

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Eficiencia de la captación de agua por sistemas de atrapaniebla tridimensional y estándar en el “cerro verde” distrito de Lurigancho Chosica, Lima.

Por:

Matías José Pascual Castro

Asesor:

Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga

Co Asesor

Mg. Victor Stive Flores Gomez

Lima, diciembre de 2019

Eficiencia de la captación de agua por sistemas de atrapaniebla tridimensional y estándar en el "Cerro Verde" distrito de Lurigancho Chosica, Lima


TESIS


Presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

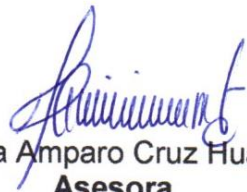
JURADO CALIFICADOR


Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez
Presidenta


Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio
Secretario


Mg. Joel Hugo Fernández Rojas
Vocal


Ing. Evelyn Diana Ruiz Gonzales
Vocal


Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga
Asesora

Lima, 18 de diciembre de 2019

ANEXO 07 DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Milda Amparo Cruz Huaranga, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Eficiencia de la captación de agua por sistemas de atrapaniebla tridimensional y estándar en el “Cerro Verde” distrito de Lurigancho Chosica, Lima”*** constituye la memoria que presenta el Bachiller Matias Jose Pascual Castro para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 9 días de marzo del año 2020



Ing. Milda Amparo Cruz Huaranga

Dedicatoria

A mis padres Graciela Castro y José Pascual por haberme apoyado incondicionalmente, por la motivación constante que me ha permitido continuar. Sus sonrisas motivaron mi vida y cuya vida es la razón de mi sonrisa.

A mis hermanos que me enseñaron a no darme por vencido en cada etapa de la investigación.

Agradecimientos

Gracias siempre es una tarea difícil, porque en la memoria pueden faltar todas las personas que participaron directa e indirectamente este trabajo.

Ante todo a Dios por darme la vida y por permitirme llegar a este momento de mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a amarlo cada día más.

Agradezco a la Universidad Peruana Unión, mi alma mater por la contribución a mi formación profesional.

A los asesores Milda Amparo, Stive Flores y Teodora Lloclla del “movimiento peruanos sin agua”, gracias por tomarse el tiempo para hablar conmigo y por compartir sus conocimientos, experiencias y perspectivas.

A los grandes amigos Edward Asto, Eber Vásquez, Wilmer Clemente por el apoyo en la instalación y registro de colección de agua.

Índice

CAPITULO I. EL PROBLEMA.....	14
1.1. Identificación de problema	14
1.2. Justificación de la Investigación	16
1.3. Presuposición filosófica	17
1.4. Objetivos.....	18
1.4.1. Objetivo General	18
1.4.2. Objetivo específico	18
CAPITULO II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	19
2.1. Antecedentes	19
2.1.1. Panorama internacional.....	19
2.1.2. Panorama nacional.....	22
2.2. Marco normativo legal	23
2.3. Marco teórico.....	24
2.3.1. El recurso agua	24
2.3.2. Distribución del agua en el mundo y Perú.....	25
2.3.3. Niebla como recurso hídrico	27
2.3.4. Tipos de niebla	29
2.3.5. Sistema de atrapaniebla	32
2.3.6. Otras Tecnologías de captacion de agua.....	43
2.3.7. Eficiencia de captación de niebla.....	48
2.3.8. Series de tiempo.....	50
2.4. Marco conceptual	51

2.4.1. Humedad relativa	51
2.4.2. Temperatura atmosférica.....	52
2.4.3. Punto de rocío	53
2.4.4. Presión	54
2.4.5. Densidad del aire.....	54
2.4.6. Viento	55
2.4.7. Altitud	56
2.4.8. Relieve	57
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS	58
3.1. Lugar de ejecucion.....	58
3.2. Tipo de investigación	60
3.3. Diseño estadístico.....	60
3.4. Identificación de variables.....	60
3.5. Análisis estadístico	61
3.6. Materiales e instrumentos	61
3.7. Procedimientos	62
3.7.1. Análisis de la variación estacional de factores meteorológicos de la zona de estudio.	63
3.7.2. Implementación de prototipos de atrapaniebla tridimensional (TR) y estándar (ES).	63
3.7.3. Determinación de la relación entre el agua colectada con: las variables independientes (diseño del atrapanieblas, tiempo y altura), variables intervinientes (factores meteorológicos) en la zona seleccionada para el estudio.....	69
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72

4.1. Análisis de la variación estacional de variables meteorológicas en la zona seleccionada para el estudio.	72
4.2. Resultados de colectada de agua con: las variables independientes (diseño del atrapanieblas, tiempo y altura), variables intervinientes (factores meteorológicos).	77
4.3. Eficiencia de captación de agua de niebla	89
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
6. Referencias	94
7. Anexo.....	102

Lista de tablas

Tabla 1. Materiales empleados en la implementación de los sistemas de captación de niebla	61
Tabla 2. Información básica de la localización del proyecto	70
Tabla 3. Parámetros estadísticos relacionados a la temperatura atmosférica del periodo 2014-2017.....	74
Tabla 4. Parámetros estadísticos relacionados a la humedad relativa (HR) atmosférica del periodo 2014-2017	75
Tabla 5. Estadísticos descriptivos de la captación de agua y datos meteorológicos.....	79
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de la captación de agua y de los parámetros ambientales.	83
Tabla 7. Promedios diarios mensuales de captación de agua.....	90
Tabla 8. Registro de recolección de datos de agua de niebla a 625 msnm	102
Tabla 9. Plantilla de recolección de datos de agua de niebla a 610 msnm.....	104
Tabla 10. Matriz de consistencia	1

Índice de figuras

Figura 1. Distribución del agua y la población en las vertientes en el Perú. Autoridad Nacional del Agua.....	26
Figura 2. Relación de humedad relativa, temperatura y punto de rocío.....	28
Figura 3. Promedio mensual de la duración (horas) de los eventos de niebla en treinta años.....	28
Figura 4. Esquema de niebla.....	29
Figura 5. Esquema de niebla de advección.....	30
Figura 6. Esquema de niebla de expansión u orográfica.....	31
Figura 7. Esquema de niebla de vaporización.....	31
Figura 8. Esquema de nieblas frontales.....	32
Figura 9. Sistemas omnidireccional y unidireccional de atrapaniebla.....	35
Figura 10. Malla de Raschel con gotas de agua.....	37
Figura 11. Tensor ojo/gancho (53/8" 160L).....	38
Figura 12. Postes de madera.....	39
Figura 13. Canaleta de distribución del agua captada.....	39
Figura 14. Contenedor para almacenar agua para prototipo de atrapaniebla.....	40
Figura 15. Cisterna tipo tinaja (Obando et al., 2006).....	43
Figura 16. Embalses para almacenar agua de lluvia.....	44
Figura 17. Diques de piedra.....	44
Figura 18. Vista simplificada de una estructura de captación y almacenamiento de agua... 45	
Figura 19. Vista del MiniCASCC, montado en el sitio de Niesen Kulm. Con el anemómetro y el higrómetro más la protección contra rayos barra.....	46
Figura 20. Turbina eólica generadora de agua potable.....	47
Figura 21. Turbina de condensación de aire EOLEOWATER.....	48
Figura 22. Mapa de ubicación del lugar de ejecución (2019).....	59
Figura 23. Ubicación de los prototipos de atrapaniebla.....	59

Figura 24. Flujograma de procedimiento del trabajo de investigación	62
Figura 25. Paneles de atrapaniebla.....	64
Figura 26. Diseño del sistema de prototipos tridimensional y estándar	64
Figura 27. Diseño del prototipo estándar.....	65
Figura 28. Construcción de panel tridimensional y estándar	67
Figura 29. Limpieza de área previa instalación de los atrapanieblas.....	67
Figura 30. Instalación de los atrapanieblas	68
Figura 31. Registro de temperatura y humedad relativa con instrumento Higrómetro digital (serie 445703).....	69
Figura 32. Medición de velocidad de viento con anemómetro digital (Modelo: 45118).	70
Figura 33. Colección de agua de niebla	71
Figura 34. Análisis de la variación mensual de humedad relativa (%) y temperatura atmosférica (°C) del periodo 2014-2017.....	76
Figura 35. Correlación de temperatura y humedad relativa en el periodo de 2014-2017....	76
<i>Figura 36.</i> Captación promedio de agua (L/d) en forma mensual con el atrapaniebla tridimensional.....	79
Figura 37. Captación promedio de agua (L/d) en forma mensual con el atrapaniebla estándar.....	80
Figura 38. Gráfico de cajas que resume la comparación de captación de agua (L/d) en los diferentes periodos de meses a una altura de 610 msnm.	80
Figura 39. Captación promedio de agua (L/d) en forma mensual con el atrapaniebla tridimensional.....	83
Figura 40. Captación promedio de agua (L/d) en forma mensual con el atrapaniebla estándar.....	84
Figura 41. Gráfico de cajas que resume la comparación de captación de agua (L/d) en los diferentes periodos de meses a una altura de 625 msnm.	84
Figura 42. Gráfico de cajas que resume la comparación de captación de agua (L/d) con el atrapaniebla tridimensional a diferentes alturas 610 y 625 msnm.	85

Figura 43. Gráfico de cajas que resume la comparación de captación de agua (L/d) con el atrapaniebla estandar a diferentes alturas 610 y 625 msnm.	86
Figura 44. Correlación de la colecta de agua en litros con la temperatura, HR, velocidad del viento usando el diseño de atrapaniebla y estándar.....	87
<i>Figura 45.</i> Correlación de volumen de agua y temperatura (°C).....	88
Figura 46. Correlación de volumen de agua y humedad relativa (%).	88
Figura 47. Correlación de volumen de agua y velocidad del viento (m/s).	89
Figura 48. Eficiencia de colección de agua en el periodo de estudio (mayo a septiembre) .	90
Figura 49. Líquenes adheridos a rocas	1
Figura 50. Las bromeliácea tillandsia latifolia.	1

Índice de Anexos

Anexo 1. Registros de recolección de agua y factores meteorológicos.....	102
Anexo 2. Observaciones de indicadores de humedad.....	1
Anexo 3. Autorización para Instalación de prototipos de Atrapaniebla.....	2

Símbolos usados

Símbolos	significado
TR	tridimensional
ES	estándar
°C	grados centígrados
m²	metro cuadrado
m³	metro cúbico
mm	milímetro
L/m²/d	litros por metro cuadrado de malla al día
L/d	litros por día
msnm	metro sobre el nivel del mar
N/NE	Nornoreste
E/SE	Estesudeste
S/SW	Sursudoeste
W/NW	Oestenoeste

RESUMEN

El propósito de esta investigación es determinar la eficiencia de la captación de agua por sistemas de atrapaniebla tridimensional y estándar en el “cerro verde” del distrito de Lurigancho Chosica, Lima. La investigación se realizó en tres etapas: primero se realizó el análisis de la variación estacional de los factores meteorológicos de la zona de estudio mediante el análisis de series de tiempo, en la segunda etapa se realizó la implementación de prototipos de atrapanieblas tridimensional y estándar, y por último se determinó la relación de colecta de agua con las variables intervinientes y variables independiente durante los meses de (mayo a septiembre). Por lo tanto bajo condiciones de: temperatura estables que oscilan de (11.8 °C a 13.0°C), con un viento predominante de velocidad (2 a 5m/s), y humedad relativa de (89.7% a 96.2%). Se tuvo un rendimiento promedio mensual a: 610 msnm el diseño tridimensional (de 3m²) rindió un promedio de 17,2 L/d mientras que el estándar 6.3 L/m²/d y en altura de 625 msnm el diseño tridimensional rindió 18,2 L/d, mientras que el diseño estándar 6,7 L/m²/d. Mediante la ecuación porcentual el diseño tridimensional fue mayor en 197.3% respecto al sistema estándar a 610 msnm, y 180% a 625 msnm. Se observó que en los meses de mayo, junio y septiembre la eficiencia fue mayor a 610 msnm y en septiembre a 625 msnm.

Implementando grandes colectores tridimensionales, sumado a tratamiento físico del agua, puede ser usada como agua de riesgo, proyectos de forestación, restauración de áreas naturales entre otros.

Palabras claves: atrapaniebla tridimensional, estándar, eficiencia de colección.

ABSTRAC

The purpose of this research is the efficiency of water collection by three-dimensional and standard trapper systems in the "green hill" of the district of Lurigancho Chosica, Lima. The investigation was carried out in three stages: first the analysis of the seasonal variation of the meteorological factors of the study area was carried out by means of the analysis of time series, in the second stage the implementation of three-dimensional and standard trapper prototypes was carried out, and finally the relationship of water collection with the intervening variables and independent variables was determined during the months of (May to September). Therefore under conditions of: stable temperature ranging from (11.8 ° C to 13.0 ° C), with a prevailing wind speed (2 to 5 m/s), and relative humidity of (89.7% to 96.2%). The average monthly yield was 610 meters above sea level, the three-dimensional (3m²) design yielded an average of 17.2 L / d while the standard 6.3 L / m² /d and at 625 meters high the three-dimensional design yielded 18.2 L /d, while the standard design 6.7 L / m²/d. Using the percentage equation, the three-dimensional design was 197.3% higher than the standard system at 610 meters above sea level, and 180% at 625 meters above sea level. It was observed that in the months of May, June and September the efficiency was greater than 610 msnm and in September at 625 msnm.

Implementing large three-dimensional collectors, added to physical water treatment, can be used as risk water, afforestation projects, restoration of natural areas among others.

Keywords: three-dimensional trapper, standard, collection efficiency.

CAPITULO I. EL PROBLEMA

1.1. Identificación de problema

Según informes de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el 8° Foro Mundial del Agua Brasilia 2018, el Perú viene a ser el octavo país del mundo con un aproximado de 1.89% de agua superficial. A pesar de considerar que el Perú es un país afortunado en recursos hídricos, la distribución geográfica y de población, tiene problemas de abastecimiento de agua en términos de disponibilidad y calidad. Ya que más del 63 % de la población peruana vive y desarrolla toda sus actividades socio económicas en las zonas áridas y semiáridas, poseyendo tan solo el 2 % de los recursos hídricos del país, en comparación con la amazonia de clima tropical húmedo que representa cerca del 98 % del agua disponible, pero cuenta con mínima densidad poblacional (ANA, 2017).

En la zona de proyecto (Universidad Peruana Unión) el único abastecimiento de agua potable es por fuentes subterráneas y el riego de áreas verdes por agua de fuentes superficiales provenientes del río Rímac. Resultados de la vigilancia y monitoreo del río Rímac, indican la existencia de contaminación química por descargas de aguas residuales de actividades mineras en su cuenca alta, contaminación orgánica por descarga de desagües domésticos e industriales (textiles, alimentos), y contaminación natural por deslizamientos y huaycos, los que son de naturaleza orgánica principalmente. Las que se han constatado por los cambios anormales observados en el agua del río, tales como: color, temperatura, olor, grado de turbidez y presencia de plantas acuáticas que son indicadores de la degradación Aliaga, (2005). Las estaciones de monitoreo muestran que la contaminación máxima de metales y bacterias sobrepasa los límites permisibles permitidos por la ley general de aguas (DL.17752-69 y D.S. 007-83 SA) para aguas de clase III (agua para riego de vegetales), los tales resultan un problema ambiental y social ya que perjudica la salud de la población. Además del problema de la contaminación, se suma el

gasto energético por el uso de bombas de agua para riego de áreas verdes del cerro de la universidad, como también el riesgo de erosión de suelos por falta de cobertura vegetal.

Por ello que para resolver problemas en lugares donde el agua es escasa y vulnerable a ser contaminada, la niebla costeras de alta elevación a lo largo de la costa oeste de América del Sur son una de esas fuentes que representa un importante recurso hídrico alternativo Schemenauer & Joe, (1989). La naturaleza ha explorado muchas estrategias para recoger la humedad del aire, inspirado por tan inteligentes diseños, se han ideado diferentes estructuras biomiméticas para la recolección de rocío y/o niebla de agua artificialmente Zhai et al., (2006). Los investigadores han llevado a cabo muchos experimentos en todo el mundo que muestran la posibilidad de obtener suficiente agua de la niebla para satisfacer las necesidades básicas de las aldeas y pueblos pequeños (Klemm et al., 2012).

La tecnología más utilizada y de fácil elaboración para recolectar agua de niebla es el gran recolector de niebla horizontal, compuesto por malla rectangular colocada perpendicular al flujo del viento. Cuando se exponen a un entorno brumoso, las gotas de agua transportadas por el viento se empujan contra la malla y quedan atrapadas. Después de los impactos sucesivos, las gotitas crecen por coalescencia hasta que son lo suficientemente grandes como para caer por gravedad, a una canaleta que transporta el agua a un tanque. La eficiencia de drenaje describe la fracción de agua de niebla que llega al sistema de recolección final (Montecinos, Carvajal, Cereceda, & Concha, 2018)

Los tejidos han sido los únicos materiales ampliamente puestos en el campo hasta ahora, ya sea con fines de investigación o de recolección de agua de niebla. Su disponibilidad comercial y bajo precio han sido posiblemente las razones. Sin embargo la optimización del agua de niebla, los dispositivos de recolección no se han investigado en profundidad (Klemm et al., 2012).

La geometría simple usada en general, corresponde a superficies planas en forma perpendicular a la dirección del viento, esto es adecuado cuando la niebla viene siempre de la misma dirección. Sin embargo pierde efectividad con la velocidad de viento más altas y diversas direcciones de entrada de niebla. A menudo estos atrapanieblas presentan deficiencias como pérdidas de las gotitas de agua debido a: factores de diseño estructural horizontal, tipo de malla, salida del agua a la corriente de aire y el goteo de la canaleta. El último efecto se debe a que las mallas de plástico se doblan debido al flujo de aire, lo que hace que caigan gotas de agua fuera de la canaleta.

Actualmente no existen estudios referentes a la captación de niebla realizados en el distrito de Lurigancho, por tanto se desconoce el valor de la niebla como fuente de agua y es necesario tener un registro fiable de colección de agua, implementando prototipos de atrapanieblas en dicha zona porque presenta condiciones meteorológicas favorables de formación de niebla, que permite la condensación del agua. Es por ello que no solo se propone el uso de atrapanieblas como método de captación de agua sino también y principalmente en determinar la eficiencia de captación de agua por sistemas de atrapaniebla tridimensional y estándar en el “cerro verde” distrito de Lurigancho Chosica, Lima.

1.2. Justificación de la Investigación

Considerando los aspectos ambientales como: suministro de agua superficial para riego de áreas verdes, consumo de energía eléctrica, generación de sedimentos, emisión de polvo, producen un impacto ambiental sobre el medio ambiente, también produce lo que se denomina “impacto socioeconómico”, es decir, una alteración sobre los modos de vida y la economía de la institución; el mismo se refiere a una inadecuada gestión de los recursos. La presente investigación buscará adecuar un sistema de colección de agua de la atmosfera, así mismo mejorar el sistema de atrapaniebla que presenta ciertas limitaciones como: baja

producción, superficie ocupada, las pérdidas de agua fuera de la estructura y problemas de estabilidad y ruptura para minimizar los aspectos ambientales.

Por otro lado en cuanto al diseño de construcción de los atrapanieblas Quinga, (2016) recomienda investigar la instalación de los sistemas de atrapaniebla de forma tridimensional que se caracteriza por tener un espacio de tres dimensiones: alto, ancho y largo. Por su geometría y la cantidad de malla empleado mejora la captación de niebla, en contraste con los sistemas de captación de forma horizontal que su rendimiento es menor y abarcan gran extensión de terreno. Dicho diseño de atrapaniebla tridimensional está estudiado para crear unos captadores que no requirieran complicadas obras de instalación ni elementos de sujeción auxiliares, con una alta estabilidad y resistencia, enfrentando la mayor superficie de recolección posible, ocupando el mínimo espacio, recogiendo más agua y reduciendo al máximo el impacto visual. También que su mantenimiento sea mínimo y que minimice las pérdidas de agua fuera de la estructura por acción del viento.

Los resultados de esta investigación permitirán tener un valor estimado de colecta de agua bajo diferentes condiciones de niebla, lo cual aportará información técnica para implementar sistemas mejorados y/o plantear propuestas de proyectos ambientales. Será de beneficio para la institución en múltiples propósitos como: riego de cultivos, restauración ecosistemas en tierras secas, también puede ser depositada/inyectada en el suelo donde llevaría su curso natural de purificación y que podría alimentar los mantos freáticos y restablecer áreas deforestadas entre otros... además esta técnica de cosecha de agua, por su bajo costo, facilidad de construcción, participación de la comunidad, , elemento educativo, es una propuesta que contribuirá al cumplimiento del desarrollo sostenible.

1.3. Presuposición filosófica

Al hacer uso responsable de los recursos naturales, establecer equilibrio; contribuimos a preservar la vida. Es por ello que para todo ser humano sin distinción de

cultura, genero, el cuidado del ambiente debe ser una de las principales motivaciones. Decía Mahatma Gandhi “la tierra proporciona lo suficiente para satisfacer las necesidades de cada hombre, pero no la codicia de cada hombre”. En dicha declaración encontramos precisamente un claro ejemplo de la íntima relación que guarda la lucha por la dignidad y los derechos de las personas con el cuidado del ambiente.

A partir de una percepción creciente compleja, ya no se concibe, en teoría, un modelo de desarrollo que no sea sostenible. Es necesario equilibrar los aspectos económicos, sociales y medioambientales del desarrollo, en contraposición a la idea de asociarse al desarrollo exclusivamente del crecimiento económico.

Por lo tanto, un enfoque sobre la investigación no solo es practicar acciones de beneficio ambiental a corto plazo si no de manera especial formar una nueva generación de ciudadanos conscientes de su papel en el mundo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia de la captación de agua con sistemas de atrapaniebla tridimensional y estándar en el cerro verde Distrito de Lurigancho Chosica, Lima.

1.4.2. Objetivo específico

Determinar la variación estacional del clima empleando los factores meteorológicos en la zona seleccionada para el estudio.

Implementar prototipos de atrapaniebla tridimensional y estándar.

Determinar la relación entre el agua colectada con: las variables independientes (diseño del atrapanieblas, tiempo y altura), variables intervinientes (factores meteorológicos) en la zona seleccionada para el estudio.

CAPITULO II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Panorama internacional

La captación de agua de niebla en El Tofo- Chile, fue el resultado de la implementación de 10 atrapanieblas, y 400 m² de superficie de malla, que produjo en su momento un aproximado de 15.000 l/d, cantidad que abastecía a más de 100 hogares ubicados en la zona de estudio. Al pasar de los años estos sistemas de atrapanieblas dejaron de ser reparados, porque la población de la zona regreso a su abastecimiento de agua convencional mediante tanques cisternas. A sí mismo en Falda Verde los colectores aportan 430 a 600 l/d utilizando para riego de los cultivos de invernadero y plantaciones de aloe vera (Osses et al., 2000).

Cereceda et al., (2001) En estudios sobre la prospección de niebla mediante neblinómetros “pequeños atrapanieblas” durante tres años y medio (junio de 1997 a junio del 2000) consiguieron un promedio de 8.5 l/m²/d en la costa, 1.1 l/m²/d tierra adentro a 12 km del litoral, la metodología utilizada para recopilar información meteorológica y recolección de agua basada en campañas de campo de 15 días dio alcances importantes sobre la formación de niebla y la disipación a lo largo de la cordillera. A sí mismo en la costa sur de Iquique al Norte de Chile al comparar la productividad media de los atrapanieblas entre julio y diciembre, se observó que en 1997 fue un promedio de captación de 15.8 l/m²/d, en contraste con el año de 1998 que captó 9.55 l/m²/d y 14.33 l/m²/d de 1999, por lo tanto afirman que el período de “El Niño” influyó en la producción de agua, mes en que hubo mayor condensación de humedad del aire (Cereceda et al., 2001).

Amaya (2014) menciona que existe una clara relación entre la topografía del terreno y la formación de niebla puesto que el cordón montañoso del Parque Nacional Bosque Fray

Jorge- norte de Chile, frente a las costas del pacifico tiene una ligera elevación. Los resultados de prospección con neblinómetros favoreció la instalación de 5 atrapanieblas cuyas dimensiones fueron de 96 m² c/u, en el mes de agosto de 1998 a una cota promedio de 578,5 msnm, los atrapanieblas (96 m²) dieron un promedio de captación de 3.0 l/m²/d.

En Sultanato de Omán (1989 -1990) ubicado al extremo oriental de la Península Arábiga, debido a la espesa niebla y los fuertes vientos de la zona con varios atrapanieblas, reportaron un promedio de captación de agua de 30m³ al día. Otro lugar promisorio como el de Yemen (2003-20015) ubicado al sur de la península Arábiga instalaron 26 colectores de niebla los cuales proporcionaban 180 litros de agua al día. Ambos proyectos de abastecimiento de agua fue abandonado por la falta de seguimiento y mantenimiento de los sistemas de captación (Pascual et al., 2014).

