

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**“COLECCIÓN DE AGUA DE NIEBLA USANDO
COLECTORES SFC, BOX Y ÁRBOL EN VILLA MARÍA
DEL TRIUNFO. LIMA-PERÚ”**

Presentada por:

BORJA LUIS HUAMAN TINCO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**Lima – Perú
2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**“COLECCIÓN DE AGUA DE NIEBLA USANDO
COLECTORES SFC, BOX Y ÁRBOL EN VILLA MARÍA
DEL TRIUNFO. LIMA-PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Presentada por:

BORJA LUIS HUAMAN TINCO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Wilfredo Baldeón Quispe
PRESIDENTE

Mg.Sc. Rosa Miglio Toledo
ASESOR

Dra. Rosemary Vela Cardich
MIEMBRO

Ph.D. José Luis Calle Maravi
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mi hija Airam Luciana y mi compañera de vida Evelin, ambas por su amor y alegría.

A Dios por bendecirme con una familia.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Borja y Celedonia por darme la vida y acompañarme en cada paso profesional que he dado en la vida. A mi hermano Raúl por su ayuda en la elaboración de la tesis y compañía en largas jornadas de campo, y mis hermanos Yoel y Doris.

A mi asesora Mg. Sc. Rosa Miglio Toledo por su asesoría y consejos para llevar la tesis a buen puerto, y el reconocimiento por su calidad de persona para formar jóvenes investigadores.

A los miembros del jurado: Mg. Sc. Wilfredo Baldeón, Dra. Rosemary Vela y Ph.D. José Calle por sus aportes y correcciones en la investigación.

A Pebal La Inmaculada y la Compañía de Jesús por apoyarme a cubrir los costos para estudiar la maestría. Gracias a todas las personas que ayudaron a esta gestión.

A Lauren De Veau y Javier Diaz por su amistad y compañía el día de la sustentación.

A mis amigos de la Maestría, a quienes recuerdo con mucho cariño: Grecia Huamán, Fernando Nuñez, Yafet Humaní, Pamela Cardich y a la memoria de Manuel Buendía Buendía y David Huanco (Q.E.P.D.) ambos por ser grandes personas y profesionales.

A la población de Flor de Amancaes por su lucha constante en defensa de las lomas.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCION.....	1
1.1	GENERALIDADES	1
1.2	OBJETIVO GENERAL	3
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1	LA NIEBLA.....	5
2.2	ORIGEN DE NIEBLAS COSTERAS	5
2.3	ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA COLECCIÓN DE AGUA DE NIEBLA... 6	
2.3.1	Experiencias Históricas a nivel Mundial.....	6
2.3.2	Experiencias más importantes de colección de agua de la niebla en el Perú.	6
2.4	CLASIFICACIÓN DE NIEBLAS	8
2.5	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE NIEBLA COLECTADA.....	10
2.5.1	Cantidad de agua	10
2.5.2	Calidad del agua	11
2.6	CONSIDERACIONES PARA LA COLECCIÓN DE AGUA DE NIEBLA.....	12
2.6.1	Factores Ambientales	12
2.6.2	Neblinómetro.....	13
2.6.3	Colector Atrapanieblas	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1	SELECCIÓN DE LUGAR Y ACTIVIDADES PREVIAS	17
3.2	LAS LOMAS DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO	18
3.3	MATERIALES	18
3.4	METODOLOGÍA	19
	Metodología del Objetivo Específico 01.....	19
3.4.1	Ubicación de los Colectores de Niebla	19
3.4.2	Construcción e Instalación de neblinómetros SFC, BOX y Árbol.....	20
3.4.3	Mediciones de Factores meteorológicos para colección de agua de niebla	22
3.4.4	Mediciones de cantidad de agua de niebla	22
	Metodología del Objetivo Específico 02.....	23
3.4.5	Toma de Muestra de agua de niebla.....	23

3.4.6 Mediciones de calidad de agua de niebla	23
3.4.6.1 Medición en Campo	23
3.4.6.2 Análisis en Laboratorio	24
Metodología del Objetivo Específico 03.	25
3.5 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS 3 MODELOS	25
3.5.1 Evaluación de Costos de prototipos	25
3.5.2 Comparación de rendimiento de captura de agua de niebla y costos.	25
IV. RESULTADOS Y DISCUCIONES.....	26
Resultados del Objetivo 1.	26
4.1 UBICACIÓN DE LOS COLECTORES DE NIEBLA	26
4.2 CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE NEBLINÓMETROS SFC, BOX Y ÁRBOL	26
4.2.1 Construcción e Instalación	26
4.3 FACTORES METEOROLÓGICOS.....	26
4.4 CANTIDAD DE AGUA DE NIEBLA COLECTADA.....	27
4.4.1 Evaluación de Rendimiento de Colección de agua de niebla.....	27
4.4.2 La colección de Agua de Niebla y la influencia de parámetros meteorológicos..	29
Resultados del Objetivo 2.	30
4.5 CALIDAD DEL AGUA DE NIEBLA	30
4.5.1 El Tratamiento de agua de Niebla	41
4.5.2 Potenciales usos del Agua Tratada.....	42
Resultados del Objetivo 3.	42
4.6 COSTOS DE PROTOTIPOS	42
4.7 ANÁLISIS COMPARATIVO	43
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. RECOMENDACIONES	47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
VIII. ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cantidad de muestras y sus características.....	23
Tabla 2: Parámetros, cantidad de muestra y su método de medición.....	24
Tabla 3: Valores promedio de Temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.....	27
Tabla 4: Valor promedio de agua colectada.....	28
Tabla 5: Valor promedio de parámetros meteorológicos y de colección de agua de Neblinómetros.....	29
Tabla 6: Valores promedios de parámetros de calidad de agua de niebla.....	30
Tabla 7: Costos de prototipos para 1 m ² de área de captación e instalación de modelos SFC, Box y Árbol.....	42
Tabla 8: Resumen de valores de rendimiento y costo de neblinómetros.....	43
Tabla 9: Análisis comparativo de rendimiento y costo de neblinómetros.....	44
Tabla 10: Materiales en la implementación de Colectores SFC, BOX y Árbol.....	57
Tabla 11: Valores de del promedio de agua de niebla colectada y la temperatura.....	64
Tabla 12: Valores de del promedio de agua de niebla colectada y la humedad relativa.....	65
Tabla 13: Valores de del promedio de agua de niebla colectada y la velocidad del viento.....	66
Tabla 14: Datos de Medición de Colección de Agua de Niebla usando Colectores SFC, BOX y Árbol en una zona de las Lomas de Villa María del Triunfo.....	81
Tabla 15: Análisis de parámetros en muestras de calidad de agua de niebla en Neblinómetro SFC.....	82
Tabla 16: Análisis de parámetros en muestras de calidad de agua de niebla en Neblinómetro BOX.....	83
Tabla 17: Análisis de parámetros en muestras de calidad de agua de niebla en Neblinómetro ÁRBOL.....	84
Tabla 18: Costos en Soles de materiales y mano de obra para construir e instalar colectores SFC, BOX y ARBOL.....	102
Tabla 19: Costos en Soles de Mantenimiento y Seguimiento de los colectores SFC, BOX y ÁRBOL.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Neblinómetro SFC en una zona de montaña de Yemen, África.	14
Figura 2: Neblinómetro Box en las Lomas de Villa María.	14
Figura 3: Bandejas colectoras y componentes del colector tipo Árbol implementado en Tenerife, España.	15
Figura 4: Ubicación de colectores SFC, BOX y Árbol en las laderas del cerro del pueblo joven Flor de Amancaes de las Lomas de Villa María del Triunfo.....	19
Figura 5: Diseño de los componentes de un neblinómetro SFC.....	20
Figura 6: Diseño de los componentes de un neblinómetro BOX.	21
Figura 7: Diseño de los componentes del neblinómetro Árbol.	22
Figura 8: Cambio de color de mallas en diferentes periodos, imagen del día de instalación en octubre del 2015.	31
Figura 9: Cambio de color de mallas en diferentes periodos; imagen del período diciembre del 2015.	32
Figura 10: Cambio de color de mallas en diferentes periodos; imagen del período de julio del 2016.	32
Figura 11: Cambio de color de malla de colector SFC en diferentes periodos; imagen de la izquierda de octubre del 2015.....	33
Figura 12: Cambio de color de malla de colector SFC en diferentes periodos; imagen de la derecha de junio del 2016.....	33
Figura 13: Cambio de color de malla de colector Box en diferentes periodos; imagen izquierda de octubre del 2015.....	33
Figura 14: Cambio de color de malla de colector Box en diferentes periodos; imagen derecha de junio del 2016.	33
Figura 15: Colector Árbol en fecha de instalación octubre del 2015, en la izquierda se muestra las 10 bandejas de ambos lados.	34
Figura 16: Colector Árbol en fecha de instalación octubre del 2015, en la derecha el detalle de una bandeja colectoras.....	34
Figura 17: Cambio de color de malla de colector Árbol en diferentes periodos; imagen de la izquierda de noviembre del 2015.....	34

Figura 18: Cambio de color de malla de colector Árbol en diferentes periodos; imagen de la derecha de junio del 2016.....	34
Figura 19: Valores de pH en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2015.....	36
Figura 20: Valores de pH en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2016.....	36
Figura 21: Valores de C.E. en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2015.....	38
Figura 22: Valores de C.E. en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2016.....	38
Figura 23: Valores de turbiedad en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2015.....	39
Figura 24: Valores de turbiedad en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2016.....	39
Figura 25: Concentración de Coliformes Fecales en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2015.....	41
Figura 26: Concentración de Coliformes Fecales en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2016.....	41
Figura 27: Ubicación de la zona de Estudio dentro de las Lomas de Villa María del Triunfo. La señal amarilla ubica a la zona de estudio.....	55
Figura 28: Proceso de elaboración de modelo árbol. En la foto se muestra la colocación de malla raschel al marco de madera.....	59
Figura 29: Proceso de elaboración de modelo árbol. Se muestran 10 bandejas de madera con malla raschel.....	59
Figura 30: Proceso de elaboración de modelo árbol. Se muestran la instalación de bandejas en los postes usando ángulos de acero.....	60
Figura 31: Modelo árbol finalizado, con las bandejas en postes a ambos lados del poste... ..	60
Figura 32: Colector Árbol instalado en el campo. 10 de bandejas en postes colocadas de manera alterna a cada lado del poste.....	61
Figura 33: A la izquierda: modelo SFC, al centro modelo Box y a la derecha modelo Árbol. Los modelos fueron instalados en cresta de cerro del pueblo joven Flor de Amancaes.	62

Figura 34: Gráfico de comparación del promedio de agua de niebla colectada y la temperatura.	64
Figura 35: Gráfico de comparación del promedio de agua de niebla colectada y la humedad relativa.	65
Figura 36: Gráfico de comparación del promedio de agua de niebla colectada y la velocidad del viento.	66
Figura 37: Recipientes de almacenamiento de agua de niebla. Izquierda: agua de colector BOX, centro: agua de colector Árbol y derecha: agua de colector SFC.	68
Figura 38: Jarra de medición de la cantidad del agua. Izquierda: agua de colector SFC, centro: agua de colector Árbol y derecha: agua de colector Box.	68
Figura 39: Monitoreo de la calidad del agua. Medición de pH de agua de colector SFC.	69
Figura 40: Monitoreo de la calidad del agua. Medición de conductividad de agua de colector SFC.	69
Figura 41: Inicio del funcionamiento de la colección de agua de niebla en octubre del 2015. Nótese el color de la malla verde claro. En la foto aparece el investigador del estudio.	70
Figura 42: Colección de agua de niebla en junio del 2016. Nótese el color de la malla gris. Investigador en zona de estudio, Lomas de Villa María del Triunfo.	70
Figura 43: Rendimiento de Colección de Agua de Niebla de octubre a diciembre del 2015.	79
Figura 44: Rendimiento de Colección de Agua de Niebla de junio a octubre del 2016.	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ubicación de la zona de estudio	54
Anexo 2: Materiales usados en la instalación de neblinómetros	56
Anexo 3: Proceso de elaboración del modelo árbol	58
Anexo 4: Gráficos de datos meteorológicas usados en el estudio y su comparación con la variación en el volumen de agua colectada	63
Anexo 5: Medición de la cantidad y calidad de agua en campo y laboratorio	67
Anexo 6: Análisis estadístico	71
Anexo 7: Resultados de cantidad y calidad de agua de niebla	78
Anexo 8: Resultados de laboratorio - microbiológico.....	85
Anexo 9: Costos de modelos de neblinómetros.....	101

RESUMEN

La niebla es un recurso muy abundante en las costas del Perú. Las lomas de Villa María del Triunfo poseen una flora y fauna que aprovecha el agua de la niebla entre junio a setiembre, y es una zona donde se han realizado proyectos de colección del agua de niebla. Un proyecto de colección de agua de niebla es viable si obtiene un valor diario promedio de dos litros de agua por metro cuadrado de malla durante varios meses del año, y un valor diario promedio de cinco litros por metro cuadrado de malla es considerado muy productivo. El neblinómetro es un instrumento que permite calcular la cantidad de agua colectada, y permite determinar la potencialidad de captura de niebla. Se ha reportado rendimientos de dos modelos de neblinómetros en las Lomas de Villa María, el SFC (Standard Fog Collector) y el Box (Caja), con rendimientos de 2.9 y 2.5 litros por metro cuadrado al día. Así, con el objetivo de desarrollar un estudio comparativo del rendimiento de 3 modelos de colectores de agua de niebla, se instaló un nuevo tipo de neblinómetro denominado Árbol en la zona de estudio para evaluar si puede ser una alternativa de mayor eficiencia en la colección frente al SFC y Box. Se instalaron neblinómetros SFC, Box y Árbol y se contó con la participación de la población de la zona de estudio. Se evaluaron 29 muestras de agua obteniéndose que no hay diferencia significativa en el volumen de agua captada entre el SFC y BOX, SFC y Árbol; pero si entre Box y Árbol, los rendimientos promedios diarios registrados fueron de 2.7, 2.3 y 1.9 litros por metro cuadrado para los neblinómetros Box, SFC y Árbol respectivamente. Se ha logrado conocer la relación directa entre el incremento de colección de agua de niebla y el aumento en la humedad relativa y la velocidad del viento, siendo ambos parámetros que contribuyen al mayor éxito de colección de agua de niebla. Sobre la calidad del agua; se concluye que sus valores de conductividad, turbidez y coliformes fecales no son aptos para consumo humano debido a que el agua captada se contamina debido a la presencia de polvo, sales marinas y defecación de aves en la malla y accesorios. La forma geométrica del colector influye en la alteración de calidad de agua de niebla colectada, así el colector de forma geométrica más simple como el colector SFC obtiene los mejores valores de calidad. El SFC ha obtenido los mayores rendimientos en colección de agua, mejores valores en calidad del agua y bajos costos en su implementación, siendo una buena alternativa para el acceso de agua a personas que viven en las zonas como las lomas costeras.

Palabras claves: niebla, neblinómetro, rendimiento, diseño colector, calidad agua, contaminación.

ABSTRACT

Fog is a very abundant resource on the coasts of Peru. The hills of Villa Maria del Triunfo have flora and fauna that take advantage of mist water between June and September, and it is an area where fog water collection projects have been carried out. A fog water collection project is viable if it obtains an average daily value of two liters of water per square meter of mesh for several months of the year, and an average daily value of five liters per square meter of mesh is considered very productive. The neblinometer is an instrument that allows to calculate the amount of water collected, and allows to determine the potentiality of fog capture. Yields of two neblinometer models have been reported in the Lomas de Villa Maria, the SFC (Standard Fog Collector) and the Box, with yields of 2.9 and 2.5 liters per square meter per day. Thus, with the aim of developing a comparative study of the yields of 3 models of fog water collectors, a new type of neblinometer called Tree was installed in the study area to evaluate if it can be a more efficient alternative in the collection compared to the SFC and Box. SFC, Box and Tree neblinometers were installed and the population of the study area participated. 29 water samples were evaluated, obtaining that there is no significant difference in the volume of water collected between the SFC and BOX, SFC and Tree; However, between Box and Arbol, the average daily yields recorded were 2.7, 2.3 and 1.9 liters per square meter for the Box, SFC and Arbol neblinometers, respectively. It has been possible to know the direct relationship between the increase in mist water collection and the increase in relative humidity and wind speed, both parameters being applied to the greater success of fog water collection. On the quality of the water; It is concluded that its conductivity, turbidity and fecal coliform values are not suitable for human consumption because the captured water is contaminated due to the presence of dust, sea salts and bird defecation on the mesh and accessories. The geometric shape of the collector influences the alteration in the quality of the collected fog water, thus the collector with a simple geometric shape such as the SFC collector obtains the best quality values. The SFC has obtained the highest yields in water collection, better values in water quality and low costs in its implementation, being a good alternative for access to water for people living in areas such as coastal hills.

