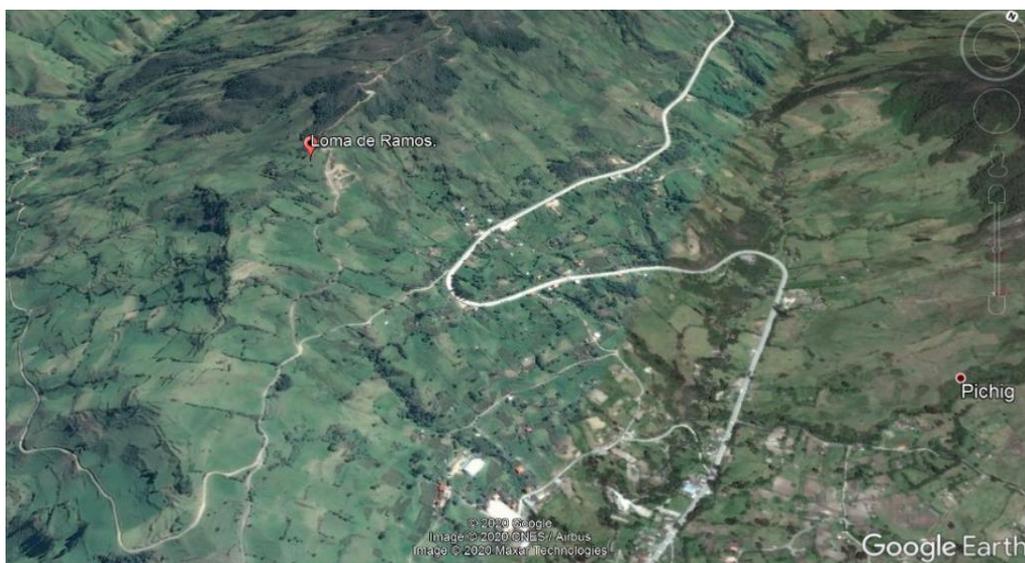


Ilustración 16: Ubicación del punto en la zona de estudio. Fuente: Google Earth (2021).

Tabla 3: Coordenadas de localización de la zona de construcción.

Punto.	Código.	Coordenadas X.	Coordenadas Y.	Altura (msnm).
Lomas de Ramos.	P1.	0691337 m E.	9590130 m S.	2941.

Fuente: Autor (2021).

3.3.2. Medición y registro de datos.

El volumen de agua recogida a través de las canaletas de PVC y transportadas por el sistema de conducción al depósito de almacenamiento (envase de plástico marcada en litros), permitió visibilizar de forma fácil el agua almacenada y de esta manera se registró el volumen; la frecuencia de la toma de muestras se realizó cada 3 días durante los meses de estudio (20 octubre al 31 diciembre); cabe recalcar que el déficit hídrico en la parroquia según PDOT (2015), va desde 25 a 100 mm/año, principalmente en los meses más calurosas y secas. Posteriormente se realizó el análisis de los volúmenes de cada uno de los captadores evaluando así su eficiencia.

3.3.3. Evaluación de costo y beneficio.

Los parámetros necesarios para el cálculo del costo beneficio son: el tiempo de estudio (t_i), el volumen inicial (V_i) y el tiempo final (t_f) o tiempo proyectado. Inicialmente se evaluó los costos asociados a la construcción de cada neblinómetro tomando en cuenta los tratamientos utilizados en el caso de ser necesario, consecutivamente se aplicó las ecuaciones desarrollados Poveda & Sanabria (2017); dentro del cálculo, a través de la ecuación (1), se evaluó el volumen del agua final que se podría recolectar durante un tiempo proyectado, la proyección del tiempo es directamente proporcional con la durabilidad de los materiales de construcción, para este estudio se tomó un tiempo de duración de un año; con el dato encontrado y a través con la ecuación (2), se calculó el costo del litro del agua captada para cada uno de los neblinómetros, los resultados obtenidos mostró la eficiencia de recolección del agua para un tiempo de un año.

$$V_f = \frac{V_i * t_f}{t_i} \quad (1)$$

$$Cl = \frac{Ci}{Vf} \quad (2)$$

3.3.4. Descripción de los impactos ambientales.

Para el cumplimiento de este objetivo se empleó un enfoque cualitativo mediante; entrevistas, observación, fotografías, notas de campo el mismo que permitió hacer un análisis de los impactos positivos y negativos generados durante el estudio, ejecución y operación del proyecto. En el análisis se tomó las categorías ambientales de mayor incidencia dentro de la ejecución del proyecto, como: la ecología, contaminación, aspectos estéticos y aspectos de interés humano, así mismo la elección de los componentes y los parámetros ambientales que reflejan de las categorías ambientales fueron en función del impacto que genera la construcción del proyecto.

La validación de la información obtenida se realizó mediante revisiones bibliográficas de libros, tesis, revistas, teoría fundamentada que permitió demostrar los aspectos benéficos y no benéficos en la construcción del proyecto.

3.4. Características climatología de la zona de estudio.

El estudio de las variables que inciden en la cosecha del agua de niebla se realizó con los datos obtenidos de las redes de estaciones meteorológicas INAMHI (2018); la estación seleccionada es la segunda más cercana a la zona de estudio, sin embargo, se escogió debido a que se tenía acceso a la información y los datos de los parámetros fueron completos.

3.4.1. Variables independientes.

3.4.1.1. Temperatura del aire.

La temperatura media promedio del aire del año 2018 de la estación meteorológica seleccionada es de 17°C.

3.4.1.2. Altitud.

La estación se encuentra ubicada en el cantón y provincia de Loja a 2160 msnm, geográficamente se ubica 4°2'15.14" de latitud S y 79°12'12.9" Longitud W.

3.4.1.3. Precipitación caída.

La precipitación media promedio del año 2018 de la estación meteorológica es de 2.2 mm.

3.4.1.4. Humedad relativa.

La humedad relativa promedio del año 2018 de la estación seleccionada es de 78.79 %.

3.4.1.5. Dirección y velocidad del viento.

La dirección y velocidad de los vientos predominantes se obtuvo mediante tratamientos de los datos obtenidos de la INAMHI, cuyos resultados muestran vientos suaves y leves de acuerdo con la escala de Beaufort y predominan en la dirección Norte (Tabla 4).

Tabla 4: Velocidad y dirección del viento de la estación La Argelia.

Mes.	Velocidad Promedio (m/s).	Dirección Promedio del viento.
Enero.	2.1	N
Febrero.	2.5	N
Marzo.	2.3	N
Abril.	2.2	N
Mayo.	2.1	N
Junio.	2.8	N
Julio.	3.4	N
Agosto.	4.3	N
Septiembre.	2.7	N
Octubre.	2	N
Noviembre.	1.6	N
Diciembre.	2.2	N

Fuente: INAMHI (2018).

1.1.1. Variables dependientes.

- Volumen del agua captada.

4. CAPÍTULO IV.

4.1. Análisis de resultados.

4.1.1. Construir neblinómetros a partir de fibras sintéticas y orgánicas.

Tomando en referencia la bibliografía consultada para la construcción de los neblinómetros y los factores meteorológicos de mayor incidencia, se construyó neblinómetros bidimensionales siendo las más adecuada para el experimento.

4.1.2. Construcción de la estructura.

Previo a la ejecución en el área seleccionada para el experimento, se cortó los soportes de madera de pino de 3 metros de largo y un diámetro de 12 cm aproximadamente; en la ilustración 17 literal a, que se presenta a continuación muestra la excavación de los huecos de 60 cm de profundidad y un diámetro alrededor de 20 cm; mientras que en el literal b, indica la fijación de los postes de madera en los hoyos previamente excavadas, para conseguir mayor estabilidad se ajustó con rocas pequeñas y se compactó con tierra de tal manera que permita la durabilidad durante el tiempo de estudio.



Ilustración 17: a) Excavación de agujeros, b). Fijación de los postes de madera a una distancia de 1.6 m entre ellas. Fuente: Autor (2021).

4.1.2.1. Construcción de los elementos captadores.

Se utilizaron como elementos captadores el saco de yute y el sarán al 65% de sombra de 1 m de ancho y 1.5 m de largo. Para alcanzar mayor eficiencia y durabilidad sobre la infraestructura se realizó un ajuste de los elementos captadores como se visualiza en la ilustración 18 literal a, que consistió en el cosido de una cuerda en los cuatro bordes del sistema de captación dejando un espacio de sobra en los ángulos de cada elemento captador, cuyo objetivo es mantener la tensión con los soportes estructurales; mientras en el literal b, muestra el montaje y el tensado de los elementos captadores sobre los soportes estructurales previamente ajustadas en la superficie, esto permitió evitar pérdidas producidas por la caída de las gotas de agua fuera de las canaletas de recolección.



Ilustración 18: a) Acople de cuerdas en los elementos captadores. b) Montaje sobre los soportes previamente fijados en la superficie. Fuente: Autor (2021).