La niebla en el Área Occidental del desierto hiperárido de Namibia representa la única fuente importante de agua para la biota ya que las condiciones de aridez han sido casi continuas durante los últimos años y su flora y fauna han estado expuestas a la sequía en un lapso de tiempo muy largo. Por lo que se instalaron varios atrapanieblas, para abastecer la demanda de agua en la tribu de Topnaar y otras. El sistema registrado alrededor de 12 m³ al día de agua potable (Pietruszka & Seely, 1985).

En Tojquia una comunidad ubicada en las montañas de los Cuchumatanes de Guatemala a una altura de 3.300 metros, debido a la necesidad de agua en esta zona, se instalaron cuatro colectores de niebla, los mismos que proporcionaron alrededor de 11m³ de agua al día. Años después, se colocaron más colectores llegando a un total de 28 atrapanieblas, dotando a la comunidad más de 5.000 litros de agua potable al día (Fogquest, 2011).

Así como el agua de niebla se usa para el riego de cultivos, bebidas de ganado, uso doméstico entre otros, también es una fuente importante para la generación de investigación como ejemplo es: El estudio de la composición química de la niebla de la

cuenca del río Yangtze en China, las muestras de agua indican débilmente ácidas (pH 4.3) a débilmente alcalino (pH 7.05), la conductividad eléctrica de 32.4 a 436.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, fuerte influencias por sal marina, emisiones antropogénicas (combustión de combustibles fósiles, quema de biomasa, siderurgia, extracción de piedra y excavación en arena) y naturales (radiactividad natural, el transporte a larga distancia de partículas de sal marina), (Xianmang et al., 2017).

Vasquez et al., (2012) demuestran la presencia de ácidos orgánicos que pudieron incorporarse a las muestras como sales de sodio y potasio, o a la posible contaminación con material particulado transportado por el viento durante su recolección. Con respecto a la composición química del agua de lluvia y de niebla, las concentraciones bajas de H_3O^+ pueden atribuirse a las concentraciones altas de sales de calcio. Los factores de enriquecimiento del suelo de K^+ y Mg^{2+} demuestran que probablemente la fuente de emisión sea la corteza terrestre y quema de biomasa.

Otro estudio para determinar si el agua de niebla en la zona central montañosa del estado de Veracruz, México es apta para consumo humano, se realizó un muestreo preliminar en el periodo de mayor frecuencia de niebla. Se encontró que el agua contenía metales pesados como el mercurio, organismos coliformes y cantidades altas de nitrógeno amoniacal, excediendo la norma oficial mexicana para el agua de consumo humano. Es posible que el comportamiento de los fenómenos meteorológicos dominantes en la región transporten diferentes contaminantes principalmente el viento contenidas de polvo, humo o aerosoles emitidas por termoeléctrica, cementera, interacción de vehículos de combustión interna, excremento de aves entre otros. Se llegó a la conclusión que el agua es apta para la agricultura sin necesidad de recibir algún tratamiento pero para que pueda utilizarse en el consumo humano debe someterse a tratamientos de purificación con un costo de 3.41 USD m^3 , un costo muy alto comparado con el que suministra el municipio a la población. Así también se recomendó diseñar captadores más eficientes para mejorar las cosechas de agua (Jofre, Cervantes, & Barradas, 2015).

2.1.2. Panorama nacional

Los estudios realizados por Vladimiro (2012), sobre la evaluación de dos diseños de atrapaniebla de 1 m^2 , durante 3 meses, los resultados de los prototipos fueron: con prototipo mejorado se analizó el problema de la braquistócrona que consiste en encontrar la curva de la cicloide, ya que es una curva que une dos puntos de manera que los cuerpos (digamos gotas de agua), al caer por ella lo hagan en el menor tiempo posible. Y otro convencional (tipo plano). Comparando la cantidad de agua de ambos prototipos, el promedio de captación por el prototipo mejorado fue 121 litros, en tanto para el prototipo convencional fue 59 litros, se concluye que, el atrapaniebla mejorado es superior a la del atrapaniebla convencional bajo las mismas condiciones atmosféricas.

Mandariaga, (2017) para conocer el potencial de niebla durante los meses de verano en presencia del evento “El Niño”, realizó la prospección de niebla a 500msnm. El área de estudio muestra que el potencial de niebla durante el evento del Niño en las lomas de Ancón muestra un volumen anómalo de agua de niebla un promedio de $0.94 \text{ l/m}^2/\text{d}$ obtenido del volumen de agua capturado por los neblinómetros, se determinó también que los parámetros atmosféricos como temperatura, humedad relativa, altitud, velocidad y dirección del viento, tienen más incidencia en la formación de niebla. Siendo así los resultados de regresión de los datos con la variable independiente temperatura tiene un valor de probabilidad menor a 0.05 el cual indica su alto nivel de significancia con los datos del agua capturada.

Cuellar, (2018) menciona que la captación de agua de niebla en las “lomas” del Distrito de Villa María del Triunfo es de ocho meses a un año, desde mayo hasta diciembre. Realizándose un caso hipotético un atrapaniebla de malla raschel de 12 m^2 capta aproximadamente 4.308 l/año , con lo cual se cultivaría sábila, esto viene a ser económicamente rentable, así mismo de sustentar la viabilidad de brindar alternativas de

desarrollo para comunidades con escasos recursos y limitado acceso al servicio básico, así también como preservar el ecosistema de las Lomas.

En estudios de gestión de nieblas como recurso hídrico para proteger el ecosistema de lomas Toledo, (2017), evaluó y determina que existe una importancia económica y ambiental del ecosistema de lomas en el distrito de Villa María del Triunfo el cual está dado por el valor de provisión del valor de almacenamiento de agua y el valor de almacenamiento de carbono. Donde el valor del servicio ambiental de provisión de agua es mayor a la del servicio de almacenamiento de agua y carbón.

2.2. Marco normativo legal

La política ambiental (D.S. N° 012-2009-MINAM) orienta las bases para el uso sostenible de los recursos naturales para contribuir con el desarrollo integral del ser humano, en permanente armonía con su entorno.

En el artículo N° 141 de la ley orgánica de municipalidades. Asigna a las municipalidades ubicadas en zonas rurales, tener a su cargo la promoción de la gestión sostenible de los recursos naturales: suelo, agua, flora, biodiversidad, con la finalidad de integrar la lucha contra la degradación ambiental con la lucha contra la pobreza y la generación de empleo; en el marco de los planes de desarrollo concertado.

La Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) en su artículo 1 señala que “toda persona tiene derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente...”. A sí mismo en el artículo 20° inciso f, fomenta el desarrollo de tecnología limpia y responsabilidad social.

La Ley Forestal y de Fauna silvestre (Ley N° 29763) en el artículo 2° inciso 6 señala que “la gestión del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la nación se rige por el

enfoque ecosistémico en el marco del convenio sobre la diversidad biológica, entendiendo como una estrategia para el manejo integrado de las tierras, aguas y recursos vivos que promueve la conservación y el uso sostenible de un modo equitativo”

La Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338) tiene por finalidad “regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta”. Entre otros aspectos importantes, la presente ley hace mención al manejo de una de las fuentes de agua como es la atmosfera.

2.3. Marco teórico

2.3.1. El recurso agua

El agua (del latín *aqua*) es una sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más abundante de la superficie terrestre, en su proceso de condensación se forma gotas de lluvia, garúa, cristales de hielo consecuentemente por gravedad precipitar formando fuentes, lagunas, ríos y mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales (“Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario,” n.d.).

Actualmente existe cierto consenso en afirmar que el agua posee cinco características básicas: primero que es un recurso natural escaso, limitado por sus sistemas de regeneración, irremplazable para la vida y el desarrollo, irregular en su distribución espacial y temporal, vulnerable y susceptible de usos alternativos y sucesivos (Embíd, 2016)

2.3.1.1. Ciclo hidrológico

Se llama ciclo hidrológico al proceso de circulación que sigue el agua en la naturaleza aunque no hay un principio, puede partirse desde que el agua se evapora por la

acción principal del sol y asciende normalmente hasta 12 kilómetros de altura para formar las nubes por condensación. Los principales componentes naturales de los procesos del ciclo hidrológico son: precipitación, infiltración, escorrentía, evaporación y transpiración (Campos, 1984)

El vapor de agua se aglutina en gotas alrededor de partículas sólidas que son parte del aire, llamadas núcleos higroscópicos, para formar las nubes. Puede haber precipitación líquida y sólida dependiendo de su proceso formativo. Cuando es líquida, si las gotas sobrepasan el medio milímetro de diámetro se trata de un chubasco o una lluvia de intensidad moderada. El vapor procede de cualquier cuerpo de agua, como los glaciares, ríos, lagos, mares, océanos, depósitos artificiales, etc. Los seres vivos también aportan humedad al ciclo. Sin embargo la, vegetación juega, junto con los grandes cuerpos de agua, el papel más importante dentro del aporte de humedad a la atmosfera por medio de la transpiración (Campos, 1984)

Cuando el agua cae sobre la superficie terrestre, el agua se infiltra para alimentar los depósitos subterráneos o mantos freáticos. Una parte se evapora y otra escurre superficialmente – escorrentía- en forma de ríos para desembocar en cuerpos de agua como lagos y mares. Es común que el agua de lluvia, al estar cayendo, se vuelve a evaporar para regresar de nuevo a la atmosfera, o para formar parte de la humedad del aire. En este sentido, cabe aclarar que siempre existe cierto grado de humedad en la atmosfera, sin que necesariamente se forme nubes (Rodríguez, 2004)

2.3.2. Distribución del agua en el mundo y Perú

La distribución global del agua en el mundo está alrededor del 97.5% de agua salada, solo el 2.5% es agua dulce, de esta parte el 70% está congelada en los glaciares, nieve hielo y permafrost. 30% de agua dulce es subterránea y menos del 1% se encuentra en lagos, ríos, humedad en el suelo y aire, humedales etc., (Clarke, 2004).

Dentro del contexto mundial, el territorio peruano se ubica entre los diez países con mayores reservas de agua, considerando sus fuentes de agua superficial y subterráneo. No obstante, es un país de diferencias hidrológicas extremas, ya que la vertiente del atlántico que representa más del 70% del territorio peruano, recibe anualmente altos niveles de precipitación y abundancia en recursos hídricos disponibles para su uso (cerca del 98% del agua disponible en el Perú) pero cuenta con la mínima densidad poblacional. Sin embargo, en la vertiente del pacífico donde se encuentra la mayor población nacional al rededor del 63% y la mayor concentración económica que aporta más del 80% del PBI. Cuenta con 62 cuencas que concentran tan solo el 2% de los recursos hídricos del país. Una tercera vertiente es el lago Titicaca, al sur del país, que contiene cerca del 0.3% de agua y el 4% de la población. Este hecho lleva a la conclusión de efectuar un manejo sostenible del agua, Autoridad Nacional del Agua (MINAGRI, 2015).

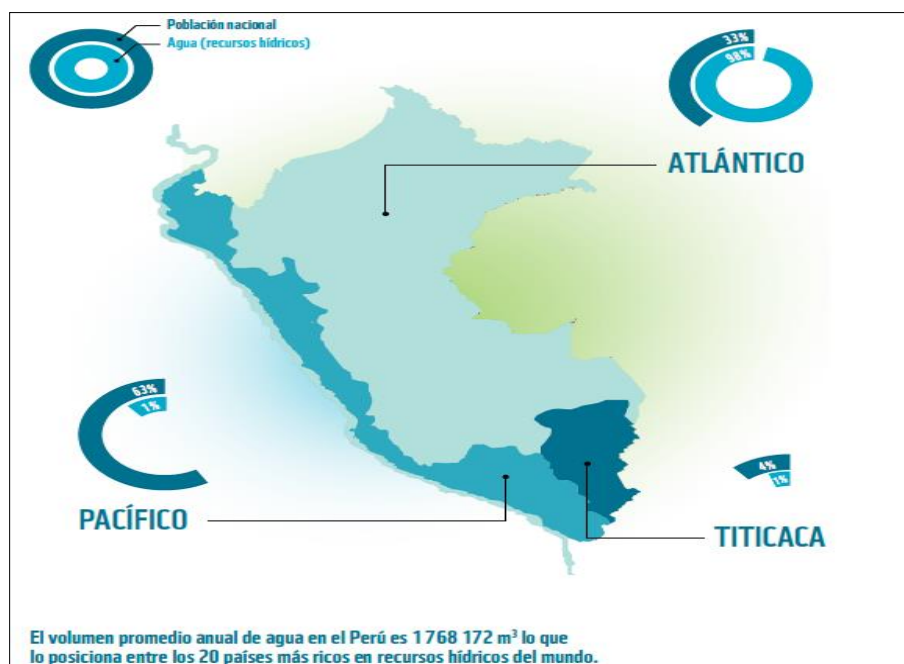


Figura 1. Distribución del agua y la población en las vertientes en el Perú. Autoridad Nacional del Agua.

Fuente: MINAGRI (2015).

Perú es rico en recursos hídricos, los glaciares, lagos, lagunas, humedales, ríos y acuíferos, entre otros. Sin embargo se necesita usar el agua de manera más eficiente y considerar alternativas posibles de abastecimiento y captación.

En el 7° foro mundial del agua corea 2015 “Agua para nuestro futuro la experiencia Peruana” se informa sobre la importancia del uso de fuentes alternativas como el manejo de niebla. A sí mismo en el reciente informe del 8° foro mundial del agua Brasilia 2018 “Compartiendo Agua” considera enfoques innovadores para mejora de la resiliencia al cambio global (ANA, 2017).

Es así que una parte de la solución de la crisis del agua, es la recolección de niebla con métodos innovadores ya demostrado en el campo en más de 17 países en las últimas décadas. Pérez de Arce, (2013), menciona que la captación de agua de niebla es una técnica posible y asequible, dando la posibilidad de variar las escalas de los instrumentos de captación de agua.

2.3.3. Niebla como recurso hídrico

Según la Organización Meteorológica Mundial OMM (1993), define la niebla atmosférica como la suspensión de gotas pequeñas de agua (con frecuencia, microscópicas) en el aire que también reduce la visibilidad horizontal en la superficie terrestre a menos de 1km. Es un fenómeno geofísico y geográfico que se da en casi todos los ámbitos del mundo. Según Pruppacher & Klett., (2007), las gotas de agua en la niebla tienen un diámetro entre 5 y 50 micras.

En el territorio peruano las nieblas son frecuentes en la costa y altas montañas andinas condicionadas por factores como: temperatura (air temperatura), humedad (relative humidity) y punto de rocío (dewpoint) como muestra la figura 2, además de otros factores como: presión atmosférica, relieve entre otros. (Quispe & Chira, 2003). Respecto al tiempo, la mayor frecuencia de formaciones de niebla se presenta en los meses de abril y mayo como lo muestra la figura 3. El mes de noviembre no presenta registros de niebla. Julio es el más frío y húmedo en Lima, incentivando flujos predominantes del sur que genera persistentes lloviznas y formaciones de neblinas y nieblas en menor frecuencia e intensidad

que los meses de abril y mayo por ausencia de flujos del norte en niveles de 850 hPa (Quispe & Chira, 2003)

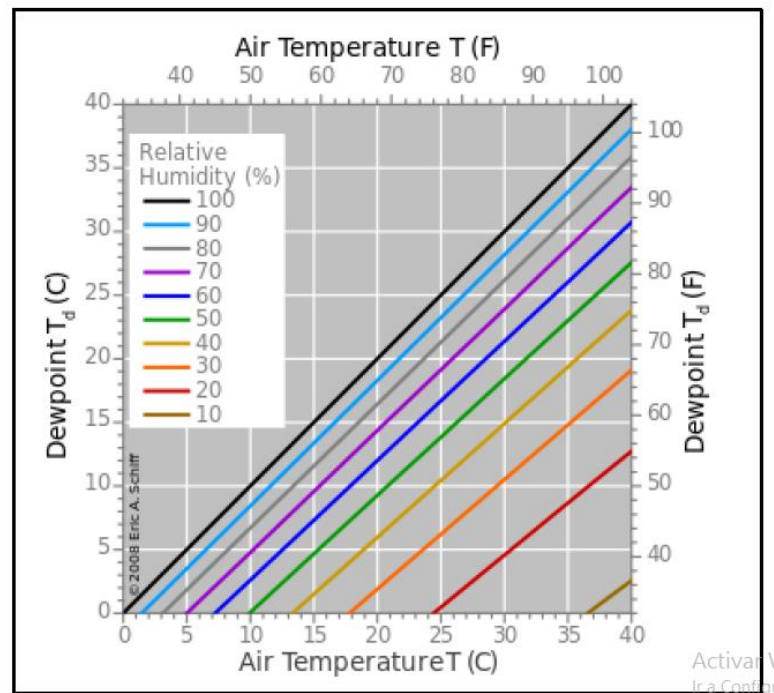


Figura 2. Relación de humedad relativa, temperatura y punto de rocío

Fuente: soriano (2015).

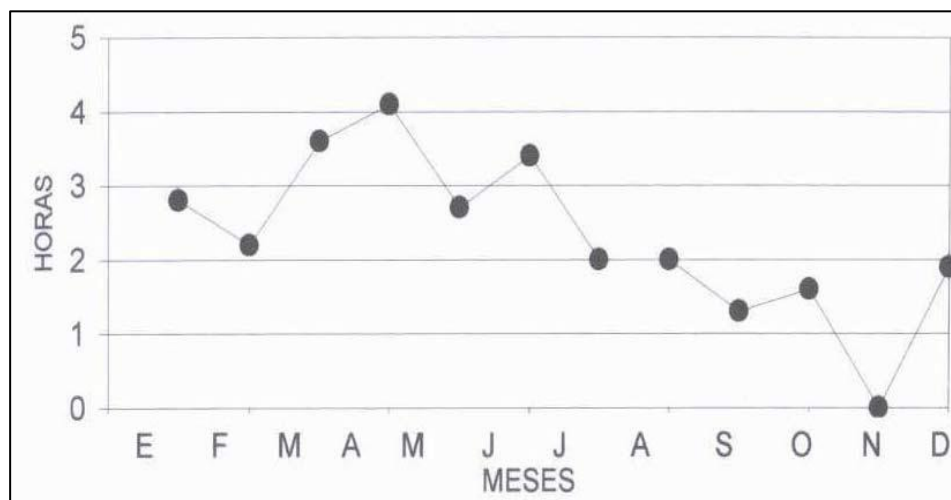


Figura 3. Promedio mensual de la duración (horas) de los eventos de niebla en treinta años

Fuente: Anchayhua (2001)

Gilford, (1992), citado por Quispe & Chira, (2003), menciona que durante los meses de noviembre a marzo, sucintan nieblas por radiación con gran frecuencia entre las 23 y 08

hora local (HL), a lo largo de las laderas occidentales de la cordillera de los Andes centrales de América del Sur.

2.3.4. Tipos de niebla

Clasificación de la niebla según el proceso que le da origen (Ayllon, 2013).

a. Nieblas de radiación

Al atardecer, el suelo se enfría por radiación, lo cual a su vez influye para que el aire que está cerca de la superficie se enfríe, aproximadamente 1°C por hora, y puede alcanzar la temperatura de punto de rocío. Las condiciones que favorecen su formación son: cielo despejado al atardecer, aire húmedo cerca del suelo, aire seco en las capas superiores, velocidad del viento de 2 a 10 nudos.



Figura 4. Esquema de niebla

Fuente: Aranguiz (2009)

b. Nieblas de advención

Se origina por el movimiento lento, horizontal de un volumen de aire hacia regiones con superficies más frías que la temperatura del aire que se desplaza sobre ella, el enfriamiento por advección puede llegar a 2°C por hora. Las condiciones que favorecen su formación son: gran contraste de temperatura entre el aire y el suelo, humedad del aire, existencia de fuentes acuosas, vientos de intensidad moderada (5 a 15 nudos).

Es frecuente que se formen nieblas de adveccion en los siguientes casos: en las zonas costeras, en los oceanos, cuando dos corrientes marinas de diferente temperatura se deslizan lateralmente y el aire se mueve desde la corriente de mayor temperatura hacia la menor temperatura. Segun Sarochar (2009), lo define como “nube a ras del suelo”.

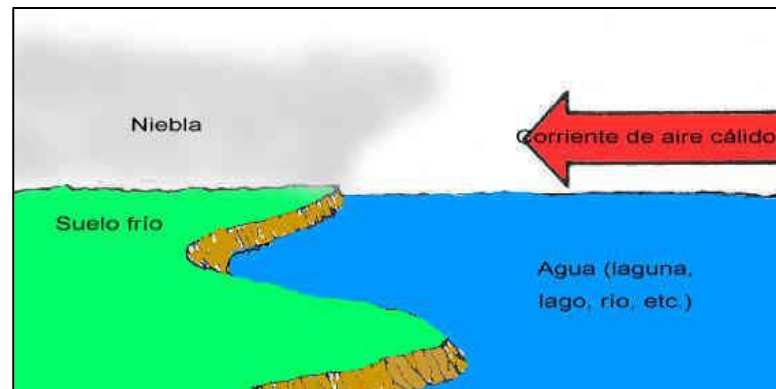


Figura 5. Esquema de niebla de adveccion

Fuente: Aranguiz (2009)

c. Nieblas de expansión u orográficas

La Niebla orográfica, conocida también como “nube gorro de montaña” (hill cap cloud), es una nube frecuente que se manifiesta en las zonas montañosas del mundo. Se produce como consecuencia de la humedad atmosférica, así también por la evaporación del agua, proveniente del mar; la cual al enfrentar la ladera de barlovento de los cordones litorales, asciende y se enfría por dilatación, condensando dicho vapor de agua en pequeñas gotitas que forman la niebla. En sotavento, durante el día el calor del interior del lugar disipa la niebla al evaporar sus gotas (Cereceda et al., 2002).

Las condiciones que la favorecen son: que el aire tenga suficiente humedad, que el aire sea estable al producirse la saturación, por que de otro modo se formarían nubes cumuliformes.



Figura 6. Esquema de niebla de expansión u orográfica

Fuente: Aranguiz (2009)

d. Nieblas de vaporización

Se producen por el contacto de aire frío con una superficie de agua cuya temperatura sea considerablemente mayor que la del aire. Debido a la gran diferencia de temperatura, la evaporación es muy intensa y el agua desprende grandes cantidades de vapor que en el aire se condensa en nieblas. Este fenómeno es frecuente sobre la corriente cálida del Golfo, en las cercanías de las Islas Británicas, sobre todo en invierno. Suelen también formarse en los fiordos noruegos, por el agua caliente depositada por los ramales de la corriente atlántica. A ese tipo de nieblas se le llama humo de mar. Son nieblas muy densas y pueden durar varios días.



Figura 7. Esquema de niebla de vaporización

Fuente: Aranguiz (2009)

e. Nieblas frontales

Se forma en los frentes calientes. La pendiente del frente es débil y el aire cálido se eleva lentamente sobre el aire frío. En ese ascenso se forman nubes estratiformes en el aire cálido y nieblas en la zona de contacto con el suelo. Pueden generarse mediante una de las dos maneras siguientes: por saturación del aire a causa de la lluvia continua y durante el paso del frente.



Figura 8. Esquema de nieblas frontales

Fuente: Aranguiz (2009)

2.3.5. Sistema de atrapaniebla

Un Atrapaniebla básicamente es una estructura conformada por malla rectangular con soportes de postes verticales, separados de 10 a 12 m y sobre la base cuenta con un sistema de drenaje. Dicho sistema es orientado perpendicularmente al viento (Aranguiz et al. 2009).

El colector atrapa una fracción de las gotas de agua de niebla, lo que permite crecer por coalescencia hasta que sea lo suficientemente grande como para caer por gravedad y finalmente almacenar el agua en un depósito (Montecinos et al., 2018)

La mayor eficiencia del sistema de Atrapaniebla se define como la relación entre el agua que llega a la canaleta del colector y el flujo de agua líquida integrado en un periodo de tiempo. Además se adquiere cuando la malla de superficie se orienta de tal manera que

sea perpendicular el mayor tiempo posible a las direcciones más frecuentes del régimen de vientos del lugar de experimentación. La malla debe permanecer rígida tensa para que las gotas en su desplazamiento forzado queden adheridas por coalescencia sobre los filamentos. Posteriormente las gotas de mayor diámetro forman un flujo filiforme de agua que por efecto gravitatorio circula verticalmente y se deposita en la canaleta horizontal instalada en el borde inferior del bastidor. Por el contrario las mallas holgadas, elásticas a la merced del viento, el filamento de agua adherido a los hilos pueden ondear y en su desplazamiento lateral caen una parte notable fuera de la canaleta recolectora (Santana, 2015).

A través del tiempo se han desarrollado diferentes métodos para captar niebla; llevando a varias formas que han evolucionado, según las nuevas necesidades que se han ido aprendiendo, los avances tecnológicos y las visiones de cada uno de sus investigadores. Diferencias estructurales, de concepción del funcionamiento y de materiales utilizados, estableciéndose en una comparación para determinar variables de eficiencia y funcionamiento.