Key words: fog, neblinometer, yield, collector design, water quality, pollution.

I. INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

El agua es un recurso natural muy importante para la vida sobre la tierra y su limitado acceso para el consumo humano es un problema que afecta a muchos países en el mundo. Según Unesco (2020) se estima que 2200 millones de personas carecen de acceso a fuentes mejoradas de agua potable a nivel mundial. En el Perú, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) señala que 3.6 millones de habitantes peruanos no tienen acceso al servicio de agua potable de red pública (INEI 2018). Lima es la segunda ciudad más poblada del mundo ubicada en un desierto y tiene deficiencias en abastecimiento de agua para una población estimada de nueve millones de habitantes (INEI 2017).

Esta situación lleva a buscar fuentes alternativas de acceso de agua. Las formas de acceso provienen de la lluvia, desalinización del agua de mar, niebla y humedad, las cuales han sido implementadas a través de proyectos en el Perú (Corell 2014).

La niebla es un recurso muy abundante en las costas del Perú. El ecosistema de Lomas costeras, con 800 mil hectáreas de terreno, aprovecha la niebla para originar una flora y fauna en la estación de invierno (Gonzales y Torres 2009).

García et al. (2014) indican que las lomas costeras se encuentran entre los 200 y 1000 metros sobre el nivel del mar. Dentro de las lomas de Lima se ubican las lomas de Villa María del Triunfo, que al igual que las lomas costeras, poseen un alto porcentaje de humedad debido a la niebla y llovizna entre los meses de mayo a noviembre, temporada que se caracteriza porque las quebradas secas se cubren de vegetación y son pobladas por fauna endémica.

En las lomas costeras se han realizado proyectos de colección del agua de la niebla a través de paneles con mallas de material sintético, desde la década de 1970. El proyecto más exitoso se realizó en las lomas de Atiquipa, en el departamento de Arequipa. Se ha reportado un rendimiento promedio de 22 litros por metro cuadrado por día de agua, siendo su uso para la forestación de plantas de importancia comercial (Gonzales y Torres 2009).

En las lomas de Villa María del Triunfo se realizó un estudio piloto de colección de agua de niebla en el pueblo joven Flor de Amancaes. Se reportaron resultados con un valor promedio de un litro de agua por metro cuadrado por día. El panel logró coleccionar agua que se destinó para uso doméstico y forestación (PEBAL 2011; Huaman 2012).

Posteriormente, a través del proyecto de investigación: Water for Life promovido por la Universidad de Sydney, se instalaron en Villa María del Triunfo dos diseños de atrapanieblas: el SFC (Standard Fog Collector) y el Box (Caja), con un rendimiento de 2.97 y 2.55 litros por metro cuadrado por día respectivamente durante tres meses de colección (Goonan y Yeo 2012).

El Standard Fog Collector es un colector con un marco de un metro por un metro y dos postes que lo elevan a dos metros de la base del suelo (Schemenauer y Cereceda 1993). El colector Box es un modelo tridimensional, con 2 marcos de un metro por un metro, separados 0.2m, y soportados por dos postes que lo elevan dos metros de la base del suelo (Goonan y Yeo 2012). Ambos colectores usan malla raschel de 35 por ciento de sombra, canaletas y recipiente para almacenar el agua.

La colección de agua mediante atrapanieblas se convierte en una opción tecnológica que contribuye al acceso alternativo de agua durante los meses de abundante niebla. En España hay empresas que ofrecen servicios de diseño, comercialización e instalación de captadores de niebla, existiendo diseños de arquitectura innovadores. OpenMS (2015) es una empresa española que ha diseñado colectores que asemejan la estructura de un árbol.

Siendo necesario incrementar el rendimiento de colección, se ha planteado la presente investigación con el fin de evaluar si un nuevo modelo de colector denominado en este proyecto *Árbol*, puede ser una alternativa de mayor rendimiento en la colección frente a los modelos Standard Fog Collector (SFC) y el Box. El SFC es muy usada en varios países del mundo por su buen rendimiento bajo determinadas condiciones meteorológicas (Schemenauer et al. 2005). El diseño de un colector con mayores rendimientos permitiría disminuir costos en su implementación y aumentar el número de personas que logren acceso al agua.

Por ello nos hacemos las siguientes preguntas: ¿Se puede recomendar un diseño de colector que obtenga buen rendimiento en cantidad, calidad y precio? ¿Puede el diseño del colector influir en la alteración de la calidad del agua colectada? ¿El colector que obtenga el mejor rendimiento será el que posea el menor o mayor costo de construcción e instalación?

1.2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio comparativo del rendimiento de 3 modelos de colectores de agua de niebla en la zona de lomas de Villa María del Triunfo.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Evaluar el rendimiento de colección de agua de niebla en los 3 modelos de colectores.
- ii. Evaluar la calidad del agua colectada a través de ensayos fisicoquímicos y microbiológicos, con fines de tratamiento para consumo humano.
- iii. Determinar el costo de instalación de cada prototipo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Las fuentes de agua más utilizadas por el ser humano para sus actividades provienen de los ríos, manantiales y el agua subterránea. Con el uso de la tecnología, se ha logrado desalinizar agua del mar y tratar las aguas residuales, y se han desarrollado diferentes tecnologías alternativas para el suministro de agua de la lluvia, la niebla y la humedad.

Casas (2008) reportó que en la subregión del Altomayo de la selva peruana hay potencial para implementar sistemas de captación de agua pluvial en techos de casas.

Palacio (2010) propone un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia para un centro educativo, siendo viable técnicamente por las lluvias en la zona, pero con un alto costo inicial para su implementación. Esto supone una tecnología que es sostenible ambientalmente, pero con poca viabilidad económica.

Gutiérrez (2010) elaboró un dispositivo para aprovechar la humedad de la atmósfera con un rendimiento promedio diario de 53,7 gramos de agua. Este valor es limitado para su uso en abastecimiento de agua a poblaciones, pero aplicable para zonas áridas con alta humedad relativa y con necesidades de riego. La universidad UTEC colectó agua de la humedad en la costa peruana a través a través de un panel publicitario, el cual utiliza 5 máquinas electrónicas que usan filtros y energía eléctrica. El agua obtenida es apta para consumo humano (El Comercio 2013).

El agua atmosférica es aquella compuesta de agua de lluvia y niebla. Algunos autores usan este término para distinguirla de las aguas subterráneas, superficiales o de otro origen como la desalación.

El agua de la niebla es un recurso con potencial para países con una cercanía al mar y escasez de agua (Marzol 2005). La colección de agua de niebla será objeto de estudio de esta investigación, por ello a continuación se describen los aspectos más importantes.

2.1 LA NIEBLA

La niebla está constituida de pequeñas gotas de agua suspendidas en la atmósfera, que forman una nube en contacto con la superficie de la tierra. Su tamaño es de 1 a 40 μ m de diámetro y velocidades de caída entre 1 a 5cm s⁻¹ (Organización Meteorológica Mundial 1996).

La niebla se produce cuando el vapor de agua que permanece en el aire se condensa antes de llegar a la superficie terrestre; esto a causa del enfriamiento del aire, quien por contacto o mezcla; forma gotas pequeñas de agua líquida o cristales de hielo en suspensión. Esto ocasiona que se reduzca la visibilidad a menos de 1 km (Cisneros y Anchaygua 2003).

La niebla genera impactos positivos y negativos sobre las personas. La poca visibilidad que genera en las carreteras, los aeropuertos y centros de aterrizaje de aviones, son impactos negativos para una población. El impacto positivo de la niebla es brindar agua a las plantas a través del alto contenido de humedad que transporta (Corell 2014). Estudios han demostrado que la niebla puede brindar agua para consumo humano a poblaciones cercanas a la costa y la crianza de animales (Cereceda 2000; Osse 2000).

2.2 ORIGEN DE NIEBLAS COSTERAS

El Perú está ubicado en una zona tropical lluviosa, sin embargo, no posee este clima, debido a la Corriente Peruana de Humboldt, el Anticiclón del Pacífico Sur y la cordillera de los Andes (Medina 2010).

Gallardo (1994) indica que las bajas temperaturas superficiales del mar peruano producen masas de aire frío en la atmósfera cercana a la costa. En esta zona las capas adyacentes del suelo poseen una alta concentración de humedad en el aire, lo que da origen a las nubes estratiformes que se presentan en invierno en la costa peruana.

2.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA COLECCIÓN DE AGUA DE NIEBLA

2.3.1 Experiencias Históricas a nivel Mundial

Los primeros asentamientos humanos de América del Sur han aprovechado el agua de la niebla hace menos de 5000 años. Utilizaron métodos como colección de agua a través de la vegetación (Jiménez et al. 2012). A continuación, se presentan casos de pueblos que han usado tecnologías de colección de agua de la niebla para uso doméstico, los animales y la agricultura.

En España se ubica las Islas Canarias, donde Fray Bartolomé de Las Casas observó en los indígenas la práctica del culto al árbol llamado *El Garoé*. Los indígenas consideraban sagrado el árbol porque captaba agua de la niebla y las lloviznas, lo que brindaba agua dulce para sus actividades agrícolas y domésticas. *El Garoé* existió hasta 1610, cuando fue arrancado de su raíz por un huracán (García 2016).

En México, de la época prehispánica, en la cuenca de México hay reportes que los pescadores de aquella época colectaban agua de la niebla con el uso de mallas de pesca. Estas mallas estaban ubicadas en centro y borde del lago y otras en el terreno seco (Pascual et al. 2011).

En Chile, en el desierto de Atacama se colectaba agua del rocío y la niebla mediante un muro de piedras. Las piedras se disponen en ubicación adecuada para que la condensación de las gotas de niebla se deposite dentro de la base del muro. En 1958, Carlos Espinosa y otros investigadores de la Universidad del Norte Chile, luego de estudiar el fenómeno de la niebla costera, fabricaron el primer captador de agua de niebla llamado Macrodiamente (Pascual et al. 2011).

2.3.2.- Experiencias más importantes de colección de agua de la niebla en el Perú.

En la costa sur del Perú el hombre cazador de la época pre cerámica (8 000 a 4 500 A.C.) desarrolló su agricultura y estrategia de vida en armonía con el ecosistema de lomas de niebla. El oasis de niebla durante cinco milenios brindó recursos potenciales al hombre, esto permitió reducir su movilidad para la búsqueda de recursos para su sobrevivencia en los estuarios de los ríos (Beresford et al. 2015)

La colección de agua de la niebla en el Perú se ha realizado con diferentes niveles de éxito en comunidades de la costa, desde Trujillo hasta Tacna. Diversas pruebas de colección de agua de niebla en las lomas costeras han sido implementadas, entre ellas las Lomas de Lachay, Pasamayo y Manchay (Rodríguez 1992).

En las Lomas de Atiquipa del departamento de Arequipa se realizó el proyecto Mejía, el más exitoso proyecto implementado en nuestro país (Schemenauer y Cereceda 1993). El promedio diario de agua colectada es de 6.7 litros por metro cuadrado, y es usada en forestación (Ortega et al. 2007).

El Proyecto Desierto Verde fue realizado el año 2007 por la ONG Alimon y National Geographic en tres pueblos jóvenes del distrito de Villa María del Triunfo. Utilizaron atrapanieblas que se enfocaron al uso del agua captada en biohuertos y forestación. Se instalaron cuatro atrapanieblas modelo chileno y tres atrapanieblas con nuevos diseños. Las investigaciones mostraron valores máximos diarios de 20 litros por metro cuadrado (Alimón 2007; Bayer Report 2007).

En la ciudad de Lima los ecosistemas de Lomas han presentado características favorables para la implementación de proyectos de colección de agua. Las poblaciones ubicadas en la periferia de la ciudad han apoyado la implementación de proyectos de forestación en las laderas de cerros para disminuir el riesgo de vulnerabilidad de suelos erosionados. La producción de huertos familiares con riego de agua colectada de la niebla ha sido exitosa en proyectos de apoyo de la cooperación internacional (Tiedemann y Lummerich 2010).

En el año 2010 se realizó un estudio piloto de colección de agua de niebla en las lomas de Villa María del Triunfo. Un panel atrapanieblas de seis metros cuadrados de malla raschel y 35 por ciento de sombra colectó durante los tres meses de estudio un valor promedio diario de un litro de agua por metro cuadrado de malla. El panel logró colectar agua que se destinó para uso doméstico y forestación (PEBAL 2011; Huaman 2012).

Posteriormente, a través del proyecto de investigación Water for Life promovido por la Universidad de Sydney se instalaron en las lomas de Villa María del Triunfo dos diseños de

atrapanieblas: el SFC (Standard Fog Collector) y el Box (Caja) con un rendimiento de 2.97 y 2.55 litros por metro cuadrado por día respectivamente durante tres meses de colección (Goonan y Yeo 2012).

Estudios de García (2017), en las Lomas de Villa María del Triunfo, muestran que la calidad de agua de niebla varía en el espacio y el tiempo. Encontrando que elementos químicos y compuestos como Na, Cl⁻, Mg, Ca, F⁻, Sr, Li, As, Cr, Mo, SO₄²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻ y SiO₂ presentan mayores concentraciones hacia el sur y menores concentraciones hacia el norte del ecosistema de Lomas de Villa María; estas concentraciones también varían si se miden en los meses de agosto, setiembre u octubre. Otro hallazgo fue el origen de la fuente de diversos contaminantes en las Lomas de Villa María. La fuente de origen del arsénico fue atribuida a la fábrica de cemento de la compañía UNACEM, el aluminio y hierro tiene como fuente al suelo, el plomo tiene como fuente la contaminación atmosférica de Lima Metropolitana.

2.4. CLASIFICACIÓN DE NIEBLAS

En la literatura hay distintos tipos de nieblas clasificados en función de su génesis (Corell 2014). Estas son:

- a) Nieblas de radiación: se forman por descenso de la temperatura del aire en su contacto con el suelo frío por radiación. Este tipo de nieblas ocurre principalmente en zonas de valle.
- b) Nieblas de evaporación: se producen cuando una masa de aire fría se desplaza sobre una superficie líquida más cálida, provocando la evaporación desde el agua hacia la insaturada masa de aire. Se presenta en latitudes altas en mañanas de otoño cuando masas de aire frío se desplazan sobre las aguas de lagos o mares todavía calientes del verano.
- c) Nieblas frontales: asociada al encuentro de dos masas de aire, una masa fría y otra caliente que al chocar produce que el aire caliente ascienda, luego se enfríe y provoque la formación de nubes y la precipitación.
- d) Niebla Orográfica.
- e) Niebla de Advección.

Para el presente estudio son importantes describir los tipos de niebla Orográfica y niebla de Advección.

La niebla Orográfica se forma dentro de las corrientes de aire que asciende sobre las laderas montañosas o elevaciones de un terreno. El aire al ascender se expande y se enfría, ocurriendo un aumento de la humedad relativa que alcanza la saturación. Para que la niebla se forme es necesario que la humedad relativa inicial sea elevada y que el viento sea persistente y no muy intenso (Contreras 2012; Corell 2014).

La niebla de Advección se forma cuando una corriente de aire cálido y húmedo se desplaza sobre una superficie más fría. El aire se enfría desde su base, su humedad relativa aumenta y el vapor de agua se condensa formando la niebla. Para su formación es necesario que el viento registre una intensidad entre 8 y 24 km por hora. Son frecuentes en las zonas costeras, principalmente en invierno, cuando el aire relativamente más cálido y húmedo procedente del mar fluye hacia la tierra más fría. En verano la niebla se produce de forma inversa, del mar cálido a la tierra fría (Contreras 2012).

Cereceda et al. (2002) indican que la capa de nubes que asciende sobre las cadenas montañosas en las costas de Chile varía en altura entre 400 m y 1 100 m, y tiene un espesor que oscila entre los 300 y 400 m, dependiente de la existencia de una capa de inversión térmica que impida su desarrollo en altura.

Pinche (1986) realizó un estudio de las condiciones climáticas y de la ocurrencia de niebla en la costa norte de Lima, reportando que las nieblas que se presentan en la región costera del área de estudio son esencialmente de tipo advectivo. Estas se presentan en verano sobre lugares cercanos al litoral y en invierno llegan a cubrir las Lomas Costeras con mayor frecuencia. La temporada de niebla en las Lomas Costeras se presenta entre mayo y noviembre, ocurriendo mayormente en las primeras horas del día entre las 01 a 08 horas y tiene en promedio una duración diaria de 5,5 horas. Estas se forman cerca al litoral y se desplazan hacia el continente, además se forman a partir de la nubosidad tipo estratiforme que predomina en esta temporada.

Marzol (2005), indica que en los proyectos realizados en el litoral de Chile (El Tofo y Cerro Paposo) y de Perú (Mejía, Orara, Lachay y Atiquipa), predomina la niebla de advección denominada la *camanchaca*.