4.1.2.2. Canaleta de recolección y drenaje.

El agua proveniente de los elementos captadores son transportados por las canaletas, cuya sujeción debe asegurar la estabilidad cuando sobrevivan efectos invernales con vientos fuertes, por tal motivo en la ilustración 19 literal a, muestra las canaletas acopladas con trozos de alambre con el propósito de mantener la sujeción con los bordes inferiores de los elementos captadores; mientras que en el literal b, se visualiza el sistema de transporte constituida por el conexionado entre la manguera de $\frac{3}{4}$ de pulgadas y la jarra de plástico; y finalmente en el literal c, muestra la ubicación

de los sistemas de almacenamiento dentro de un baldón con la finalidad de evitar el ingreso del agua que no sea proveniente del drenaje del sistema.

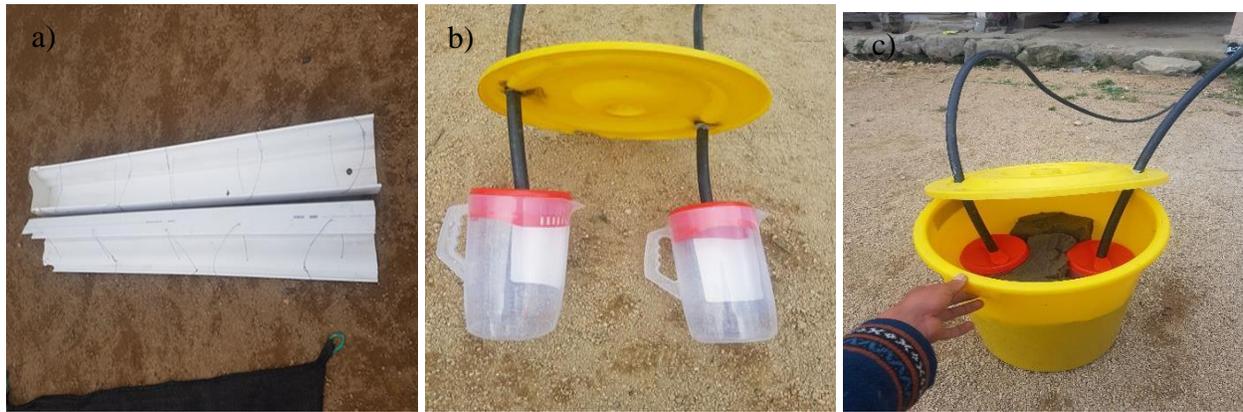


Ilustración 19: a) Canaletas de recolección, b) transporte, c) almacenamiento del agua. Fuente: Autor (2021).

Realizados los arreglos, se procedió al montaje del sistema de recolección sujetando con los bordes inferiores de sistema de captación y los soportes estructurales, como se visualiza en la ilustración 20 literal a; de igual forma en el literal b, muestra el montaje del sistema de almacenamiento ubicado sobre una base plástica para seguidamente ser sujetadas con el soporte estructural. Finalmente, en el literal c, se procedió la conexión del depósito de almacenamiento con la canaleta de recolección, contrastando que no haya ranuras u orificios en el conexionado que permita la fuga de agua.

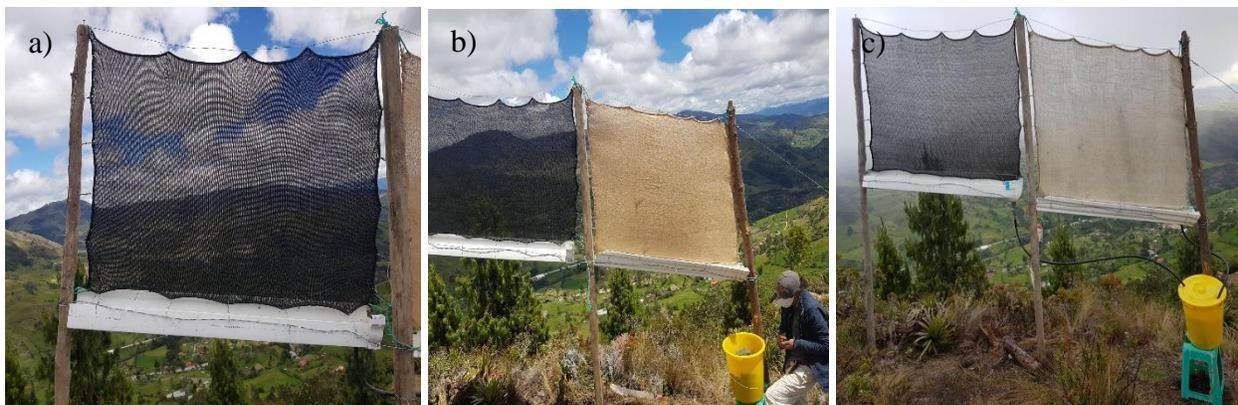


Ilustración 20: a) Montaje del sistema de captación, b) recolección, transporte y c) almacenamiento del agua. Fuente: Autor (2021).

En la ilustración 21 literal a y b, muestra el montaje de todos los sistemas que constituyen los neblinómetros (sistema de captación, recolección, transporte, almacenamiento); de la misma forma

para garantizar la durabilidad de la infraestructura y su buen funcionamiento se colocó un tensor que sujetó la cima del soporte estructural con una estaca fijada en la superficie de la tierra como se visualiza en el literal c de la ilustración 21, el rango de días de la toma de muestras se definió en función de la eficiencia de recolección y de esta manera se registró el volumen.



Ilustración 21: a) montaje de las canaletas de recolección, b) conexión de sistema de almacenamiento con las canaletas de recolección, c) ajuste del tensor de la infraestructura con la superficie de la tierra. Fuente: Autor (2021).

El registro del volumen se realizó de manera independiente con el propósito de determinar la eficiencia del material utilizado en la captación del agua. La toma de muestras se realizó desde 20 de octubre al 30 de diciembre en un rango de cada tres días obteniendo un total de 25 muestras durante los meses de estudio.

4.1.3. Evaluar la eficiencia de captación de agua de neblinómetros en la Loma de Ramos- Loja.

Luego de concluir los meses de estudio, se presenta la descripción del desempeño alcanzado con los diferentes sistemas de captación utilizados en la construcción de los neblinómetros, mostrando la eficiencia de recolección del agua y el comportamiento mensual.

4.1.3.1. Eficiencia del volumen del agua recolectada con sarán.

El registro de volumen de agua recolectada durante los meses de estudio a través del captador construido a base de sarán al 65% de sombra, se visualiza en la ilustración 22.

El volumen de agua acumulada mensualmente varía significativamente, durante las dos últimas semanas del mes de octubre registró un volumen de 9.4 litros con un promedio de 0.78 l/día,

mientras que en el mes de noviembre alcanzó un volumen de 11 litros con un promedio de 0.36 l/día y finalmente en el diciembre registró un volumen de 23.1 litros con un promedio de 0.74 l/día de agua recolectada.

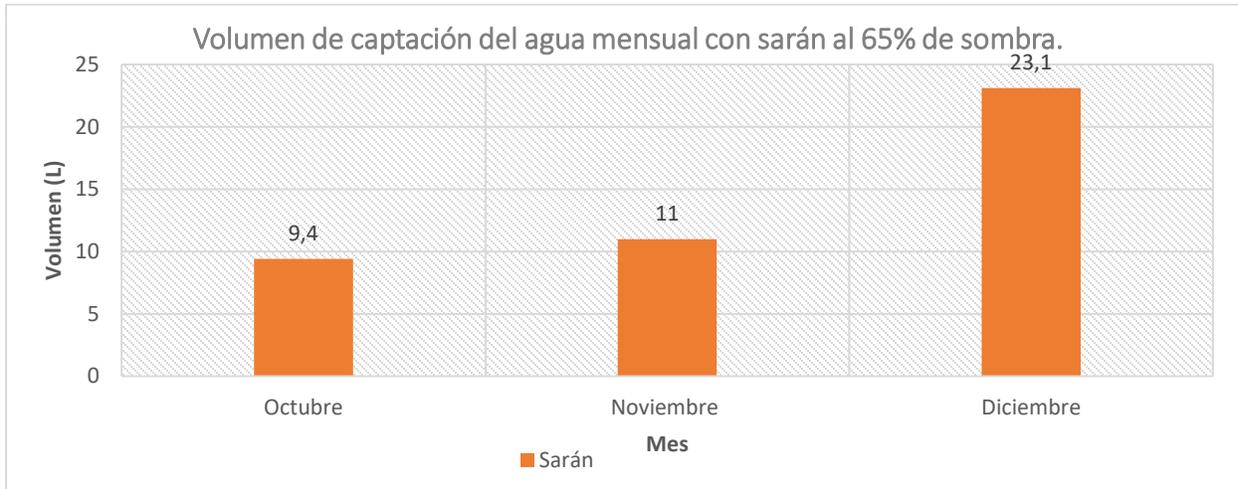


Ilustración 22: Eficiencia del volumen captación del agua mensual captada a través de sarán al 65% de sombra. Fuente: Autor (2021).

El comportamiento de la recolección del agua cada tres días muestra inestabilidades significativas; en la ilustración 23, indica que en la primera y segunda semana del mes de noviembre presenta deficiencias en la recolección del agua como consecuencia de cielos despejados o con escasa presencia de nubosidades, mientras que en el mes de diciembre alcanzó volúmenes de recolección que va desde 1.6 a 2.8 litros de agua.