2.3.5.1. Tipos de atrapanieblas

En líneas generales hay dos sistemas de atrapanieblas que destacan independiente, uno omnidireccional o tridimensional y el unidireccional, bidimensional o convencional, ver figura 9.

A. El omnidireccional o tridimensional. Es un Atrapaniebla de forma cilíndrico, menos comunes aunque hay algunos que se ofrecen comercialmente, la mayoría están asociados a proyectos experimentales que plantean soluciones de innovación para optimizar el rendimiento de la colección de agua y, en algunos casos, mejorar la estabilidad estructural frente a los fuertes vientos. Están diseñados para ser instalados en lugares con niebla multidireccionales, para lo cual ofrecen varios frentes con superficies de colección del agua de niebla, como es el caso del atrapaniebla Macrodiamante, ofrece menos resistencia

al paso del viento, lo cual implica menos gastos en los materiales empleados para el aseguramiento en la superficie terrestre. Las utilidades del agua obtenida son diversas como: estudios de captación móviles, análisis químicos del agua, esto requieren de una verificación más precisa de sus resultados, también es útil para explorar sistemas de derrame de agua, para el riego de huertos y jardines (Espinoza, 2013)

Según Román (1999), en estudios sobre la incidencia del viento en la captación de neblina en el cerro Moreno al norte de Chile. Demostró la eficiencia del atrapaniebla tridimensional en comparación con el diseño de tipo convencional por las siguientes razones: primero la resistencia a altas velocidades de desplazamiento del viento (6 a 8 m/s) y mayor retención de agua. Por tanto teniendo una estructura tridimensional, se buscó mejorar la eficiencia de captación de agua, además de hacer una estructura auto resistente.

A si mismo los estudios realizados por (Paula et al., 1999) al contrastar el metro cuadrado de malla raschell, el modelo de atrapaniebla "Iglú" de geometría tridimensional siendo aún datos preliminares rindió 3.3 l/m²/d mientras que el modelo convencional captó un total de 2.92 l/m²/d. De esta manera demostró ser efectivo desde varios puntos de vista como: mantenimiento, dado que la estructura es relativamente pequeño, por ello las reparaciones son menos complejas, permite captar la niebla con distintas direcciones y dado que el modelo es curvo, condensa en forma eficiente las pequeñas gotas de agua.

Aunque estos dispositivos no llegaron a resolver el problema de la sequía de la zona ya que la mayor parte del agua se perdía por incidencia del viento, sirvió al menos para comprobar que la teoría era aplicable si se encontraban los materiales y las formas adecuadas (Pérez de Arce, 2013).

B. el sistema unidireccional, bidimensional o convencional. Es un atrapaniebla de tipo panel, consisten en una superficie de colección (malla raschel u otra), enmarcado o tensada en dos postes. Las mallas colectoras deben estar perpendicular a la dirección del viento, esto favorece el sentido de la niebla, cuando viene siempre de la misma dirección.

Sin embargo pierde efectividad a velocidades de viento más altas y diversas direcciones del viento, presentando problemas de ruptura de la malla y estabilidad estructural. Estas soluciones son simples y económicas, es adecuado para verificar el potencial hídrico y para la captación de agua en lugares donde existe una dirección de viento predominante puede lograr un alto rendimiento de captación (Aranguiz, 2009)

Para mejorar la colección de agua de niebla empleando este sistema convencional, es necesario tener en cuenta el diseño propuesto por Vladimiro, (2012), en forma de cicloide, ya que optimiza la cosecha de agua de niebla en tiempos cortos.

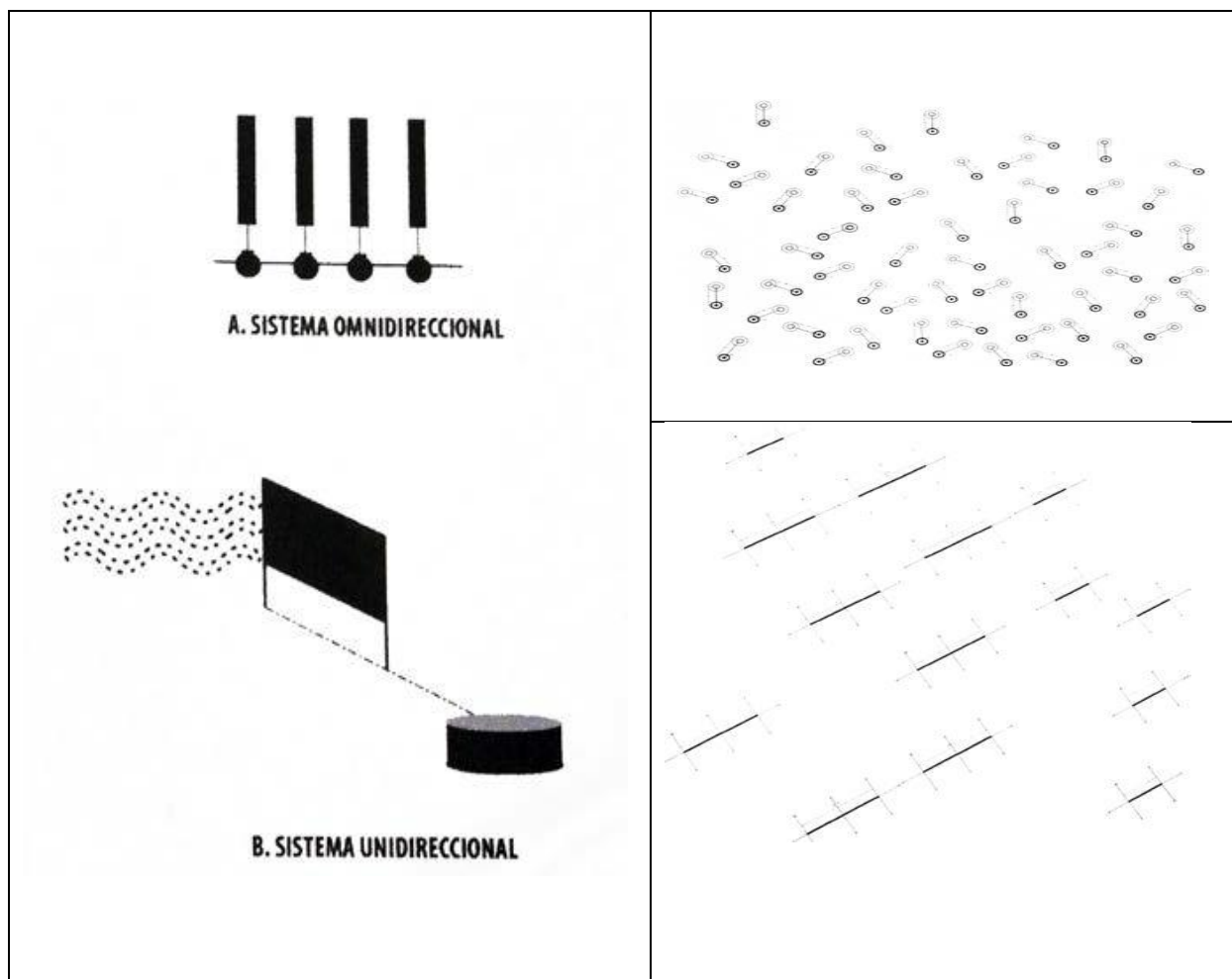


Figura 9. Sistemas omnidireccional y unidireccional de atrapaniebla.

Fuente: Espinoza (2013).

2.3.5.2. Elementos que conforman el sistema de atrapanieblas

a. Mallas

Una de las mallas empleadas para la captación de agua de niebla por la eficiencia que representa en mayor resistencia al viento y mayor retención de agua es la denominada Raschel de 1mm de ancho por 0,1mm de espesor, de fabricación Chilena, su uso habitual es como polisombra Mendoza & Castañeda, (2014), como se puede observar en la figura 10. Está constituida por un tejido de finos hilos de polipropileno; éstas mallas se fabrican en diferentes densidades que van desde el 35% hasta el 95% (la densidad indica el porcentaje de sombra que genera la malla). Para captar niebla se usa la malla de densidad 35%, ya que presenta buen rendimiento permite el paso de mayor flujo de viento y retiene mayor porcentaje de agua. En definitiva el coeficiente o porcentaje de sombra es la característica más relevante de la malla. Si este coeficiente es muy grande (malla muy tupida) poca niebla pasará a través de ella y la captura de agua será baja. Si es muy chico, pocas gotitas de niebla chocaran con los filamentos y la captura también será baja. Otra característica de la malla es el diámetro del filamento, ya que afecta la eficiencia de deposición de las gotas de niebla y de la eficiencia de drenado. Los filamentos más delgados favorecen la deposición de las gotas, pero aumentan el bloqueo de las aperturas entre filamentos. El diámetro óptimo de filamentos es más pequeño que no produce bloqueo de las aperturas. Para el polietileno corriente, el diámetro óptimo es del orden de 1 mm.

Soriano, (2015), indica que se debe asegurar que la estructura cuente con doble malla, para garantizar un espacio entre las mallas donde el agua captada se pueda condensar y decantar hacia la canaleta de recolección, la estructura soportante debe resistir el peso propio de la malla saturada de agua, las fuerzas ejercidas por el viento. En tal sentido hay dos tipos de estructuras básicas que se han usado: una consiste en marcos rígidos a los cuales se fijan la malla y otras tenso-estructura formada por postes rígidos y cables flexibles. En general las tenso-estructuras son más eficientes en el uso de material y, por lo tanto, más económico. Como indica Soriano la presión del viento en temporales puede romper la malla, no obstante las mallas corrientes usadas son muy resistentes si se

instalan bien. Por ejemplo la malla Raschel soporta una fuerza de más de 2,5 N/mm en el sentido de la fibra principal (dirección de tejido), es decir, un trozo de esta malla de 1m de ancho puede sostener un peso de más de 225 kilos. Sin embargo, en la dirección perpendicular, o transversal, soporta aproximadamente 0,5 N/mm; es decir, un trozo de 1 m de ancho sostiene solo 50 kilos de peso. Por esta razón, es mejor instalar la malla con la dirección longitudinal alineado con la menor dimensión de atrapaniebla.

En estudios sobre la eficiencia de la recolección de niebla Park et al., (2013), indican que la malla de alambre dipcoated POSS-PEMA ($R= 172 \mu\text{m}$) es más robusto que la malla Raschel convencional, recoge el agua a un ritmo más rápido y también alcanza el estado estacionario óptimo debido a la “retención de líquidos” en la superficie de la malla recogiendo aproximadamente dos litros de agua a través de 1m^2 por día. Esta tecnología de recolección de niebla pueden desplegarse en muchas regiones del mundo donde el tamaño y la velocidad de las gotas de niebla no son adecuados para las mallas Raschel tradicionales, el rendimiento de estas mallas tejidas de drenaje rápido es menos susceptible a los cambios diarios o estacionales de velocidad y dirección del viento, o de temperatura.



Figura 10. Malla de Raschel con gotas de agua

Fuente: Peñablanca (2013).

b. Tensores

Estos componentes son los encargados de sujetar los postes al terreno, dando estabilidad a la estructura completa y absorbiendo los embates del viento, quitándole a los postes. El material de estos tensores es guaya o cable de acero que van conectados a anclajes de acero amarrados a bloques de concreto que van enterrados en el suelo. Esta técnica es en especial para atrapanieblas de forma horizontal (Mendoza & Castañeda, 2014). Ver figura 11.



Figura 11. Tensor ojo/gancho (53/8" 160L)

Fuente: google (2018)

c. Postes de madera

Frecuentemente se precisa el uso de los postes metálicos, por su capacidad para soportar la fuerza del viento, pero en áreas distantes donde el acceso es una limitante, se pueden usar materiales naturales, como postes de madera. La figura 12 muestra unos postes de madera representando la "columna vertebral" del sistema de atrapaniebla, ya que es el soporte de la malla Raschel. Con los postes se deben incluir las herramientas y elementos que se consideran necesarias para cada zona, como poleas, cables, etc. (Mendoza & Castañeda, 2014).



Figura 12. Postes de madera
Fuente: google (2018)

d. Canaleta

La distribución se inicia con el agua captada y colectada en la base de la malla, en donde se encuentra adosado un tubo de PVC, el cual direcciona el líquido por una manguera directamente hasta el colector de agua (reservorio, cilindro, envase, etc.). La figura 13 se muestra una canaleta de distribución del agua, captada por la malla Raschel. El tamaño de la tubería debe ser propuesta de acuerdo a la cantidad de agua captada, ser resistente a las condiciones atmosféricas evitando su desgaste, también debe favorecer la movilidad del agua por gravedad. (Mendoza & Castañeda, 2014).



Figura 13. Canaleta de distribución del agua captada
Fuente: google (2018)

e. Colector o envase de agua

Se debe considerar el almacenamiento del agua colectada, ya sea que el proyecto sea pequeño o de mayor tamaño. Los envases deben ser consecuentes con la cantidad de agua que se pueda captar y con la demanda del líquido que se tenga para cada proyecto. Los envases pueden ser genéricos. En la figura 14 se muestra un envase para almacenamiento de agua de un prototipo de atrapaniebla. El dimensionamiento del tanque variará según el uso que se le vaya dar al agua captada, que puede ser para consumo humano, ganadero, agrícola, industrial o minero (Mendoza & Castañeda, 2014).



Figura 14. Contenedor para almacenar agua para prototipo de atrapaniebla.

Fuente: google (2018)

2.3.5.3. Ventajas y desventajas de los atrapanieblas

a. Ventajas

La instalación y el funcionamiento no requieren de energía, para la instalación del sistema solo se requiere que los componentes de la estructura y la malla hayan sido transportadas hasta el lugar de estudio (Mendoza & Castañeda, 2014).

Tener agua para reforestación, esto favorecería para controlar erosión del suelo, desastres naturales como huaycos, deslizamiento de tierra. Además para cultivos de

viveros y biohuerto, consumo domestico, riego de areas naturales. Esto motiva la participacion de la comunidad creando mayor identidad y conciencia por el ambiente, la conservacion de un ecosistema y la generacion de ecoturism como el caso de las Lomas de Villa Maria del Triunfo (Sanchez, 2018).

Según Cuellar, (2018), contar con el recurso hidrico en altura es una ventaja, ya que para su condicion no requiere ningun tipo de energia, si no que este baja por gravedad. El sistema es amigable con el ambiente, debido a que no genera residuos ni contamina. Ademas aumenta la oferta hidrica, ya que no extrae agua de las fuentes superficiales ni subterranea.

b. Desventajas

En cuanto al costo de fabricaci3n el de estructura poliédrica o tridimensional es más costoso que el convencional. Sin embargo resulta ser menos vulnerable en contraste con modelos planos ante temporales de viento. Como el caso del atrapaniebla macrodiamante desarrollado por (Pilar Cereceda, Schemenauer, & Suit, 1992).

Según Toledo , (2017) un mayor tamaño o altura de la malla no son proporcionales con un máximo rendimiento y se recomienda realizar pruebas que permitan identificar el sitio y el tamaño adecuado para lograr la máxima captación. A si mismo considera aspectos comunes como la difícil accesibilidad, condiciones topográficas. Por tanto sugiere que los equipos deben ser de fácil y rápida instalaci3n.

Los equipos de los atrapanieblas son distractores del área ya que son ajenos al medio, el impacto a la fauna puede ser de mayor relevancia en especial para las aves que al encontrarse con atrapaniebla representa un obstáculo en su recorrido.

2.3.5.4. Aspectos a tener en cuenta para implementar un atrapaniebla

Se recomienda antes de implementar un sistema de atrapanieblas, realizar en primer lugar una investigación con neblinómetro (corresponde a pequeños atrapanieblas de 1m² de malla de Raschel). Así se conocerá bien la potencialidad de la niebla en el lugar y la estacionalidad del fenómeno (Vladimiro, 2012).

El monitoreo puede hacerse de forma digital o manual. Así mismo el estudio final permitirá determinar, de acuerdo a la demanda: cuantos atrapanieblas será necesario instalar y exactamente dónde (Molina & Escobar, 2005).

El Instituto Geofísico Militar (IGM, 2018), Resalta la importancia de considerar las altitudes para captación de agua, puesto que tienen una implicancia constante en la intercepción del nivel de subsidencia atmosférica y con ello la presencia permanente de nubes y niebla que caracterizan climáticamente al desierto costero como un territorio de alta humedad atmosférica presentando de esta manera densa nubosidad. Es así que a altitud de 600 metros del nivel del mar es propicio para la instalación del atrapaniebla, si bien parece una distancia lejana, ésta condición es una ventaja, ya que permite distribuir el agua por simple gravedad (Amaya, 2014).

Otro aspecto es el área de impacto: relacionada con los resultados esperados en cuanto a eficiencia y productividad, se debe aprovechar al máximo la oferta ambiental que hay en cuanto a disponibilidad del recurso hídrico, para ser captado por este sistema. Esto significa que se debe ajustar el área de la malla de acuerdo a las condiciones del sitio, se puede pensar en una malla grande porque la demanda de agua así lo requiere, pero lo que sucede es que no se tienen mejores resultados, esto según lo reportado por diversos estudios y trabajos realizados sobre el tema donde concluyen que un mayor tamaño o altura de la malla no son proporcionales con un máximo rendimiento y se recomienda realizar pruebas que permitan identificar el sitio y el tamaño adecuado para lograr la máxima captación (Mendoza & Castañeda, 2014).

2.3.6. Otras Tecnologías de captacion de agua

a. Cisterna tipo tinaja

Es una estructura en forma de tinaja o de cilindro enterrado en el suelo, lleva un filtro para limpiar el agua de partículas. Se construye con una profundidad de dos metros y un diámetro de 1.20 m en la figura 15, se muestra el diseño de la cisterna tipo tinaja. Para sacar el agua de la cisterna se utiliza la bomba de impulsión. El agua almacenada puede ser empleada para diversas actividades como: riego de frutales, huertos y para ganadería en menor escala. Esta se puede alimentar con sistemas de captación de agua de techo y de fuentes naturales de agua (Obando et al., 2006).

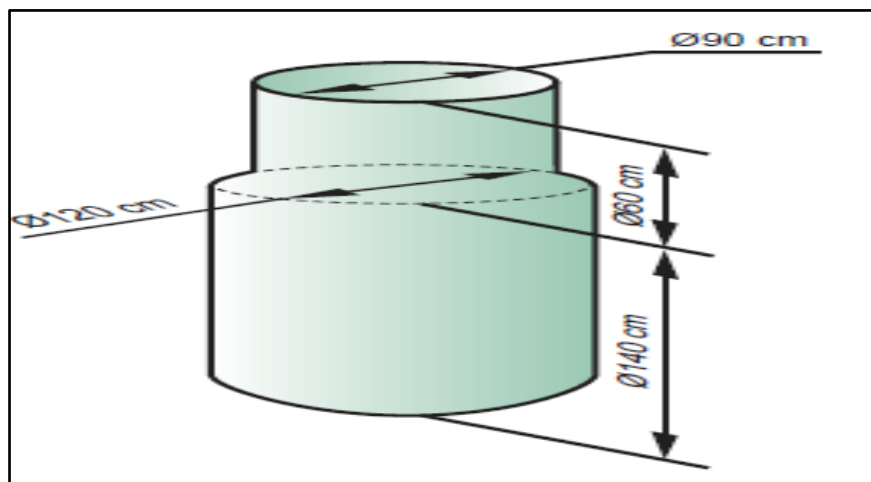


Figura 15. Cisterna tipo tinaja
Fuente: Obando (2006)

b. Lagunetas, reservorios o embalses

Son grandes depósitos contruidos artificialmente que se construye cerrando la boca de un pequeño valle o micro cuenca hondonada, mediante una presa, o la construcción de un dique para contener el agua, aprovechar el agua de lluvia y crear el embalse como se muestra en la figura 16, para tales casos se requiera movimiento de tierra. El agua almacenada se le puede dar los siguientes usos: abastecimiento de agua para los sistemas

de riesgo, abrevaje de animales o agua para ganado, actividades domésticas, entro otros usos. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2011).



Figura 16. Embalses para almacenar agua de lluvia
Fuente: INTA (2011)

c. Diques de piedra

Son muros cercados con piedras de base ancha para retener el agua como se muestra en la figura 17. Se recomienda donde exista carcavas, las cuales se forman cuando se juntan dos o mas laderas. En zonas con precipitaciones muy altas se necesitan diques mas anchos. De esta manera, se requiere mejorar las retención e infiltración del agua para proteger y recuperar las fuentes de agua. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC, 2000).

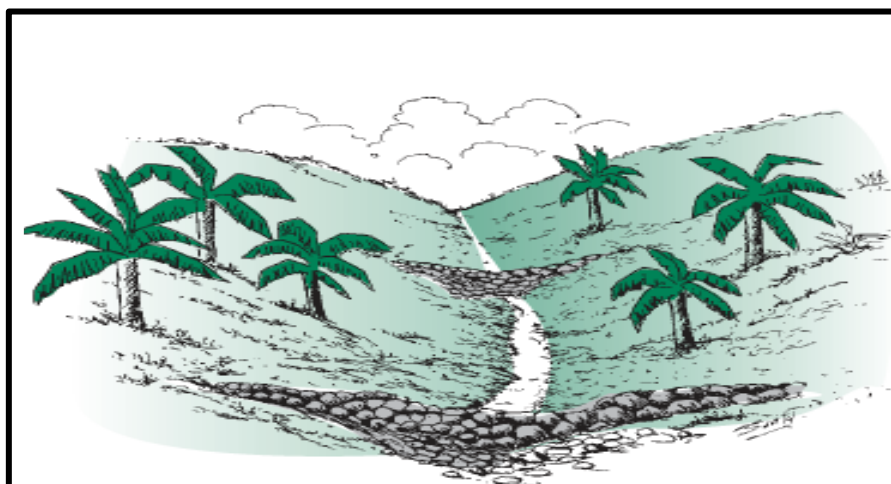


Figura 17. Diques de piedra
Fuente: PASOLAC (2000).

d. Captación o cosecha de agua lluvia a travez del techo

La tecnología consiste en almacenar el agua de lluvia que se deposita en los techos por medio de un sistema de drenaje como se observa en la figura 18. El objetivo es captar el agua de lluvia y pasarlas mediante canaletas que pueden ser de PVC o bambú a estructuras de acumulación y uso posterior usos diversos, riego de huertos. En el caso de consumo humano el agua debe ser desinfectada y contar con autorización sanitaria. La cantidad de agua que se logre acumular dependerá de la precipitación anual de la zona y del área de colección (área de techo). Esta tecnología corresponde a soluciones de tipo unifamiliar o multifamiliar y se recomienda principalmente para aquellas zonas donde hay problemas agua ya sea por las precipitaciones son bajas, o porque la distribución de las lluvias es muy irregular. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2011).

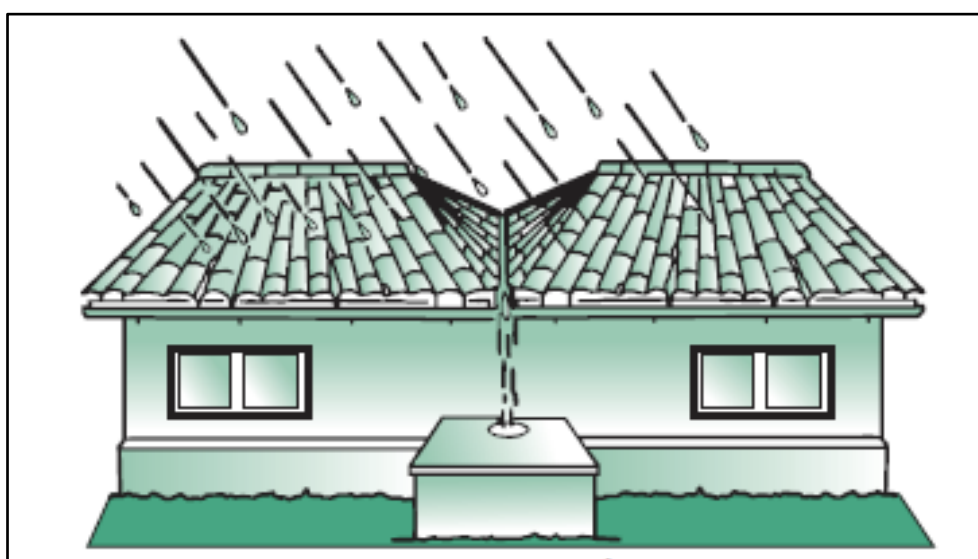


Figura 18. Vista simplificada de una estructura de captación y almacenamiento de agua.