Varios estudios se han realizado en las costas del Perú, y todos han concluido que hay un potencial para la colección de agua de niebla en la época de invierno. Schemenauer y Cereceda (1993) realizaron mediciones meteorológicas de julio a noviembre de 1990 en las Lomas cercanas a Lima, reportando una alta frecuencia de nieblas. Gonzales y Torres (2009) en las Lomas de Atiquipa, departamento de Arequipa, han reportado colección de agua de niebla y su uso para la forestación de plantas de importancia comercial.

2.5. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE NIEBLA COLECTADA

Las características más importantes del agua de niebla colectada son la cantidad y calidad de agua obtenida según los fines que quiera darse uso, sin embargo, hay otras que se derivan de ellas o son complementarias como: tratamiento del agua con tecnologías caseras o sofisticadas, aceptación social para su consumo, el precio del agua de niebla y el financiamiento para zonas con alto potencial de colección (De La Jara y Le Boeuf 2014).

2.5.1.-Cantidad de agua

La colección de agua de niebla ha sido evaluada en varios países del mundo. Su principal propósito es el suministro de una cantidad considerable de agua para diversos usos como: (a) forestación (González y Torres 2009; Asociación Zabalketa 2014), (b) proyectos de abastecimiento de agua potable, (Cereceda 2000; Mileta y Likso 2010), (c) protección y conservación de flora y fauna (Marzol 2005) y (d) emprendimientos empresariales como agua embotellada (Agua de niebla S.L. 2016)

Un proyecto de colección de agua de niebla viable tiene un valor diario promedio de dos litros por metro cuadrado de malla durante varios meses del año. Un valor diario promedio de cinco litros por metro cuadrado de malla es considerado muy productivo (Schemenauer et al. 2005).

2.5.2.- Calidad del agua

En la mayoría de casos el estudio de la calidad del agua tiene el propósito de evaluar si es apta para el consumo humano, con resultados negativos en la mayoría de estudios. Se han encontrado metales pesados como mercurio, coliformes fecales y nitrógeno amoniacal (Jofre et al. 2015; Huaman 2012). En otros se evalúa su uso para forestación, agricultura, industria y otras actividades que no requieran su consumo directo. El agua de niebla, sin tratamiento previo, es usado comúnmente para riego de plantas (Jofre et al. 2015), pero si se aplica un tratamiento casero como sedimentación y cloración, es usado para el uso doméstico en lavado de ropa, aseo de pisos y utensilios de cocina (Huaman 2012).

Schemenauer y Cereceda (1992), reportaron que muestras de agua, de la región del Tofo en Chile, presentan valores de pH en el rango de 6.0 a 8.0. Estos valores son estándares permitidos para consumo humano según la OMS. Corell (2014) reportó valores aceptables para consumo humano en la Península Ibérica.

En estudios recientes, la calidad del agua de la niebla ha sido objeto del estudio de la contaminación antropogénica del aire. Se han encontrado emisiones de gases tóxicos, como dióxido de sulfuro o dióxido de nitrógeno, que ocasionan que el agua de niebla posea un pH ácido (Simon et al. 2016).

Vásquez et al. (2012), indican que la niebla realiza el transporte de componentes solubles de la atmósfera, es así que conocer la composición de la niebla contribuye a conocer cuáles son las fuentes de contaminantes de origen natural como antrópicas.

Se debe mencionar que las fuentes de contaminación química en el agua de niebla que continuación se detallan, son aquellas que los autores han medido en la atmósfera, antes de la colección de agua en un recipiente. Los orígenes posibles son del mar, del suelo y de las actividades antrópicas.

Yue et al. (2012), mencionan que las altas temperaturas en el mar promueven una mayor evaporación de sales, que transportan iones de Na^+ y Cl^- , y otros como el Mg^{2+} que luego

serán partículas de sales suspendidas transportadas por el aire. Los organismos marinos como el fitoplancton, con ayuda de las bacterias, contribuyen con la emisión de gases sulfurados producto de la oxidación metabólica del dimetilsulfuro (DMS), este compuesto gaseoso sumado al sulfuro de hidrogeno (H_2S) y sulfuro de carbono de origen antrópico contribuyen a un valor bajo de pH, es decir la acidez de la niebla.

El suelo, sin cobertura vegetal o sin cobertura de asfalto, puede aportar con iones de Ca^{2+} , proveniente de partículas finas, las cuales son transportadas por el viento a la atmosfera (Yue et al. 2012).

Las actividades antrópicas contribuyen con sustancias alcalinas, neutralizantes y metales pesados, como es el caso de la industria cementera. Es el caso de las Lomas de Villa María en Lima, donde el estudio de García (2017) en un sector cercano a la Cementera UNACEM Determinó que el ecosistema de lomas presenta diferentes fuentes de contaminación atmosféricas. Una fuente es origen urbano, es decir de Lima Metropolitana que aporta plomo, la segunda fuente son las emisiones de gases y partículas de la fábrica de la compañía UNACEM que aporta principalmente arsénico, la tercera fuente es la degradación del suelo por apertura de caminos de acceso a invasiones la cual aporta aluminio y hierro, otras fuentes contaminantes son gases de la quema de residuos domiciliarios mal dispuestos y gases de lodos de las granjas porcinas cercanas (García 2017).

2.6.- CONSIDERACIONES PARA LA COLECCIÓN DE AGUA DE NIEBLA

2.6.1.- Factores Ambientales

Schemenauer (1994) indica que los factores más importantes en la colección de agua de niebla son:

- a) Patrones globales de viento: por ejemplo, los vientos alisios ocurren de manera persistente en la costa.
- b) La elevación de la montaña: una loma o cordón montañoso que intercepte el aire húmedo.
- c) Altitud: entre 600 a 1 000 metros sobre el nivel del mar.
- d) Orientación: los paneles colectores sean ubicados de manera perpendicular al viento que lleva la niebla costera.

- e) Distancia de la línea de la costa: a una distancia cercana de 5 km.
- f) Distancia entre colectores: debe ser de 4 m en colectores de 12 m de longitud.
- g) Ausencia de obstáculos naturales o artificiales: para evitar desviación del viento que lleva niebla.
- h) Velocidad del viento: de 6 m/s es adecuada.
- i) Topografía accesible y con pendiente suave.
- j) Ubicación en crestas son óptimas: son las ubicaciones de altitud constante en un terreno plano. Localizaciones detrás de una cresta o una colina, especialmente donde el viento fluye hacia abajo debería ser evitado.

2.6.2.- Neblinómetro

Permite calcular la cantidad de agua colectada y se instala en una etapa previa de exploración para determinar la potencialidad de captura de neblina en la zona.

2.6.2.1 Tipos de Neblinómetros

El Standard Fog Collector (SFC), es un neblinómetro con marco de 1 m por 1m, soportado por dos postes que lo elevan a 2 m de la base del suelo (Schemenauer y Cereceda 1993). El neblinómetro Box es un modelo tridimensional, con marcos de 1m por 1m y separados 0.2 m, soportado por dos postes que lo elevan 2 m de la base del suelo (Goonan y Yeo 2012). Ambos neblinómetros usan malla raschel de 35 por ciento de sombra, canaleta y recipiente para almacenar el agua. En las Figuras 1 y 2 se muestran los neblinómetros SFC y BOX respectivamente.



Figura 1: Neblinómetro SFC en una zona de montaña de Yemen, África.

FUENTE: Schemenauer et al. (2005)



Figura 2: Neblinómetro Box en las Lomas de Villa María.

FUENTE: Huaman (2012)

El neblinómetro permite conocer el potencial de colección de niebla en una zona. El neblinómetro más usado es el modelo SFC, el cual permite comparar el volumen de agua colectado en diferentes zonas del mundo. El colector Large Fog Colector (LFC), es una

versión grande del SFC que se instala en zonas donde el SFC ha determinado un potencial aceptable (Schemenauer et al. 2005).

Según Sánchez (2008) el primer modelo SFC con modificaciones en bandejas auxiliares se realizó en Tenerife, este sería el prototipo más cercano al modelo de neblinómetro tipo árbol propuesto en este proyecto, y que se muestra en la Figura 3.



Figura 3: Bandejas colectoras y componentes del colector tipo Árbol implementado en Tenerife, España.

FUENTE: Open MS (2015)

2.6.3.- Colector Atrapanieblas

La presente investigación es realizada con colectores tipo neblinómetros, pero existen otros colectores de mayor captación de volúmenes de agua llamados atrapanieblas o captadores de niebla, Pascual et al. (2011) menciona a tres colectores y sus eficiencias:

- Macrodiamante, con un rendimiento de 3.9 l/día/m².
- Cilíndrico, con un rendimiento de 4.75 L/día en total por el colector.
- Bidimensional, con un rendimiento de 3 l/día/m².

Pascual et al. (2011) indican que se han propuesto diferentes tipos de colectores de niebla como alternativa de abastecimiento en poblaciones de difícil acceso al agua potable. Los rendimientos en la cantidad de agua obtenida mediante estos colectores de niebla, oscilan alrededor de los 4 litros por metro cuadrado de malla al día. En sistemas eficientes los rendimientos esperados varían de 2 a 10 litros por metro cuadrado de malla al día y para sistemas muy eficientes el promedio es de 84 litros por metro cuadrado de malla al día.

En el 2000, Sánchez funda la empresa Open MS presenta el colector Aquair optimizer, el cual describe un modelo abeto parecido a un árbol, que dispone de bandejas recolectoras en ambos lados del poste. Su diseño permite su integración en zonas boscosas y presenta un excelente nivel de captura en esas condiciones. En Tenerife el rendimiento promedio diario de colección de agua de niebla es de 48 litros por metro cuadrado (Open MS 2015). En la Figura 3 se muestra el colector tipo árbol.

En Lima- Perú, un colector con mallas dispuestas en tres dimensiones, denominado colector Eiffel, reportó valores promedios diarios de colección de 29.6 litros por metro cuadrado (Tiedemann y Lummerich 2010).

En el 2012, la ONG Zabalketa implementó el colector Aquair optimizer en zonas costeras y alejadas de la costa en Bolivia y Perú, se usó con fines de conocer el potencial de colección de agua de niebla y forestación con plantas autóctonas. Las eficiencias promedias que se obtuvieron fueron de tres litros por metro cuadrado por día como mínimo y cinco litros por metro cuadrado por día como máximo (Asociación Zabalketa 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 SELECCIÓN DE LUGAR Y ACTIVIDADES PREVIAS

Se eligió la zona para instalar los neblinómetros usando los principales criterios que han sido descritos por Schemenauer (1994) para una adecuada colección de agua de niebla. Los criterios fueron:

- Presencia de niebla y vegetación en invierno, como ocurre en las Lomas de Villa María del Triunfo.
- Las crestas de los cerros son lugares ideales para mayor colección de agua de niebla.
- Buena accesibilidad al lugar para el traslado de materiales y visitas de monitoreo.
- Altitud cercana a 600 m.s.n.m.
- Velocidad del viento mayor a 2 metros por segundo.
- Humedad relativa mayor a 80 por ciento.
- Dirección del viento predominante en la misma orientación de los neblinómetros.

Se conocía la zona de estudio por trabajos realizados previamente el 2012 en una investigación de colección de agua promovida por PEBAL la Inmaculada, una obra social de la Compañía de Jesús. Para realizar los trabajos previos se realizó una reunión con la Junta Directiva de comunidad a cargo de la zona, A.H. Flor de Amancaes, quien debe su nombre a que en la zona aparece la Flor de Amancaes en el mes de Julio.

Los pobladores aceptaron la construcción e instalación de los 3 colectores en la zona alta debido a la confianza con la institución Jesuita y que el investigador formó parte de su ejecución. Se realizaron visitas de mediciones previas de humedad relativa, velocidad del viento y la dirección del viento para la búsqueda de la orientación de los 3 colectores.

3.2 LAS LOMAS DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO

Las lomas son ecosistemas endémicos de la costa del Pacífico Sur y están presentes en el Perú y Chile. Exhiben vegetación sólo en la temporada húmeda del año, que ocurre de junio a diciembre. La vegetación de las lomas tiene la habilidad de aprovechar el agua condensada a partir de la neblina que proviene desde el Océano Pacífico y se dirige hacia los Andes (Pacto Político Lomas de Lima 2014).

Brack (2000); citado por Pacto Político Lomas de Lima 2014; menciona que el 43 por ciento de las especies de lomas son endémicas. Las lomas son una de fuente potencial de recurso hídrico para la costa norte de Lima (Pinche 1986). En Lima, los ecosistemas de lomas alcanzan una superficie de 70 mil hectáreas, distribuidas en 19 distritos de los 43 de la capital, alcanzando a ser los ecosistemas naturales con mayor extensión en Lima (SERPAR 2014).

Las lomas de Villa María del Triunfo, además de albergar una gran variedad de especies de plantas y fauna oriunda de las propias lomas, ofrecen espacios de recreación para el turismo, esparcimiento y disfrute de valores paisajísticos. También proporcionan beneficios ambientales, tales como aire limpio, regulación climática, polinización, captadores de agua naturales, etc. (García et al. 2014).

Desde la época colonial, estos ecosistemas han sido afectados de manera negativa por actividades como la deforestación y el crecimiento urbano, reduciéndolos en superficie, afectando a las especies que en ellos viven y colocándolos en una situación de vulnerabilidad grave a lo largo de toda nuestra ciudad (Pacto Político Lomas de Lima 2014).

3.3 MATERIALES

Para la medición de la cantidad del agua de neblina que puede colectarse, se utilizaron tres modelos de neblinómetros: Standard Fog Colector (SFC), Box y Árbol, los cuales usaron un mismo tipo de malla colectora: raschel de 35 por ciento de sombra. Estos fueron ubicados de manera equidistante en una cresta del cerro donde se presentó mayor colección de niebla según los reportes de PEBAL (2011). En el Anexo 2 se muestra la lista de materiales usados en el presente estudio.

3.4 METODOLOGÍA

Metodología del Objetivo Específico 01.

3.4.1 Ubicación de los Colectores de Niebla

El estudio se realizó en las Lomas de Villa María del Triunfo, en las laderas del cerro del pueblo joven Flor de Amancaes, distrito de San Juan de Miraflores y departamento de Lima. Los neblinómetros fueron ubicados usando el sistema de coordenadas UTM WGS 84 zona 18L, 287786 m E y 8659762 m S, a una altura de 580 metros sobre el nivel del mar.

Los neblinómetros se ubicaron en la cresta del cerro, zona que presenta mayor presencia de viento en dirección predominante del Sur-Suroeste (SSO), vegetación y de acceso seguro para su instalación. En la Figura 4 se muestra detalles de la ubicación de la zona de estudio, y en el Anexo 1 se muestra su ubicación en las Lomas de Villa María del Triunfo.

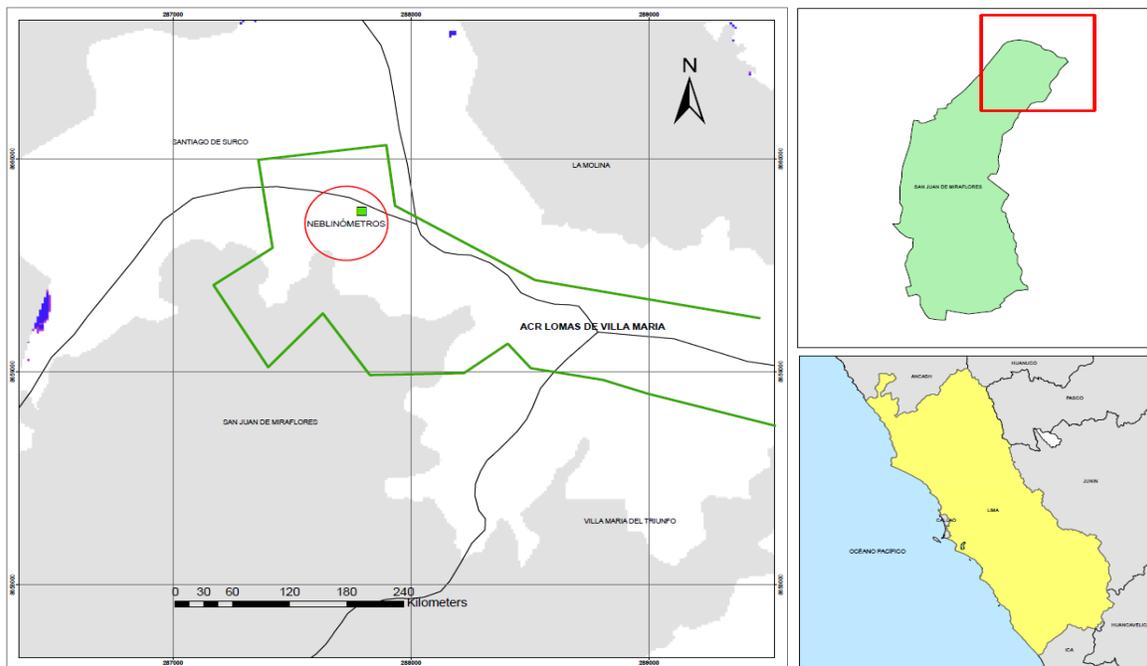


Figura 4: Ubicación de colectores SFC, BOX y Árbol en las laderas del cerro del pueblo joven Flor de Amancaes de las Lomas de Villa María del Triunfo.