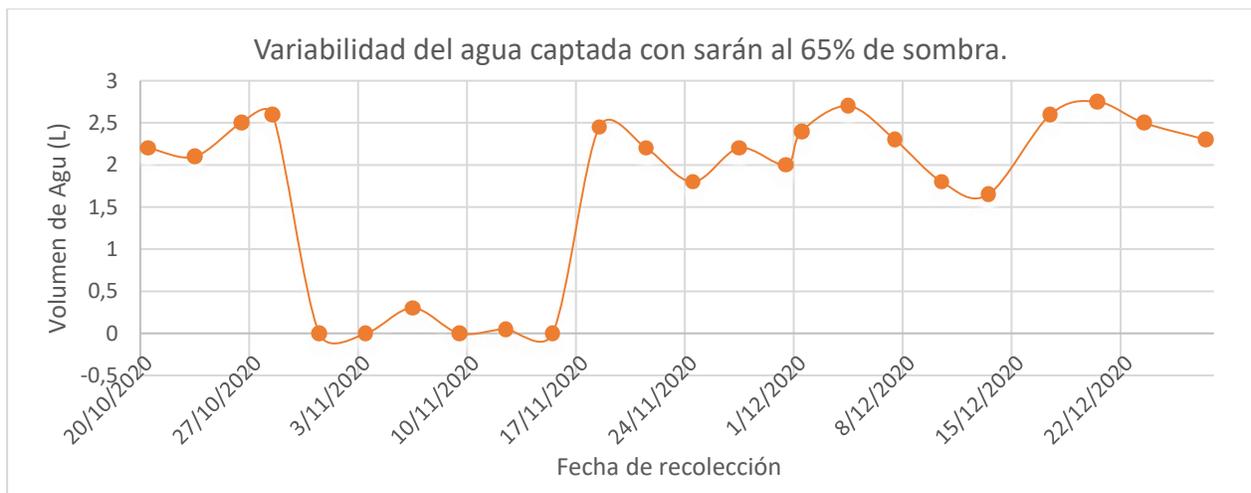


Ilustración 23: Comportamiento del volumen del agua recolectada cada tres días por captadores a base de sarán. Fuente: Autor (2021).

4.1.3.2. Eficiencia del volumen del agua recolectada con saco de yute.

El registro de volumen de agua recolectada durante los meses de estudio a través del captador construido a base de saco de yute, se visualiza en la ilustración 24.

El volumen de agua acumulada mensualmente varía significativamente, durante las dos últimas semanas del mes de octubre registró un volumen de 10.4 litros con un promedio de 0.86 l/día, mientras que en el mes de noviembre alcanzó un volumen de 12.1 litros con un promedio de 0.40 l/día y finalmente en el diciembre registró un volumen de 24.4 litros con un promedio de 0.78 l/día de agua recolectada.

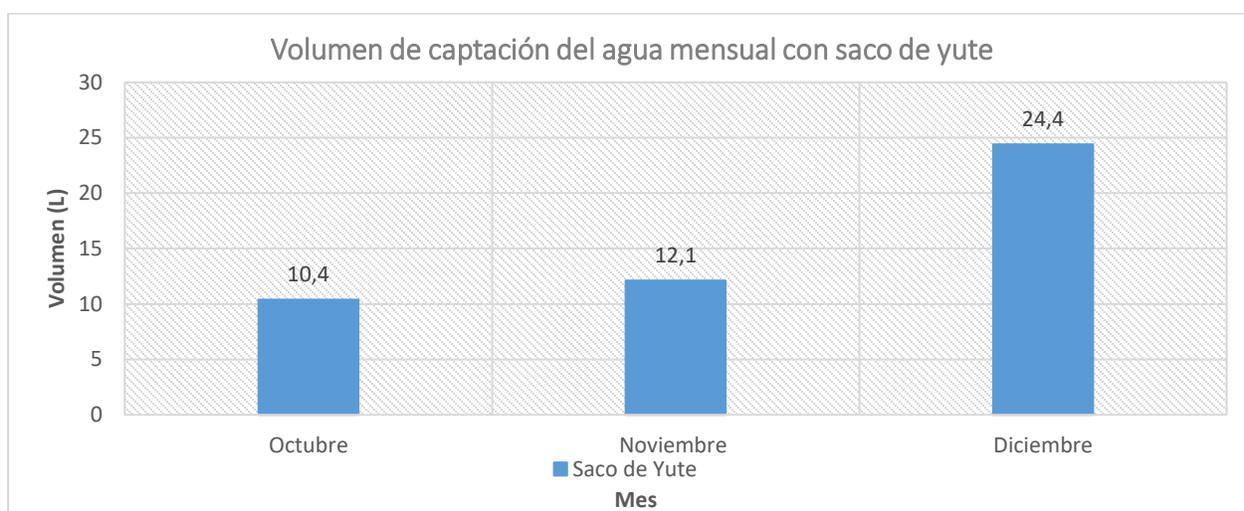


Ilustración 24: Eficiencia del volumen de captación del agua mensual captada a través de saco de yute. Fuente: Autor (2021).

El comportamiento de la recolección del agua cada tres días muestra inestabilidades significativas; en la ilustración 25, indica que en la primera y segunda semana del mes de noviembre presenta deficiencias en la recolección del agua como consecuencia de cielos despejados o con escasa presencia de nubes, mientras que en el mes de diciembre alcanzó volúmenes de recolección que va desde 1.8 a 2.8 litros de agua.

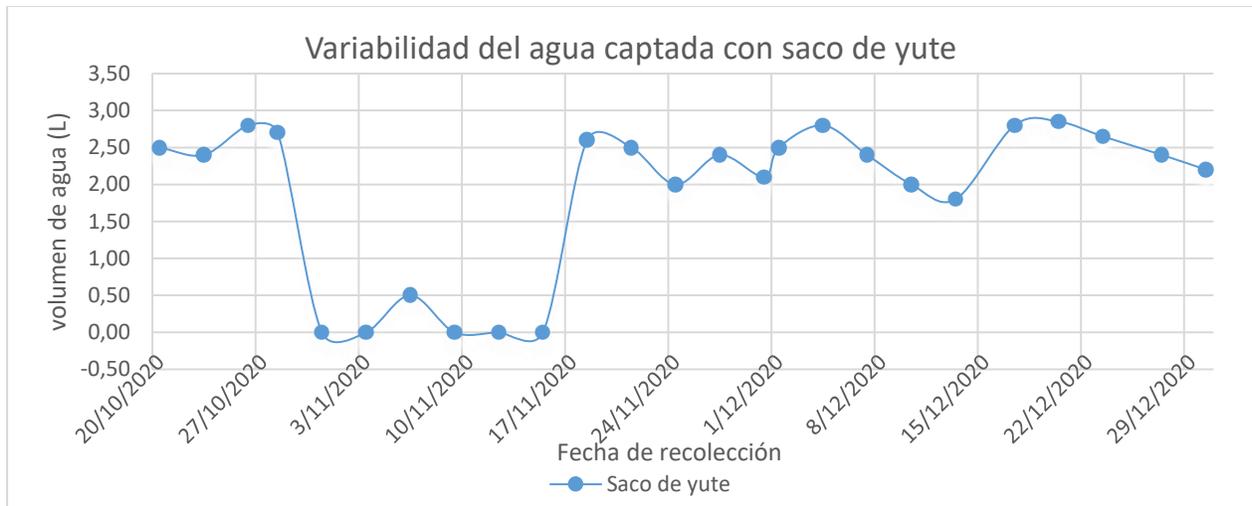


Ilustración 25: Comportamiento del volumen recolectada cada tres días por captadores de saco de yute. Fuente: Autor (2021).

4.1.3.3. Comparación del volumen de agua recolectada con sarán y sacos de yute.

Los prototipos construidos a base de saco de yute y el sarán al 65% de sombra presentan similitudes en el volumen de recolección del agua. En la ilustración 26 demuestra, que mayor eficiencia en la captación del agua se logró con el prototipo construido a base de saco de yute que alcanzó un volumen total de 46.9 litros con un promedio de 0.62 l/día, mientras que el prototipo construido a base de sarán al 65% de sombra alcanzó un volumen menor de 43.5 litros con un promedio de 0.58 l/día, el análisis nos da una diferencia de 3.4 litros cuyo volumen no es representativo en cuanto tipo de material del cual procedan.