Fuente: INTA (2011).

e. MiniCASCC - Un colector de niebla impulsado por batería para aplicaciones ecológicas

Es una versión pequeña del colector de agua en la nube de hilo activo de Caltech (CASCC) para aplicaciones ecológicas, ver figura 19. El dispositivo funciona con batería y,

por lo tanto, permite el funcionamiento en lugares donde la alimentación de red no está disponible. El coleccionista está diseñado para períodos de muestreo de hasta una semana, dependiendo de la frecuencia de niebla. La eficiencia de recolección es determinada por la velocidad del aire, el número de hebras, el espaciamiento entre hebras y las dimensiones. El único parámetro libre para controlar la velocidad de recolección es el número de filas, ya que la velocidad del aire debe ser lo suficientemente alta y la potencia del ventilador es un factor limitante. El nuevo colector de niebla se puede construir y operar a costos relativamente bajos en los sitios de investigación (Michna, 2007).



Figura 19. Vista del MiniCASCC, montado en el sitio de Niesen Kulm. Con el anemómetro y el higrómetro más la protección contra rayos barra.
Fuente: Michna (2007).

f. Turbina eólica generadora de agua potable (proyecto YAWA)

La turbina eólica convierte la humedad del viento en agua de forma mecánica ver figura 20. El aire que choca contra las paletas permeables luego se redirige al eje de soporte donde es comprimido, enfriado y condensado hasta el punto de rocío. El tratamiento del agua colectada se realiza con la ayuda de filtros purificadores hasta obtener agua potable. Además esta tecnología no utiliza energía eléctrica ni baterías. Se logra generar

más de 100 litros de agua durante un día, cifra que según la organización mundial de la salud, necesita una persona para atender todas sus necesidades diarias (Ciencias.pe, 2017). Cabe mencionar que el costo de los filtros que se emplean es elevado.



Figura 20. Turbina eólica generadora de agua potable
Fuente: Ciencia (2017)

g. Turbina EOLEWATER

Otro ejemplo de innovación tecnológica es el diseño del aerogenerador WMS 1000 figura 21. La turbina WMS 1000 consiste en un sistema eólico con función autónoma, es accionado por un aerogenerador de 30 KW, sobre una torre de 24 metros de altura. La colección de agua a través de esta tecnología se basa en la condensación del aire al descender la temperatura bruscamente, superando el punto de rocío y convirtiéndose de esta manera en agua. Para lograr el efecto, la turbina eólica utiliza un sistema de enfriamiento por donde circula el aire, enfriándolo hasta que la estructura “esponjosa” del aire se contrae y expulsa la humedad contenida. El sistema está en fase de prueba en los Emiratos Árabes Unidos, cosechando en promedio, 1000 litros de agua al día, el agua

resultante es filtrada y remineralizada, pasando a ser apta para consumo humano (Lafe, 2013).



Figura 21. Turbina de condensación de aire EOLEOWATER
Fuente: Lafe (2013)

2.3.7. Eficiencia de captación de niebla

La eficiencia de captación es un factor muy importante, influenciando en el costo del agua colectada. Ésta se define como la fracción del agua que contiene la niebla que llega al contenedor de agua. A si mismo depende de: La eficiencia aerodinámica que es básicamente el coeficiente de sombra (fracción porcentual del área que cubren los filamentos de la malla), es concebible aumentar la permeabilidad de la malla mediante un diseño aerodinámico cuidadoso del tejido y sus filamentos, con lo que se podría aumentar la eficiencia máxima de colección, la presión del viento sobre la malla también se puede modificar ligeramente cambiando su razón de aspecto (largo y alto de la malla) y convexidad. La eficiencia de deposición consiste en que las gotas siguen el flujo de aire y pasan por los filamentos de la malla, por tanto conviene que la malla tenga filamentos lo más delgado posible. Sin embargo, hay dos limitaciones importantes para el grosor de los filamentos es que al disminuir su diámetro para un mismo coeficiente de sombra, también

disminuye la resistencia mecánica de la malla y el tamaño de las aberturas ya que llegan a ser bloqueadas por gotas de agua que las cubren por tensión superficial. Finalmente depende de la eficiencia de drenado consiste en la cantidad de agua que llega al almacenamiento y la que se ha depositado en la malla. Las pérdidas de las gotas de agua se producen por el viento (Rivera, 2011).

La eficiencia de colección (η_{col}) se compone de la eficiencia aerodinámica (η_{ac}), la eficiencia de deposición (η_{dep}) y la eficiencia de drenado (η_{dr}) (Rivera, 2011).

$$\eta_{col} = \eta_{ac} \eta_{dep} \eta_{dr}$$

La eficiencia aerodinámica de colección y la de deposición se pueden calcular con la siguiente ecuación:

$$\eta_{ac} = \frac{S}{1 + \sqrt{C_o/C_d}} \quad \eta_{dep} = \left(\frac{St}{St + \pi/2} \right)$$

Donde S es el coeficiente, o porcentaje, de sombra, Co es el coeficiente de caída de presión de un flujo de aire que atraviesa la malla, que aumenta con S, y Cd es el coeficiente de arrastre de una superficie no permeable de las mismas dimensiones que la malla, que representa la fuerza que el viento ejerce sobre esta superficie impermeable; St es el número de Stokes, que representa la respuesta inercial de la gotita que se encuentra con un filamento de la malla:

$$St = \frac{\rho_g d_g^2 v_1}{9 d_f \mu_a}$$

Donde ρ_g y d_g son la densidad y el diámetro de la gota de agua, respectivamente, v_1 es la velocidad del viento que pasa por la malla, d_f es el diámetro de los filamentos de la malla y μ_a es la viscosidad del aire. El coeficiente de caída de presión debe ser medido para cada malla en particular. Aunque existan correlaciones empíricas entre este coeficiente Co y S, hay dudas sobre su aplicabilidad a las mallas plásticas en general, ya que su tejido

es más complicado. Por otro lado, el coeficiente de sombra también debe ser medido por un método apropiado ya que la información de los fabricantes es sólo aproximada (Rivera, 2011).

Soriano (2015) menciona que la malla raschel de densidad 35% constituida por tejidos de finos hilos de polipropileno presenta mejor rendimiento ya que permite el paso de mayor flujo de viento y retiene mayor porcentaje de agua.

2.3.8. Series de tiempo

Masini & Vazquez (2014) indican que el método de series de tiempo tiene el objetivo de predecir valores futuros para la variable de interés basándose exclusivamente en el patrón histórico de esa variable, suponiendo que ese patrón histórico continuará. En tal sentido este método cobra importancia en predecir los cambios respecto al tiempo de los parámetros meteorológicos. Estas observaciones serán denotadas por:

$$\{x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_n)\} = \{x(t) \mid t \in T \subseteq \mathbb{R}\}$$

Con $x(t_i)$ el valor de la variable x en el instante t_i . Si $T = \mathbb{Z}$ se dice que la serie de tiempo es discreta y si $T = \mathbb{R}$ se dice que la serie de tiempo es continua.

2.3.8.1. Análisis de series de tiempo

El primer paso en el análisis de series de tiempo, consiste en graficar la serie. Esto va a permitir detectar los componentes esenciales de la serie:

Outlier: Son puntos de la serie que se escapan de lo normal. Un outliers es una observación de la serie que corresponde a un comportamiento anormal del fenómeno (sin incidencias futuras) o a un error de medición. Se debe determinar desde fuera si un punto dado es outlier o no. Si se concluye que lo es, se debe omitir o reemplazar por otro valor antes de analizar la serie.

Tendencia: La tendencia representa el comportamiento predominante de la serie. Esta puede ser definida vagamente como el cambio de la media a lo largo de un periodo.

Variación estacional: La variación estacional representa un movimiento periódico de la serie de tiempo. La duración de la unidad del periodo es generalmente menor que un año. Puede ser un trimestre, un mes o un día, etc. Las principales fuerzas que causan una variación estacional son las condiciones del tiempo. Todos estos fenómenos presentan un comportamiento estacional (anual, semanal, etc.)

Variaciones irregulares: Los movimientos irregulares (al azar) representan todos los tipos de movimientos de una serie de tiempo que no sea tendencia, variaciones estacionales y fluctuaciones cíclicas.

2.4. Marco conceptual

La niebla se encuentra condicionada por varios factores, los cuales dirigen su dirección, humedad, permanencia y desarrollo (Contreras, 2012). Para obtener los resultados óptimos de captación deseados, es importante tener en cuenta algunas variables del clima, condiciones del medio como: la geomorfología, además la presencia de componentes del ecosistema como la vegetación y los elementos antrópicos como la presencia de fuentes contaminantes o la presencia de edificaciones que obstaculizan la dirección del viento.

2.4.1. Humedad relativa

La humedad relativa es la cantidad de vapor de agua que se tiene respecto a la cantidad necesaria para llegar al punto de saturación. Un aire saturado tiene humedad relativa al 100% llegando al punto de rocío. La saturación se produce por un aumento de la humedad relativa con una misma temperatura o por el descenso de la temperatura con una misma humedad relativa. Por otro lado la cantidad de humedad en el aire, no es constante,

sino cambiará en el tiempo por los diversos factores, como si ha llovido recientemente, si estamos cerca del mar, si hay plantas, etc. (Stadmuller, 1986).

En estudios de caracterización climática de Bogotá y Cuenca Alta del Río Tunjuelo (Colombia), se menciona que la humedad tiene una estrecha relación con la estabilidad atmosférica, por consiguiente con la ocurrencia y distribución de la precipitación a sí mismo hay presencia de niebla cuando la humedad relativa media está entre 73% y 86% (Mendoza & Castañeda, 2014).

Quispe & Chira (2003), menciona que el flujo del aire del Anticiclón del Pacífico Sur que se desplaza por las aguas frías, y a medida que se acerca a la costa se enfría y en consecuencia la humedad relativa aumenta, creando las condiciones óptimas para la formación de nubosidad estratiforme y nieblas típicas por todo las colonas de la costa.

2.4.1.1. Medición de la humedad

La humedad suele medirse con un instrumento llamado psicrómetro. Formado por dos termómetros, uno de ellos es llamado “termómetro seco”, sirve para obtener temperatura del aire. El otro, llamado “termómetro húmedo”, útil para medir la temperatura húmeda del aire. Dependiendo de la temperatura y el contenido del vapor del aire, la cantidad de agua evaporada resultará menor o mayor y en la misma medida se producirá un mayor o menor descenso de temperatura del termómetro húmedo en función de estos dos valores se calcula la humedad relativa (Sarochar, 2009).

2.4.2. Temperatura atmosférica

Es muy conocido que la temperatura es una de las magnitudes más utilizadas para describir la condición de la atmósfera. La unidad de medida en función a la escala que se elijan son: escala Celsius (°C), Escala Fahrenheit (°F), Grados Kelvin. La temperatura depende inicialmente de la distancia de cada punto de la tierra en sentido norte o sur del

Ecuador terrestre; también puede verse influenciado por la altura sobre el nivel del mar, donde en zonas más elevadas son más frías y viceversa. A sí mismo la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación del año y otra, y también entre una ubicación geográfica y otra. En temporada de invierno puede llegar a estar bajo 0° C y en verano superar los 40° C. (Zuñiga, 2010).

Según el COMET (Cooperative Program Operational Meteorology Training) de los Estados Unidos, la formación de niebla puede presentarse cuando la temperatura del punto de rocío se aproxima a la temperatura de la superficie del mar.

La distancia que puede penetrar la niebla tierra adentro dependerá de las características atmosféricas reinantes: mientras menos temperatura, mayor condensación y vientos más fuertes, más lejos llegará la niebla (Cereceda et al., 2001)

2.4.2.1. Medicion de la temperatura

El instrumento utilizado frecuentemente para medir la temperatura se llama termómetro y fue inventado por Galileo en el año de 1593. Hay muchas variedades de termómetro, los más usados son: termómetro ordinario (exposición), máxima, mínima, de suelo (Geotermómetro). El modelo de termómetro sencillo consiste en un tubo graduado de vidrio con un líquido en su interior que puede ser por ejemplo, alcohol o mercurio. Como estos líquidos se expanden más que el vidrio, cuando aumenta la temperatura, asciende por el tubo y cuando disminuye la temperatura se contrae y descendiendo por el tubo.

2.4.3. Punto de rocío

Es la temperatura a la cual se condensa el vapor de agua, generando rocío, niebla, neblina o incluso escarcha si la temperatura es muy baja (Cereceda et al., 2001).

2.4.4. Presión

La presión es el resultado del movimiento de las moléculas del aire en un espacio confinado. Si imaginamos una superficie en contacto con un gas a cierta presión, el choque de esas moléculas origina una fuerza sobre la superficie imaginaria o real (variación de la cantidad de movimiento en la unidad de tiempo); el cociente entre esa fuerza y el valor de la superficie considerada nos da el valor de la presión.

La presión desciende ligeramente con la altura pero también hay diferencias de presión entre unas zonas de la troposfera. Son llamadas también zonas de altas presiones, cuando la presión reducida al nivel del mar, es mayor de 1.013 hectopascales o zonas de bajas presiones si los valores son menores que 1.013 (Castillo, 2011).

2.4.4.1. Medicion de la presion

El instrumento para medir la presión atmosférica es el barómetro de mercurio.

La comunidad científica internacional en la actualidad ha adoptado el Sistema Internacional (SI), cuyas unidades principales son el metro (m), el kilogramo (kg) y el segundo (s). Para este sistema la unidad de presión es el newton por metro cuadrado, denominado "pascal" (Pa). Debido a que es una unidad relativamente pequeña y a efectos de facilitar la transición de un sistema a otro, se ha visto conveniente por expresar la presión atmosférica en "hectopascales" (hPa), es decir, en centenares de pascales. El hectopascal es idéntico al milibar ($1 \text{ hPa} = 1 \text{ mb}$).

2.4.5. Densidad del aire

La densidad de un cuerpo se define como la masa que contiene una unidad de volumen, es decir, la relación entre la masa y el volumen que ocupa. La densidad del aire de la atmósfera depende de factores como: la temperatura, la presión y vapor de agua que

contiene, siendo menor con el incremento de temperatura y con la disminución de la presión (Sarochar, 2009).

Al nivel del mar y con 15°C la densidad del aire asciende a 1.23 kg/m³. Así será menor cuanto mayor sea la altitud y mayor la temperatura. Así mismo tiene que haber diferencias en cuanto a estructura, puesto que los gases que conforman la atmósfera (78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de otros gases diversos por ejemplo argón, dióxido de carbono) tienen pesos distintos.

Las partículas extrañas existentes en las capas de aire próximas al suelo, por ejemplo polvo en suspensión, productos de combustión y otras mezclas, no alteran la densidad del aire. No obstante, la repercusión de estas partículas sólidas aumenta cuando se producen fenómenos atmosféricos importantes, como precipitaciones, formaciones de niebla (Roth, 2003)

2.4.6. Viento

El viento consiste en el movimiento del aire desde un punto hasta otro, es el factor que determinará la dirección y velocidad de la niebla, el cual está directamente definido por la variación de temperatura y densidad, entre dos regiones de la tierra (Aguirre & Carral, 2009)

En estudios sobre eficiencia de recolección de niebla (Rajaram et al., 2016) indican que la presión del viento está directamente relacionada con la eficiencia de la captación de agua de niebla, pero otro lado puede causar graves daños en la estructura de los captadores de niebla.

El sentido en que el viento se desplaza va a definir el lado sotavento o barlovento del terreno. Barlovento es el lugar de donde viene el viento, terreno que recibe

directamente el viento, siendo generalmente el sector mas humedo. El lado Sotavento es el lugar por donde se va el viento Organización Mundial de Metereología (OMM, 1993).

En estudios realizados por (Schemenauer & Joe, 1989) sobre la medicion de la eficiencia de recoleccion de agua , se observo que a velocidades del viento de 2 a 8 ms-1 son del 75 al 95% eficientes en la colección de agua, a velocidades del viento mas bajas 1.9ms-1, las eficiencias de recoleccion cayeron a 26%. Este bajo valor resulta de una disminucion de la velocidad del viento a medida que la niebla se acerca a la malla.

2.4.6.1. Medicion del viento

El viento es una magnitud vectorial y para caracterizarlo hay que medir su dirección y su módulo (Zuñiga, 2010).

La medicion de velocidad horizontal del viento se realiza con: el instrume llamado anemometro de cazoletas, consiste en que el giro de las mismas es proporcional a la velocidad del viento. Su unidad de medida es el km/h ó el m/s.

Medida de la direccion: para ello se utiliza las veletas, que indican la procedencia geografica del viento. Hablamos de viento norte, noreste, suroeste, etc. en funcion de donde proviene éste.

2.4.7. Altitud

Por lo general, la altitud donde se colocan los colectores debe ser de 400m a 1000m sobre el nivel del mar. Sin embargo, se han completado proyectos en lugares continentales con altitudes máximas de 3800m. A altitud de 600 metros del nivel del mar es propicio para la instalación del atrapaniebla, si bien parece una distancia lejana, ésta condición es una ventaja, ya que permite distribuir el agua por simple gravedad (Amaya, 2014; Molina & Escobar, 2005).

2.4.8. Relieve

Los relieves o situaciones geográficas no inciden directamente en la formación de la Niebla, sino más bien en su dirección y desarrollo, ya que mediante los relieves montañosos, depresiones, océanos etc. genera los corredores por donde las masas de aire se desplazarán. Los relieves terrestres de mayor altura, cuentan con más capacidad de interceptar la nube; junto con eso a mayor altitud, se producen menores temperaturas, por lo que se crea mayor condensación en la masa cálida, generando mayor humedad perceptible en la niebla. Es por lo anterior que los relieves altitudes considerables son los puntos geográficos donde se presenta mayor cantidad y permanencia de la niebla, indistinto de las temporadas (Águirre de Cárcer & Carral, 2009).

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecucion

El proyecto se realizó en el “Cerro Verde” ubicado en el distrito de Lurigancho-Chosica provincia de Lima a 560 msnm, limitando al norte y este con la provincia de Huarochiro, al sur con los distritos de Chaclacayo y Ate, por el oeste con el distrito de San Juan de Lurigancho; ubicándose así, en la cuenca media del río Rímac, la Universidad Peruana Unión (Km 19.5 Carretera Central, Lima-Perú). Cuenta con un área total 490,170.54 m², dentro del campus universitario se cuenta con una estación meteorológica portátil, se registró una temperatura media anual de 18.4 °C; las temperaturas maxima y minima promedio anual 22 °C y 14°C; la precipitacion media anual 0.73mm. En la figura 22 se muestra el mapa politico del Perú y la ubicación del distrito de lurigancho chosica.

Esta zona se situa dentro de un entorno arido. Dada su relativa cercania a la franja costera y al pie de los contrafuertes andinos. El clima de esta zona del valle del rio Rimac esta fuertemente influenciado por la corriente peruana de aguas frias, el anticiclón del pacífico, los vientos alisios del suroeste y la presión atmosférica; la combinación de todos estos factores son los causantes de la aridez presentes en toda la costa centro occidental sudamericano. La topografía de las terrazas tiene ondulaciones y disecciones que afectan la superficie con pendiente maxima de 15° como rango dominante. Sus laderas alcanzan altitudes entre los 420 y 1040 m.s.n.m, y estan constituidas principalmente por rocas intrucivas del batolito de la costa emplazados con NO-SE. Además presentan topografía abrupta, los mismos que son disectadas por las quebradas con pendientes entre los 25° y mayores de 35° (Tavera, 2012).

En la figura 23 se muestra el mapa de ubicación de los prototipos de atrapaniebla dentro del campus universitario.



Figura 22. Mapa de ubicación del lugar de ejecución (2019)



Figura 23. Ubicación de los prototipos de atrapaniebla

3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación fue cuasi experimental según Hernandez, (2007) manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, sólo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos.

3.3. Diseño estadístico

Se eligió el estudio observacional ya que no existe intervención (Hernandez, 2007), en las variables intervinientes (meteorológicos). Pero si en las variables independientes (diseño del atrapaniebla, altura).

3.4. Identificación de variables

- **Variables independientes**

Diseño de los prototipos de atrapaniebla tridimensional (TR) y estándar (ES)

Tiempo (meses)

Altura (msm)

- **Variable interviniente**

Factores meteorológicos

- **Variables dependientes**

Volumen de agua recolectada

3.5. Análisis estadístico

Se realizó análisis de series de tiempo para los datos de la estación meteorológica con el programa curve expert Curve Expert. Así mismo se generaron gráficos y tablas estadísticas de correlación y regresión lineal. Para el análisis se empleó el programa IBM SPSS Statistics 23. (Hernandez, 2007).

3.6. Materiales e instrumentos

Tabla 1. Materiales empleados en la implementación de los sistemas de captación de niebla

Materiales	Unidad	Cantidad
Malla Raschel 50% de sombra	Metros	10
Tubo de 4 pulgadas	Metros	1
Tapa para tubos de PVC	Unid	2
Manguera de polietileno	Metros	8
Cañas de bambú 3m x 100mm	Metros	12
Bidón/envase colector de plástico de 20 L	Unid	2
Bandeja de plástico 1.55mx0.55m de 20 L	Unid	2
Codos de PVC de 2 pulgada	Unid	2
Alambre galvanizado y plastificado	Kg	5
Hilo de pescar/hilo nylon	Unid	2
Adaptador PVC ½ pulgada	Unid	2
Rafia	Unid	4
Tubo rígido de riego ¼ de pulgada	Metros	8
Alquiler de instrumentos	Unid	3
Barreta de fierro	Unid	1
Pegamento PVC lata ¼	Unid	1
Instrumentos		
Termo-hygrometro Modelo:303 Rango de medición de temperatura: -20 a 40°C Rango de medición de humedad: 10 – 95% de HR	GPS Marca: Garmin Canales: 12 Rutas:200 Memoria: 1.7 GB Puntos track: 10000pts Way Points: 2000	Anemómetro digital EXTECH (USA) Modelo: 45118 Rango de medición de velocidad: 0.5-28m/s Rango de temperatura: -18 a 50°C

Fuente: Elaboración propia (2019)

3.7. Procedimientos

Las etapas de realización de la investigación siguen los pasos que se muestran en la figura 24. Así mismo en el Anexo 1. Taba 10 se presenta a matriz de consistencia.

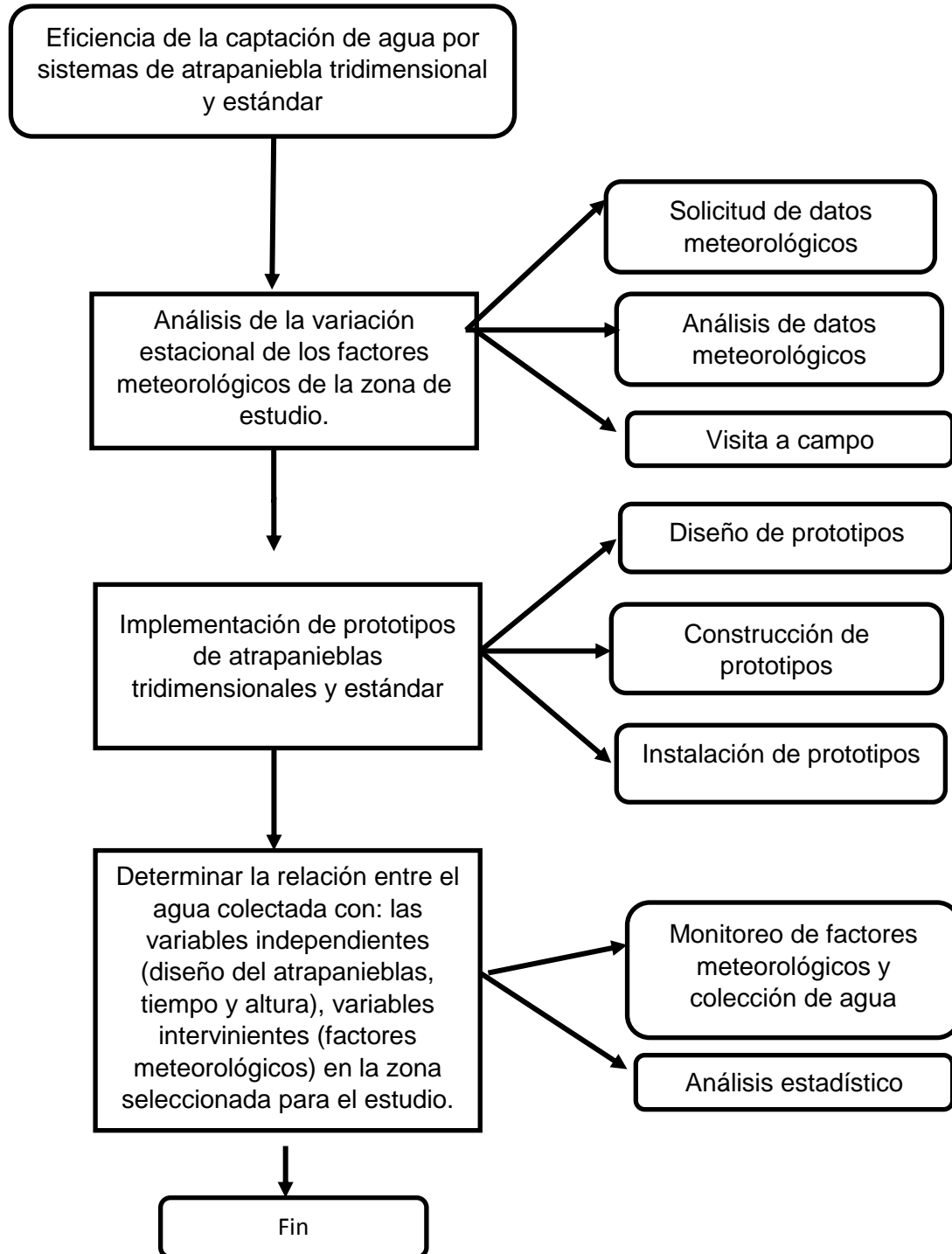


Figura 24. Flujograma de procedimiento del trabajo de investigación

3.7.1. Análisis de la variación estacional de factores meteorológicos de la zona de estudio.

Se solicitó datos de la estación climática del SENAMHI, con código 000543, tipo: convencional, latitud: 11°59'14.8", longitud: 76°50'31", Departamento: Lima. Provincia: Lima, Distrito de Lurigancho, Universidad Peruana Unión, los datos como: temperatura, velocidad y dirección del viento y humedad.