Todos los colectores se ubicaron a la misma altura y a un metro de distancia uno del otro y en dirección perpendicular al viento, para ello se usó la veleta de un anemómetro modelo Kestrel 4500 para obtener la dirección del viento predominante.

3.4.2. Construcción e Instalación de neblinómetros SFC, BOX y Árbol

Se implementaron los modelos de neblinómetros SFC, BOX y ARBOL con ayuda de manuales de guía y literatura científica. Para el modelo SFC se elaboró en base al manual guía de la ONG canadiense FogQuest. Para el modelo Box se usó el diseño de los autores Goonan y Yeo (2012). Para el modelo Árbol se tomaron como referencia los estudios de Sánchez (2008). Todos los modelos se construyeron en base a criterios como: materiales accesibles, de bajo costo y de larga durabilidad.

El modelo Standard Fog Colector (SFC), se instaló en un panel modular de un metro cuadrado de área, consistente en dos postes de madera, asegurados en bases de 1m de profundidad. Los postes fueron asegurados con cables de acero a modo de tensores. El panel fue cubierto con dos capas de malla raschel al 35 por ciento de sombra la cual colectó agua en una canaleta de plástico de 6 pulgadas. El agua fue captada por una canaleta y llevada por una manguera conectada para su almacenamiento en un balde de 20 litros de capacidad, tal como se muestra en la Figura 5.



Figura 5: Diseño de los componentes de un neblinómetro SFC.

El neblinómetro Box, fue elaborado mediante un panel modular de un metro cuadrado de área. Los materiales y la elaboración de los componentes se realizaron de manera similar al neblinómetro SFC, pero con variaciones en la forma, ya que presenta 2 caras separadas 0.20 m en el panel, tal como se muestra en la Figura 6.



Figura 6: Diseño de los componentes de un neblinómetro BOX.

El tercer Neblinómetro es el modelo Árbol, consistió en un panel modular de 1 m² de área y con 10 bandejas colectoras de madera de 0.2 m de ancho y 1 m de largo; 5 bandejas en cada lado del poste. Las bandejas colectoras fueron ubicadas a 2 m de la base del poste con un ángulo de inclinación de 45 grados respecto al poste. Cada bandeja fue cubierta con dos capas de malla raschel de 35 por ciento. La canaleta y recipiente de colección de agua son similares al modelo SFC, tal como se muestra en la Figura 7.



Figura 7: Diseño de los componentes del neblinómetro Árbol.

En el Anexo 3 se presentan figuras del proceso de elaboración del modelo árbol y los modelos SFC y BOX.

3.4.3. Mediciones de Factores meteorológicos para colección de agua de niebla

Se ha elegido 6 de 29 períodos de medición de agua, por ser los que presentaron menor distancia de medición (1 a 3 días). Se ha tomado del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) datos de temperatura en Grados Celsius, humedad relativa en porcentaje y velocidad del viento en metros por segundo. Todos los datos meteorológicos fueron procesados y promediados para ser presentados en la Tabla 3.

3.4.4 Mediciones de cantidad de agua de niebla

Cada modelo de colector contó con su recipiente de almacenamiento de agua. En cada toma de muestra se abrió la tapa de cada uno de tres baldes que contenían el agua colectada. El agua colectada se midió con una jarra plástica milimétrica con medidas entre 0.005L hasta 1L. Esta muestra de agua fue medida y anotada en una ficha de datos. En el Anexo 5 se muestran los detalles de las mediciones de campo.

29 de 36 muestras de agua fueron tomadas en cuenta para ser evaluadas, 7 muestras fueron descartadas por superar el volumen del recipiente o avería de un colector. La cantidad de muestras y período de duración se muestran en la Tabla 1. Se midió la eficiencia de los 3 colectores: a) Standard Fog Collection (SFC), b) Box, y c) Árbol.

Tabla 1: Cantidad de muestras y sus características.

Número de muestras	Dato medido	Periodo
29	Caudal en litros por metro cuadrado por día.	Octubre a diciembre 2015 y junio a octubre 2016.

Metodología del Objetivo Específico 02.

3.4.5 Toma de Muestra de agua de niebla

La toma de muestra de parámetros fisicoquímicos se realizó usando frascos de plástico de 600 ml enjuagados con agua destilada y etiquetados, no se usó preservantes para el almacenamiento de la muestra para llevar al laboratorio. Se tomaron las medidas de seguridad y control adecuadas para su almacenamiento y traslado al laboratorio de Saneamiento y Medio Ambiente en la Facultad de Ingeniería Agrícola.

3.4.6 Mediciones de calidad de agua de niebla

3.4.6.1 Medición en Campo

Los parámetros pH y temperatura fueron medidos en campo con un equipo portátil calibrado de marca Digital Hanna Instruments. Antes de iniciar la medición, se lavó con agua destilada el pH metro y un vaso precipitado de vidrio.

Se retiró con cuidado la bolsa de protección y tapa del balde de recepción de agua de niebla, luego se extrajo una muestra de agua con un vaso precipitado de 500ml, se introdujo el pH metro y esperó a que el valor de pH se estabilice para anotar la medida.

3.4.6.2 Análisis en Laboratorio

Para medir la conductividad se usó el equipo modelo HI 98130 marca Hach, y para la turbiedad un turbidímetro marca Hach, ambos parámetros fueron medidos en el laboratorio de Saneamiento y Medio Ambiente en la Facultad de Ingeniería Agrícola. El análisis microbiológico del contenido de coliformes fecales o termotolerantes fue realizado en el laboratorio de Ecología y Microbiología y Biotecnología “Marino Tabusso”.

Se tomaron las muestras de manera periódica y variable, debido a factores de clima y de tipo logístico, utilizándose como referencia el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano DIGESA (2010) como guía para la toma de muestras; los parámetros analizados, número de muestra y método de ensayo se muestra en la tabla 2. Una muestra de turbidez no pudo ser determinada por dificultades en la toma de la muestra. En el Anexo 5 se muestran los detalles de las mediciones de laboratorio.

Tabla 2: Parámetros, cantidad de muestra y su método de medición.

Parámetro	Número de muestras	Método o instrumento de análisis
En Campo		
pH	9	Equipo portátil digital modelo pHep5 marca Hanna Instruments.
Temperatura	9	
En laboratorio		
Turbidez	8	Método Nefelométrico – Equipo modelo 2100Q marca Hach
Conductividad eléctrica	9	Equipo modelo HI 98130 marca Hach
Bacterias Coliformes Fecales	5	Método del Número más Probable (NMP /100 mL)

Metodología del Objetivo Específico 03.

3.5 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS 3 MODELOS

3.5.1 Evaluación de Costos de prototipos

El presupuesto de cada prototipo fue determinado y dividido en: a) costo del construcción e instalación y b) costo de mantenimiento y seguimiento.

3.5.2 Comparación de rendimiento de captura de agua de niebla y costos.

Los datos obtenidos de cada modelo de prototipo fueron ordenados en una tabla y comparados según sus rendimientos, parámetros de calidad de agua y costos. El análisis realizado permitió determinar el modelo de neblinómetro más adecuado para su construcción e instalación en proyectos de colección de agua y que puede ser tomado en cuenta como referencia para futuros estudios.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Resultados del Objetivo 1.

4.1 UBICACIÓN DE LOS COLECTORES DE NIEBLA

Los 3 colectores se ubicaron a la misma altura de 580 metros sobre el nivel del mar, a un metro de distancia uno del otro y en dirección perpendicular al viento. La dirección del viento predominante fue Sur-Suroeste (SSO).

4.2 CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE NEBLINÓMETROS SFC, BOX Y ÁRBOL

4.2.1. Construcción e Instalación

Los modelos fueron construidos según la metodología propuesta en el capítulo anterior. La implementación se realizó en el horario de 8:00 a 12:00 horas con ayuda de tres pobladores en faenas de los días 11, 21 y 29 de setiembre y el 08 y 09 de octubre del 2015. Para la instalación de los modelos SFC, Box y Árbol se invirtió 3, 4 y 6 horas en promedio. El modelo Árbol demandó mayor tiempo de instalación comparado con los otros modelos debido a una mayor demanda de mano de obra para colocar las bandejas y por tener mayor peso que los otros modelos.

La labor más compleja fue el acarreo de los materiales hacia la cresta del cerro debido al difícil acceso y lo accidentado de la geografía. Los pobladores de la zona participaron en las tareas de acarreo y la instalación de los postes de los paneles.

4.3 FACTORES METEOROLÓGICOS

Se obtuvieron datos meteorológicos dentro del periodo de los meses de octubre y noviembre del 2015, así como julio y setiembre del 2016. Se analizaron 6 períodos de muestra de colección de agua con los valores promedio de temperatura, humedad relativa y velocidad de

viento. El valor promedio de velocidad de viento fue 2 metros por segundo y el valor de humedad relativa fue de 80 por ciento; estos valores se encuentran dentro del rango que recomienda la ONG FogQuest para una aceptable colección de agua de niebla, estos datos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Valores promedio de Temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

Periodo		Valores Promedio		
Inicio	Final	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad Viento (m/s)
25/10/2015	26/10/2015	18.0	83.1	2.5
26/10/2015	27/10/2015	19.0	78.2	2.3
1/11/2015	4/11/2015	18.4	76.5	2.3
18/11/2015	20/11/2015	19.1	80.1	2.5
1/07/2016	3/07/2016	17.6	77.2	2.0
18/09/2016	20/09/2016	18.0	79.9	2.8

Fuente: SENAMHI, Estación Von Humboldt, La Molina.

4.4 CANTIDAD DE AGUA DE NIEBLA COLECTADA

4.4.1 Evaluación de Rendimiento de Colección de agua de niebla

29 de 36 mediciones de agua de niebla colectada fueron tomadas en cuenta en la evaluación de los rendimientos. 7 muestras se descartaron debido a pérdidas de agua y averías en los colectores. Los rendimientos presentaron valores máximos en el período del 25 al 26 de octubre del 2015, de 9.9, 8.1 y 7.4 L/m²/día para los modelos BOX, SFC y ÁRBOL respectivamente. Valores mínimos se presentaron en el período del 1 al 3 de julio del 2016, de 0.04, 0.03 y 0.01 L/m²/día para los modelos BOX, SFC y ÁRBOL respectivamente. La Tabla 4 muestra los valores promedios, mínimos y máximos de rendimiento de los colectores, siendo el de mayor volumen el modelo Box con 2.7 L/m²/día.

Tabla 4: Valor promedio de agua colectada.

	Valor promedio de agua colectada (L/m ² /día)		
	SFC	BOX	ÁRBOL
Promedio	2.3	2.7	1.9
Mínimo	0.03	0.04	0.01
Máximo	8.1	9.9	7.4
Número de mediciones	29	29	29

En el Anexo 6 se muestra el análisis estadístico del volumen de agua colectado para los tres modelos, donde se reporta que *no existe diferencia significativa entre los modelos SFC y BOX; y el par SFC y Árbol*. Sin embargo, el gráfico de promedios, máximos y mínimos muestra que *existe diferencia entre el modelo Box y Árbol*. El modelo Box presentó mayor rendimiento en la colección de agua comparado con el modelo Árbol.

El bajo rendimiento del colector Árbol se puede deber a que se hallaron evidencias de gotas que cayeron fuera de canaleta debido al fuerte viento y dejaron el suelo rocoso húmedo y con vegetación solo en la zona de goteo, tal como se muestra en la Figura 10. En el neblinómetro Árbol el recorrido de las gotas hacia la canaleta tuvo un largo recorrido debido al diseño de las bandejas auxiliares y en los neblinómetros Box y SFC las gotas realizaron un corto recorrido. El viento fuerte ocasiona que las gotas de agua cayeran fuera de las canaletas en días de abundante niebla en especial para el modelo Árbol, esto también lo han reportado Rivera y Holmes (2014) que describen que, durante el drenado de las diminutas gotas de agua, estas son arrastradas fuera de la canaleta por efecto del viento. Por ello es necesario en futuros estudios tomar en cuenta que el diseño que se emplee revise estos aspectos de drenaje de las gotas con el fin de mejorar el rendimiento. Los valores totales de colección de agua de niebla en los tres modelos se muestran en el Anexo 7.

El bajo rendimiento del colector Árbol modelo abeto de Sánchez (2008), del cual se ha adaptado el diseño, se podría explicar porque el rendimiento del modelo original ha sido obtenido en una zona con las condiciones climática de tipo lluviosa y de gran cantidad de niebla casi todo el año y que le da un promedio diario de colección de agua de niebla de 48 litros por metro cuadrado; mientras que en la zona del presente estudio la cantidad de lluvia es escasa y la presencia de niebla ocurre solo en los meses de invierno y otoño.

Los rendimientos de colección de agua en la zona de investigación son similares a los registrados por Goonan y Yeo (2012), quienes registraron valores de rendimientos promedios para los modelos SFC y Box de 2.9 y 2.5 L/m²/día respectivamente. El estudio de García (2017) en las Lomas de Villa María del Triunfo, pero en una zona cercana a la cementera UNACEM, obtuvo un rendimiento para el modelo SFC máximo y mínimo de 4.4 y 0.4 L/m²/día respectivamente.

4.4.2 La colección de Agua de Niebla y la influencia de parámetros meteorológicos

Se ha observado que 5 de 6 periodos de los datos meteorológicos presentan una relación directa entre el incremento de colección de agua de niebla y el aumento de la humedad relativa, esto se puede explicar debido a que un mayor porcentaje de agua contenida en el aire provee de mayor probabilidad de formación de microgotas de agua suspendidas, es decir de niebla que es transportada por el viento. La velocidad del viento también ha presentado una relación directa con la colección de agua de niebla; así cuando hay aumento de velocidad del viento hay aumento de colección de agua. Siendo el viento y la humedad relativa factores que contribuyen al mayor éxito de colección de agua. Esto se muestra en la Tabla 5 y los gráficos en el Anexo 4.

Tabla 5: Valor promedio de parámetros meteorológicos y de colección de agua de Neblinómetros.

Período (días)	Valor Promedio de Parámetro Meteorológico		Promedio de Rendimiento de agua de los 3 Neblinómetros (L/m ² /día)
	Humedad Relativa (%)	Velocidad Viento (m/s)	
1	83.1	2.5	8.5
1	78.2	2.3	5.1
3	76.5	2.3	0.4

2	80.1	2.5	3.7
2	77.2	2.0	0.02
2	79.9	2.8	2.3

Resultados del Objetivo 2.

4.5 CALIDAD DEL AGUA DE NIEBLA

Los resultados promedios de los parámetros analizados en la calidad de agua de niebla para los tres modelos se muestran en la Tabla 6. Los detalles de los análisis de los parámetros por fecha y origen se muestran en el Anexo 7.

Tabla 6: Valores promedios de parámetros de calidad de agua de niebla.

	pH	Turbiedad (UNT)	Conductividad (μ S/cm)	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)
Reglamento de calidad de agua potable – DIGESA-2010.	6,5 a 8,5	5	1 500	<1.8
Modelo				
SFC	7.72	32.9	665.4	25.3
BOX	7.65	30.7	1190.6	180.9
ÁRBOL	7.69	39.1	967.6	333.9
Cumple con Reglamento DIGESA – 2010.	Si	No	No	No
Diferencia Significativa Estadística entre pares.	NO	NO	SI Entre SFC Y BOX	Entre SFC y Árbol

El agua de niebla colectada en cada tipo de colector presentó diferencias en los valores de pH, conductividad, turbidez y coliformes fecales, debido a la acumulación diferenciada de contaminantes en los colectores y/o a posibles errores en la toma de muestras.

La acumulación de contaminantes en los colectores se incrementa en la época de ausencia de niebla, encontrándose principalmente insectos, musgos, restos de hojas en descomposición y polvo acumulado. El colector SFC fue el que menor cantidad de contaminantes acumuló; el Box y Árbol acumularon mayor cantidad de restos en sus mallas, canaletas y mangueras; en las mallas se observó un cambio de color; tal como se muestra en las Figuras 8, 9 y 10.

La conductividad eléctrica (C.E.) mide la presencia de sales en el agua y es una medida indirecta de la concentración de sólidos disueltos totales o de minerales en el agua de niebla (Sierra 2019); las mallas de los colectores capturan el agua de niebla, la cual contiene sales de origen marino (García 2017; Vásquez et al. 2012). Estas sales se acumulan en las superficies del colector de acuerdo a su forma geométrica; así, el colector SFC posee una superficie geometría bidimensional, el colector BOX una tridimensional y el colector Árbol posee bandejas en ambos lados, es decir, que los 3 tipos de colectores poseen superficies aptas para la acumulación de sales, esto se muestra en las Figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18. Estas sales también se encontraron en el agua acumulada en los baldes receptores tal como se muestra en los resultados de conductividad encontrados.