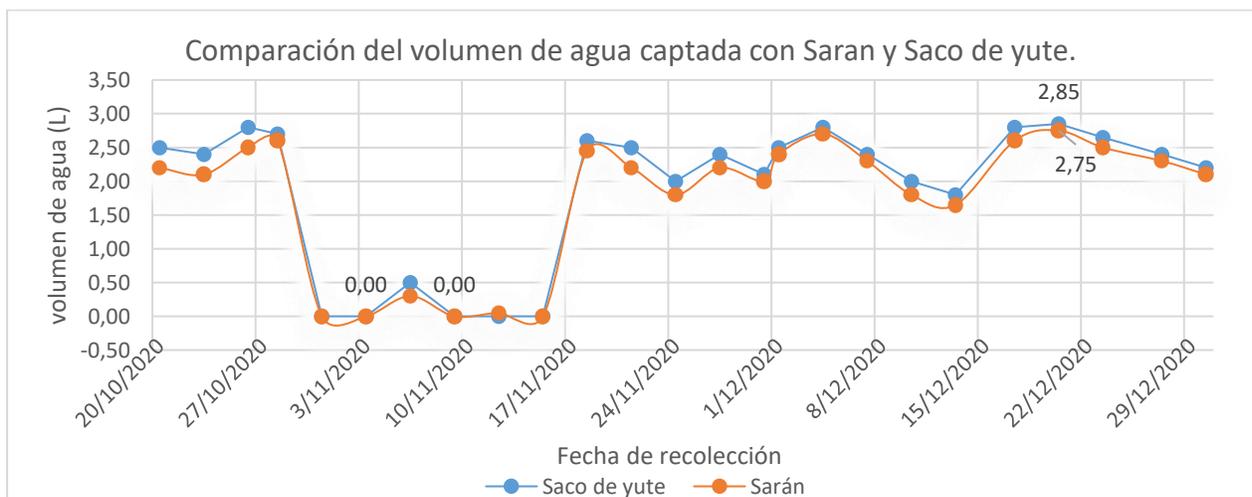


Ilustración 26: Comparación de la eficiencia de captación del agua de sacos de yute versus sarán al 65% de sombra. Fuente: Autor (2021).

Los neblinómetros contruidos a partir materiales sintéticos y orgánicos muestran similitudes en los volúmenes mensuales de recolección cuya diferencia no es significativa, como se visualiza en la ilustración 27.

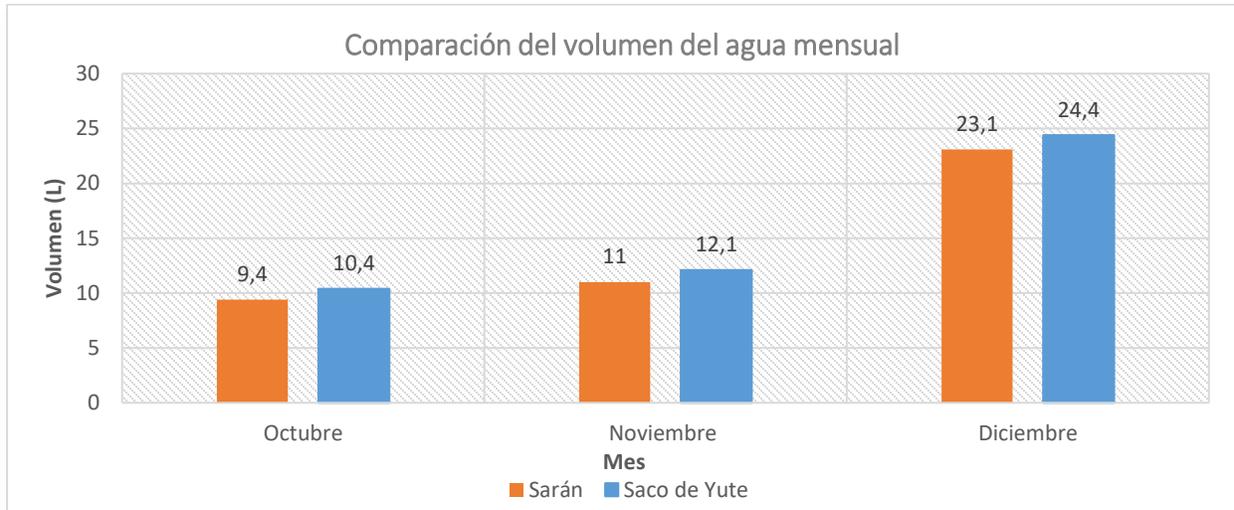


Ilustración 27: Eficiencia de captación mensual de agua para prototipos contruidos a base de sarán y sacos de yute. Fuente: Autor (2021).

4.1.4. Análisis de pH del agua.

El agua recolectada a través de los captadores y almacenada en los depósitos de almacenamiento fueron sometidos al análisis de calidad, las mediciones se realizaron in situ con el uso de las tiras medidoras de pH, el resultado permitió conocer la calidad del agua captada en la zona de estudio.



Ilustración 28: Medición de la calidad del agua (pH). Fuente: Autor (2021).

En la ilustración 28 literal a, indica que las mediciones del pH varían 5.5 a 6, siendo un nivel levemente ácido, además se comprobó que no existen cambios de calidad del agua por el material utilizado en la captación, sin embargo, se evidenció que el agua recolectada tenía coloraciones distintas debido a la materia prima (orgánica y sintética) utilizados para la fabricación de los captadores como indica en la ilustración 29 literal b.



Ilustración 29: a) Medida del pH del agua, b) color del agua. Fuente: Autor (2021).

4.1.5. Realizar análisis de costo beneficios de cada uno de los modelos construidos de neblinómetros y aplicados en la zona de estudio.

Para su cumplimiento, en la tabla 5 y tabla 6, se procedió a determinar los indicadores económicos de cada uno de los prototipos construidos.

Tabla 5: Presupuesto para construcción de captadores a base de sarán al 65% de sombra.

Costo de implementación de neblinómetro a base de sarán.

Artículo.	Unidades.	Cantidad.	Precio unitario.	Precio final.
Sarán 65%.	m ²	1.5	2.5	2.85
Alambre galvanizado cal 14.	lb	1	0.9	0.9
Alambre galvanizado cal 16.	lb.	1	0.9	0.9

Unión.	Manguera - Canaleta.	1	0.8	0.8
Canaletas de PVC.	m	1.5	4.5	6.75
Jarra de recolección.		1	1.5	1,5
Soga.	m	6	0.8	4.8
Grapas.	lb	0.5	1.5	0.75
Baldón de protección.		1	6.5	6.5
Postes de madera.	m	2	3	6
Pega tubos.		1	0.75	0.75
Manguera de ¾ "	m	3	0.5	1.5
Gasto total.				\$ 34

Fuente: Autor (2021).

Los prototipos construidos para el experimento durante el tiempo de estudio no se observó deterioro del mismo, por lo tanto, no se genera un costo adicional relacionado con el tratamiento. La relación costo y beneficio se halló a través de cálculos matemáticos, permitiendo determinar el costo del litro del agua captada para cada uno de los modelos y el volumen de recolección de agua en un año.

1. Datos iniciales.

- *Volumen inicial (Vi) = 43.5 litros.*
- *Volumen final (Vf) = ?.*
- *Tiempo inicial (ti) = 2.5 meses.*
- *Tiempo final (tf) = 12 meses.*
- *Costo de la infraestructura (Ci) = \$34 .*

2. Cálculo de volumen final (Vf).

$$Vf = \frac{Vi * tf}{ti}$$

$$Vf = \frac{43.5 \text{ litros} * 12 \text{ meses}}{2.5 \text{ meses}}$$

$$Vf = 208.8 \text{ litros.}$$

3. Cálculo de costo por litro de agua (Cl).

$$Cl = \frac{Ci}{Vf}$$

$$Cl = \frac{\$ 34}{208.8 \text{ litros}}$$

$$Cl = \$0.16 \text{ litro.}$$

4. Resumen.

Tabla 6: Resumen de resultados.

<i>Vi(litros).</i>	<i>ti(meses).</i>	<i>tf(meses).</i>	<i>Vf(litros).</i>	<i>Ci.</i>	<i>Costo por litro de agua.</i>
43.5 litros.	2.5 meses	12 meses	208.8 litros	\$34	\$0.16 litro

Fuente: Autor (2021).

Tabla 7: Presupuesto para la construcción de captadores a base de saco de yute.

Costo de implementación de neblinómetro a base de saco de yute.

Artículo.	Unidades.	Cantidad.	Precio unitario.	Precio final.
Saco de yute.		1	7	7
Alambre galvanizado cal 14.	lb	1	0.9	0.9
Alambre galvanizado cal 16.	lb	1	0.9	0.9
Unión.	Manguera - Canaleta.	1	0.8	0.8
Canaletas de PVC.	m	1.5	4.5	6.75
Jarra de recolección.		1	1.5	1.5
Soga.	m	6	0.8	4.8
Grapas.	lb	0,5	1.5	0.75
Baldón de protección.		1	6.5	6.5
Postes de madera.	m	2	3	6

Pega tubos.		1	0.75	0.75
Manguera de ¾ ".	m	3	0.5	1.5
Gasto total.				\$ 38.15

Fuente: Autor (2021).

1. Datos iniciales.

- *Volumen inicial (Vi) = 46.9 litros.*
- *Volumen final (Vf) = ?.*
- *Tiempo inicial (ti) = 2.5 meses.*
- *Tiempo final (tf) = 12 meses.*
- *Costo de la infraestructura (Ci) = \$38.15.*

2. Cálculo de volumen final (Vf).

$$Vf = \frac{Vi * tf}{ti}$$

$$Vf = \frac{46.9 \text{ litros} * 12 \text{ meses}}{2.5 \text{ meses}}$$

$$Vf = 225.12 \text{ litros}$$

3. Cálculo de costo por litro de agua (Cl).

$$Cl = \frac{Ci}{Vf}$$

$$Cl = \frac{\$ 38.15}{225.12}$$

$$Cl = \$0.17 \text{ litro.}$$

4. Resumen.

Tabla 8: Resumen de resultados.