Con la información recabada se trabajó haciendo uso del análisis de series de tiempo, modelos de regresión y correlación entre las variables meteorológicas y su relación con la formación de niebla a fin de analizar el comportamiento de las variables meteorológicas con la colección de agua, además de generar gráficos y tablas estadísticas. Para lo cual se empleó el programa Curve Expert versión 1.3, programa para ajustar modelos matemáticos a un conjunto de datos.

Se realizó visitas de campo para determinar los puntos de muestreo. Además se utilizó diferentes herramientas geográficas como cartas topográficas, mapas de pendientes de lugar para establecer puntos tentativos. Para mayor confiabilidad de la información se utilizará el mapa de circulación de vientos de la empresa ESRI el cual se visualiza en la página web: <https://esri.github.io/wind-js/>.

Mediante el uso de navegador GPS se determinara la altura y las coordenadas geográficas de cada punto.

3.7.2. Implementación de prototipos de atrapaniebla tridimensional (TR) y estándar (ES).

Se implementó dos prototipos de atrapaniebla tridimensional y dos estándar a una altitud de: 610 y 625 msnm, que sirvieron como indicadores de producción de agua, para lo cual se consideró los criterios descritos por (Cruzat, 2004).

3.7.2.1. *Diseño de prototipos de atrapaniebla*

Para el diseño del prototipo se optó por emplear el programa Microsoft Paint, con el que se diseñó el atrapaniebla tridimensional de forma prisma rectangular (3 m^2) y del estándar de forma cuadrada (1 m^2). Las medidas se observan en la figura 25, 26 y 27. La función del diseño considera el potencial de agua que suministra el atrapaniebla y permita usar un mínimo espacio, no requiere complicadas obras de instalación ni elementos de sujeción auxiliares, alta estabilidad y resistencia, reducción del impacto visual, minimiza las pérdidas de agua fuera de la estructura por acción del viento.

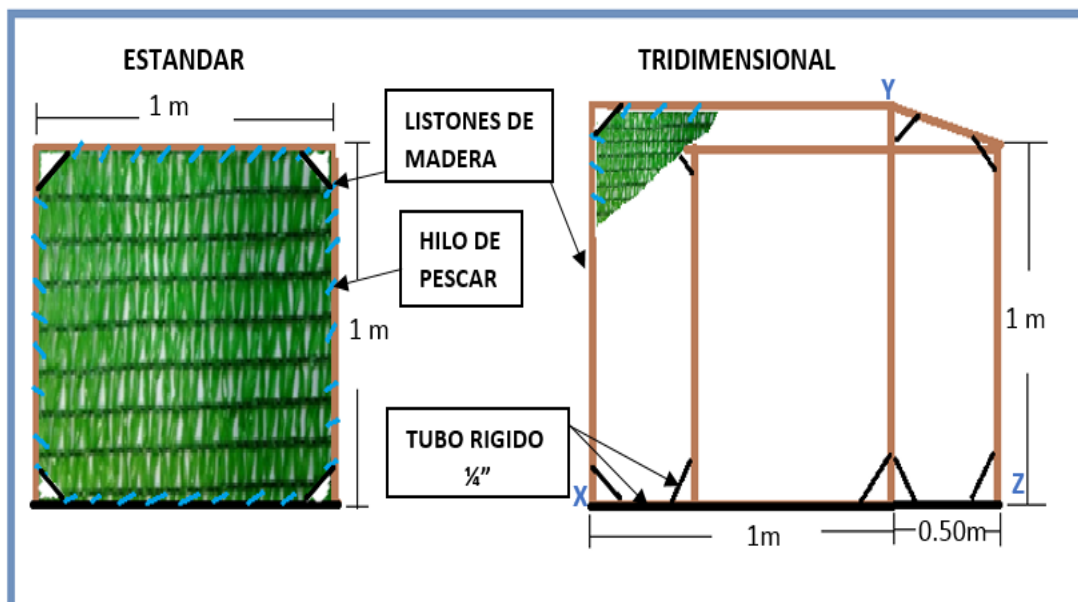


Figura 25. Paneles de atrapaniebla

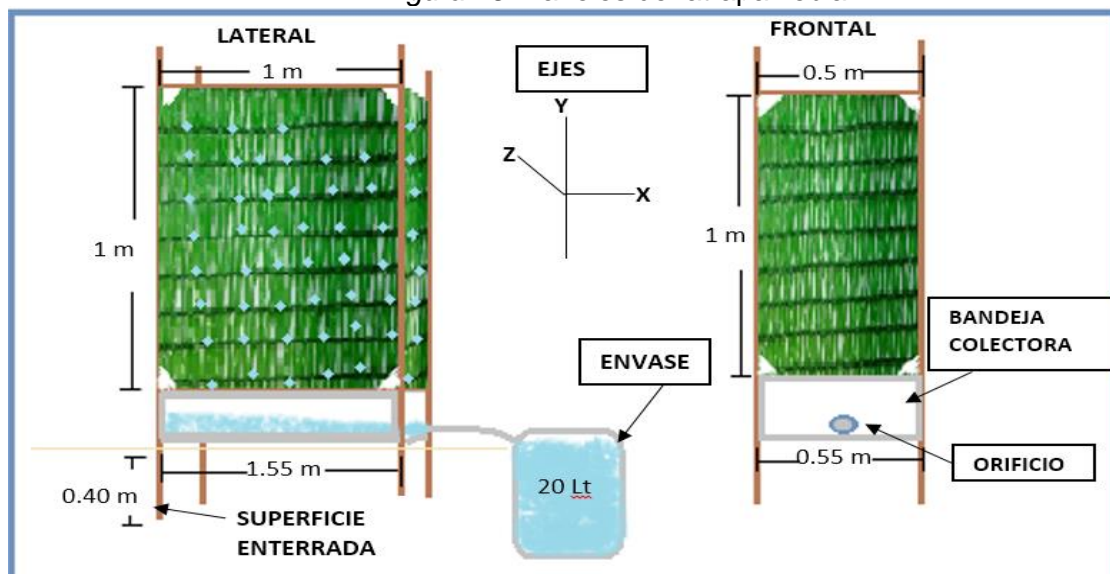


Figura 26. Diseño del sistema de prototipos tridimensional y estándar

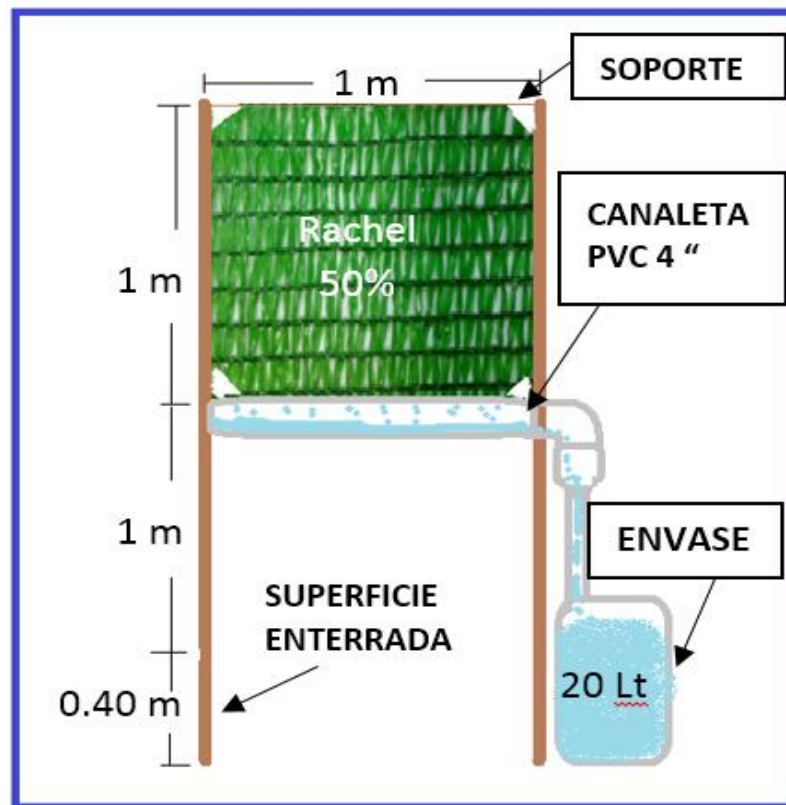


Figura 27. Diseño del prototipo estándar

3.7.2.2. Construcción de prototipos de atrapaniebla

3.7.2.2.1. Prototipo tridimensional

Cada panel de atrapaniebla se hizo de 3m^2 , sus dimensiones fueron (Y:1m; X:1m ; Z: 0.50m) ver figura 28, la malla se tensó a los listones de madera y al tubo rígido con el hilo de pescar. El material de la malla empleado fue de raschel con coeficiente de sombra de orden 50 %. Cabe mencionar que este material ha sido utilizado con anterioridad en los trabajos de Rivera (2011), con buenos resultados de operación por tener mayor eficiencia según el modelo teórico y por ser económico. En este trabajo se procedió a realizar un estudio mas completo del sistema de captacion tridimensional con el objetivo de poder determinar la eficiencia de colección de agua.

Para la construcción de cada uno de los prototipos se usaron 4 postes de bambú de 3 m, que sirvió de soporte del panel, en la parte inferior se puso bandejas de plástico para evitar pérdida de agua, así mismo se hizo un orificio en la cada bandeja para conectar la manguera con el envase de 20 litros.

3.7.2.2.2. Prototipo estándar

Para la captación de niebla se consideró, instalación de 2 paneles de atrapanieblas de 1m x 1m c/u como se muestra en la figura 28, los cuales estuvieron constituidos por 2 postes de bambú.

Para fines de elaboración del panel, se empleó la malla Raschel de 50 % de sombra, colocadas en una capa, tensadas con el hilo de pescar a los listones de madera y al tubo rígido. Los listones de madera se consiguieron de una carpintería, los postes de bambú postes de bambú fueron de 3m. Para la canaleta de recolección de agua se usaron tubos de PVC de 4", los que se cortaron por la mitad, en un lado de la canaleta se adaptó se puso tapa de PVC de 4" con el fin de evitar derrames en el extremo, y en el otro extremo un codo de PVC unido a un embudo de botella y manguera con diámetro de 3/4" conectada al envase de 20 litros.

Para mantener estable los paneles se clavaron pequeños listones de madera en todo en los cuatro ángulos.



Figura 28. Construcción de panel tridimensional y estándar

3.7.2.3. *Instalación de los prototipos de atrapaniebla*

Previo a la instalación de los prototipos de atrapanieblas se realizó una caminata en campo con el fin de identificar el terreno adecuado: pendiente (25%), libre de obstáculos, formación de niebla, dirección de viento. En la figura 29, se puede observar el inicio de la limpieza del terreno para instalar los atrapanieblas.



Figura 29. Limpieza de área previa instalación de los atrapanieblas

Se escogió la altitud de 610 a 625 msnm, en dicho tramo se señalaron los puntos donde irán colocados los prototipos. Posteriormente se hizo la limpieza del área con apoyo de una pala en seguida se hicieron hoyos de 40cm de profundidad para colocar los postes de bambú, una vez afirmados los postes se hizo el montaje de: paneles sujetos a los postes de bambú con rafia, canaletas, y contenedor de agua.

Para el caso de los panel tridimensionales (1m X 1m X 0.5m) en alturas de 610 y 625 se hicieron 4 excavaciones de 40cm y nivelación de terreno para colocar los postes de bambú, seguidamente se hizo el montaje del panel. En el terreno nivelado y a ras del suelo se colocó las bandejas de plástico. Para ambos casos los contenedores de agua se colocaron en la pendiente del terreno con la finalidad que el almacenamiento del agua sea por gravedad. Ver figura 30.



Figura 30. Instalación de los atrapanieblas

3.7.3. Determinación de la relación entre el agua colectada con: las variables independientes (diseño del atrapanieblas, tiempo y altura), variables intervinientes (factores meteorológicos) en la zona seleccionada para el estudio.

3.7.3.1. Monitoreo de los factores meteorológicos y colección de agua

En esta etapa se realizó el seguimiento de las variables, registrándose la colección del agua y los factores meteorológicos durante el periodo de 5 meses, con los siguientes instrumentos:

El Higrómetro digital de serie 445703, se empleó para saber el porcentaje de Humedad Relativa (HR) del aire y temperatura en °C en la zona de estudio, los resultados de la (HR) se expresan entre 0 a 100%. Esta cantidad representa el porcentaje de cantidad de vapor de agua presente en el aire. Ver figura 31.



Figura 31. Registro de temperatura y humedad relativa con instrumento Higrómetro digital (serie 445703).

El Anemómetro digital ver figura 32, se empleó para la medición de la velocidad del viento en intervalos de 10 a 15min.



Figura 32. Medición de velocidad de viento con anemómetro digital (Modelo: 45118).

El periodo de la toma de muestras fue diario. El registro se realizó aproximadamente a las 7 de la mañana, debido a las características de la niebla por las condiciones de campo, propuse registrar la colecta de agua durante eventos de niebla completa. Durante el día la niebla, y la radiación solar provocaba la evaporación del agua de los recipientes de almacenamiento. Los criterios empleados fueron según Fog Quest y los estudios por (Ebner, Miranda, & Roth-Nebelsick, 2011).

A continuación se mencionan los aspectos que se tomaron en cuenta para llenar la plantilla de información (ver tabla 2):

Tabla 2. Información básica de la localización del proyecto

N° de area	Elevacion	Localización	Orientación	Nombre del observador
1	610	“Cerro verde”	SNW	Matias
2	625	“Cerro verde”	SNW	Matias

En el (anexo 1), se presenta el registro de colecta de agua de acuerdo al manual de FogQuest: Sustainable Water Solutions(2005). Asi mismo en la figura 33 se muestra una imagen de almacenamiento.



Figura 33. Colección de agua de niebla

Para la velocidad del viento se observó la Escala de Beaufort. Con respecto a la dirección del viento se usó los datos de la estación climática del SENAMHI, las direcciones son:

- N/NE Nornordeste
- E/SE Estesudeste
- S/SW Sursudoeste
- W/NW Oestenoeste

Con la información obtenida de colección de agua se realizó el análisis estadístico como señala en el paso 3.5.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de la variación estacional de variables meteorológicos en la zona seleccionada para el estudio.

La temperatura promedio anual del departamento de lima es de 14°C durante el invierno y de 25°C durante el verano (SENAMHI, 2004). Para el caso proyecto se evaluaron estadísticamente los registros históricos de la información climatológica correspondientes del periodo 2014 – 2017, y se analizaron los datos de temperatura del aire y humedad relativa a fin de determinar la temporada de mayor formación de niebla. Dichos datos se observan en las Tablas 3 y 4.

La temperatura atmosférica promedio en el periodo 2014 – 2017 varió de 14.4°C (agosto de 2014) a 24.5°C (febrero 2017). Los mayores registros de temperatura acontecen principalmente en periodo de octubre a abril de cada año, y los menores registros de mayo a setiembre (Tabla 3 y figura 34).

La humedad relativa promedio mensual en el periodo de estudio (2014-2017), varió de 85.5% (enero 2017) a 89.9% (julio 2014). Los mayores registro de humedad se registraron de mayo a setiembre (valores >87%), y los menores se registraron de octubre a abril (valores < 87%) (Tabla 4 y figura 34).

En la Figura 34, mediante el método de series de tiempo, se representa gráficamente la variación estacional de la temperatura (°C) y humedad relativa (%) del periodo 2014 - 2017, donde podemos observar que las variables no se mantienen constantes en el tiempo, sino que sigue una tendencia de tipo sinusoidal. En los meses de mayo a setiembre, conforme desciende la temperatura, aumenta de humedad relativa, la cual condiciona la formación de niebla (SENAMHI, 2004). El SENAMHI menciona que la formación de niebla se da por el anticiclón del pacifico sur, cuando los vientos fríos del sur a niveles bajos

interactúan con vientos del norte de niveles medios y húmedos. Esta interacción genera las nieblas. La humedad que existe se condensa y forma la niebla. También se forma cuando la superficie terrestre pierde energía, es decir, cuando se enfría en la noche y madrugada, y es cuando se da la interacción de masas de diferentes de diferentes característicos.

(Pinche Laure, 1996) menciona que el flujo del aire del anticiclón del pacifico sur que se desliza sobre aguas cada vez más frías a medida que se acerca a la costa , se enfría y en consecuencia, la humedad relativa aumenta, creando las condiciones propicias para la formación de nubosidad estratiforme y nieblas típicas a lo largo de la costa.

Por otro lado en los meses de octubre a abril podemos observar que las variables de temperatura (T°) y humedad relativa (%) no se mantienen constantes en el tiempo, siguiendo una tendencia de tipo sinusoidal. En estos meses, conforme aumenta la temperatura, desciende la humedad. Según Gilford (1992) citado por (Anchayhua, 2001) menciona que durante estos meses, ocurre nieblas por radiación frecuentemente entre las 23 y 08 horas, a lo largo de las cordilleras occidentales de los andes centrales de américa del sur. Según Shaffer (2003) los casos más frecuentes de niebla, ocurren como resultado del enfriamiento del aire en contacto con la superficie terrestre. Tal enfriamiento puede ser debido: (1) pérdida de calor del suelo por la radiación terrestre de onda larga debido a cielo despejado,(2) pérdida de calor por aire caliente que circula sobre superficie fría, y (3) expansión adiabática del aire que circula sobre una pendiente de terreno hacia una elevación superior. Las nieblas de radiación son altamente sensitivas a la turbulencia. Las nieblas advectivas por otro lado pueden resistir fuertes turbulencias si el grado de enfriamiento es relativamente alto.

Tabla 3. *Parámetros estadísticos relacionados a la temperatura atmosférica del periodo 2014-2017*

Mes/año	N°días	MIN	MAX	Prom.Observ. T (°C)	DE
ene-14	31	19.8	22.7	21.4	0.8
feb-14	28	21.8	23.0	22.4	0.3
mar-14	31	21.0	22.6	21.6	0.4
abr-14	30	20.2	21.6	20.8	0.4
may-14	31	18.9	20.3	19.6	0.4
jun-14	30	16.2	18.8	17.8	0.7
jul-14	31	14.0	16.7	15.6	0.8
ago-14	31	13.3	15.8	14.4	0.6
sep-14	30	14.2	17.7	15.7	0.9
oct-14	31	16.9	19.2	18.1	0.6
nov-14	30	16.7	19.9	18.5	0.7
dic-14	31	18.5	20.3	19.7	0.5
ene-15	31	19.8	22.2	21.0	0.7
feb-15	28	20.9	23.6	22.1	0.7
mar-15	31	21.2	23.2	22.1	0.4
abr-15	30	20.4	22.3	21.5	0.5
may-15	31	17.9	20.9	19.9	0.7
jun-15	30	16.2	19.8	18.0	1.0
jul-15	31	13.7	17.1	15.3	0.9
ago-15	31	14.3	17.5	16.1	0.9
sep-15	30	15.6	19.7	18.0	1.1
oct-15	31	17.6	20.2	19.3	0.7
nov-15	30	16.5	20.3	18.9	0.9
dic-15	31	18.3	21.4	20.2	0.7
ene-16	30	20.8	22.7	21.7	0.5
feb-16	29	21.4	23.1	22.5	0.4
mar-16	31	21.5	23.1	22.2	0.3
abr-16	30	20.4	22.2	21.4	0.5
may-16	28	17.1	21.3	19.6	1.1
jun-16	30	13.6	18.4	15.8	1.7
jul-16	31	13.7	17.1	15.3	0.9
ago-16	31	14.3	17.5	16.1	0.9
sep-16	30	15.6	19.7	18.0	1.1
oct-16	31	17.6	20.2	19.3	0.7
nov-16	30	18.2	20.9	19.8	0.7
dic-16	31	20.0	21.9	21.1	0.4
ene-17	31	20.9	24.5	22.3	1.0
feb-17	28	23.9	25.7	24.5	0.4
mar-17	31	21.7	24.5	23.4	0.7
abr-17	30	21.1	23.2	22.2	0.6
may-17	31	19.6	21.4	20.5	0.6
jun-17	30	17.8	20.0	18.9	0.5
jul-17	31	15.6	19.2	17.5	0.9
ago-17	31	14.4	16.8	15.7	0.7
sep-17	30	14.2	18.0	15.9	1.3
oct-17	31	17.1	19.5	18.6	0.7
nov-17	30	17.3	20.1	18.8	0.7
dic-17	31	18.0	21.5	20.2	0.8

Tabla 4. Parámetros estadísticos relacionados a la humedad relativa (HR) atmosférica del periodo 2014-2017

Mes/año	N° días	Mín.	Máx.	HR (%)	DE
ene-14	31	82.7	89.0	85.8	1.4
feb-14	28	83.3	87.7	85.4	1.2
mar-14	31	84.3	89.7	87.2	1.2
abr-14	30	84.0	89.0	86.3	1.1
may-14	31	83.7	89.7	86.3	1.5
jun-14	30	85.0	91.0	87.8	1.5
jul-14	31	87.3	93.0	89.9	1.1
ago-14	31	84.3	91.0	88.4	1.6
sep-14	30	82.3	90.7	87.5	2.1
oct-14	31	84.0	88.3	86.2	1.3
nov-14	30	84.3	91.3	87.1	1.7
dic-14	31	84.7	89.7	87.1	1.2
ene-15	31	83.7	89.3	86.0	1.3
feb-15	28	84.0	88.0	85.8	1.1
mar-15	31	84.7	93.7	86.4	1.6
abr-15	30	84.7	95.7	86.8	1.9
may-15	31	84.0	89.7	86.7	1.4
jun-15	30	84.7	99.3	88.4	2.5
jul-15	31	86.3	92.3	88.7	1.6
ago-15	31	85.7	90.7	88.2	1.3
sep-15	30	84.3	90.7	86.6	1.3
oct-15	31	85.7	91.3	87.3	1.4
nov-15	30	83.0	91.3	87.8	1.9
dic-15	31	85.3	89.7	87.1	1.2
ene-16	31	84.0	89.0	86.2	1.2
feb-16	29	84.7	88.0	86.0	0.7
mar-16	31	83.3	88.7	86.8	1.1
abr-16	30	84.7	89.0	87.0	1.0
may-16	31	85.0	100.0	88.9	3.7
jun-16	30	83.7	90.3	88.5	1.5
jul-16	31	86.3	92.3	88.7	1.6
ago-16	31	85.7	90.7	88.2	1.3
sep-16	30	84.3	90.7	86.6	1.3
oct-16	31	85.7	91.3	87.3	1.4
nov-16	30	84.3	89.0	86.4	1.3
dic-16	31	84.7	89.0	86.4	1.0
ene-17	31	81.0	87.7	85.5	1.2
feb-17	28	84.3	88.0	86.0	0.9
mar-17	31	84.0	94.3	87.2	1.6
abr-17	30	84.0	89.3	86.9	1.2
may-17	31	85.0	89.7	87.6	1.0
jun-17	30	85.0	91.6	87.8	1.4
jul-17	31	86.0	91.7	88.0	1.3
ago-17	31	83.0	92.0	89.6	1.7
sep-17	30	85.7	91.7	89.0	1.5
oct-17	31	85.0	89.7	87.0	1.2
nov-17	30	85.0	91.7	87.3	1.5
dic-17	31	83.3	89.7	86.1	1.3

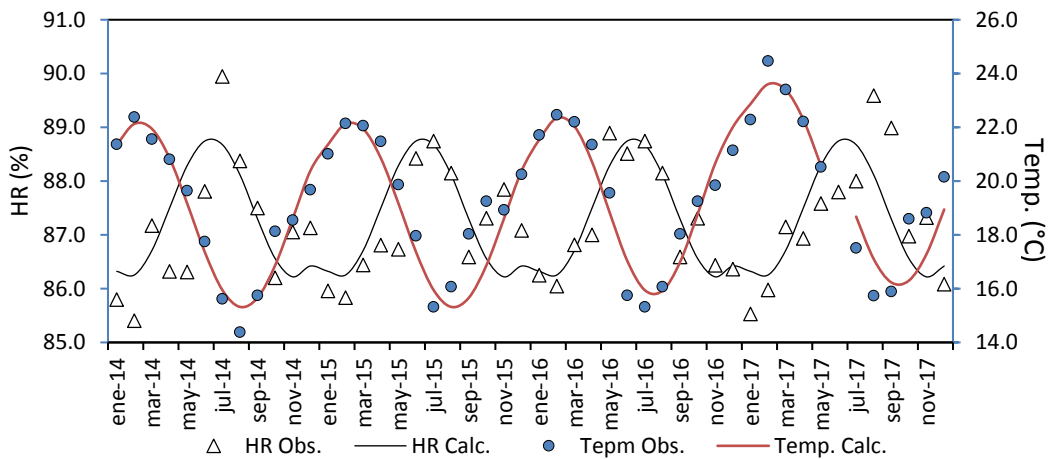


Figura 34. Análisis de la variación mensual de humedad relativa (%) y temperatura atmosférica (°C) del periodo 2014-2017.