Leiva y Hernández (2014) sugieren que, si se desea tener agua con valores cercanos al agua de consumo humano, es obligatoria la limpieza de los colectores de agua de niebla en épocas de ausencia de nieblas y un tratamiento de cloro residual en el agua almacenada para evitar el crecimiento de microflora.



Figura 8: Cambio de color de mallas en diferentes periodos, imagen del día de instalación en octubre del 2015.



Figura 9: Cambio de color de mallas en diferentes periodos; imagen del período diciembre del 2015.



Figura 10: Cambio de color de mallas en diferentes periodos; imagen del período de julio del 2016.



Figura 11: Cambio de color de malla de colector SFC en diferentes periodos; imagen de la izquierda de octubre del 2015.

Figura 12: Cambio de color de malla de colector SFC en diferentes periodos; imagen de la derecha de junio del 2016.



Figura 13: Cambio de color de malla de colector Box en diferentes periodos; imagen izquierda de octubre del 2015.

Figura 14: Cambio de color de malla de colector Box en diferentes periodos; imagen derecha de junio del 2016.



Figura 15: Colector Árbol en fecha de instalación octubre del 2015, en la izquierda se muestra las 10 bandejas de ambos lados.



Figura 16: Colector Árbol en fecha de instalación octubre del 2015, en la derecha el detalle de una bandeja colectora.



Figura 17: Cambio de color de malla de colector Árbol en diferentes periodos; imagen de la izquierda de noviembre del 2015.



Figura 18: Cambio de color de malla de colector Árbol en diferentes periodos; imagen de la derecha de junio del 2016.

En este estudio los valores de pH tienen un valor ligeramente alcalino para los tres modelos, pero se encuentra dentro del rango de límite máximo permisible según el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano de DIGESA (2011), tal como se muestra en las Figuras 19 y 20. Otros autores han reportado en sus estudios valores en el rango de 6.1 a 8.5 (Jofre-Meléndez et al. 2015; Eckardt y Schemenauer 1998; Merino 2017). También se ha reportado un pH ácido por la presencia de agentes químicos como sulfatos, donde la fuente de sulfato es de origen geológico o liberado de las tuberías de acero que transportan agua (Schemenauer y Cereceda 1992).

El valor ligeramente alcalino de pH en el agua de niebla tiene como posibles fuentes a los *elementos alcalinos del suelo* debido a la apertura de caminos de acceso en la zona de estudio, y en menor medida a las *emisiones acidificantes de los aerosoles del mar* (García 2017). Siendo los elementos alcalinos del suelo la causa por la que el agua de niebla posea un valor promedio entre 7.65 y 7.72.

Sobre los *elementos alcalinos del suelo*, un informe de estudio de suelo en la zona de estudio, reportó que es de tipo arcilloso con elementos alcalinos como Ca^{+2} y Mg^{+2} , así mismo que es limitada la emisión de partículas ácidas originadas por fábricas, el parque automotor o la quema de residuos sólidos (PEBAL 2011).

Sobre *los aerosoles del mar*, su presencia se explica, debido a que la colección de agua de niebla se realizó a 9 km de la costa del mar y 600 msnm; situación similar a la investigación de García (2017) en las Lomas de Villa María del Triunfo, donde la captación de agua de niebla se realizó a 9.5 km de la costa y a una altitud entre 400 y 800 msnm; en este trabajo se encontró que los aerosoles del mar fueron la primera fuente de elementos acidificantes (sulfatos) y otros iones como sodio, magnesio y cloruros.

Según García (2017), otras fuentes para explicar la variación del pH son las fuentes antrópicas como la industria cementera, la cual aporta emisiones de partículas acidificantes (sulfatos) o neutralizantes (carbonatos) a la atmósfera; así como las granjas porcinas que aportan emisiones alcalinizantes (amoníaco) a la atmósfera.

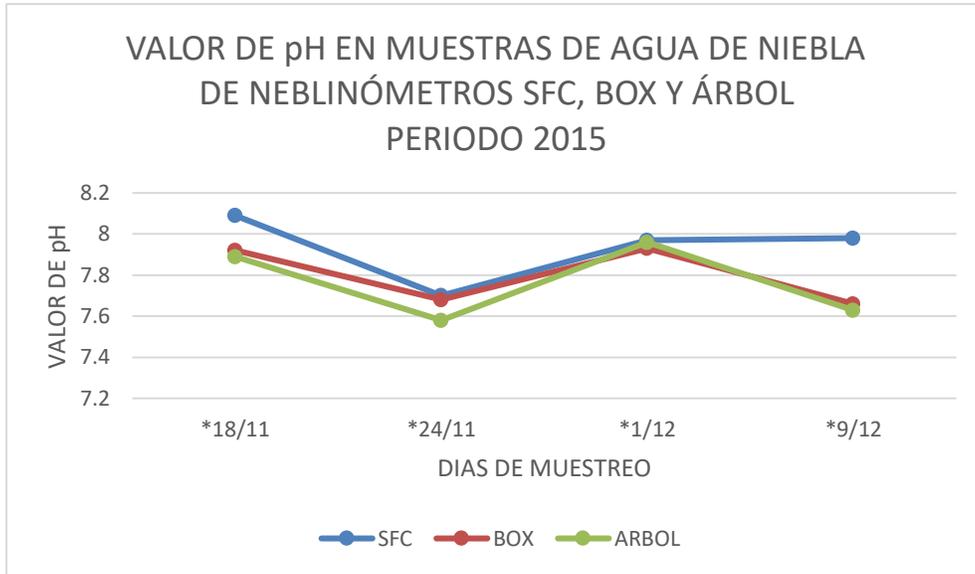


Figura 19: Valores de pH en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2015.

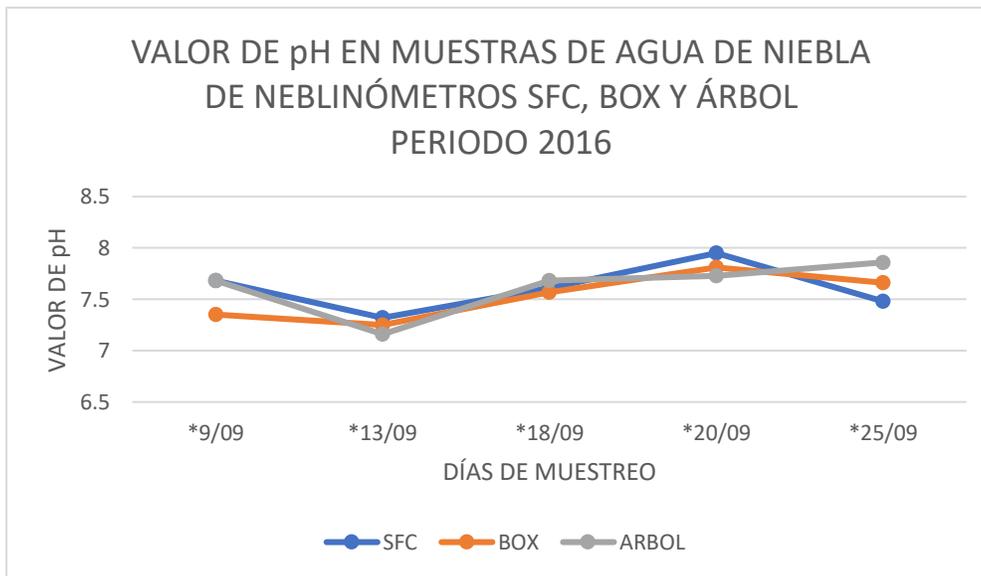


Figura 20: Valores de pH en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2016.

Para los valores de conductividad se han reportado 5 de 26 valores que han superado el límite máximo permisible según el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, que considera un valor de conductividad aceptable de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El valor mínimo registrado fue de 167.8 y el máximo de 2330 $\mu\text{S}/\text{cm}$, observándose que los modelos Box y Árbol

presentan la mayoría de valores que superan el límite máximo permisible en comparación con el modelo SFC, tal como se muestra en las Figuras 21 y 22.

Merino (2017) reportó que la cercanía al mar y la presencia de masas de aire en movimiento son factores que elevan la concentración de iones en el agua y en consecuencia producen elevados valores de conductividad.

Schemenauer y Cereceda (1992) estudiaron los elementos iónicos en el agua de niebla encontrando relativa abundancia de sodio catiónico monovalente, magnesio catiónico divalente y cloro iónico monovalente proveniente de la sal marina; y los iones de hierro, aluminio y titanio proveniente del polvo del suelo.

Los altos valores de conductividad tienen su origen en la cantidad de iones presentes en el agua de niebla, lográndose deducir, según los estudios de García (2017) y Vásquez et al. (2012) que los iones podrían tener como primera fuente de origen al mar, el cual a través de la evaporación de sales transporta iones de Na^+ y Cl^- y otros como el Mg^{2+} , estas partículas de sales suspendidas son transportadas por el aire en forma de niebla hacia las lomas costeras.

La segunda fuente de origen de los iones es el suelo, el cual ha sido removido y ha perdido cobertura vegetal por la apertura de caminos carrozables en las laderas de cerros. Los principales iones del suelo son el aluminio, el hierro y titanio, elementos que han sido reportados por García (2017) en las Lomas de Villa María.

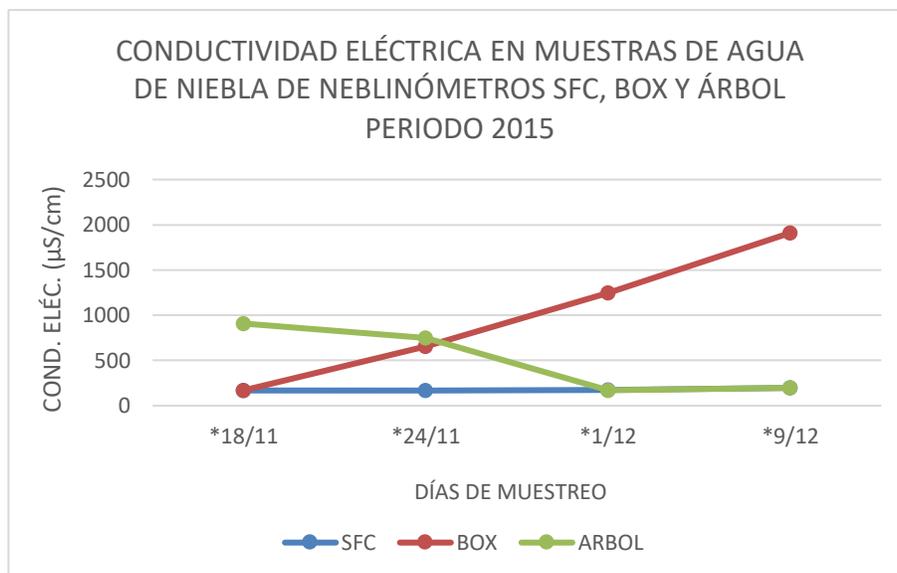


Figura 21: Valores de C.E. en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2015.

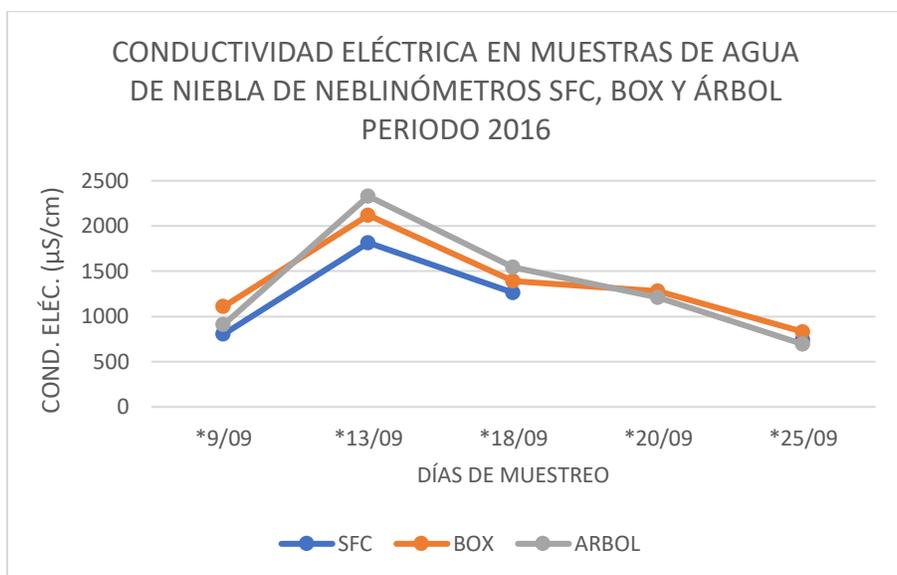


Figura 22: Valores de C.E. en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2016.

Los valores de turbiedad, para los tres modelos de neblinómetros, superan el rango de límite máximo permisible según el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, siendo el valor aceptable de turbidez de 5 UNT; con un valor máximo de 72.1 UNT y mínimo de 12.2 UNT, tal como se muestra en las Figuras 23 y 24. Estos valores son aptos para uso en riego de plantas, pero podría ser usado, con tratamiento previo de floculantes químicos o naturales, como alumbre o penca de tuna, para uso doméstico en lavado de ropa o vajilla.

La alta turbidez tiene su fuente de origen a las partículas de polvo del suelo que son transportados por el viento y es captado por las mallas y canaletas de los neblinómetros, esto también ha sido registrado por estudios de Merino (2017). En días de sol antecedidos por días de niebla el viento incrementa el arrastre de estos sedimentos de partículas finas y arcillosas.

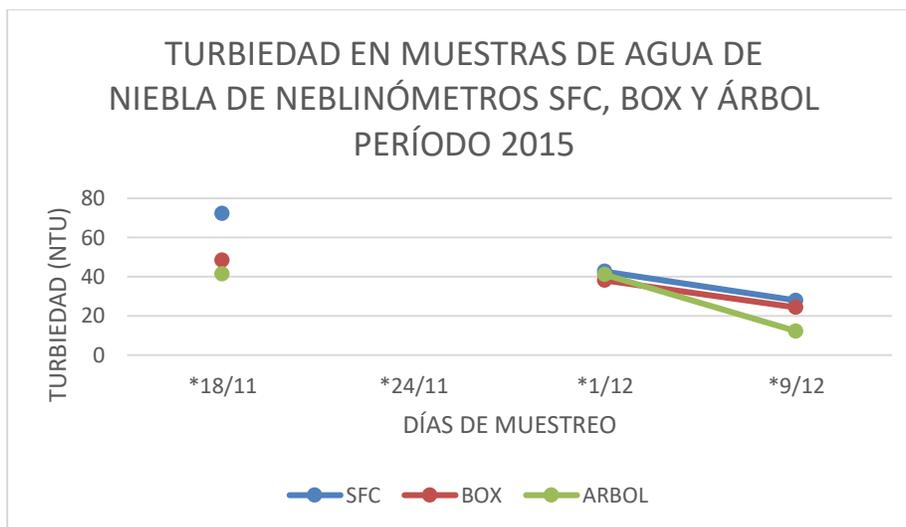


Figura 23: Valores de turbiedad en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2015.

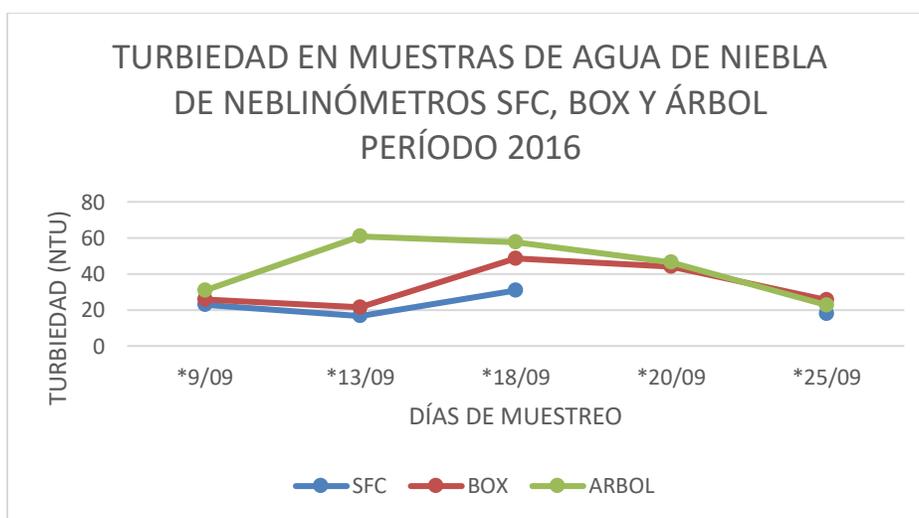


Figura 24: Valores de turbiedad en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2016.