<i>Vi(litros).</i>	<i>ti(meses).</i>	<i>tf(meses).</i>	<i>Vf(litros).</i>	<i>Ci.</i>	<i>Costo por litro de agua.</i>
46.9 litros	2.5 meses	12 meses	225.12 litros	\$38.15	\$0.17 litro

Fuente: Autor (2021).

4.1.5.1. Interpretación.

El prototipo construido a base de sarán con respecto al saco de yute genera costos mayores con una diferencia de \$4.15. Los resultados de la valoración económica indican que el costo del litro de agua para un tiempo proyectado de un año es de 0.17 centavos para el agua recolectada a través de saco de yute y de 0.16 centavos para el agua recolectada a través de sarán al 65% de sombra.

La durabilidad promedio del sarán es 4 años mientras que el saco de yute 2 años, esto indica en el acabo de los dos años tendría que ser reemplazada la malla en su totalidad; esto genera una adición al presupuesto ocasionado por la compra del saco de yute evaluado en \$7.00 lo cual tendría un costo final de \$45.15.

Cabe mencionar, que este tipo de proyectos no se realiza con fines de lucro sino como una ayuda social, económica que satisfaga las necesidades básicas de las comunidades asentadas en sitios de escasas vertientes de agua.

4.1.6. Describir los impactos ambientales generados por los neblinómetros en la zona en estudio.

La construcción de proyectos produce modificaciones en los componentes ambientales, por ende, con el propósito de conocer las incidencias ambientales de los neblinómetros, se realizó la descripción de las actividades que comprende el proyecto en cada fase, seguidamente se detallan los impactos producidos como consecuencia de; estudio, construcción y operación de los neblinómetros.

4.1.6.1. Estudio ambiental.

En la tabla 7, se realizó la descripción de las actividades desarrolladas en la implementación de los neblinómetros en la Loma de Ramos de la Parroquia San Lucas.

Tabla 9: Descripción de las actividades en las fases de: estudio, ejecución y mantenimiento.

Fase	Actividad	Detalle
Estudio.	Se realizaron estudios de las condiciones ambientales.	Se cumplió con los estudios previos a la ejecución del proyecto de las condiciones meteorológicas de la zona de la construcción, siendo necesario el análisis de los datos meteorológicos en tiempo real.
Ejecución.	Construcción de neblinómetros.	Tres postes de madera de 3 m de altura se fijaron en la superficie de la tierra con una distancia de poste a poste de 1.6 m. Seguidamente se procedió con el montaje del sistema de captación, conducción y almacenamiento; la infraestructura se construyó en dirección perpendicular a los vientos predominantes.
	Cuantificación del volumen de agua recolectada.	De acuerdo a las condiciones meteorológicas estudiadas se realizó la cuantificación del volumen de agua captada a través de los neblinómetros construidos en la loma de Ramos.
Mantenimiento.	Inspección de la durabilidad de los materiales.	Durante el periodo de estudio se realizó el seguimiento y control continuo de la infraestructura para su correcto funcionamiento.

Fuente: Autor (2021).

4.1.6.2. Descripción de impactos ambientales.

A continuación, en la tabla 8, se realizó la descripción de los impactos ambientales en los parámetros de mayor incidencia en la ejecución del proyecto.

Tabla 10: Descripción de los parámetros ambientales de mayor incidencia en la ejecución del proyecto.

Descripción de impactos ambientales.			
Categorías ambientales.	Componentes ambientales.	Parámetros.	Impactos ambientales.
Ecología.	Especies y poblaciones.	Pastizales y praderas.	Con la construcción de los neblinómetros no sufrió alteraciones significativas sobre este parámetro, sin embargo, se requirió que la zona de estudio cumpliera con los parámetros meteorológicos, climáticos y ambientales.
		Cosechas.	Los neblinómetros permiten la captación del agua utilizable para riego en los campos agrícolas, pastizales y para el consumo de animales.
		Vegetación natural.	Si bien la construcción puede ser una competencia para la vegetación por su uso como soportes estructurales, sin embargo, se contrastó a través de revisiones bibliográficas, que la cosecha de agua por este sistema ha hecho posible la

			reforestación de los suelos con especies endémicas.
Contaminación.	Agua.	Pérdida del caudal de las cuencas hidrográficas.	El proyecto no tiene un tamaño suficiente para alterar la disponibilidad y calidad del agua, al contrario, la implementación de esta tecnología compensa el déficit del agua de buena calidad.
	Atmósfera.	Partículas sólidas.	La emisión del material particulado produjo en la etapa de construcción, mientras que los gases se emitieron durante el traslado de los equipos y en la toma de muestras, pero su frecuencia de emisión es relativamente baja.
	Suelo.	Uso suelo.	La calidad del suelo no se vio alterada por la construcción, ya que la única incidencia del proyecto con el suelo es por el hoyo que se realizó para la fijación de los soportes.
Aspectos estéticos.	Paisajismo.	Arquitectura y alteración del paisaje.	La construcción consistió en levantar una malla visible en el paisaje, pero no modificó en gran medida el paisaje natural.

Suelo.	Relieve características topográficas.	Este factor no se vio alterado por la construcción del proyecto, sin embargo, las características topográficas inciden significativamente en la producción del agua.
Aire.	Visibilidad.	La construcción provocó una distracción en el área natural, sin embargo, por sus características físicas del material utilizado y por el tamaño de construcción no es una barrera que obstaculice por completo la visibilidad.
Biota.	Alteración del microclima.	Este factor no se vio alterado por la construcción de la infraestructura. En términos generales el microclima incidió en la producción de la niebla por tal motivo es de gran importancia en la captación del agua.
Aspectos de interés humano.	Estilos de vida. Intereses sociales.	Se intenta satisfacer las necesidades básicas dentro de los campos agrícolas y pecuarios mejorando la calidad de vida de los sectores rurales.

Productividad.

La mayor cantidad del volumen de agua captada mejorará la productividad de las cosechas y por ende incrementará los ingresos económicos para las familias que opten por esta tecnología.

Fuente: Autor (2021).

5. CAPÍTULO V.

5.1. Discusión científica.

En la construcción de los neblinómetros de 1 m de ancho y 1.5 m de largo en la loma de Ramos de la parroquia San Lucas se siguió la metodología de (Cereceda et al., 2010), que estableció la construcción de un neblinómetro con un área de captación de 1 m², ubicada a una altura de 3 m desde la superficie de la tierra; de modo similar (Echeverría, 2018), desarrollo la construcción de un neblinómetro con un área de captación igual ubicada a una altura de 2 m de la superficie de la tierra; mientras que con un área de captación superior construyeron (Poveda & Sanabria, 2017), con dimensiones de 2.5 m de ancho y 3 m de largo; de la misma forma con el objetivo de satisfacer la demanda del agua, construcciones con dimensiones superiores diseñaron los autores (Osse et al., 2018), de 4 m de ancho y 10 m de largo con una altura de 2 m de la superficie de la tierra.

La eficiencia de captación del agua a través de los neblinómetros tuvo variaciones significativas, se comprobó que hubo semanas en la que no se pudo recolectar agua y semanas en la que se obtuvo buena cantidad del agua durante los meses de estudio. Los volúmenes mensuales del agua captada a través del neblinómetro construido a partir de saco de yute a una altura de 2941 msnm, alcanzó: 10.4 litros para el mes de octubre, 12 litros para el mes de noviembre y 24.4 litros para el mes de diciembre; estos resultados son superiores a los volúmenes de agua encontrados por (Vistin, 2014), mediante sistemas de captación de saco de yute ubicados a una altura de 3446 msnm, logró recolectar: 10.15 litros para el mes de junio, 16.7 litros para el mes de julio, 16.33 para el mes de agosto y 9.9 para el mes de septiembre. Por otro lado, el volumen de captación mensual del agua a través del neblinómetro construido a partir de sarán al 65% de sombra, logró una recolección mensual de: 9.4 litros para el mes de octubre, 11 litros para el mes noviembre y 23.1 litros para el mes de diciembre, logrado una recolección total de 43.5 litros con un promedio de 0.58 l/día; resultados inferiores fueron encontrados por (Quinga, 2018), donde a través de un sistema de recolección construido a una altura de 4094 msnm, alcanzó un volumen de captación de 7 litros para el mes de noviembre y 14 litros para el mes de diciembre, obteniendo una recolección total de 21 litros con un promedio de 0.34 l/día; mientras que (Vistin, 2014), a través de sistemas captación al 30% de sombra, logró obtener mayor rendimiento en el volumen de captación mensual, cuyos resultados alcanzaron: 10.45 litros en el mes de junio, 16.1 litros en el mes de julio, 17.03 litros en

el mes de agosto y 10.1 litros en el mes de septiembre; por otra parte, promedios diarios superiores fueron encontrados por (Madariaga, 2017), donde a través de la construcción de neblinómetros a una altura de 561 msnm, logró alcanzar un promedio de recolección de 0.94 l/m²/día; resultados con alturas diferentes sobre el nivel del mar evaluados por (Rivera, 2017), logró recolectar un promedio de 1.28 l/m²/día a 1570 msnm y de 1.4 l/m²/día a 1600 msnm; igual forma el resultado encontrado por (González & Guevara, 2009), donde planteó la construcción de neblinómetros a una altura de 850 msnm, logró alcanzar un promedio de 6.7 l/m²/día, mientras que a una altura de 960 msnm, alcanzó un promedio de 21.5 l/m²/día de agua captada desde 1995 hasta 2003. En otro estudio desarrollado por (Cuéllar, 2018), que contempla la implementación de neblinómetros con un área de captación de 12m², los resultados al ser extrapolados la captación por metro cuadrado se obtiene un volumen de: 552 l/m² para el mes de octubre, 144 l/m² para el mes de noviembre y 336 l/m² diciembre, en definitiva, a alturas bajas sobre el nivel del mar recolectó mayor cantidad de agua.