En la figura 35, se efectuó el análisis de regresión lineal y correlación de Pearson entre la temperatura y la humedad relativa. Mientras disminuye la temperatura aumenta la humedad relativa. El coeficiente de correlación es 0.59 es decir la relación es significativa, en tal sentido las variables intervinientes (temperatura y humedad relativa) influyen sobre los niveles de agua colectada, ya que la niebla se forma a través del enfriamiento del aire por debajo del punto de rocío. En principio la temperatura dada por el aire puede contener solo una cantidad solo una cantidad de vapor de agua, esto aumenta a medida que aumenta la temperatura del aire y viceversa. (Fessehaye et al., 2014)

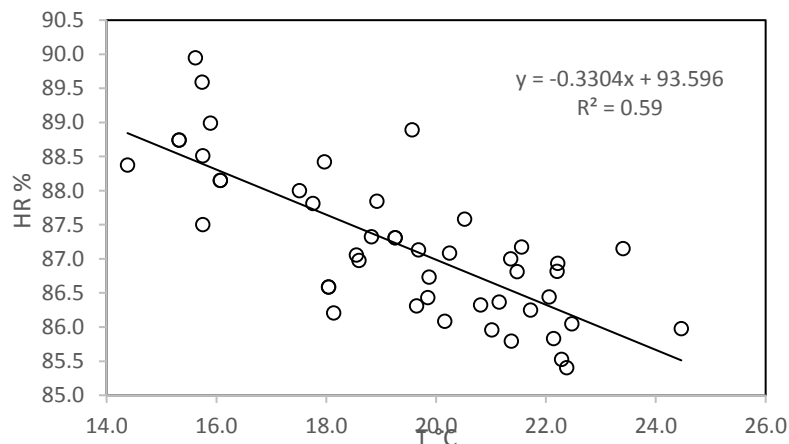


Figura 35. Correlación de temperatura y humedad relativa en el periodo de 2014-2017.

4.2. Resultados de colectada de agua con: las variables independientes (diseño del atrapanieblas, tiempo y altura), variables intervinientes (factores meteorológicos).

En este estudio se comprobó que los atrapanieblas cosecharon importantes cantidades de agua durante los meses de invierno (mayo a setiembre) ver tabla 5 y 6. La cosecha de agua durante la temporada húmeda demuestra la efectividad de la captura de niebla en un ambiente semiárido. Con estas condiciones se observaron formaciones de líquenes, y crecimiento de formaciones vegetales como la bromeliácea *tillandsia latifolia*. Ver (anexo 2). Los sistemas de atrapanieblas, además de condensar y almacenar el agua proveniente de la niebla, también almacenaron el agua de las precipitaciones.

4.2.1. Resultados de la colecta de agua por el atrapaniebla tridimensional y estándar a una altura de 610 msnm.

En la Tabla 5, y figura 36, se representa los valores de rendimiento, como la variación temporal (meses) de colección de agua de niebla a una altura de 610 msnm, el atrapaniebla tridimensional captó un promedio mínimo de 10.7 L/d en mayo y un promedio máximo de 17.2 L/d en Julio, siendo el mes más productivo. El promedio general en el periodo (mayo a setiembre) fue de 14.5 L/d.

En la Tabla 5, y figura 37 se representa los valores de rendimiento, como la variación temporal de colección de agua de niebla a una altura de 610 msnm, el atrapaniebla estándar captó un promedio mínimo de 3.3. L/m²/d en mayo y un promedio máximo de 6.3 L/m²/d en Julio, siendo el mes más productivo. El promedio general en el periodo (mayo a setiembre) fue de 4.9 L/m²/d.

Con respecto a los diseños de atrapanieblas es evidente que el atrapaniebla de diseño tridimensional (3m²) colectó mayores niveles de agua de niebla, respecto al diseño de tipo estándar o convencional (1m²). Como indica el diagrama de cajas en la figura 38, Se

puede ver que en términos de eficiencia el diseño tridimensional tiene mejores niveles de agua.

Así mismo se muestra la relación entre variables intervinientes (factores meteorológicos) y los niveles de captación de agua. Ya que la captación de agua de niebla se produjo en su mayor parte bajo condiciones de temperatura estables de 11.8 °C en julio y 13.0 °C en agosto. Con un viento predominante de velocidad 2 m/s a 5 metros por segundo, y humedad relativa de 89.7% a 96.2%. Por otro lado la captación de agua de niebla fue menor bajo condiciones de temperatura mayores a 15 °C en mayo, y mayores a 13.9 °C en junio, siendo estos meses etapas de transición de verano a invierno, este periodo muestra varios cambios en los patrones atmosféricos (Petterssen, 2007). Para ambos casos de diseños de atrapanieblas los resultados muestran variaciones temporales dando lugar, que en el mes de julio se obtengan mayores niveles de agua captada a diferencia del mes de mayo que estuvo afectado por bajas frecuencias de ocurrencia de niebla y como consecuencia menores niveles de agua, sin embargo sus valores nunca llegan a ser cero.

Los valores obtenidos son válidos para los niveles de colecta de agua y el periodo de estudio (mayo a septiembre) en que los prototipos de atrapanieblas fueron ubicados, esto significa que los resultados no necesariamente representan los valores potenciales de captación de agua de niebla en las laderas estudiadas. De acuerdo a los resultados (Osses, Schemenauer, Cereceda, Larrain, y Correa, 2000), las áreas de mayor captación se encuentran en la cima de las elevaciones comprendidas entre 600 y 1200m. y exposición suroeste (Mejia, 1986)

Definidas las condiciones climáticas que prevalecen en laderas/lomas, los materiales que se emplean en gran escala para obras de captación de agua de niebla deben soportar una alta humedad, una elevada salinidad atmosférica (por cercanía a litoral costero) y una moderada velocidad del viento.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de la captación de agua y datos meteorológicos.

Colección de agua						
	Meses	Cuenta	Min	Max	Prom (L/d)	DS
Diseño Tridimensional	May	11	10.1	11.3	10.7	0.5
	Jun	11	11.4	16.3	13.9	1.7
	Jul	11	16.8	17.6	17.2	0.5
	Ago	11	16.3	17.5	16.9	0.7
	sep	11	13.2	14.9	14.1	0.7
Diseño Estándar	May	11	3	3.5	3.3	0.2
	Jun	11	3.5	5.2	4.4	0.5
	Jul	11	6	6.6	6.3	0.2
	Ago	11	5.6	6.8	6.2	0.4
	Sep	11	3.1	5.6	4.4	0.9
Datos meteorológicos						
	Meses	Cuenta	Min	Max	Prom	DS
temperatura atmosférica (°C)	May	11	13.4	16	15.0	0.7
	Jun	11	13	16	13.9	0.8
	Jul	11	11	14	11.8	1.1
	Ago	11	10	14	13.0	1.5
	Sep	11	12	14	13.1	0.5
Humedad Relativa (%)	May	11	84	86	85.7	0.6
	Jun	11	84	94	89.7	2.9
	Jul	11	91	98	96.2	2.2
	Ago	11	93	98	94.5	1.8
	Sep	11	93	95	93.9	0.7
Velocidad del Viento (m/s)	May	11	1.6	2	0.1	20.5
	Jun	11	2.4	3.5	0.4	30.7
	Jul	11	2.9	4.8	0.5	47.1
	Ago	11	3	4.3	0.4	38.1
	Sep	11	3	3.5	0.2	35.6

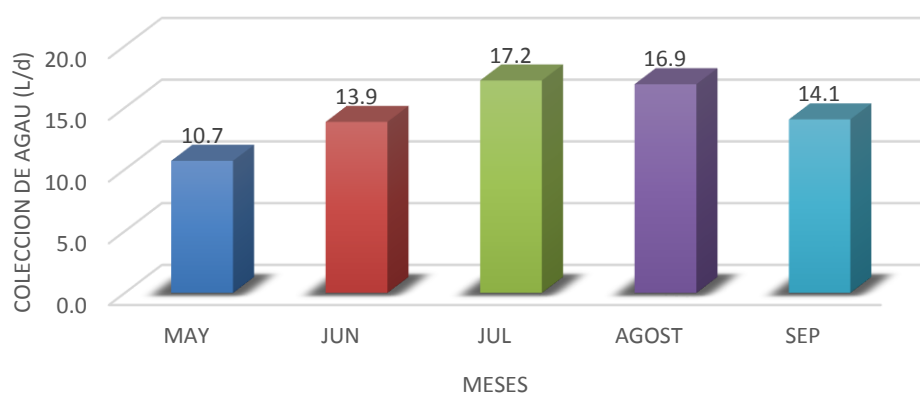


Figura 36. Captación promedio de agua (L/d) en forma mensual con el atrapaniebla tridimensional

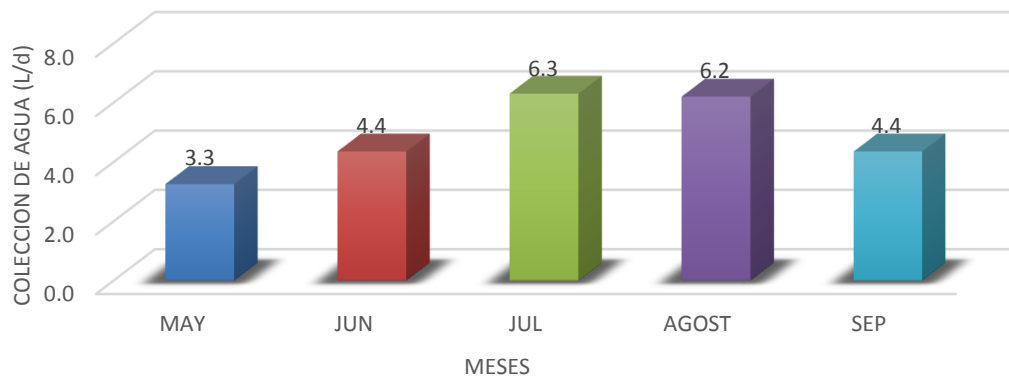


Figura 37. Captación promedio de agua (L/d) en forma mensual con el atrapaniebla estándar

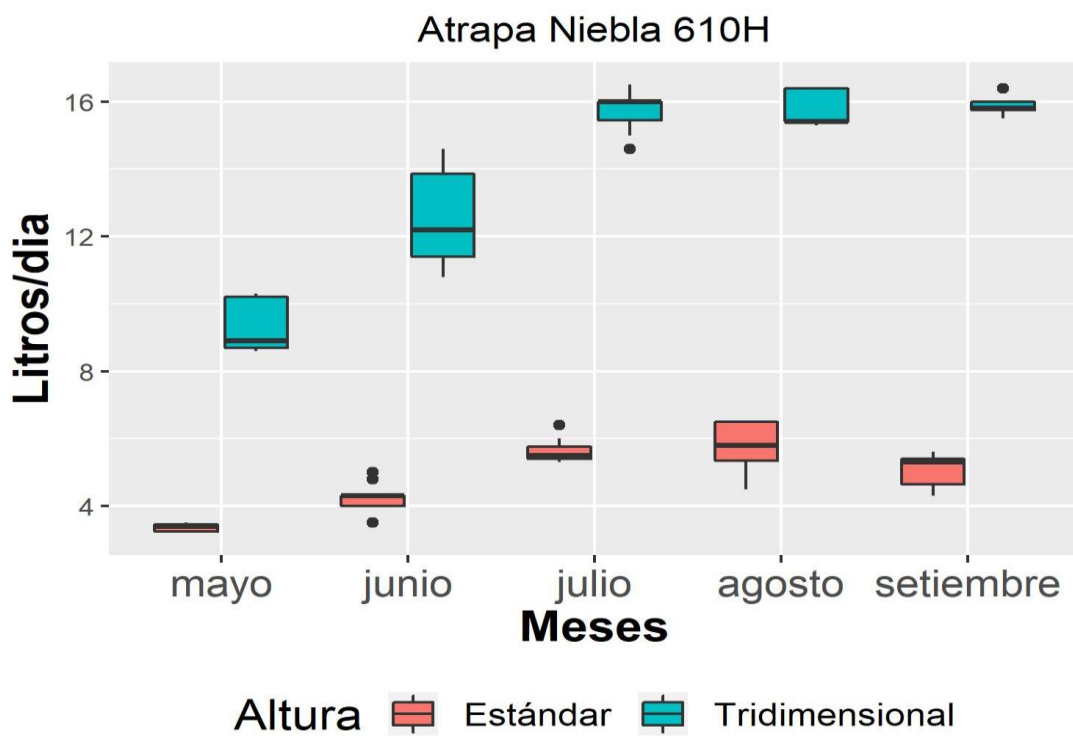


Figura 38. Gráfico de cajas que resume la comparación de captación de agua (L/d) en los diferentes periodos de meses a una altura de 610 msnm.

4.2.2. Resultados de la colecta de agua por el atrapaniebla tridimensional y estándar a una altura de 625 msnm.

En la Tabla 6, y figura 39, se representa los valores de rendimiento, como la variación temporal (meses) de colección de agua de niebla a una altura de 610 msnm, el atrapaniebla tridimensional captó un promedio mínimo de 10.8 L/d en mayo y un promedio máximo de 18.2 L/d en Julio, siendo el mes más productivo. El promedio general en el periodo (mayo a septiembre fue de 15.5 L/d.

En la Tabla 6, y figura 40 se representa los valores de rendimiento, como la variación temporal de colección de agua de niebla a una altura de 610 msnm, el atrapaniebla estándar captó un promedio mínimo de 4.2 L/m²/d en mayo y un promedio máximo de 6.7 L/m²/d en Julio, siendo el mes más productivo. El promedio general en el periodo (mayo a septiembre fue de 5.5 L/m²/d.

Con respecto a los diseños de atrapanieblas es evidente que el atrapaniebla de diseño tridimensional (3m²) colectó mayores niveles de agua de niebla, respecto al diseño de tipo estándar o convencional (1m²). Como indica el diagrama de cajas en la figura 41, Se puede ver que en términos de eficiencia el diseño tridimensional tiene mejores niveles de agua.

Así mismo se muestra la relación entre variables intervinientes (factores meteorológicos) y los niveles de captación de agua. Ya que la captación de agua de niebla se produjo en su mayor parte bajo condiciones de temperatura estables de 11.3 °C en julio y 12.7 °C en agosto. Con un viento predominante de velocidad 2.8 m/s a 4.5 metros por segundo, y humedad relativa de 90.2% a 97.2%. Por otro lado la captación de agua de niebla fue menor bajo condiciones de temperatura mayores a 13.9 °C en mayo, y mayores a 13.2 °C en junio, siendo estos meses etapas de transición de verano a invierno, este periodo muestra varios cambios en los patrones atmosféricos (Petterssen, 2007). Para ambos casos de diseños de atrapanieblas los resultados muestran variaciones temporales

dando lugar, que en el mes de julio se obtengan mayores niveles de agua captada a diferencia del mes de mayo que estuvo afectado por bajas frecuencias de ocurrencia de niebla y como consecuencia menores niveles de agua, sin embargo sus valores nunca llegan a ser cero.

Los valores obtenidos son válidos para los niveles de colecta de agua y el periodo de estudio (mayo a septiembre) en que los prototipos de atrapanieblas fueron ubicados, esto significa que los resultados no necesariamente representan los valores potenciales de captación de agua de niebla en las laderas estudiadas. De acuerdo a los resultados (Osses, Schemenauer, Cereceda, Larrain, y Correa, 2000), las áreas de mayor captación se encuentran en la cima de las elevaciones comprendidas entre 600 y 1200m. y exposición suroeste (Mejia, 1986)

Definidas las condiciones climáticas que prevalecen en laderes/lomas, los materiales que se emplean en gran escala para obras de captación de agua de niebla deben soportar una alta humedad, una elevada salinidad atmosférica (por cercanía a litoral costero) y una moderada velocidad del viento.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos de la captación de agua y de los parámetros ambientales.

Colección de agua						
	Mes	Cuenta	Min	Max	Prom (Lm ² /d)	DS
Diseño Tridimensional	May	11	9.8	11.8	10.8	0.6
	Jun	11	11.6	17.5	14.6	1.8
	Jul	11	17.8	18.6	18.2	0.2
	Ago	11	17.2	18.5	17.9	0.5
	Sep	11	15.2	17.1	16.2	0.6
Diseño estándar	May	11	4	4.4	4.2	0.1
	Jun	11	4.2	6.5	5.4	1.0
	Jul	11	6.1	7.3	6.7	0.3
	Ago	11	5.9	7.1	6.5	0.3
	Sep	11	4.1	5.8	5.0	0.6
Datos meteorológicos						
Parámetro	Mes	cuenta	Mín	Máx	Prom	DS
Temperatura atmosférica (°C)	May	11	13.3	14	13.9	0.2
	Jun	11	13	15	13.2	0.6
	Jul	11	10	13	11.3	1.3
	Ago	11	10	14	12.7	1.4
	Sep	11	12	14	12.9	0.5
Humedad relativa (%)	May	11	86	89	87.1	0.9
	Jun	11	86	94	90.2	2.8
	Jul	11	92	99	97.2	2.2
	Ago	11	94	97	95.5	1.0
	Sep	11	90	94	92.2	2.1
Velocidad del Viento (m/s)	May	11	1.7	2.1	2.0	0.2
	Jun	11	2.5	3.5	2.8	0.4
	Jul	11	4.2	4.7	4.5	0.2
	Ago	11	3.1	4.4	3.7	0.5
	Sep	11	3.2	3.8	3.5	0.2

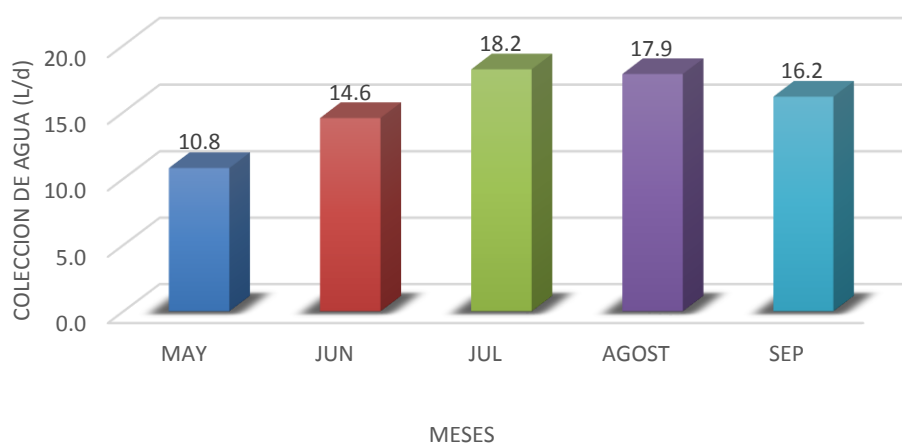


Figura 39. Captación promedio de agua (L/d) en forma mensual con el atrapaniebla tridimensional

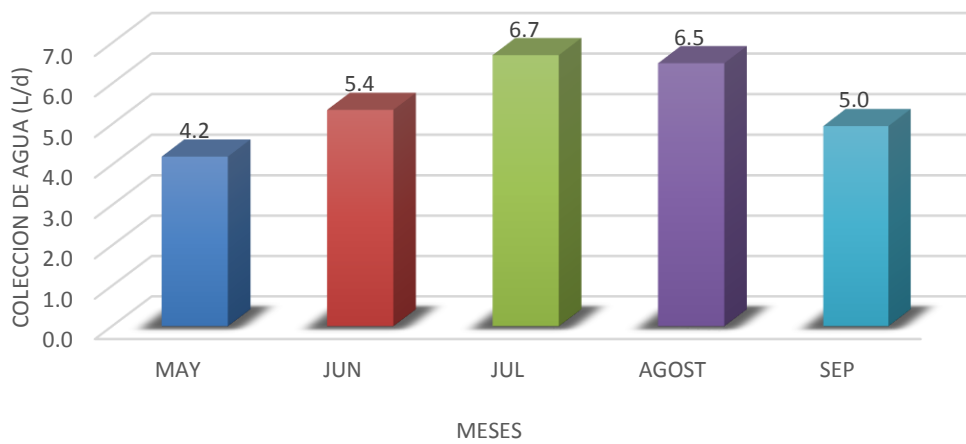


Figura 40. Captación promedio de agua (L/d) en forma mensual con el atrapaniebla estándar

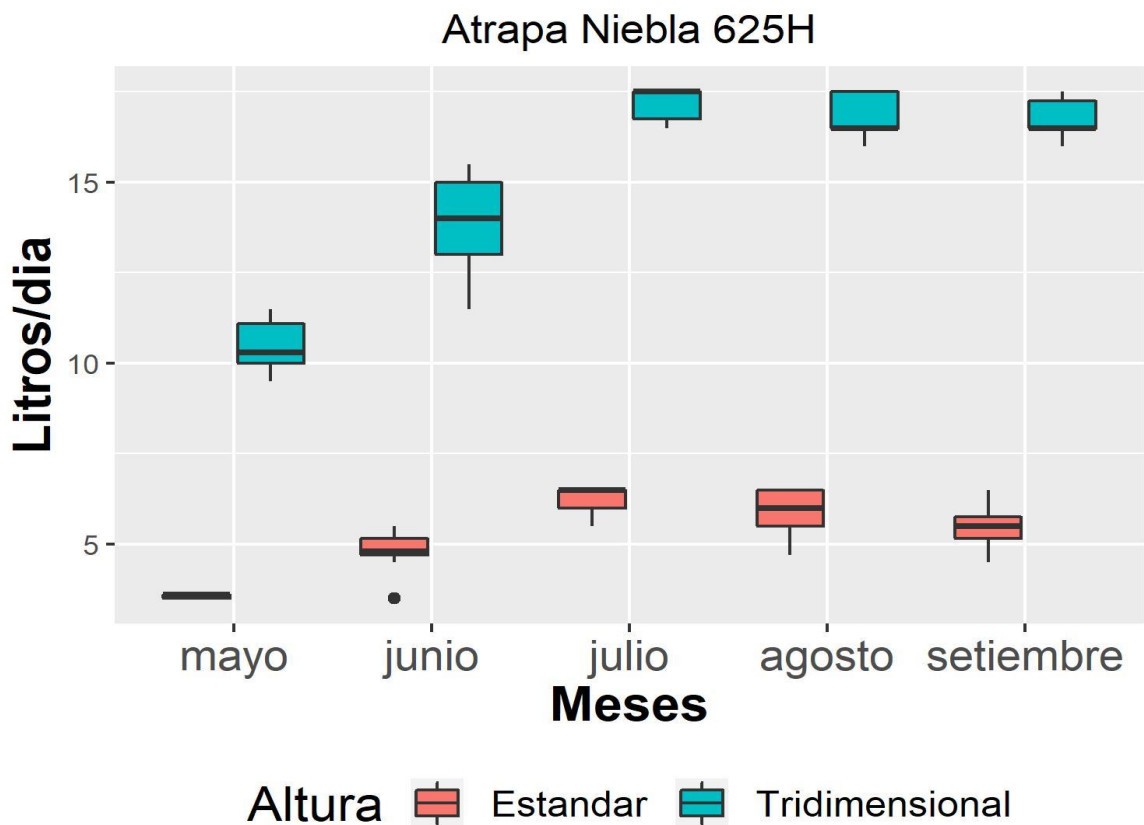


Figura 41. Gráfico de cajas que resume la comparación de captación de agua (L/d) en los diferentes periodos de meses a una altura de 625 msnm.

4.2.3. Resultados del potencial de colección de agua por los sistemas de atrapanieblas en relación a la variable independiente (altura).