Los valores de Coliformes Fecales, en los tres modelos superan al límite máximo permisible para consumo humano, con un valor máximo de 540 NMP/100ml y mínimo de 0 NMP/100ml, según el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano el valor

aceptable es de 0 NMP/100 ml. Siendo los neblinómetros Box y Árbol los que presentan altos valores, tal como se muestra en las Figuras 25 y 26, esto puede explicarse a la mayor superficie en ambos modelos, como capas dobles y bandejas inclinadas, estructuras que las aves encuentran para posarse y depositar sus excretas.

El origen de la fuente de coliformes fecales son las heces de las aves, las cuales han sido registradas en las mallas y canaletas de los neblinómetros; una segunda fuente, pero en menor probabilidad son las heces de los perros en la vía pública. Siendo estas las fuentes de los microorganismos en el agua de niebla, los cuales están presentes en intestinos de mamíferos, aves y el ser humano. Estudios de Merino (2017) reportó presencia de coliformes fecales en agua de niebla colectada en un promedio de 255.8 NMP/100ml, asociando el origen de los coliformes a la presencia de heces de aves en la canaleta y por perros que defecan al aire libre.

Schemenauer y Cereceda (1992) han reportado la presencia de coliformes fecales en agua de niebla, la cual se produce por contaminación con heces de aves, insectos y materia vegetal, así mismo han observado la presencia de algas en los tanques de almacenamiento. Las fuentes de contaminación antes mencionadas ocasionan un deterioro en la calidad del agua para su uso doméstico, pero estos efectos pueden ser reducidos a través del hábito de hacer fluir de manera frecuente el agua almacenada y de aplicación de cloro cuando el agua tenga un almacenamiento prolongado.

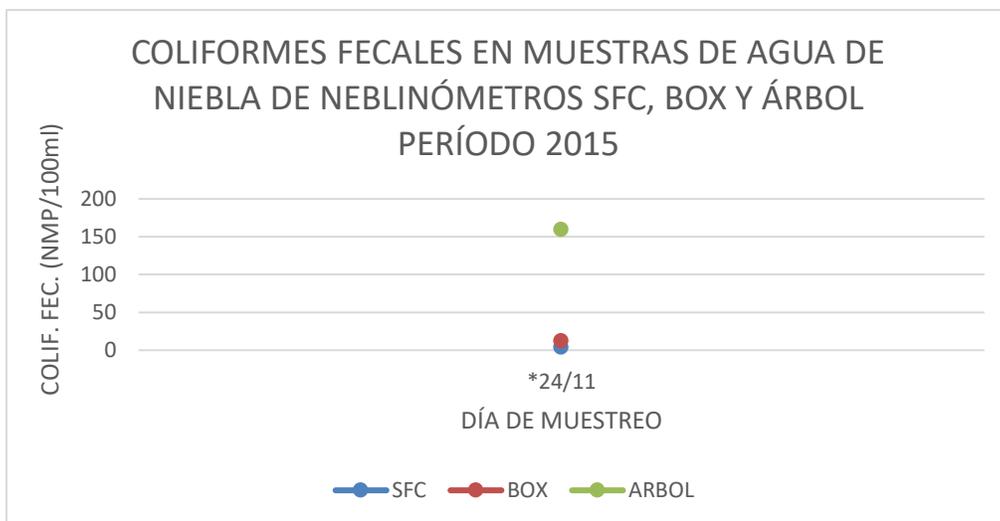


Figura 25: Concentración de Coliformes Fecales en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2015.

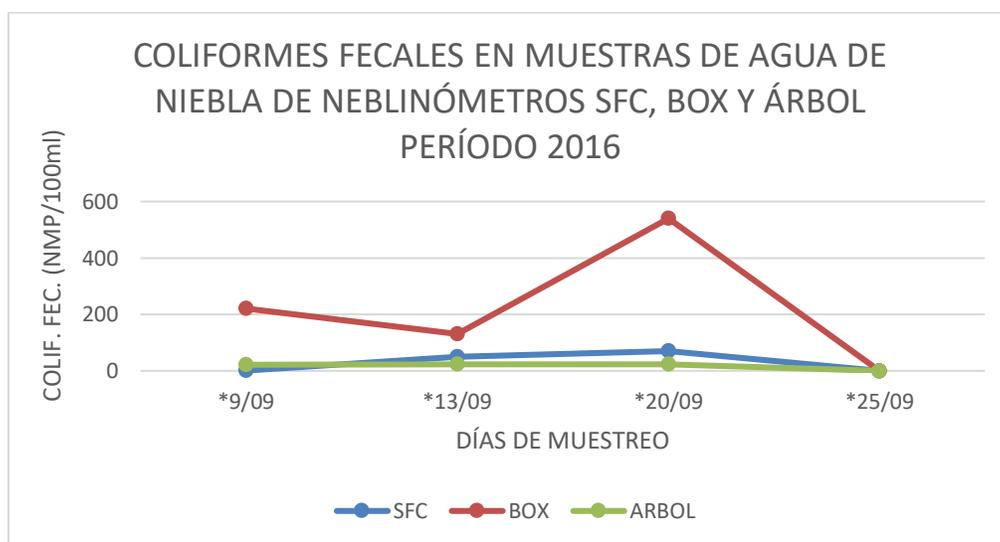


Figura 26: Concentración de Coliformes Fecales en muestras de agua de neblinómetros SFC, BOX y Árbol del período 2016.

4.5.1 El Tratamiento de agua de Niebla

La calidad del agua en los tres neblinómetros presenta valores aceptables para consumo humano en pH y temperatura, pero poco aceptables en turbidez y presencia de coliformes fecales, lo que permite aplicar tratamientos sencillos para ser aptos para el consumo humano. Si se aplica tratamiento de cloración para eliminar las bacterias (Schemenauer y Cereceda 1992) o aplicación de filtros cerámicos permite eliminar los coliformes fecales hasta un 100

por ciento, logrando cumplir con los límites establecidos la DIGESA que permite un uso seguro del agua (Merino 2017).

4.5.2 Potenciales usos del Agua Tratada

El agua tratada se puede usar el agua en actividades domésticas como el lavado de ropa o aseo de vajillas (Huaman 2012).

Resultados del Objetivo 3.

4.6 COSTOS DE PROTOTIPOS

Los prototipos han sido construidos a partir de materiales accesibles de adquirir en la zona de instalación. Los costos totales de cada prototipo son presentados en la Tabla 7 y sus datos completos en el Anexo 9.

Tabla 7: Costos de prototipos para 1 m² de área de captación e instalación de modelos SFC, Box y Árbol.

Modelo	Costo de Construcción e instalación (Soles)	Costo de Mantenimiento y Seguimiento (Soles)	Costo Total (Soles)
SFC	351.90	866.00	1,217.90
Box	406.20	916.00	1,322.20
Árbol	586.20	1,046.00	1,632.20

El costo de cada prototipo incluye a los materiales necesarios para la elaboración de un neblinómetro; y el costo de instalación, las actividades mantenimiento y seguimiento del neblinómetro. Se evidencia que el costo total del modelo SFC es menor que el costo del modelo Box y Árbol, siendo este último el de mayor costo. Esto se explica por la mayor cantidad de materiales e inversión en tiempo de instalación para cada modelo, dándose la

relación de mayor costo de un neblinómetro a mayor cantidad de materiales y esfuerzo que demande su instalación.

Si se analiza el costo de construcción e instalación del prototipo en dólares, el valor equivalente sería 98, 113 y 163 dólares americanos para los modelos SFC, Box y Árbol respectivamente. Según González y Torres (2009), citado por García (2017), el costo del Standar Fog Colector (SFC) de 1 m² de área varía entre 60 y 70 dólares americanos. Según Goonan y Yeo (2012) el costo del Estándar Fog Colector (SFC) de 1 m² es en promedio 74 dólares americanos y del colector BOX es 93 dólares americanos.

Según lo mencionado, el costo de los modelos SFC y Box en esta investigación es ligeramente mayor al costo señalado por otros autores, esto debido que para el cálculo se han tomado en cuenta los costos de materiales y mano de obra para calcular valor total de cada prototipo o neblinómetro; mientras que los otros autores solo han tomado en cuenta los materiales y un mínimo valor en mano de obra.

4.7 ANÁLISIS COMPARATIVO

El modelo SFC obtiene mejores resultados para implementar un proyecto de colección de agua. En la Tabla 8 muestra valores a detalle, donde el modelo Árbol propuesto en este estudio ha sido comparado con los modelos SFC y Box.

Tabla 8: Resumen de valores de rendimiento y costo de neblinómetros.

Modelo	Rendimiento de Agua colectada (L/m ² /día)	Costo Total (Soles)
SFC	2.3	1,217.90
Box	2.7	1,322.20
Árbol	1.9	1,632.20

Tabla 9: Análisis comparativo de rendimiento y costo de neblinómetros.

Modelo	Valor de R*	Valor de P**	Promedio
SFC	2	3	2.5
Box	2	2	2.0
Árbol	1	1	1.00

*R es el rendimiento en colección de agua, siendo **3**: muy alto, **2**: alto, **1**: Bajo

P es el costo aceptable de construcción del Neblinómetro, estimado; **3: barato, **2**: aceptable, **1**: caro

Si se compara el rendimiento y el costo de los tres colectores se puede determinar que el neblinómetro SFC presenta alto rendimiento y bajo costo (más barato), el Box tiene un alto rendimiento y un costo medio (aceptable); y el Árbol ha presentado los menores valores en rendimiento y alto costo (más caro), tal como se muestra en la Tabla 9.

La forma geométrica del colector contribuye en la alteración de calidad de agua de niebla colectada, observándose que el colector de forma geométrica más simple (bidimensional) que tiene el colector SFC, obtiene buenos valores de calidad comparado con las otras formas geométricas. Así el Box posee una forma tridimensional en forma de prisma rectangular y el colector Árbol posee una forma tridimensional con bandejas en ambos lados, siendo todas superficies aptas para la acumulación de sales y otros contaminantes.

El *estudio comparativo de los tres modelos de colectores de agua de niebla determina recomendar el uso del colector SFC* porque presenta un buen rendimiento de colección de agua, mejores valores para los parámetros calidad de agua según el reglamento de calidad de agua para consumo humano de DIGESA (2010), sin embargo, requiere un tratamiento para ser apta para su consumo; y el menor costo de construcción e instalación.

No se recomienda el uso del colector Árbol debido a que presenta menor rendimiento, altos valores de contaminación de la calidad del agua con fines de tratamiento para consumo humano y el mayor costo.

V. CONCLUSIONES

1. No hay diferencia significativa en el rendimiento de volumen de agua captada entre el SFC y el Box; y el SFC y Árbol, pero si entre el Box y el Árbol. Sin embargo, si se analiza los valores de calidad de agua y el costo de construcción e instalación resulta más ventajoso trabajar con el modelo SFC.
2. Sobre la calidad del agua; se concluye que sus valores de conductividad, turbidez y coliformes fecales no son aptos para consumo humano debido a que el agua captada se contamina debido a la presencia de polvo, sales marinas y defecación de aves en la malla y accesorios. El pH si presenta valores dentro del límite máximo permisible. La forma geométrica del colector contribuye en la alteración de calidad de agua de niebla colectada, observándose que el colector de forma geométrica más simple (bidimensional) que tiene el colector SFC, obtiene buenos valores de calidad comparado con las otras formas geométricas del Box y Árbol.
3. El costo de construcción e instalación para los modelos SFC, Box y Árbol es de 98, 113 y 163 dólares americanos respectivamente, siendo el SFC el más ventajoso por su menor costo y tiempo de inversión.
4. El volumen de agua captada se encuentra en un promedio mayor a 2 litros por metro cuadrado diario, valor dentro del rango de tasas de recolección de agua de niebla que considera un proyecto viable para colección de niebla (Schemenauer et al. 2005); así el volumen de agua ofertado permitirá abastecer de agua a las familias que viven en las laderas de los pueblos jóvenes que viven en las Lomas de Villa María del Triunfo, con potenciales usos para forestación.
5. Hay una relación directa entre el incremento de colección de agua de niebla y el aumento de la humedad relativa y la velocidad del viento. Siendo el viento y la humedad relativa parámetros que contribuyen al mayor éxito de colección de agua.

6. Para un uso alternativo del agua de niebla como fuente de agua para consumo humano debe someterse a un tratamiento por filtración (filtrobiorena, filtro cerámico, u otros de similares) y un proceso de desinfección.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar acciones para alejar la presencia de aves en los colectores de agua de niebla, lo que puede contribuir a disminuir la contaminación por heces fecales de las aves.
2. Es importante usar protocolos para la toma de muestra de agua en especial para disminuir las variaciones en los resultados obtenidos en laboratorio.
3. Se recomienda considerar actividades previas y posteriores a la instalación, tales como: identificación de la zona, sensibilización a pobladores, mantenimiento y seguimiento de la colecta de agua. Los costos varían según la zona de estudio y el periodo del proyecto que se desea ejecutar.
4. Las mediciones de cantidad de agua en una zona de estudio deben realizarse de manera continua y diaria; si es posible por una o dos temporadas de invierno, época de mayor presencia de niebla en las lomas costeras.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agua de niebla S.L., 2016. Agua de Niebla de Canarias. Disponible en: <http://aguadeniebla.com/nrp30>.
- Alimón. 2007. Proyecto Desierto Verde. Disponible en: <http://www.alimon.org/home-castellano/proyecto-desierto-verde/>.
- APHA. AWWA. WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edition 21th Part.1010-B Statistics,1020 Quality Assurance,1030 Data Quality, Part. 1040 Method Development and Evaluation, B 4. Equivalency Testing.
- Asociación Zabalketa. 2014. Experiencias de captación de agua de niebla para reforestación. Investigación de campo en territorios con escasez pluvial de Bolivia y Perú. 1ra. Edición. España.
- Bayer Report. 2007. The fog catchers. The green desert. Pgs. 64-69.
- Beresford, D., Pullen A., Whaley O., Moat J., Chauca G., Cadwallader L., Arce S., Orellana A., Alarc C., Gorriti M., Maita P., Sturt F., Dupeyron A., Huaman O., Lane K., French C. Quaternary Science Reviews. 2015. Volume 129, Pages 196–215
- Casas, S. 2008. Aprovechamiento potencial del agua de lluvia caso sub-región Alto Mayo- San Martín. Tesis de Maestría. Escuela de Post Grado Maestría de Recursos Hídricos. UNALM. Lima. Perú.
- Cereceda, P. 2000. Los atrapanieblas, tecnología alternativa para el Desarrollo rural. Revista Medio Ambiente y Desarrollo, CIPMA. Vol XVI - N° 4: 51-56. Chile.
- Cereceda, P. Larrain H., Osses P., Schemenauer R., Farías M. Lagos M. 2002. Radiation, advective and orographic fog in the Tarapaca Region, Chile. En: Atmospheric Research, Volume 64, Issues 1-4, Pages 261-271. (USA).
- Cisneros, E. and Anchaygua R. 2003. Estudio climático de las nieblas en el aeropuerto internacional “Jorge Chávez”, Callao, Lima – Perú. UNALM. Facultad de Ingeniería Ambiental, Física y Meteorología. Lima. Perú.