En cuanto a la eficiencia de captación, el saco de yute mostró mayor eficiencia en la captación del agua en comparación con el sarán al 65% de sombra, con una diferencia de 3.4 litros de agua; estos valores guardan relación con los resultados encontrados por (Vistin, 2014), donde demuestra que el saco yute logró recolectar mayor volumen del agua con respecto al sarán cuya diferencia no supera los 1.09 litros; por otro lado (Mora, 2020), demostró que los prototipos con porcentajes de sombra menores logran obtener mayor eficiencia en la captación del agua, tal es el caso que los captadores con 35 % de sombra captan mayor volumen de agua que los captadores al 50 % sombra; eficiencias menores demostró (Vigo, 2018), al evaluar un sistema de captación al 80 % de sombra, cuya eficiencia se redujo alrededor de un 2 % con respecto a los captadores al 50 % de sombra, pero la diferencia no es significativa.

Por otra parte, costo de construcción mayores alrededor de 38.15 dólares alcanzó la construcción del prototipo a base de saco de yute con respecto al sarán con una diferencia de 4.15 dólares, sin embargo, el costo de litro del agua para dos neblinómetros proyectada para un tiempo de duración de un año alcanzó los 0.16 y 0.17 centavos por cada litro de agua, de modo similar el costo de construcción del neblinómetro evaluado por (Guerrero, 2014), alcanzó un total de 39,7 dólares, mientras que los resultados del costo del litro del agua valorados por (Poveda & Sanabria, 2017), son mayores para un tiempo de duración igual cuyo resultado alcanzó 0.64 centavos por cada litro

del agua. Los resultados encontrados por (Huertas & Molina, 2016), indica que el proyecto es rentable a largo plazo por el bajo costo del mantenimiento, construcción y la constante producción del agua y como consecuencia reduce el costo por cada litro del agua.

De igual forma se evidenció que la construcción de los neblinómetros genera impactos ambientales positivos, como la obtención del agua para satisfacer las necesidades agrícola y pecuarias sin alterar en gran medida los componentes ambientales, mientras que el impacto negativo se centró en la alteración del paisaje natural; resultados similares muestran el estudio de impacto ambiental realizado por (Huertas & Molina, 2016), donde haciendo uso de la matriz de Batalle Columbus indicó que la construcción de los neblinómetros genera mayor cantidad de impactos positivos, mientras que el impacto negativo se generó por la alteración de la arquitectura del paisaje natural debido a que impone una barrera para captar del agua. Estos resultados también guardan relación con la descripción realizada por (Mendoza & Castañeda, 2014), donde indica que es una tecnología amigable de fácil mitigación de los impactos con la desinstalación de los equipos sin que requieran grandes trabajos de remediación adicionales. Por otra parte (Sánchez, 2018), citó que la captación del agua ha permitido la creación de viveros y biohuertos en diferentes familias al mismo tiempo de condicionar un hábitat de flora y de fauna; mientras que (Quevedo, 2013), indicó, que optar por esta tecnología reduce el daño a la superficie y el riesgo de inundaciones causados por la acumulación de escorrentías; mientras que (Estela, 2018), mostró, que es una nueva fuente de agua que no compite con las fuentes tradicionales ni produce efectos adverso al medio ambiente.

5.2. Conclusiones.

La construcción de los neblinómetros con fibras naturales y sintéticas, se dio por la necesidad de del agua en la Loma de Ramos debido a los índices bajos de humedad durante los meses de noviembre y diciembre portados en el PDOT de la parroquia San Lucas,

El neblinómetro construido a base de saco de yute alcanzó un volumen total de 46.9 litros con un promedio de 0.62 l/día, frente al neblinómetro construido a base de sarán que alcanzó un volumen menor de 43.5 litros con un promedio de 0.58 l/día el análisis nos da una diferencia de 3.4 litros, como resultado se obtiene una recolección del agua paralela.

En cuanto a la rentabilidad económica para los dos tipos de materiales utilizados para la captación del agua, se evidenció costos menores en el prototipo construido a base de sarán al 65% de sombra con un valor de \$ 34.00, mientras que el prototipo construido a base de saco de yute alcanzó un valor de \$ 38.15.

Los sacos de yute son favorables en términos ambientales dado a que son biodegradables, reciclables y inocua en el medio ambiente, pero en lo económico no son tan favorables, dado a que mayor durabilidad y menores costos de inversión se obtiene con captadores sintéticos (sarán), por lo tanto, los costos de construcción se mantienen, mientras que los captadores orgánicos (saco de yute) requieren reemplazo de la malla, esto indica un incremento del costo de construcción.

El análisis mostró que el costo del litro de agua es inversamente proporcional con la cantidad del agua recolectada, esto quiere decir que a mayor volumen del agua captada menor será el costo del litro del agua y a menor volumen del agua captada mayor será el costo del litro del agua, en definitiva, los resultados indican que el costo varía entre 0.16 y 0.17 centavo por cada litro de agua.

Se comprobó que la construcción de los neblinómetros se caracteriza por generar impactos positivos por ejemplo; contribuye al aumento de la presencia del agua, la incidencia dentro de los componentes ambientales es relativamente baja, no tiene un tamaño suficiente que altere la disponibilidad del agua y las condiciones atmosféricas, de igual forma los costos de construcción son relativamente bajos y de fácil instalación, no requieren energía para su funcionamiento, mientras que el impacto negativo se sitúa en la obstaculización del paisaje natural dado a que se impone una barrera para la captación del agua, sin embargo el impacto no es significativo y su remediación se da con la desinstalación de la infraestructura.

En definitiva, la construcción de los neblinómetros es una tecnología accesible y ambientalmente ecológica que provee servicios ambientales significativos sin alteran en gran media el paisaje natural, esto ayuda a mejorar la calidad de vida de los sectores rurales mediante la reactivación económica y productiva de los campos agrícolas y pecuarios, además puede ser una solución de escasez del agua para las presentes y futuras generaciones producto de la acción del cambio climático.

5.3. Recomendaciones.

Para la construcción de los neblinómetros es indispensable que los sitios cuenten con vías de acceso, ya que la ejecución del proyecto requiere de herramientas necesarias para la construcción y revisión continua de la instalación.

Realizar estudios de captación del agua durante 12 meses consecutivos, a fin de evaluar la eficiencia de captación durante las épocas secas y épocas lluviosas y su incidencia en regeneración de los campos agrícolas.

Es necesario que el envase del almacenamiento del agua sea lo suficientemente grande a fin de evitar pérdidas por desbordamiento del agua, ya que hay días en las que surgen constantes precipitaciones y por ende se recolecta mayor cantidad del agua.

Para reducir el impacto negativo por la obstaculización del paisaje natural dada por la construcción de los neblinómetros, se recomienda utilizar captadores transparentes y ubicar en lugares estratégicos a fin de reducir los cambios en las características propias del paisaje natural.

Se recomienda construir neblinómetros a base de sarán con soportes de madera tratada o estructuras metálicas con el propósito alcanzar mayor durabilidad de construcción y evitar el incremento de costo de inversión.

Para futuras investigaciones se recomienda realizar el análisis físico, químico y microbiológico del agua recolectada con el objetivo de verificar si el agua es apta para el consumo humano ya que los contaminantes atmosféricos son emitidos por las fuentes puntuales o móviles alcanzan grandes distancias y van en dirección de los vientos predominantes.