Con respecto a la altitud, el atrapaniebla tridimensional localizado a 625 msnm registro mayores niveles de captación de agua ver figura 42. La diferencia en promedio es mínima como indica el mes de mayo con 0.1 L/d y el de mayor diferencia aconteció en septiembre con 2.1 L/d. Así mismo el atrapa niebla estándar ubicado a 625 msnm registro mayores niveles de captación de agua como se muestra en la figura 43. La diferencia en promedio de captación de niebla es mínima como indica el mes de julio con 0.3 L/m²/d y el de mayor diferencia aconteció en junio con 1.0 L/m²/d. vemos que a una altura de 625 msnm influencio significativamente y con ello una mayor captación de agua. Esta información indica que el volumen de agua captada no siempre fue constante, tuvo variabilidad y volúmenes bajos de captación durante el periodo de estudio.

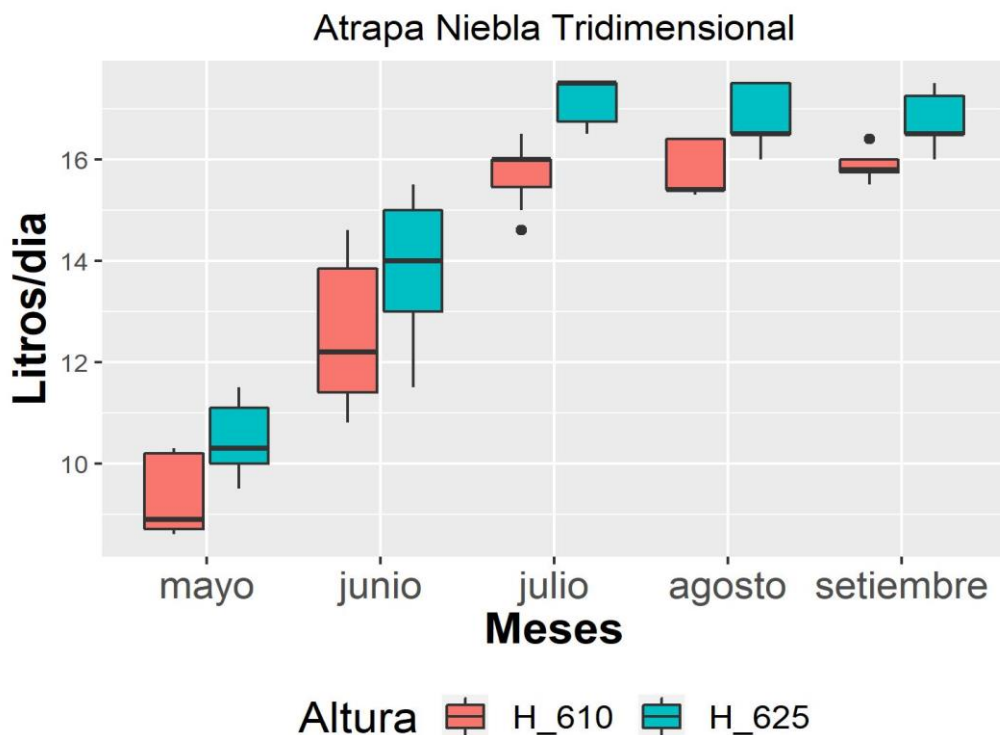


Figura 42. Gráfico de cajas que resume la comparación de captación de agua (L/d) con el atrapaniebla tridimensional a diferentes alturas 610 y 625 msnm.

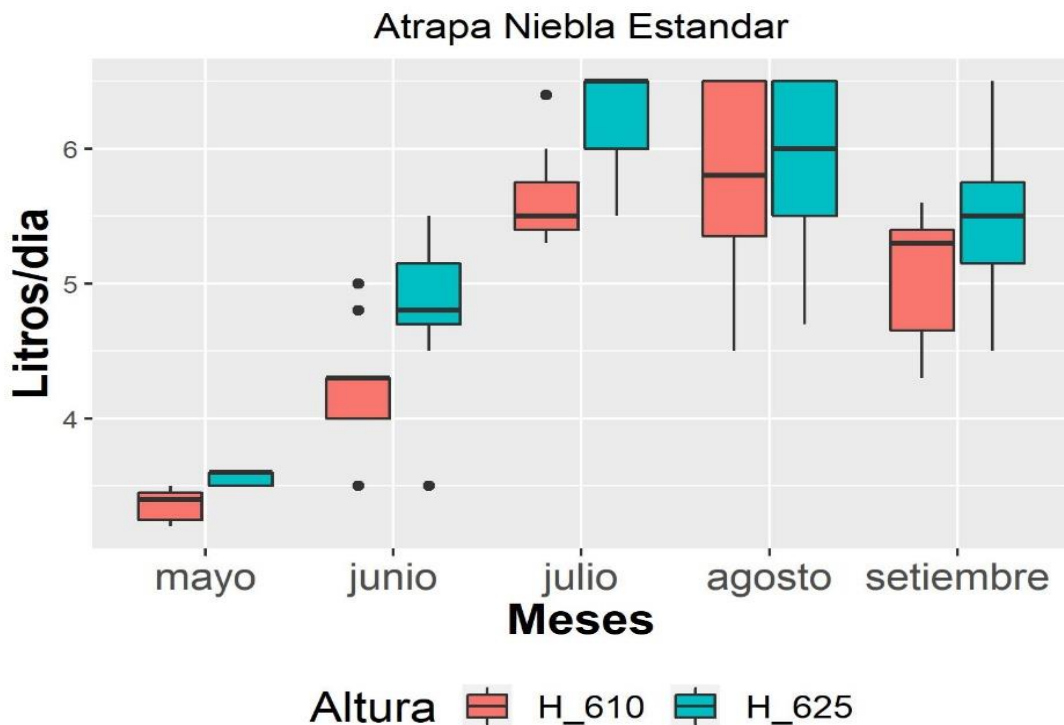


Figura 43. Gráfico de cajas que resume la comparación de captación de agua (L/d) con el atrapaniebla estandar a diferentes alturas 610 y 625 msnm.

4.2.4. Análisis de correlación de Pearson en relación al volumen de agua (L/d) y variables intervinientes (factores meteorológicos).

En la figura 44, a un nivel de confianza del 99.9% ($p > 0.01^{***}$), es observado que, por ejemplo, comparando la eficiencia de colecta de agua entre sistemas de atrapaniebla tridimensional y estándar, si existe una diferencia significativa. Así mismo, de acuerdo a la correlación se observa que entre el sistema tridimensional y la variable temperatura existe una correlación negativa ($R = -0.70$), esta correlación obtenida probablemente se da que a menores temperaturas habrá mayores niveles de colección de agua. Respecto al comportamiento de la variable humedad relativa (%) es positiva ($R = 0,86$) y con la velocidad del viento es ($R = 0,86$). Con respecto al diseño estándar la variable temperatura existe una correlación negativa -0.66 ; con la HR es ($R = 0,71$) y con la velocidad del viento es ($R = 0,75$). Para ambos casos indica que la colecta de agua está directamente relacionada con la HR, y esta última a la vez es dependiente de la temperatura y velocidad del viento

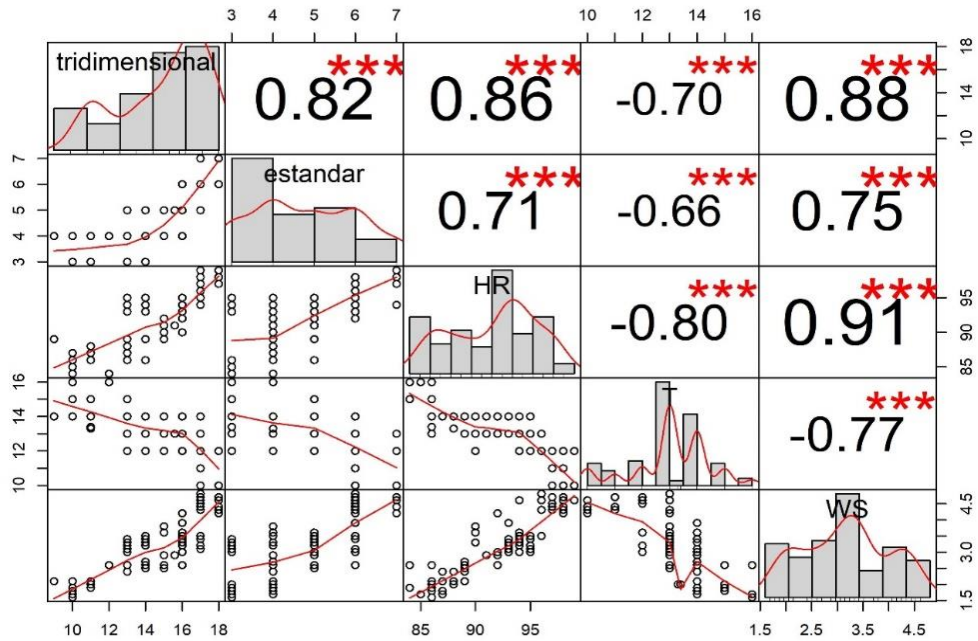


Figura 44. Correlación de la colecta de agua en litros con la temperatura, HR, velocidad del viento usando el diseño de atrapaniebla y estándar.

4.2.5. Análisis de regresión lineal para determinar la relación de colecta de agua con variables intervinientes (factores meteorológicos)

El presente análisis se efectuó con información de los volúmenes de agua colectados con el diseño tridimensional a 625 msnm, en razón a que se consideró eficiente en relación al sistema estándar.

En la figura 45, se observa que a menor temperatura mayor será la colecta de agua, que se ve reflejado en el coeficiente de correlación es 0.71 es decir la relación es significativa, en tal sentido la variable interviniente, temperatura, influye indirectamente sobre los niveles de agua colectada.

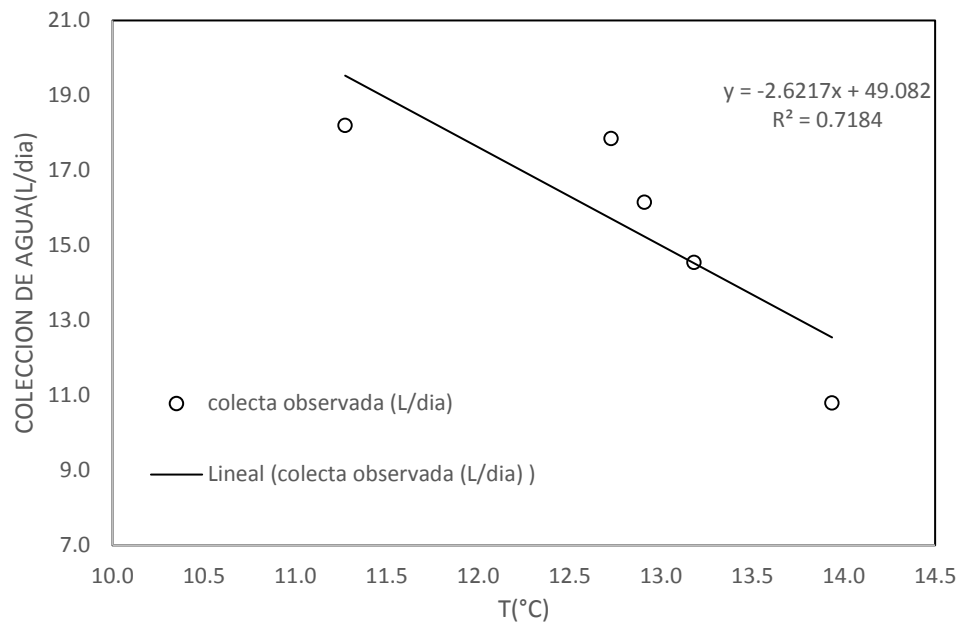


Figura 45. Correlación de volumen de agua y temperatura (°C).

El análisis de relación entre la humedad relativa y la colecta de agua evidencia que existe una fuerte correlación positiva ($R^2 = 0.93$) figura 46, indica que a mayor humedad relativa, mayor será el volumen de la colecta de agua.

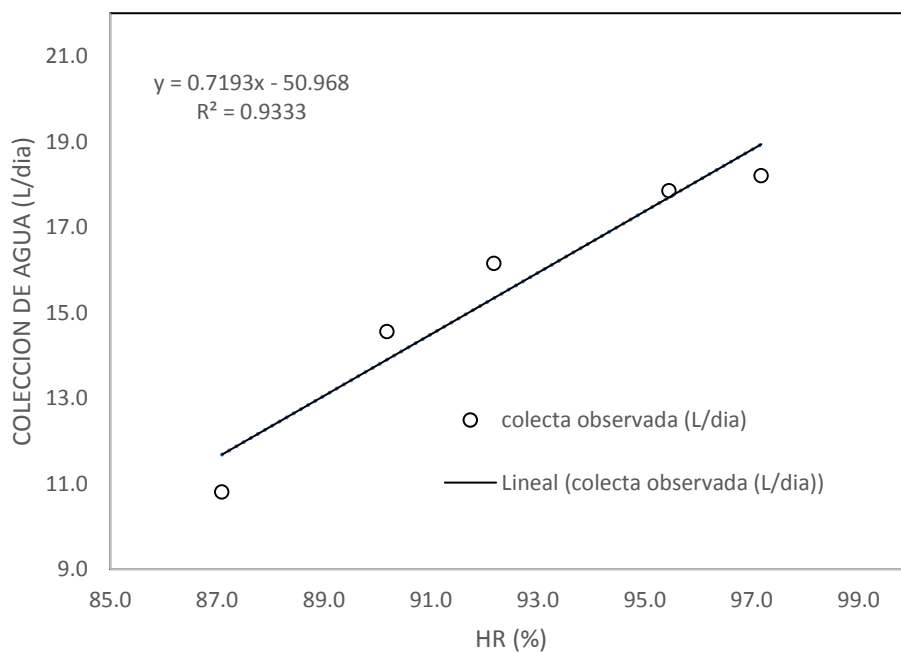


Figura 46. Correlación de volumen de agua y humedad relativa (%).

En la figura 47. Para velocidades de viento de 2.0 a 4.5 m/s, hay una fuerte dependencia de la eficiencia de recolección de agua, esto se ve reflejado en el coeficiente de correlación es 0.92 es decir la relación es fuerte, en tal sentido la variable interviniente velocidad de viento expresado en metros por segundo (m/s), influye sobre los niveles de agua colectada.

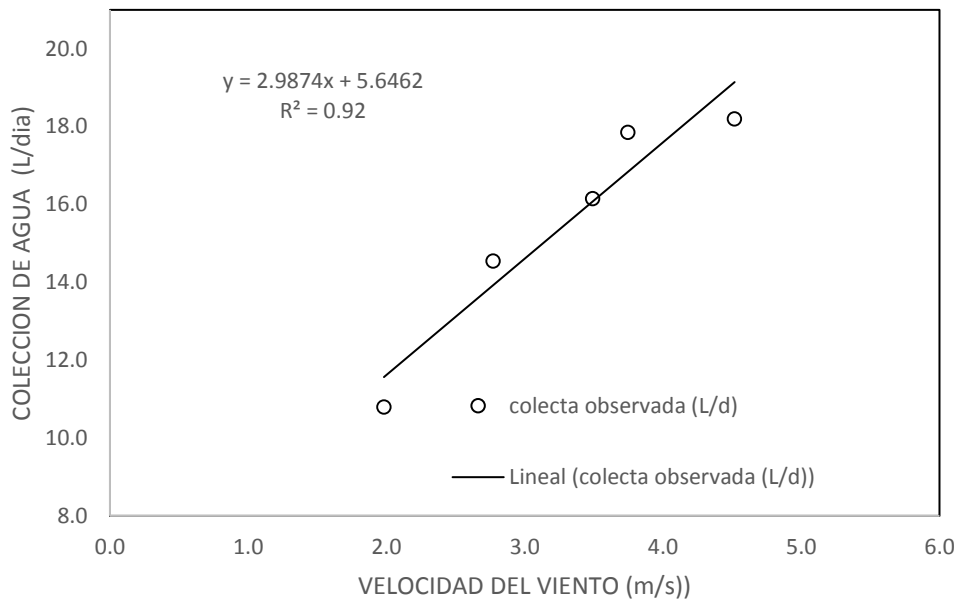


Figura 47. Correlación de volumen de agua y velocidad del viento (m/s).

4.3. Eficiencia de captación de agua de niebla

El volumen promedio diario de agua colectada, en el periodo de estudio (mayo a septiembre), por el sistema tridimensional fue mayor en 197.3% respecto al sistema estándar a 610 msnm, y 180% a 625 msnm ver tabla 7 y figura 48.

Se observó que en los meses de mayo, junio y septiembre la eficiencia fue mayor a 610 msnm y en septiembre a 625 msnm.

Tabla 7. Promedios diarios mensuales de captación de agua

Meses	610 msnm			625 msnm		
	ES(L/m ² /d)	TR(L/d)	%	ES(L/m ² /d)	TR(L/d)	%
May	3.3	10.7	229.2	4.2	10.8	157.1
Jun	4.4	13.9	218.4	5.35	14.55	172.0
Jul	6.3	17.2	173.0	6.7	18.2	171.6
Ago	6.2	16.9	172.6	6.5	17.85	174.6
Sep	4.4	14.1	223.0	4.95	16.15	226.3
Eficiencia media	4.9	14.5	197.3	5.5	15.5	180.0

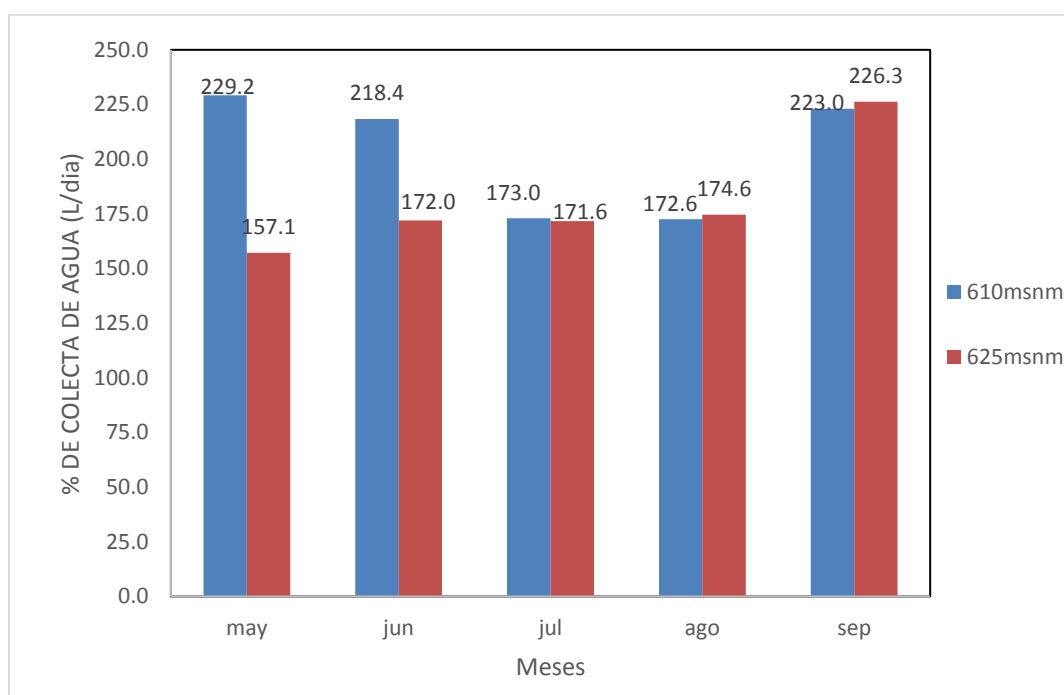


Figura 48. Eficiencia de colección de agua en el periodo de estudio (mayo a septiembre)

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se evaluó la eficiencia de captación de agua con sistemas de atrapanieblas tridimensional y estándar, en tal sentido a una altura de 610 msnm el diseño tridimensional (de 3m²) rindió un promedio de 17,2 L/d mientras que el estándar 6.3 L/m²/d y en altura de 625 msnm el diseño tridimensional rindió 18,2 L/d, mientras que el diseño estándar 6,7 L/m²/d. Mediante la ecuación porcentual el diseño tridimensional fue mayor en 197.3% respecto al sistema estándar a 610 msnm, y 180% a 625 msnm. Se observó que en los meses de mayo, junio y septiembre la eficiencia fue mayor a 610 msnm y en septiembre a 625 msnm.

Se determinó la variación estacional usando el análisis de series de tiempo, modelos de regresión y correlación entre las variables intervinientes (meteorológicas) y su relación con la formación de niebla. Respecto a la temperatura la variación mensual de octubre a abril es de (14.4°C a 24.5°C), y los menores registros de mayo a setiembre (<14.4°C). Respecto a la humedad relativa los mayores registros fueron de mayo a setiembre ($v > 87\%$), y los menores se registraron de octubre a abril (valores $< 87\%$).

Se implementó los prototipos de atrapanieblas tridimensional (3m²) y estándar (1m²), usando la malla Raschel al 50% de sombra. Según los resultados de eficiencia, implementando grandes colectores tridimensionales, el agua puede ser usada como riesgo, proyectos de forestación, restauración de áreas naturales entre otros.

Se determinó la relación entre: variables independientes (diseño de atrapaniebla, altura), variables intervinientes (meteorológicas) con la variable dependiente (captación de agua). Bajo condiciones de temperatura estables de 11.8 °C en julio y 13.0 °C en agosto, con un viento predominante de velocidad 2 m/s a 5 metros por segundo, y humedad relativa de 89.7% a 96.2% se tuvo un rendimiento elevado de captación de agua de niebla,

sin embargo fue menor bajo condiciones de temperatura mayores a 15 °C en mayo, y mayores a 13.9 °C en junio.

5.2. Recomendaciones

De los datos obtenidos en la presente investigación se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

1. Analizar los parámetros físico, químico, biológico del agua ya que permitirían determinar si hay contaminación por sales provenientes del mar u otras fuentes contaminantes.
2. La medición de precipitación del estudio actual se efectuó en un periodo muy corto de tiempo, por lo que se recomienda, continuar con el estudio por periodo más prolongado y así generar una base de datos más amplia que permita mayor exactitud en la estimación del aporte hidrológico.
3. Es conveniente instalar un pluviómetro para medir la precipitación vertical fuera del dosel por cada nivel altitudinal y así realizar comparaciones localizadas con los datos de precipitación.
4. La implementación de esta tecnología mediante grandes colectores aportaría una contribución importante a la solución de la escasez de agua en zonas de ladera con problemas de disponibilidad de agua

Este estudio da el primer paso para futuras investigaciones,

6. Referencias

- Águirre de Cárcer, I., & Carral, P. (2009). Apuntes de meteorología para el medio ambiente. Publicaciones UAM. Madrid. (FreeLibros, Ed.). Madrid. Retrieved from file:///C:/Users/user/Downloads/339689653-Apuntes-de-meteorologia-y-climatologia-para-el-medioambiente-pdf.pdf
- Aliaga, E. (2005). *Programa de monitoreo del rio Rimac en la cuenca medio y baja*.
- Amaya, M. (2014). *Estacion experimental: niebla como recurso hidrico*. chile. Retrieved from <http://www.cda.uc.cl/investigacion/agua/>
- ANA. (2017). Autoridad Nacional del Agua. Informe Perú - 8° Foro Mundial del Agua Brasilia 2018. Retrieved from http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/informe_peru_octavo_foro_mundial_del_agua_brasil_2018.pdf
- Anchayhua, A. (2001). *Análisis Climático y Sinóptico de las Nieblas en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez , Callao ,. UNALM*.
- Aranguiz, at al. (2009). Diseño generativo aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de chile, 1–125.
- Aranguiz G., Morales F., Nieto J., S. G. (2009). Diseño generativo aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de chile (pp. 1–125).
- Ayllón T. (2013). *Elementos de la metereología y climatología* (TRILLAS). MEXICO: Editorial Trillas, 2013. Retrieved from https://books.google.com.pe/books?id=ovqiQAACAAJ&dq=Elementos+de+la+metereología+y+climatología+ayllon&hl=qu&sa=X&ved=0ahUKEwiFx664g9_eAhWEr1kKHAcgAloQ6AEIKjAB
- Campos A. (1984). *Procesos del ciclo hidrológico*. Universitaria Potosina.