- Contreras, 2012. Diseño, construcción y evaluación de un prototipo mejorado de atrapanieblas. Informe Final de Investigación. Universidad Nacional Del Callao. Lima. Perú.
- Corell, D. 2014. Estudio estadístico de la potencialidad del uso de agua de niebla como recurso hídrico en el litoral mediterráneo de la península ibérica. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. España.
- De La Jara E. y Le Boeuf R. 2014. La Niebla. Desafíos: Metas cuantitativas para la captación de niebla. En P. Cereceda, P. Hernández, J. Leiva, & J. Rivera, Agua de niebla. pp. 113, 121 y 122. Chile: Impresora. La Discusión S. A.
- DIGESA. 2011. Reglamento de la Calidad para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA. Ministerio de Salud. Lima – Perú.
- Eckardt y Schemenauer, 1998. Fog Water Chemistry in The Namib Desert, Namibia. Atmospheric Environment Vol. 32, No. 14/15, pp. 2595—2599, 1998.
- El Comercio. 2013. Los secretos del panel publicitario que convierte la humedad del aire en agua. Disponible en: <http://elcomercio.pe/tecnologia/actualidad/secretos-panel-publicitario-que-convierte-humedad-aire-agua-potable-noticia-1546658>.
- Gallardo, M. 1994. Estudio de Factibilidad de los sistemas de almacenamiento distribución del agua captada de nieblas con fines de reforestación en la Reserva Nacional de Lachay. Tesis de Ingeniería Agrícola. UNALM. Lima. Perú.
- García, R., Miyashiro, J., Oregon, C. and Pizarro, F. 2014. Crecimiento urbano, cambio climático y ecosistemas frágiles: el caso de las lomas de Villa María del Triunfo en Lima Sur. Perú.
- García, F. 2017. Estudio de la Variación Temporal y Espacial de la Calidad del Agua de Niebla en las Lomas de Villa María. Tesis de Ingeniería Ambiental. UNALM, Lima. Perú.
- García, G. 2016. El Garoe Árbol del Agua de La Isla de El Hierro (Canarias). Universidad Politécnica. Madrid. España. 71pp.
- Gonzales, S., Torres, J. 2009. Gestión ambiental de las tierras secas del sur del Perú: cosecha del agua de neblinas en lomas de Atiquipa. Centro de Investigaciones de Zonas Áridas (CIZA) Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

- Goonan, C., Yeo, A. 2012. Fog Collection in Peru: A Pilot Project. Tesis School of Civil Engineering. University of Sydney Australia. Ingeniería hidráulica ambiental, Vol XXX, N° 3- 2000.
- Gutiérrez, J. 2010. Condensador para obtener agua de la atmósfera por enfriamiento radiactivo. Departamento de Ingeniería Rural. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Huaman, B. 2012. Mejora de la gestión de un sistema de captación de agua de la niebla en el A. H. Flor de Amancaes, San Juan de Miraflores. Monografía - III Diplomado Saneamiento Sostenible. UNALM. Facultad de Ingeniería Agrícola. Lima. Perú.
- INEI. 2017. Censos Nacionales XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/.
- INEI. 2018. Informe Técnico “Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico”. 69pp. Lima. Perú. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_y_saneamiento.pdf
- Jiménez, P., Villegas L., Villasante F., Talavera C. Ortega A. 2012. ¿Gratis?: los servicios de la naturaleza y cómo sostenerlos en el Perú. Las Lomas de Atiquipa: agua en el desierto. Editorial Tarea Gráfica. Capítulo 9, 159-170. Lima. Perú. 428pp.
- Jofre, R., Cervantes-Pérez J., Barradas, V. 2015. Calidad Del Agua de la Niebla Captada Artificialmente en la Microcuenca del Río Pixquiac, Veracruz, México: Resultados Preliminares. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 18(2):122-130, 2015.
- Leiva J. y Hernández P. 2014. La Niebla: Usos del Agua de Niebla. En P. Cereceda, P. Hernández, J. Leiva, & J. Rivera, Agua de niebla (págs. 92-93). Chile: Impresora La Discusión S. A.
- Marzol, J. 2005. La captación del agua de la niebla en la isla de Tenerife. Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria, 220 pp. España.

- Medina, J. 2010. Evaluación del potencial de captación y aprovechamiento de agua de niebla en quebrada verde, Pachacamac-Lima. Tesis de título de Ing. Ambiental. Lima Perú. 2010.
- Merino, A. 2017. Tratamiento de agua de neblina usando filtros cerámicos con fines de consumo humano en el asentamiento humano Leandra Ortega, Callao. Tesis para optar el título de Ingeniero agrícola. UNALM. Lima-Perú.
- Mileta, M. y Likso T. 2010. Fog water collection with SFC on the mountain Velebit (Croatia) during the period 2000-2009. 5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew Münster, Germany, 25–30.
- MVCS. 2016. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Resumen de noticias. Año 2016. Perú.
- Open MS. 2015. Aquair Optimizer Technology Atmospheric Water Harvesting. Hoja técnica. Acceso web: <http://www.openms.es>. España.
- Organización Meteorológica Mundial. 1996. Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos - Sexta edición. Secretaria de la Organización Meteorológica Mundial. Ginebra. Suiza.
- Ortega, A., C. Talavera, P. Jiménez, and L. Villegas. 2007. The use of fog water in the ecosystems restoration in Arid Zones: Lomas of Atiquipa. In Proceedings of the 4th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew. La Serena. pp 241–244.
- Osses P, Schemenauer, R., Cereceda, P., Larrain, H., and Correa, C. 2000. Los atrapanieblas del Santuario del Padre Hurtado y sus proyecciones en el combate desértico. En revista de geografía norte grande, 27: 61-67. Chile.
- Pacto Político Lomas de Lima. 2014. Proyecto lomas. Disponible en: http://proyectolomas.weebly.com/uploads/1/0/6/3/10637077/pacto_poltico_por_las_lomas_de_lima_-borrador-.pdf.
- Palacios, N. 2010. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas. Revista Gestión y Ambiente. Volumen 13 No. 2. Medellín. Colombia. pp 2540.

- Pascual, J., Naranjo M., Payano R., Medrano O. 2011. Reserch Gate. Conference Paper. Tecnología para la Recolección de Agua de Niebla.
- PEBAL. 2011. Estudio de Factibilidad para la Instalación de Atrapanieblas como Propuesta en la Generación de Condiciones de Vida Saludable en los AA.HH. de la Nueva Rinconada, Pamplona Alta en San Juan de Miraflores, Lima Perú.
- Pinche, C. 1986. Estudio de las cordilleras climáticas y de la niebla en la costa norte de Lima. Tesis para optar título de meteorólogo. UNALM. Lima Perú.
- Rivera y Holmes (2014). La Niebla: Usos del Agua de Niebla. En P. Cereceda, P. Hernández, J. Leiva, & J. Rivera, Agua de niebla (págs. 49-68). Chile: Impresora La Discusión S. A.
- Rodríguez, R. 1992. Obtenga agua de las neblinas. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. Folleto. N° 0.4/4.1 N° 22-92. Lima, Perú.
- Sánchez, C. 2008. CONAMA - IX Congreso Nacional del Medio Ambiente. Comunicación Técnica. Captura de Agua Atmosférica (bruma, llovizna, lluvia, hielo y nieve) una nueva fuente de Agua. El Proyecto DYSDERA, un Mapa de Brumas Global. España.
- Schemenauer y Cereceda. 1992. "Water from fog covered mountains". R.S. Schemenauer y P. Cereceda. Waterlines 10: 10-13.
- Schemenauer, R., and Cereceda P. 1993. Meteorological conditions at a coastal fog collection site in Peru. Atmosfera 6: 175–188.
- Schemenauer, R., Cereceda P. and Osses P. 2005. Fog Quest: Fog Water Collection Manual. Canadá. 94pp.
- SENAMHI. 2020. Lima - Perú. Datos hidrometeorológicos a nivel nacional. Recuperado de: <https://senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>.
- SERPAR. 2014. Lomas de Lima: Futuros parques de la Ciudad. Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014. 158pp.
- Sierra, N. 2019. Evaluación de fuentes de emisión de metales tóxicos en las partículas y agua de niebla en las Lomas de Asia. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. UNALM. Lima-Perú.

- Simon S., Klemm O., El-Madany T., Walk J., Amelung K., Lin P., Chang C., Lin N., Engling G., Hsu S., Wey T., Wang Y., Lee Y. 2016. Chemical Composition of Fog Water at Four Sites in Taiwan. *Aerosol and Air Quality Research*, 16: 618–631.
- Tiedemann, K.J., Lummerich, A. 2010. Fog harvesting on the verge of economic competitiveness. In *Proceedings of the 5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew*, 25–30 July 2010, Munster, 192.
- Vásquez Morera, T., Alfaro Solís, R; Sibaja Brenes, JP., Esquivel Hernández, G., Valdés González, J. 2012. Composición química del agua de lluvia y de niebla recolectada en la reserva biológica Monteverde. (en línea). *Uniciencia* 26: 51-63. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=475947764006>
- UNESCO. 2020. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: agua y cambio climático, resumen ejecutivo. 12pp. Disponible en: <file:///C:/Users/Personal/Downloads/372882spa.pdf>.
- Yue, Y; Niu, S; Zhao, L; Zhang, Y; Xu, F. 2012. Chemical Composition of Sea FogWater along the South China Sea (en línea). *Pure and Applied Geophysics* 169:2231-2249.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

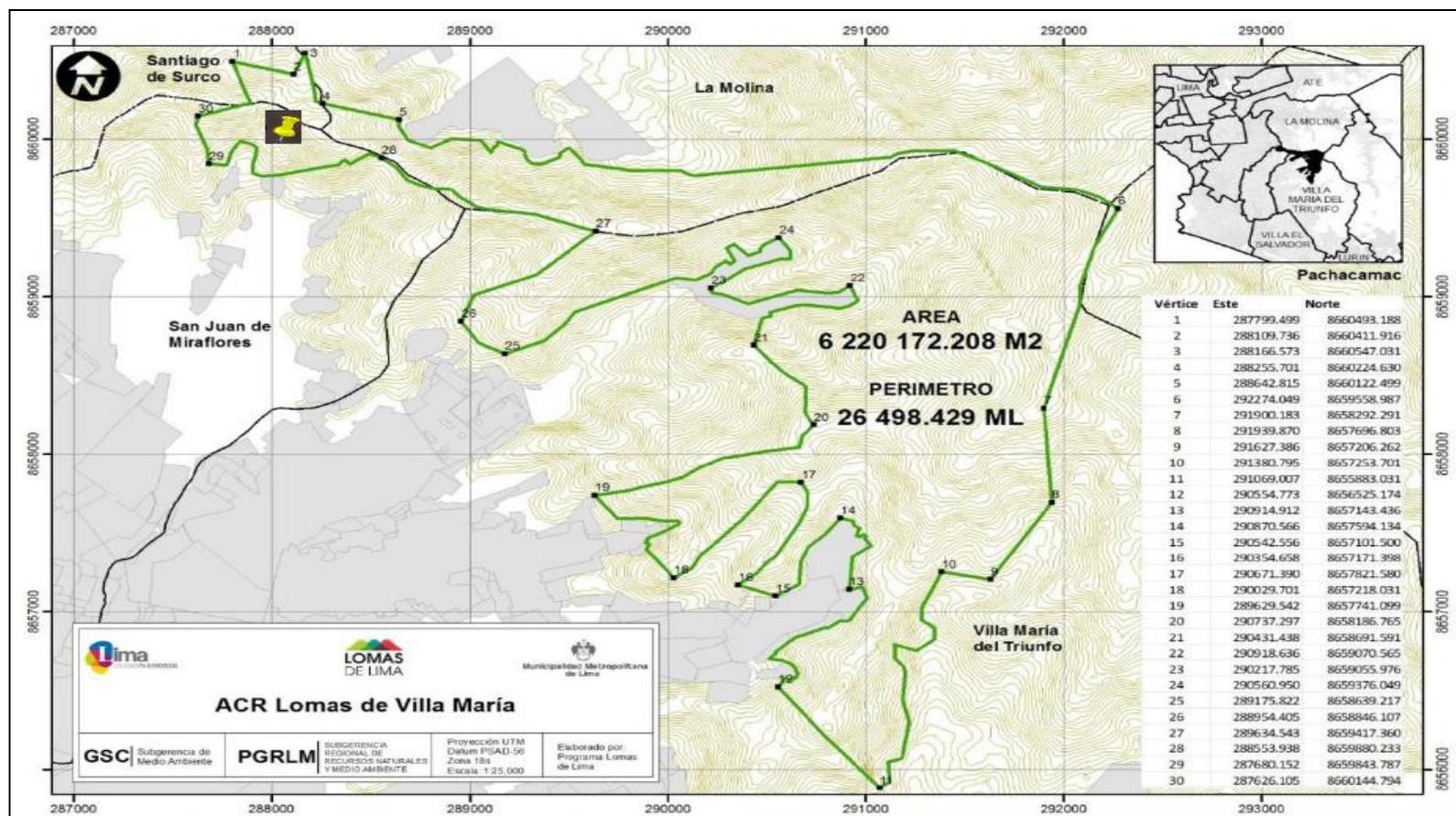


Figura 27: Ubicación de la zona de Estudio dentro de las Lomas de Villa María del Triunfo. La señal amarilla ubica a la zona de estudio.

FUENTE: Modificado de MML, 2010. Propuesta de Área de Conservación Regional “Sistema de Lomas de Lima”

**ANEXO 2: MATERIALES USADOS EN LA INSTALACIÓN DE
NEBLINÓMETROS**

Tabla 10: Materiales en la implementación de Colectores SFC, BOX y Árbol.

	Material	Unidad de medida
Tubería	Tubería de PVC 6"	m
	Conector de 6"	Unidad
	Reducción de conector	Unidad
	Pegamento de PVC	Litro
	Manguera de 10mm	m
Cables de seguros	Abrazaderas de metal para cables	unidad
	Alambre galvanizado	Kg
	Cable de acero plastificado	m
Acero	Ángulos galvanizados de 90°	Unidad
Malla	Raschel 35%	m ²
	Seguros de malla	Unidad
Agregados	Cemento y arena gruesa (mezcla 1:3)	Bolsa 42.5 Kg
Postes de madera	20x30x130mm de 4m altura	Unidad
	10x20x130mm de 3m altura	Unidad
Marcos de madera	20x30cm de dimensión interna	Unidad
Clavos	Clavos	Unidad
Plástico	Bolsa de 20 kg	Unidad
	Recipiente de 20L capacidad con medidor en ml	Unidad

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3: PROCESO DE ELABORACIÓN DEL MODELO ÁRBOL



Figura 28: Proceso de elaboración de modelo árbol. En la foto se muestra la colocación de malla raschel al marco de madera.



Figura 29: Proceso de elaboración de modelo árbol. Se muestran 10 bandejas de madera con malla raschel.



Figura 30:Proceso de elaboración de modelo árbol. Se muestran la instalación de bandejas en los postes usando ángulos de acero.



Figura 31: Modelo árbol finalizado, con las bandejas en postes a ambos lados del poste.



Figura 32: Colector Árbol instalado en el campo. 10 de bandejas en postes colocadas de manera alterna a cada lado del poste.



Figura 33: A la izquierda: modelo SFC, al centro modelo Box y a la derecha modelo Árbol. Los modelos fueron instalados en cresta de cerro del pueblo joven Flor de Amancaes.

ANEXO 4: GRÁFICOS DE DATOS METEOROLOGICAS USADOS EN EL ESTUDIO Y SU COMPARACIÓN CON LA VARIACIÓN EN EL VOLUMEN DE AGUA COLECTADA

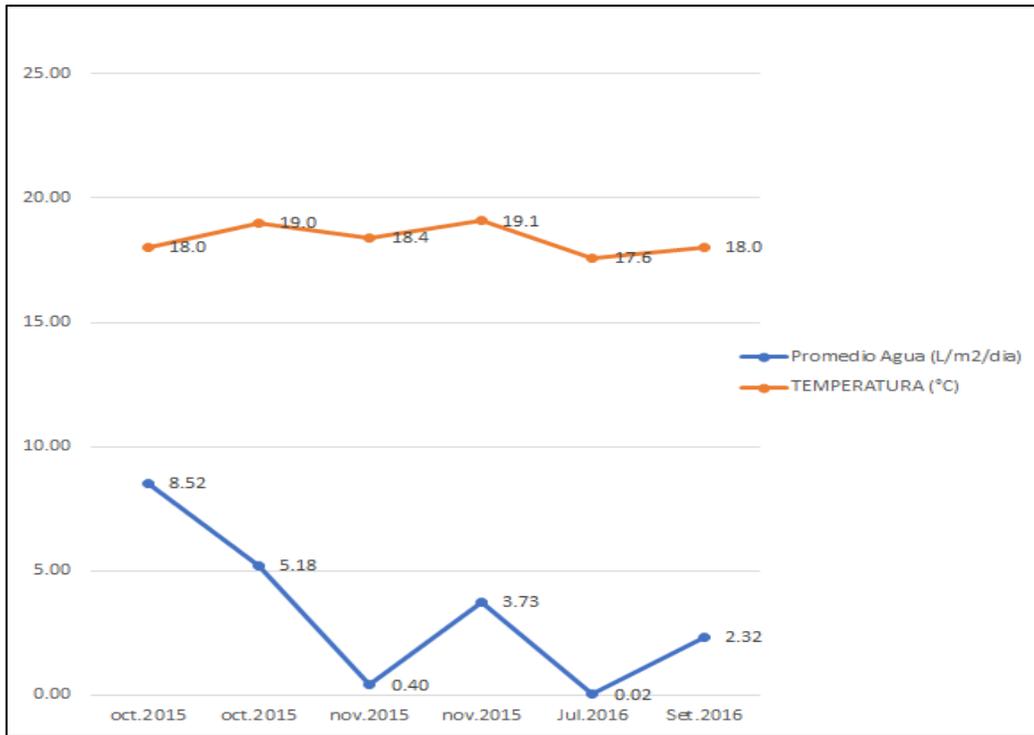


Figura 34: Gráfico de comparación del promedio de agua de niebla colectada y la temperatura.

Tabla 11: Valores de del promedio de agua de niebla colectada y la temperatura.

INICIO	FINAL	MES	PROMEDIO AGUA (L/m2/día)	TEMPERATURA (°C)
25/10/2015	26/10/2015	oct.2015	8.52	18.0
26/10/2015	27/10/2015	oct.2015	5.18	19.0
1/11/2015	4/11/2015	nov.2015	0.40	18.4
18/11/2015	20/11/2015	nov.2015	3.73	19.1
1/07/2016	3/07/2016	Jul.2016	0.02	17.6
18/09/2016	20/09/2016	Set.2016	2.32	18.0

Fuente: SENAMHI y datos del estudio.