5.4. Bibliografía.

- Assmus, G. C., & Ortiz, A. M. (2015). *Agua, pobreza y equidad: un análisis asimétrico*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Batisha, A. F. (2015). Feasibility and sustainability of fog harvesting. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 6, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.swaqe.2015.01.002>
- Cabezas, C. G., & Castillo, Y. K. (2016). *Diseño de un Sistema de Atrapanieblas de Agua por Rocío y Niebla para el Abastecimiento Agua en la Comunidad del Barrio La Esperanza, Localidad de Chapinero* [Universidad de la Gran Colombia.]. https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5285/Diseño_sistema_recolección_agua_abastecimiento_comunidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cabrera, P., Caraguay, K., Chamba, M., Minga, S., Palacios, L., Vega, J., & Yucta, M. (2014). *Caracterización de la biodiversidad de la parroquia San Lucas, Loja - Ecuador*. https://issuu.com/segundominga1/docs/caracterizaci__n_de_la_biodiversida
- Carvajal, R. A. (2018). *Diseño de un Sistema de Refrigeración para un Atrapanieblas Tridimensional* [Universidad San Francisco de Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7322/1/137869.pdf>
- Cereceda, P., Hernández, P., Leiva, J., & Rivera, J. de D. (2014). *Agua de Niebla*. <http://www.cda.uc.cl/wp-content/uploads/2015/12/Libro-Agua-de-Niebla-1.pdf#page=49>
- Cereceda, P., Larrain, P., Osses, P., & Lázaro, R. S. (2010). Los atrapanieblas, tecnología alternativa para el desarrollo rural. *Revista Medio Ambiente y Desarrollo*, 4, 51–56. https://www.angelfire.com/ex/niebla/pdf/atrapanie_Cipma.PDF
- Cieza, L. R. (2019). *Volumen del agua aprovechable utilizando malla atrapanieblas en el centro poblado de Palma-Chota*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. www.lexis.com.ec
- Contreras, V. (2012). *Diseño Construcción y evaluación de un Prototipo mejorado de Atrapanieblas en el Distrito de Ventanilla-Callao* [Universidad Nacional de Callao]. https://unac.edu.pe/images/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/2012/DICIEMBRE/VLADIMIRO CONTRERAS TITO - FIME.pdf
- Cruzat-Gallardo, A. A. (2004). *El uso de las nieblas en la recuperación del Parque Nacional Bosque Fray Jorge* (Universidad de La Serena (Ed.); p. 12).

- <http://www.biouls.cl/lfrayjorge/Cap 16.pdf>
- Cuéllar, J. G. (2018). *Impacto Económico de la Implementación de Mecanismos Capturadores de Agua Atmosférica para uso Agrícola, Villa María del Triunfo, Lima-Perú* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3356/cuellar-mayta-jose-gabriel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Domínguez, C., Echeverría, P., Villacís, M., & Violette, S. (2020). Fog harvesting potential for domestic rural use and irrigation in San Cristobal Island, Galapagos, Ecuador. *Geographical Research Letters*, 46(2), 563–580. <https://doi.org/10.18172/cig.4382>
- Echeverría, P. A. (2018). *Potencia de la captura de niebla para usos doméstico rural y riego durante la época seca del año en la isla San Cristóbal, Galápagos Ecuador* [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19347/4/CD-8724.pdf>
- El Diario. (2015). *Costales de yute*. <https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/368307-costales-de-yute/>
- Estela, D. M. (2018). *Recuperación del Porcentaje de Agua por Volumen de Niebla en la Casería de Perlamayo Distrito de Chugur Provincia de Hualgayoc* [Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28172/mego_ed.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- FAO. (2000). *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia*. <http://www.fao.org/3/ai128s/ai128s00.pdf>
- FAO. (2007). *La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas* (Estudio FA). <http://www.fao.org/3/a0644s/a0644s00.pdf>
- FAO. (2013). *TECNOLOGÍAS PARA EL USO SOSTENIBLE DEL AGUA Una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático*. www.gwpcentroamerica.org.
- Fernández, A. (2012). *Cinco ingeniosas formas de extraer agua de la niebla* | Consumer. <https://www.consumer.es/medio-ambiente/cinco-ingeniosas-formas-de-extraer-agua-de-la-niebla.html>
- Fierro, E. I. (2010). *Características ácido-básicas y composición iónica de las lluvias en la Reserva Biológica Limoncocha-Ecuador*. [Universidad Internacional SEK]. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/377/1/Trabajo de Fin de Carrera Estefanía Fierro- 2010.pdf>

- Flick, U. (2004). *El diseño de Investigación Cualitativa* (Morata, S.).
<https://dpp2017blog.files.wordpress.com/2017/08/disec3b1o-de-la-investigac3b3n-cualitativa.pdf>
- Foro de los recursos Hídricos. (2017). *El desarrollo de la agricultura bajo riego*.
<https://www.camaren.org/documents/dctoriego.pdf>
- Garciglia, R. S. (2015). *Atrapanieblas*. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/tecnologia/270-numero-31/486-atrapanieblas.html>
- Gialdino, I. V. de. (2006). *Estrategias de la investigación cualitativa*. 22.
<http://jbposgrado.org/icuali/investigacioncualitativa.pdf>
- Godínes, T. L. (2013). *Recolección de agua por rocío y niebla* [Universidad Nacional Autónoma Aragón]. <http://132.248.9.195/ptd2013/mayo/0694314/Index.html>
- González, S. M., & Guevara, J. T. (2009). Gestión ambiental de las tierras secas del sur del Perú: cosecha del agua de neblinas en lomas de Atiquipa. In *Revista Científica de Ingeniería Hidráulica y Ambiental: Vol. XXX (Issue 3)*.
<https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/70>
- Guerrero, D. A. (2014). *Evaluación de la tecnología de captura de agua de neblina como alternativa a la escasez de agua para consumo humano en la comunidad de Shaushi del cantón Quero provincia de Tungurahua* [Universidad Técnica del Norte].
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/7690>
- Holmes, R., & Rivera, J. D. . (2014). *Diseño y eficiencia de atrapanieblas*.
<http://www.cda.uc.cl/wp-content/uploads/2015/12/Libro-Agua-de-Niebla-1.pdf#page=49>
- Hualla, A. C., & Cairampoma, L. R. (2020). *Evaluación de la Eficiencia de Colecta de agua del Sistema de Atrapanieblas Hexagonal y Estándar en Asentamiento Humano Ida Lossio Villa el Salvador Y Asentamiento Humano Villa Pachacútec (Ventanilla), Perú* [Universidad Peruana Unión].
https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3202/Andres_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huertas, J. P., & Molina, A. P. (2016). *Estudio de prefactibilidad para la posible implementación de atrapanieblas en el municipio de Ráquira* [Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3976/MolinaTorresPaulaAndrea2016.pdf;jsessionid=34774A04FB667EACC91785B2149F7CC9?sequence=1>

- IANAS. (2019). *Calidad del agua en las Américas. Riesgos y oportunidades*.
https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/10/Calidad-de-agua-en-las-Américas_2019.pdf
- INAMHI. (2018). *Red de Estaciones Automáticas*. <https://www.tut tiempo.net/clima/2018/ws-842700.html>
- INTEGRADO 2011 ATRAPANIEBLAS: Atrapanieblas*. (n.d.). Retrieved April 4, 2021, from
<http://integradoatrapanieblas2011.blogspot.com/2011/04/atrapanieblas.html>
- Irfan, M., Arshad, M., Shakoor, A., & Anjum, L. (2014). IMPACT OF IRRIGATION MANAGEMENT PRACTICES AND WATER QUALITY ON MAIZE PRODUCTION AND WATER USE EFFICIENCY. *J. Anim. Plant Sci*, 1018–7081, 7.
<http://www.thejaps.org.pk/docs/v-24-5/32.pdf>
- Jasso, A. M., Angeles, H. A., Bervera, C. A., Alvarado, K. O., & Perez, J. A. (2019). *Condensador de agua ambiental*.
https://repo.mondragonmexico.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/108/LIM_3°_CONDENSADOR_DE_AGUA_AMBIENTAL-TESLA_2.0_MEMORIA_TECNICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Juliao, M. P., León, J. P., & Polo, R. X. (2016). *Diseño mediante modelos matemáticos de un prototipo para la captación de niebla en la vereda de Leticia, Corregimiento de Pasacaballos (Bolíva), como método de recolección de agua*. [Universidad de San Buenaventura seccional Cartagena]. [http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/3876/1/Diseño mediante modelos matemáticos_Mónica Juliao V_2016.pdf](http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/3876/1/Diseño%20mediante%20modelos%20matemáticos_Mónica%20Juliao%20V_2016.pdf)
- Litec. (2012). *MALLA RASCHEL NEGRA 65%*. www.litecperu.com
- Madariaga, I. P. (2017). *Evaluación del potencial de la neblina mediante sistemas de Atrapanieblas en las lomas de Ancón durante el evento del niño, provincia de Lima periodo 2015 - 2016*. [Universidad Nacional de Moquegua].
https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/55/T095_46281694_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martín, D. (2016). Captadores de Niebla | Dèsirée Martín Blog. In *Fotoperiodismo*.
<http://desireemartinphoto.com/blog/captadores-de-niebla/>
- Meléndez, R. J., Pérez, J. C., & Barradas, V. L. (2015). Calidad de Agua de la niebla captada artificialmente en la microcuenca de Río Pixquiác, Veracruz, México. *TIP*, 18(2), 122–130.