- Castillo H. (2011). *Guia basica de observaciones metereologicas*.
- Cereceda, Osses, Larrain, H., Pinto, R., & Schemenauer, R. S. (2001). Radiation, Advective and Orographic Fog in Tarapacá Region, Chile, 5–7.
- Cereceda, P., Schemenauer, R., & Suit, M. (1992). An alternative water supply for Chilean coastal desert villages. *International Journal of Water Resources Development*, 8:1, 53–59. <https://doi.org/10.1080/07900629208722533>
- Ciencias.pe. (2017). Turbina eólica generadora de agua potable.
- Clarke, R. y J. K. (2004). *Agua en el mundo. the water atlas*. Retrieved from http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/SINA/Capitulo_8.pdf
- Contreras V. (2012). *Indice General. Estudios filológicos*. Universidad Nacional Del Callao. <https://doi.org/10.4067/S0071-17132000003500023>
- Cruzat, A. A. (2004). El uso de las nieblas en la recuperación del Parque Nacional Bosque Fray Jorge, 16 281-292.
- Cuellar, J. (2018). *Impacto economico de la implementacion de mecanismos capturadores de agua atmosferica para uso agricola villa maria del triunfo, Lima-Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario. (n.d.). Retrieved August 9, 2018, from <http://dle.rae.es/?w=diccionario>
- Ebner, M., Miranda, T., & Roth-Nebelsick, A. (2011). Efficient fog harvesting by *Stipagrostis sabulicola* (Namib dune bushman grass). *Journal of Arid Environments*, 75(6), 524–531. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.01.004>
- Embid A. (2016). *Treinta años de la Ley de Aguas*. Pamplona. España. Retrieved from <https://www.marcialpons.es/libros/treinta-anos-de-la-ley-de-aguas-de->

1985/9788491352235/

- Espinoza V. (2013). Manejo ecosistémico de lomas costeras, una experiencia aplicada en Atiquipa, Perú. In *Tercer Congreso Latinoamericano de IUFRO*. San José Costa Rica.
- Fessehaye, M., Abdul-wahab, S. A., Savage, M. J., Kohler, T., Gherezghiher, T., & Hurni, H. (2014). Fog-water collection for community use. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.063>
- Fogquest. (2011). Fog Harvesting : Design for disaster. Retrieved December 23, 2018, from <http://www.design4disaster.org/2011/02/12/fog-harvesting/>
- Gilford M. (1992). *South America South of the Amazon River: A Climatological Study*. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=mPhpPwAACAAJ&dq=South+America+South+of+the+Amazon+River+a+Climatological+Study&hl=qu&sa=X&ved=0ahUKEwjnjozK9-faAhVhzlkKHXL3DgwQ6AEIjAA>
- Hernandez, R. (2007). *Metodologia de la investigacion. Journal of Experimental Psychology: General* (6th ed., Vol. 136).
- IGM. (2018). *Geografía, I Región de Tarapacá. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias*.
- INTA. (2011). Guía metodológica de alternativas técnicas de agua, pp. 1–38.
- Jofre, R., Cervantes, J., & Barradas, V. (2015). Calidad del agua de la niebla captada artificialmente en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, Mexico: Resultados preliminares. *Elsevier*, 18(2), 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2015.09.004>
- Klemm, O., Schemenauer, R. S., Lummerich, A., Cereceda, P., Marzol, V., Corell, D., ... Frost, E. (2012). Fog as a fresh-water resource : overview and perspectives. *Springer Netherlands*, 1998, 221–234. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0247-8>
- Lafe, O. (2013). Other Infrastructural Development. In *Abulecentrism* (pp. 63–81).

Heidelberg: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-01023-6_3

Mandariaga, I. (2017). *Evaluacion del potencial de niebla mediante el sistema de atrapanieblas en las lomas de Ancon durante el evento del Niño, en el distrito de Ancon, Provinciade Lima periodo 2015-2016*. Universidad Nacional de Moquegua.

Masini, A., & Vazquez, F. (2014). *Modelos cuantitativos de pronosticos*. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?id=fnLcBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q=los metodos &f=false>

Mejia, B. (1986). *Gran geografía del Perú : naturaleza y hombre*. (Juan Mejia). Lima , Peru: Manfer.

Mendoza, B., & Castañeda, F. (2014). *Criterios metodológicos para la definición de sistemas de captación de aguas con base en lluvia horizontal*. repository ucatolica. Universidad catolica de colombia. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Michna, et al . (2007). MiniCASCC – A Battery Driven Fog Collector for Ecological Applications, (July), 169–172.

MINAGRI. (2015). *Ministerio de Agricultura y Riego. Huella hidrica del Peru (sector agropecuario)*.

Molina, J., & Escobar, C. (2005). La neblina como fuente de agua: Evaluación de su colección en el sur de los Andes colombianos usando mallas de polipropileno. *Avances En Recursos Hidraulicos*, 12(May 2004), 33–41.

Montecinos et al. (2018a). Collection efficiency of fog events. *Atmospheric Research*, 209, 163–169. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.04.004>

Montecinos, S., Carvajal, D., Cereceda, P., & Concha, M. (2018b). Collection efficiency of fog events. *ScienceDirect*, 209, 163–169. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.04.004>

- Obando, M., Fischler, M., Rodriguez, R., Sagastume, N., Sosa, H., & Morger, C. (2006).
Guía Técnica Manejo y aprovechamiento de agua con fines agropecuarios, p. 127.
- OMM. (1993). *Atlas Internacional De Nubes Manual De Observacion De Nubes Y Otros Meteoros* (VOL. 1).
- Osses, P., Schemenauer, R., Cereceda, P., Larrain, H., & Correa, C. (2000). Los
atrapanieblas del santuario padre Hurtado y sus proyecciones en el combate a la
desertificación. *Geografía Norte Grande*, 27, 61–67.
- Paredes, et al . (1999). Nieblas De Atacama, Cuidado Y Preservación De La Flora Y Fauna
De La Región, 1, 1–17.
- Park, K., Chhatre, S., Srinivasan, S., Cohen, R., & McKinley, G. (2013). Optimal design of
permeable fiber network structures for fog harvesting. *Langmuir*, 29(43), 13269–13277.
<https://doi.org/10.1021/la402409f>
- Pascual, J., Naranjo, M., Payano, R., & Medrano, O. (2014). Tecnología para la recolección
de agua de niebla. In O. Medrano (Ed.) (p. 21). Madrid: IMDEA-agua.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4806.7048>
- PASOLAC. (2000). Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua.
<Http://Www.Pasolac.Org.Ni/>, p. 205.
- Pérez de Arce, R. (2013). Jardín de Niebla, Alto Patache, Chile. *Scielo*, (83), 26–29.
<https://doi.org/10.4067/S0717-69962013000100004>
- Petterssen, S. (2007). *Weather analysis and forecasting*. *Quarterly Journal of the Royal
Meteorological Society* (Vol. 67). <https://doi.org/10.1002/qj.49706729014>
- Pietruszka, R., & Seely, M. (1985). Predictability of two moisture sources in the Namib
desert. South Africa. *Journal of Science*, 81, 682–685.
- Pinche Laurre, C. (1996). Captacion de agua de niebla en lomas de la costa peruana.

Ingeniería Hidráulica En México, 11(2), 49–54.

Pruppacher H; Klett J. (2007). *Microphysics of Clouds and Precipitation*, 6826(1998), 381–382. <https://doi.org/10.1080/02786829808965531>

Quinga, H. (2016). *Captación de agua por medio de la técnica de atrapanieblas en las comunidades campesinas de Galte, Canton Guamote, provincia de Chimborazo, Ecuador*. universidad de las fuerzas armadas.

Quispe, N., & Chira, J. (2003). Entornos sinópticos en la ocurrencia de niebla en Lima.

Rajaram, M., Heng, X., Oza, M., & Luo, C. (2016). Enhancement of fog-collection efficiency of a Raschel mesh using surface coatings and local geometric changes. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 508, 218–229. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2016.08.034>

Rivera, J. de D. (2011). Aerodynamic collection efficiency of fog water collectors. *Atmospheric Research*, 102(3), 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.08.005>

Rodríguez A. (2004). *Geografía general*.

Román, R. (1999). Obtención de agua potable por métodos no tradicionales. *Ciencia Al Día Internacional*, 2(2), 1–13.

Roth, G. D. (2003). *Meteorología : formaciones nubosas y otros fenómenos meteorológicos, situaciones meteorológicas generales, pronósticos del tiempo*. Barcelona: Ediciones Omega. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=sYIOgAACAAJ&dq=metereologia+situaciones+metereologicas+generales&hl=qu&sa=X&ved=0ahUKEwj625XF6d3bAhXFD5AKHXGiD9wQ6AEIlzAA>

Sanchez, J. (2018). *Atrapanieblas tecnología para el atrapamiento de agua , una experiencia exitosa para las políticas públicas en el distrito de Villa María del Triunfo , Lima 2018* . Universidad cesar vallejo.

- Santana, L. (2015). *La humedad del aire en las cumbres Lanzaroteñas o oportunidades de obtencion de agua de niebla*. Lanzarote, Cararias.
- Sarochar H. (2009). *Introduccion a la metereologia general*. Retrieved from http://extension.fcaglp.unlp.edu.ar/content/obs/descargas/Introduccion_a_la_Meteorologia_I.pdf
- Schemenauer, R. S., & Joe, P. I. (1989). The collection efficiency of a massive fog collector. *Elsevier Science Publisbers*, 24, 53–69.
- SENAMHI. (2004, January). Meteorológicas e Hidrológica en el Perú.
- Shaffer, W. (2003). Dense Fog Study for Knoxville, Tennessee. Retrieved from <http://www.srh.noaa.gov/mrx/?n=tysdensefog>
- Soriano, M. (2015). *Niebla como fuente alternativa para suministro de agua*. Escuela colombiana de ingenieria julio garavito.
- Stadmuller, T. (1986). *Bosques nublados en el trópico humedo*. (E. Mora, Ed.). Turrialba, Costa Rica: Universidad de las Naciones Unidas y Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza.
- Tavera, H. (2012). *zonificacion sismica-Geotecnica del area urbana de carapongo Lurigancho -Chosica*. Lima-Peru.
- Toledo, E. (2017). *Gestion de nieblas como recurso hidrico para proteger el ecosistema de Lomas en zonas aridas del distrito de Villa Maria del Triunfo en el año 2015*". Universidad Nacional Hermilio Valdizan.
- Vasquez, T., Alfaro, R., Silbaja, J., Esquivel, G., & Valdés, J. (2012). Composicion quimica del agua de lluvia y de niebla recolectada en la reserva biologica Monteverde. *Uniciencia* 26, 51–63.
- Vladimiro, T. (2012). *Diseño, construcción y evaluación de un prototipo mejorado de*

atrapanieblas en el distrito de Ventanilla-Callao. UNAC.

Xianmang, X., Jianmin, C., Chao, Z., Jiarong, L., Xiao, S., Lu, L., & Jianfeng, S. (2017). Fog composition along the Yangtze River basin : detecting a mission sources of pollutants in fog water. *Journal of Environmental Sciences*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.09.018>

Zhai, L., Berg, M. C., Cebeci, F., Kim, Y., Milwid, J. M., Rubner, M. F., ... Fevzi, C. (2006). Patterned superhydrophobic surfaces : toward a synthetic mimic of the Namib desert beetle. *Nano Letters*, 6, 1213–1217. <https://doi.org/10.1021/nl060644q>

Zuñiga I, C. E. (2010). *Meteorología y Climatología*. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=E6iXJ2QZiQ4C&lpg=PA245&dq=fecyt METERELOGIA Y CLIMATOLOGIA&pg=PA245#v=onepage&q=fecyt METERELOGIA Y CLIMATOLOGIA&f=false>

7. Anexo

Anexo 1. Registros de recolección de agua y factores meteorológicos

Tabla 8. Registro de recolección de datos de agua de niebla a 625 msnm

Mes	fecha	hora	T (°C)	HR (%)	Vel. Viento (m/s)	Direc. viento	Volumen De agua (L/d)	
							TR	ES
Mayo	15/05/2018	07:00 a.m	14	89	2.1	---	9.8	4
Mayo	16/05/2018	07:00 a.m	14	86	1.9	WSW	10.2	4.1
Mayo	17/05/2018	07:00 a.m	14	87	1.7	---	10.5	4.3
mayo	18/05/2018	07:00 a.m	14	87	1.8	SSW	10.7	4.4
mayo	21/05/2018	07:00 a.m	14	86	1.8	WSW	10.7	4.3
mayo	22/05/2018	07:00 a.m	14	87	2.1	SSW	10.8	4.3
mayo	23/05/2018	07:00 a.m	14	87	2.1	SSW	10.5	4.4
mayo	24/05/2018	07:00 a.m	14	86	2.1	SSW	11.7	4
mayo	25/05/2018	07:00 a.m	14	87	2.1	SSW	11.8	4.2
mayo	28/05/2018	07:00 a.m	14	88	2.1	SSW	11.4	4.1
mayo	29/05/2018	07:00 a.m	13.3	88	2	SSW	11.5	4.1
junio	01/06/2018	07:00 a.m	15	86	2.6	SSW	11.6	4.2
junio	04/06/2018	07:00 a.m	13	86	2.6	SSW	14.1	4.2
junio	05/06/2018	07:00 a.m	13	89	2.5	SSW	15.2	4.3
junio	06/06/2018	07:00 a.m	13	89	2.5	SSW	14.3	4.5
junio	07/06/2018	07:00 a.m	13	89	2.5	---	15.6	4.6
junio	08/06/2018	07:00 a.m	13	89	2.6	---	15.5	4.7
junio	11/06/2018	07:00 a.m	13	92	2.6	---	16.5	5.1
junio	12/06/2018	07:00 a.m	13	92	2.6	---	17.1	6.3
junio	13/06/2018	07:00 a.m	13	92	3	---	17.3	6.4
junio	14/06/2018	07:00 a.m	13	94	3.5	---	17.4	6.5
junio	15/06/2018	07:00 a.m	13	94	3.5	---	17.5	6.5
julio	13/07/2018	07:00 a.m	10	98	4.2	SSW	17.8	7.1
julio	16/07/2018	07:00 a.m	10	98	4.2	NE	18.1	7.1
julio	17/07/2018	07:00 a.m	13	92	4.2	SSW	18.1	6.1
julio	18/07/2018	07:00 a.m	12	99	4.6	SSW	18.1	7
julio	19/07/2018	07:00 a.m	13	94	4.6	NE	18	7.1

julio	20/07/2018	07:00 a.m	10	99	4.6	NE	18.2	7.1
julio	23/07/2018	07:00 a.m	10	99	4.6	NE	18.5	7.2
julio	24/07/2018	07:00 a.m	10	98	4.6	NE	18.5	7.3
julio	25/07/2018	07:00 a.m	12	97	4.7	NE	18.6	7.3
julio	26/07/2018	07:00 a.m	12	97	4.7	SSW	18.3	7.2
julio	27/07/2018	07:00 a.m	12	98	4.7	NE	18.3	7.1
agosto	16/08/2018	07:00 a.m	10	97	4.4	ESE	18.1	7.1
agosto	17/08/2018	07:00 a.m	10	97	4.3	ESE	18.2	6.1
agosto	20/08/2018	07:00 a.m	13	96	4.3	SSW	18.3	6.2
agosto	21/08/2018	07:00 a.m	13	96	4.3	SSW	17.4	6.1
agosto	22/08/2018	07:00 a.m	13	96	3.5	SSW	17.3	6.3
agosto	23/08/2018	07:00 a.m	13	95	3.5	SW	17.3	6.2
agosto	24/08/2018	07:00 a.m	13	95	3.5	SSW	17.3	6.2
agosto	27/08/2018	07:00 a.m	13	95	3.5	SSW	17.2	6.3
agosto	28/08/2018	07:00 a.m	14	95	3.1	SE	17.6	6.1
agosto	29/08/2018	07:00 a.m	14	94	3.4	SE	17.7	6.1
agosto	30/08/2018	07:00 a.m	14	94	3.4	ESE	18.5	5.9
septiembre	11/09/2018	07:00 a.m	12	94	3.2	SE	16.8	5.8
septiembre	12/09/2018	07:00 a.m	13	94	3.2	E	17.1	5.6
septiembre	13/09/2018	07:00 a.m	13	94	3.6	E	16.2	5.4
septiembre	14/09/2018	07:00 a.m	13	94	3.6	ENE	16.7	4.6
septiembre	17/09/2018	07:00 a.m	13	94	3.6	ESE	16.5	4.5
septiembre	18/09/2018	07:00 a.m	13	94	3.3	SE	16.3	4.4
septiembre	19/09/2018	07:00 a.m	13	90	3.3	SE	16.3	4.4
septiembre	20/09/2018	07:00 a.m	13	90	3.6	SE	15.9	4.3
septiembre	21/09/2018	07:00 a.m	12	90	3.6	SE	15.6	4.2
septiembre	24/09/2018	07:00 a.m	14	90	3.6	S	15.3	4.1
septiembre	25/09/2018	07:00 a.m	13	90	3.8	SSW	15.2	4.2

Tabla 9. *Plantilla de recolección de datos de agua de niebla a 610 msnm*

Mes	Fecha	Hora	T (°C)	HR (%)	Vel. viento (m/s)	Direc. Del Viento	Volumen de agua (L/d)	
							TR	ES
mayo	15/05/2018	07:00 a.m	15	84	1.9	SE	10.1	3.1
mayo	16/05/2018	07:00 a.m	16	85	1.7	WSW	10.3	3.1
mayo	17/05/2018	07:00 a.m	16	86	1.6	---	10.4	3
mayo	18/05/2018	07:00 a.m	15	86	1.8	SSW	10.1	3.2
mayo	21/05/2018	07:00 a.m	15	86	1.8	WSW	10.2	3
mayo	22/05/2018	07:00 a.m	15	86	1.9	SSW	10.3	3.3
mayo	23/05/2018	07:00 a.m	15	86	1.9	SSW	10.2	3.4
mayo	24/05/2018	07:00 a.m	15	86	1.9	SSW	11.1	3.3
mayo	25/05/2018	07:00 a.m	15	86	2	SSW	11.2	3.4
mayo	28/05/2018	07:00 a.m	15	86	2	SSW	11.2	3.3
mayo	29/05/2018	07:00 a.m	13.4	86	2	SSW	11.3	3.5
junio	01/06/2018	07:00 a.m	16	84	2.6	SSW	11.4	3.5
junio	04/06/2018	07:00 a.m	14	87	2.4	SSW	11.4	4.1
junio	05/06/2018	07:00 a.m	14	88	2.4	SSW	13.3	4.2
junio	06/06/2018	07:00 a.m	14	89	2.4	SSW	13.2	4.3
junio	07/06/2018	07:00 a.m	14	89	2.6	---	14.2	4.2
junio	08/06/2018	07:00 a.m	14	89	2.7	---	14.5	4.3
junio	11/06/2018	07:00 a.m	13	91	2.9	---	15.3	4.3
junio	12/06/2018	07:00 a.m	14	92	2.9	---	15.6	4.4
junio	13/06/2018	07:00 a.m	14	91	2.9	---	15.5	5.1
junio	14/06/2018	07:00 a.m	13	93	3.4	---	15.7	5.1
junio	15/06/2018	07:00 a.m	13	94	3.5	---	16.3	5.2
julio	13/07/2018	07:00 a.m	11	97	4.3	SSW	16.8	6.2
julio	16/07/2018	07:00 a.m	11	97	4.3	NE	16.8	6.2
julio	17/07/2018	07:00 a.m	13	91	2.9	SSW	17.1	6.3
julio	18/07/2018	07:00 a.m	11	98	4.4	SSW	17	6.4
julio	19/07/2018	07:00 a.m	14	93	3.9	NE	17.3	6.6
julio	20/07/2018	07:00 a.m	11	98	4.3	NE	17.4	6.3

julio	23/07/2018	07:00 a.m	11	98	4.7	NE	17.4	6.4
julio	24/07/2018	07:00 a.m	11	97	4.4	NE	17.5	6.2
julio	25/07/2018	07:00 a.m	13	96	4.8	NE	17.3	6.1
julio	26/07/2018	07:00 a.m	12	96	4.6	SSW	17.5	6
julio	27/07/2018	07:00 a.m	12	97	4.5	NE	17.6	6.6
agosto	16/08/2018	07:00 a.m	10	98	4.3	ESE	17.5	6.7
agosto	17/08/2018	07:00 a.m	10	98	4.3	ESE	17.4	6.8
agosto	20/08/2018	07:00 a.m	14	94	3.4	SSW	17.1	6.7
agosto	21/08/2018	07:00 a.m	14	94	3.3	SSW	16.8	6.5
agosto	22/08/2018	07:00 a.m	14	95	3.4	SSW	16.7	6.4
agosto	23/08/2018	07:00 a.m	13	94	3.5	SW	16.7	6.6
agosto	24/08/2018	07:00 a.m	13	94	3.3	SSW	16.6	6.3
agosto	27/08/2018	07:00 a.m	13	94	3	SSW	16.5	5.8
agosto	28/08/2018	07:00 a.m	14	93	3	SE	16.4	5.9
agosto	29/08/2018	07:00 a.m	14	93	3.3	SE	16.4	5.6
agosto	30/08/2018	07:00 a.m	14	93	3.3	ESE	16.3	5.7
septiembre	11/09/2018	07:00 a.m	12	95	3.2	SE	14.8	5.6
septiembre	12/09/2018	07:00 a.m	13	94	3.5	E	14.9	5.5
septiembre	13/09/2018	07:00 a.m	13	94	3.4	E	14.7	3.8
septiembre	14/09/2018	07:00 a.m	13	93	3.3	ENE	14.5	3.5
septiembre	17/09/2018	07:00 a.m	13	93	3.2	ESE	14.4	3.6
septiembre	18/09/2018	07:00 a.m	13	93	3.1	SE	13.9	3.4
septiembre	19/09/2018	07:00 a.m	13	94	3.2	SE	13.5	3.4
septiembre	20/09/2018	07:00 a.m	13	94	3	SE	13.5	3.3
septiembre	21/09/2018	07:00 a.m	12	95	3	SE	13.4	3.2
septiembre	24/09/2018	07:00 a.m	14	94	3.3	S	13.3	3.1
septiembre	25/09/2018	07:00 a.m	13	94	3.4	SSW	13.2	3.3

Tabla 10. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivo	Hipótesis	variable	fases	actividad	Metodología
Generales	general		Dependiente			El presente trabajo de investigación está orientado a investigación cuantitativa y cualitativa, de tipo cuasi experimental Correspondiente a un nivel correlacional ya que se evalúa el grado de relación, asociación y/o vínculos que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra
Existe eficiencia de la captación de agua con sistemas de atrapaniebla tridimensional y estándar en el cerro verde Distrito de Lurigancho Chosica, Lima.	Evaluar la eficiencia de la captación de agua con sistemas de atrapaniebla tridimensional y estándar en el cerro verde Distrito de Lurigancho Chosica, Lima.	Mediante los sistemas de atrapanieblas tridimensional y estándar se produce la eficiencia de captación de agua en el cerro verde Distrito de Lurigancho Chosica, Lima.	Colección de de agua de niebla (L/d;L/m ² /d)	Análisis de la variación estacional de los factores meteorológicos de la zona de estudio.	Solicitud de datos meteorológicos de estación del SENAMHI ubicado en ÑaÑa Lurigancho Chosica	
				Implementación de prototipos de atrapanieblas tridimensionales y estándar.	-Diseño de prototipos -Construcción de prototipos -Instalación de prototipos	
				Interpretación de la eficiencia	-Monitoreo de factores meteorológicos y colección de agua -Análisis estadístico	
Problema específico	Objetivos específicos		Independientes /e intervinientes			
¿Cuál es la variación estacional del clima empleando los factores meteorológicos en	Determinar la variación estacional del clima empleando los	Mediante la variación estacional del clima se podrá conocer el	VARIABLES INTERVINIENTES: -Temperatura (°C) -Humedad relativa	Análisis de la variación estacional de los factores meteorológicos	-Procesar información meteorológica en el programa curve expres -Generar gráficos para	

la zona seleccionada para el estudio.	factores meteorológicos en la zona seleccionada para el estudio.	tiempo adecuado para la instalación de prototipos de atrapanieblas	-Velocidad del viento(m/s)	de la zona de estudio.	predecir la estacionalidad	o contexto particular, por ejemplo entre las variables meteorológicas y la colección de agua a través de atrapanieblas (Hernández, 2007).
¿Cuáles son las medidas de los prototipos de atrapaniebla tridimensional y estándar?.	Implementar prototipos de atrapaniebla tridimensional y estándar.	Mediante la implementación de prototipos de atrapanieblas se podrá captar agua de niebla	Variables independiente: -Atrapaniebla tridimensional(3m ²), atrapaniebla estándar (1m ²) -Altura (610y 620msnm)	Implementación de prototipos	-Diseño de prototipos de atrapanieblas -Construcción de prototipo -Instalación de prototipos	
¿Cuál es la relación entre el agua colectada con: las variables independientes, variables intervinientes?	Determinar la relación entre el agua colectada con: las variables independientes, variables intervinientes.	Mediante los niveles de colecta de agua se podrá relacionar con las variables intervinientes e intervinientes	Variabes intervinientes: -Temperatura (°C) -Humedad relativa (%) -Velocidad del viento(m/s) Variable dependiente: -Volumen de agua colectada	Monitoreo de variables	-Registro volumen de colección de agua (L/d,Lm ² /d) -Registro de variables meteorológicas	
¿Cuál es la eficiencia de colección de agua por los prototipos de atrapanieblas?	Determinar la eficiencia de colección de agua por los prototipos de atrapanieblas tridimensional y estándar					

Anexo 2. Observaciones de indicadores de humedad



Figura 49. Líquenes adheridos a rocas



Figura 50. Las bromeliácea tillandsia latifolia.

Anexo 3. Autorización para Instalación de prototipos de Atrapaniebla