<https://doi.org/10.1016/j.recqb.2015.09.004>

- Mendoza, B. C., & Castañeda, F. R. (2014). *Criterios Metodológico para la definición de sistema de captación de aguas con base en lluvia horizontal*. [Universidad Católica de Colombia]. [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1748/1/Atrapanieblas B. Mendoza F. Castañeda.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1748/1/Atrapanieblas_B._Mendoza_F._Castañeda.pdf)
- Mínguez, V. C., Martín, E. G., & González, L. (2009). *Sistemas de evaluación de impacto ambiental*. [Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>
- Miranda, J. J. M. (2010). *Gestión de Proyectos*. https://www.academia.edu/17688636/Gestión_de_Proyectos_Juan_Jose_Miranda_Miranda
- Mora, K. T. (2020). *Análisis de viabilidad para la implementación de mallas atrapanieblas en la vereda San Antonio bajo en el municipio de Arabelález - Cundinamarca*. [Universidad distrital Francisco José de Caldas]. https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24305/MoraAlarconKevinTobias_2020.pdf;jsessionid=9B6BC159997CE8967F9B569D937D7091?sequence=1
- ONU. (2010). *Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida” 2005-2015. Áreas temáticas: Derecho humano al agua y al saneamiento*.
- ONU. (2018). *Agua | Naciones Unidas*. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- Osses, P., Schemenauer, R. S., Cereceda, P., Larrain, H., & Correa, C. (2018). Los atrapanieblas del Santuario Padre Hurtado y sus proyecciones en el combate a la desertificación. *Revista Norte Grande*. <http://www.cda.uc.cl/wp-content/uploads/2018/04/Los-atrapanieblas-del-Santuario-del-Padre-Hurtado-y-sus-proyecciones-en-el-combate-a-la-desertificación.pdf>
- Palomino, M. C. (2020). *Estrategias para implementar atrapanieblas en el núcleo urbano de barrios asentados en los cerros de Lima ante la situación de escasez hídrica* [Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/334390>
- Pascual-Aguilar, J. A., Naranjo, M. F., Payano, R., & Pérez, O. R. M. (2011). *Tecnología para la recolección de agua de niebla*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4806.7048>
- Pascual, M. J. (2019). *Eficiencia de la captación de agua por sistemas de atrapanieblas tridimensionales y estándar en el “cerro verde” distrito de Lurigancho Chosica, Lima* [Universidad Peruana Unión].

- https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3027/Matias_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- PDOT. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. <https://doi.org/10.16921/chasqui.v0i35.822>
- Pérez, L. V. (2019). *Captación de agua de niebla y análisis de la calidad para consumo humano en el asentamiento humano Leandra Ortega, Pachacútec-Ventanilla*. [Universidad Científica del Sur]. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/710/TL-PérezL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pirineos, T. (2013). *Cazadores de nieblas*. <http://tecnologiapirineos.blogspot.com/2013/01/cazadores-de-nieblas.html>
- Poveda, J., & Sanabria, J. C. (2017). *Evaluación de la eficiencia de cinco materiales de malla para el sistema de atrapanieblas en el Municipio de Siachoque – Departamento de Boyacá* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13661/74339247.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quevedo, P. A. (2013). *Propuesta Metodológica para Evaluar Sistemas de Aprovechamiento de Agua de Lluvia, como Alternativa para el Ahorro de Agua Potable, en viviendas e instalaciones con alta demanda de suministro, en la República de Guatemala*. [Universidad San Carlos de Guatemala.]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3555_C.pdf
- Quinga, D. L. (2018). *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]. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/11891/T-ESPE-053243.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ritter, A., Regalado, C., & Guerra, J. (2015). Quantification of Fog Water Collection in Three Locations of Tenerife (Canary Islands). *Water*, 7(12), 3306–3319. <https://doi.org/10.3390/w7073306>
- Rivera, O. A. (2017). *Implementación de Sistemas Básicos de Captación de Agua de Niebla, Caso de Estudio Las Verapaces*. [Universidad San Carlos de Guatemala]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/7516/1/Oscar_Alejandro_Rivera_Ayala.pdf

- Rodríguez, E. (2016). La problemática del agua en Nicaragua. *REICE: Revista Electrónica de Investigación En Ciencias Económicas*, 4(7), 261–285. <https://doi.org/10.5377/reice.v4i7.2834>
- Sacramento, A. R., & Tapia, J. S. (2017). *Diseño y construcción de un túnel de viento de baja velocidad para estudios relacionados con la captación de agua de niebla* [Universidad de la Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/5111>
- Sánchez, J. A. S. (2018). *Atrapanieblas tecnología para el atrapamiento de agua, una experiencia exitosa para las políticas públicas en el distrito de Villa María del Triunfo*. [Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/15678/Sánchez_CJA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Santana, L. M. (2015). *Humedad del aire en la cumbre lanzaroteña Oportunidad de obtención de agua de niebla*. Agrolanzarote | La web del campo de Lanzarote. <http://www.datosdelanzarote.com/Uploads/doc/Atrapanieblas-en-las-Penas-del-Cache-Altos-de-Famara-20171009141722528HUMEDAD-EN-FAMARA--ATRAPANIEBLAS.pdf>
- Schemenauer, R. S., & Cereceda, P. (1994). A Proposed Standard Fog Collector for Use in High-Elevation Regions. *Journal of Applied Meteorology*, 33(11), 1313–1322. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1994\)033<1313:apsfcf>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1994)033<1313:apsfcf>2.0.co;2)
- Secaira, A. G. (2011). *Agua, alimentación y agricultura*. www.camaren.org
- Simón, D. (2009). *Estudio sobre la captación pasiva de agua de niebla y su aplicabilidad*. Universidad de Sevilla.
- Soriano, M. A. (2015). *Nieblas como fuente alternativa para el suministro de agua*. [Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]. [https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/243/1/Soriano Mateus- Manuel Antonio-2015.pdf](https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/243/1/Soriano%20Mateus-Manuel%20Antonio-2015.pdf)
- UNESCO. (2015). *El Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/>
- Vera, R. (2018). *Tecnologías de oferta para incrementar la disponibilidad de agua en la Región de Murcia: estudio de viabilidad de captadores de nieblas* [Universidad Politécnica de

- Cartagena]. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/7674>
- Vigo, M. I. (2018). *Eficiencia y costo de tres tipos de malla en la captación de agua de niebla en el Abra de Coimolache, Hualgayoc* [Universidad Privada del Norte]. [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14790/Vigo Barrios%2C Marita Isabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14790/Vigo_Barrios%2C_Marita_Isabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Villacrés, D. C. (2011). *Salinidad en suelos y aguas superficiales y subterráneas de la cuenca evaporítica de Río Verde-Mate-huala, San Luis Potosí*. [Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14037.73443>
- Vistin, D. A. V. (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]. [http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/3595/1/33T0130 .pdf](http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/3595/1/33T0130.pdf)

5.5. Anexos.

Anexo 1. Hoja de campo para el registro de datos del volumen del agua.

N.º	Fecha	Hora	Altitud (msnm)	Volumen		Unidad
				Sarán	Saco de yute	
1	20/10/2020	10:15	2941	2.20	2.50	Litros.
2	23/10/2020	10:22	2941	2.10	2.40	Litros.
3	26/10/2020	10:10	2941	2.50	2.80	Litros.
4	28/10/2020	10:38	2941	2.60	2.70	Litros.
5	31/10/2020	10:21	2941	0.00	0.00	Litros.
6	03/11/2020	10:05	2941	0.00	0.00	Litros.
7	06/11/2020	10:12	2941	0.30	0.50	Litros.
8	09/11/2020	10:30	2941	0.00	0.00	Litros.
9	12/11/2020	10:18	2941	0.05	0.00	Litros.
10	15/11/2020	10:55	2941	0.00	0.00	Litros.
11	18/11/2020	10:42	2941	2.45	2.60	Litros.
12	21/11/2020	11:05	2941	2.20	2.50	Litros.
13	24/11/2020	10:55	2941	1.80	2.00	Litros.
14	27/11/2020	10:37	2941	2.20	2.40	Litros.
15	30/11/2020	9:44	2941	2.00	2.10	Litros.
16	01/12/2020	10:11	2941	2.40	2.50	Litros.
17	04/12/2020	10:27	2941	2.70	2.80	Litros.
18	07/12/2020	10:18	2941	2.30	2.40	Litros.
19	10/12/2020	11:20	2941	1.80	2.00	Litros.
20	13/12/2020	10:55	2941	1.65	1.80	Litros.
21	17/12/2020	10:23	2941	2.60	2.80	Litros.
22	20/12/2020	10:05	2941	2.75	2.85	Litros.
23	23/12/2020	11:13	2941	2.50	2.65	Litros.
24	27/12/2020	10:29	2941	2.30	2.40	Litros.
25	30/12/2020	10:05	2941	2.10	2.20	Litros.
Total				43.5	46.9	Litros.

Anexo 2: Registro fotográfico de materiales y toma de datos de campo.



Anexo 2: Preparación de las herramientas y materiales para la construcción.



Anexo 2: Localización del área de construcción.



Anexo 2: Construcción de los neblinómetros de saco de yute y sarán al 65% de sombra.



Anexo 2: Análisis in situ del pH del agua.



Anexo 2: Toma de datos del volumen del agua captada.



Anexo 2: Días de alta producción del agua.



Anexo 2: Días de baja producción del agua.