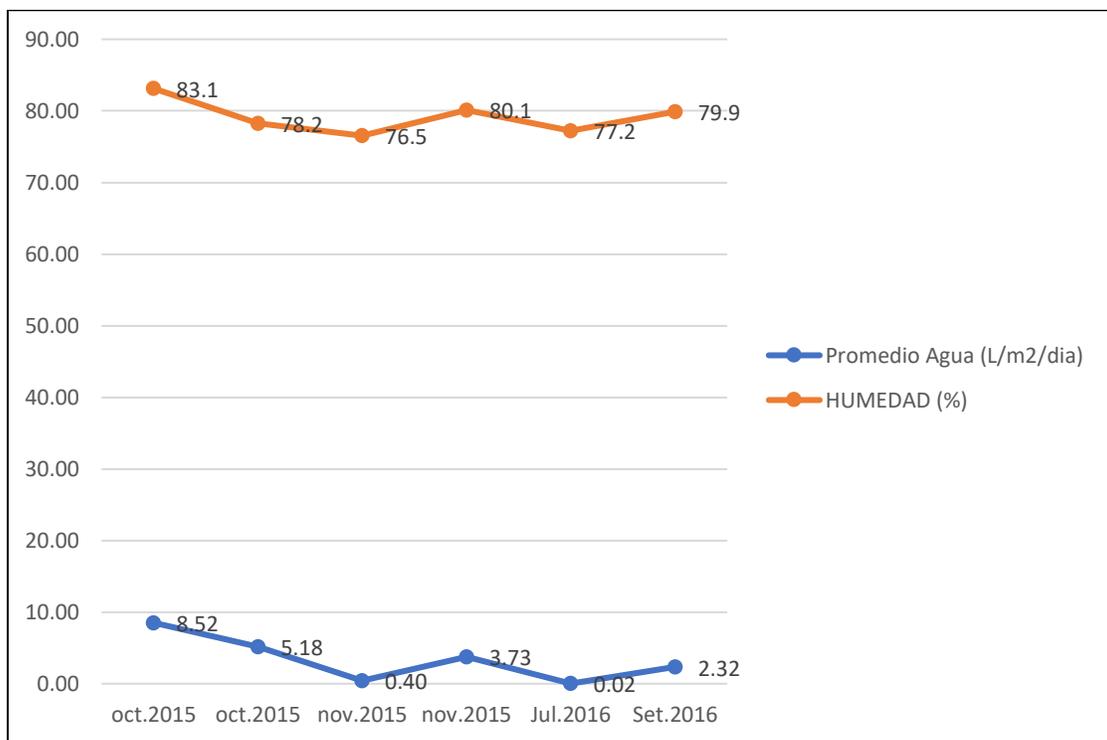


Figura 35: Gráfico de comparación del promedio de agua de niebla colectada y la humedad relativa.

Tabla 12: Valores de del promedio de agua de niebla colectada y la humedad relativa.

INICIO	FINAL	MES	PROMEDIO AGUA (L/m2/día)	HUMEDAD RELATIVA (%)
25/10/2015	26/10/2015	oct.2015	8.52	83.1
26/10/2015	27/10/2015	oct.2015	5.18	78.2
1/11/2015	4/11/2015	nov.2015	0.40	76.5
18/11/2015	20/11/2015	nov.2015	3.73	80.1
1/07/2016	3/07/2016	Jul.2016	0.02	77.2
18/09/2016	20/09/2016	Set.2016	2.32	79.9

Fuente: SENAMHI y datos del estudio.

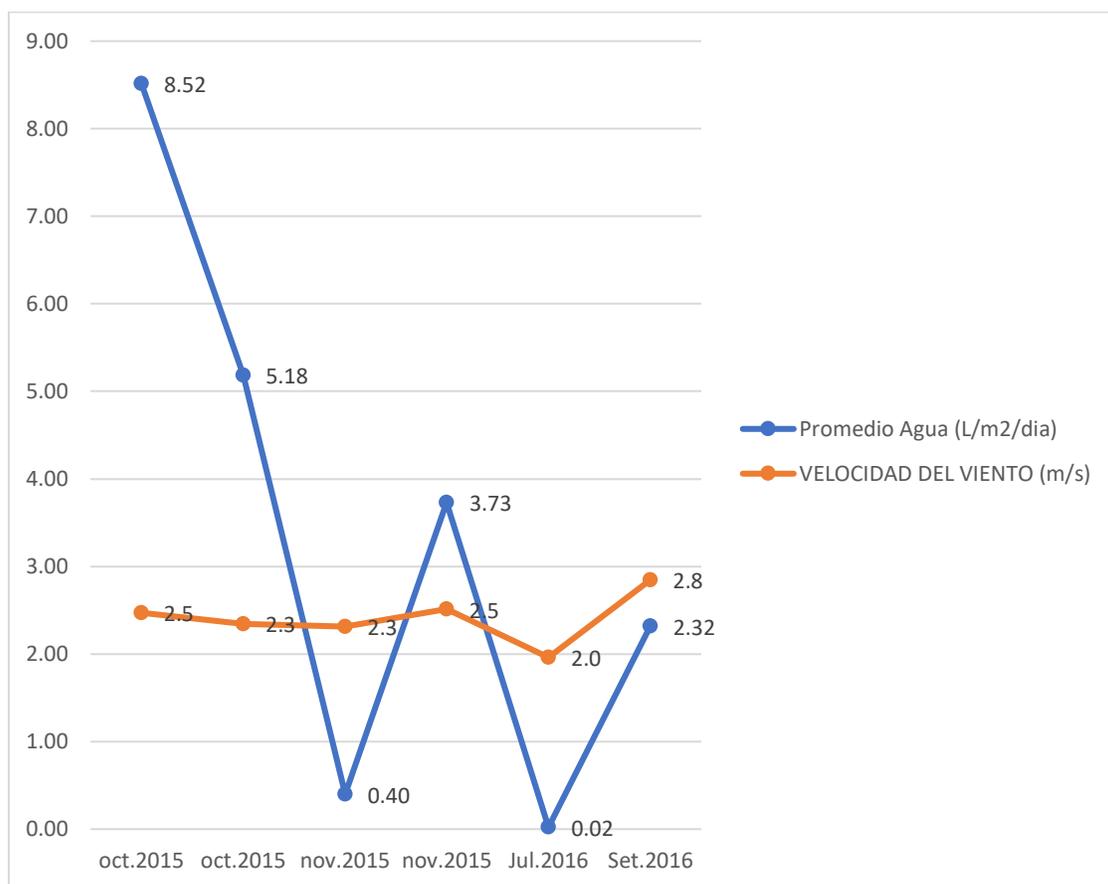


Figura 36: Gráfico de comparación del promedio de agua de niebla colectada y la velocidad del viento.

Tabla 13: Valores de del promedio de agua de niebla colectada y la velocidad del viento.

INICIO	FINAL	MES	PROMEDIO AGUA (L/m2/día)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
25/10/2015	26/10/2015	oct.2015	8.52	2.5
26/10/2015	27/10/2015	oct.2015	5.18	2.3
1/11/2015	4/11/2015	nov.2015	0.40	2.3
18/11/2015	20/11/2015	nov.2015	3.73	2.5
1/07/2016	3/07/2016	Jul.2016	0.02	2.0
18/09/2016	20/09/2016	Set.2016	2.32	2.8

Fuente: SENAMHI y datos del estudio.

ANEXO 5: MEDICIÓN DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA EN CAMPO Y LABORATORIO



Figura 37: Recipientes de almacenamiento de agua de niebla. Izquierda: agua de colector BOX, centro: agua de colector Árbol y derecha: agua de colector SFC.



Figura 38: Jarra de medición de la cantidad del agua. Izquierda: agua de colector SFC, centro: agua de colector Árbol y derecha: agua de colector Box.



Figura 39: Monitoreo de la calidad del agua. Medición de pH de agua de colector SFC.

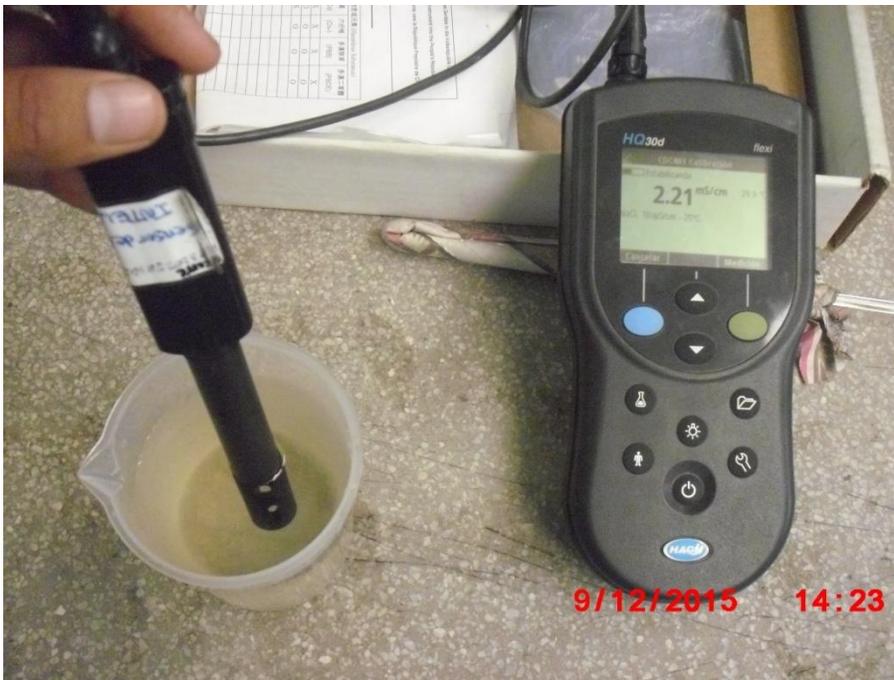


Figura 40: Monitoreo de la calidad del agua. Medición de conductividad de agua de colector SFC.



Figura 41: Inicio del funcionamiento de la colección de agua de niebla en octubre del 2015. Nótese el color de la malla verde claro. En la foto aparece el investigador del estudio.



Figura 42: Colección de agua de niebla en junio del 2016. Nótese el color de la malla gris. Investigador en zona de estudio, Lomas de Villa María del Triunfo.

ANEXO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

6.1 Análisis de Diferencia Significativa en el Volumen de Agua de 3 Modelos de Neblinómetros.

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

Num	DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	153.14	<0.0001
MODELOS	2	1.23	0.2980

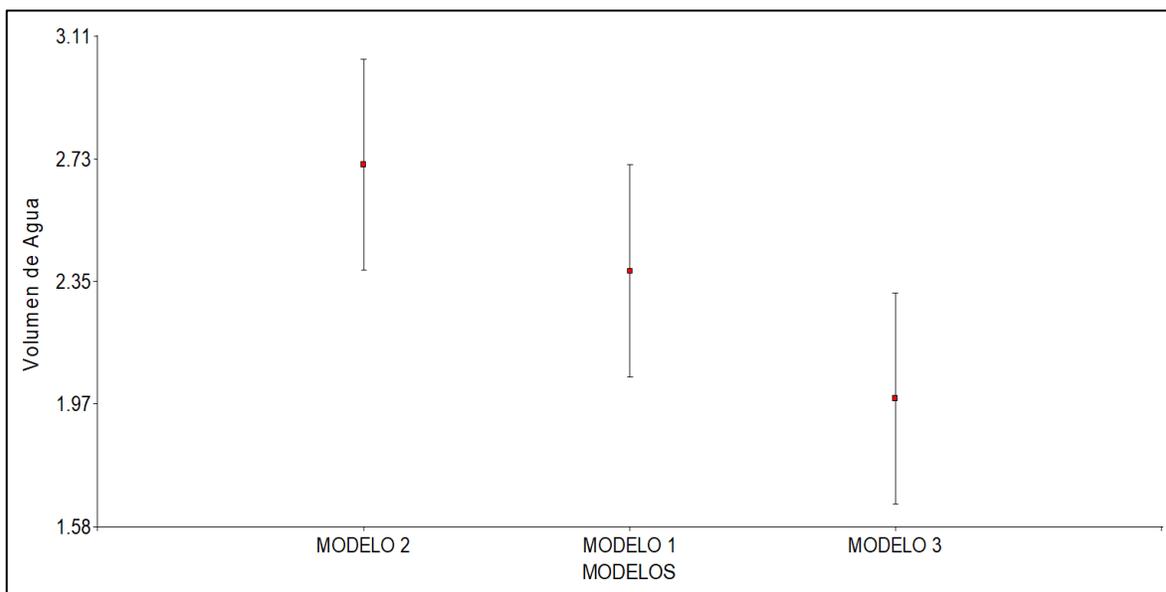
No habría diferencias entre los 3 modelos

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

MODELOS	Medias	E.E.	
MODELO Box	2.71	0.33	A
MODELO SFC	2.38	0.33	A
MODELO Árbol	1.98	0.33	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



Nota: Para la todos los análisis se usan:

Modelo 1 es SFC

Modelo 2 es Box

Modelo 3 es Árbol

6.2 Análisis de Diferencia Significativa en Coliformes Fecales

Se usó un modelo lineal generalizado, debido a que con el análisis de varianza nunca se cumplió con el supuesto de linealidad.

Se usó la distribución de Quasi-Poisson, no se usó Poisson por la sobre dispersión del modelo.

Variable dependiente: Coliformes.Fecales.en.NMP.100.mL

General

<u>Familia</u>	<u>Enlace</u>	<u>Convergencia</u>	<u>Escala</u>
quasipoisson	log	Alcanzada	602.41

Medidas de ajuste del modelo

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Deviance</u>
15			5891.89	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos

<u>Source</u>	<u>num</u>	<u>DF</u>	<u>denDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
MODELOS		2	12	0.74	0.4964

Coliformes.Fecales.en.NMP.100.mL - Medias ajustadas y errores estándares para Modelos

Inversa de la función de enlace con efecto aleatorio=0

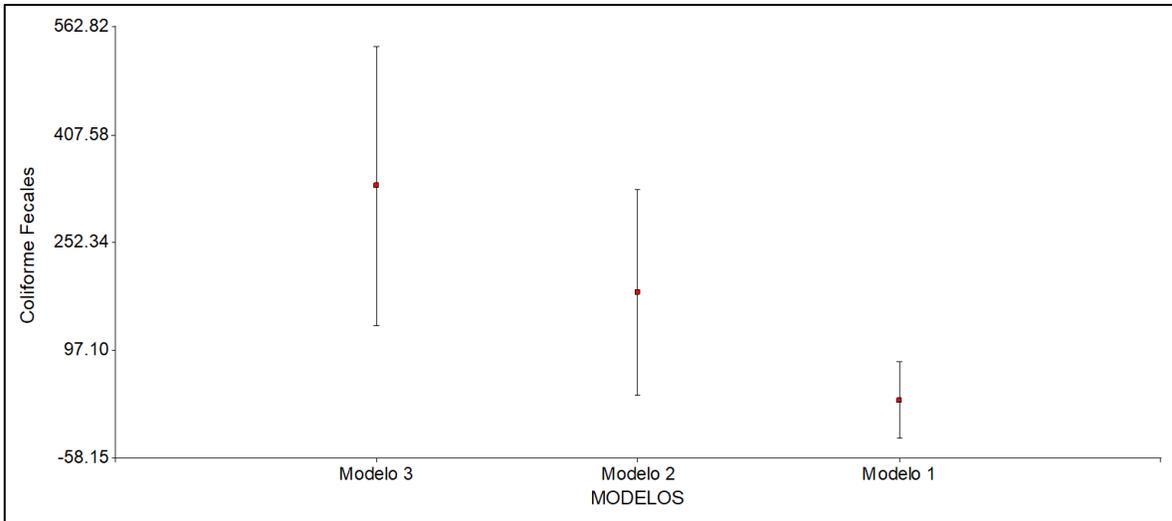
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

<u>MODELOS</u>	<u>Pred</u>	<u>Lin</u>	<u>E.E.</u>	<u>Media</u>	<u>E.E.</u>
Modelo 3	5.81	0.60	334.00	200.59	A
Modelo 2	5.20	0.82	181.00	147.67	A
Modelo 1	3.23	2.18	25.40	55.32	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Hay diferencia significativa entre el SFC y el Árbol.



Nota: Para la todos los análisis se usan:

Modelo 1 es SFC

Modelo 2 es Box

Modelo 3 es Árbol

6.3 Análisis de Diferencia Significativa en pH

Medidas de ajuste del modelo

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2</u>	<u>0</u>
27	13.81	18.52	-2.90	0.24	0.02	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	28136.38	<0.0001
MODELOS	2	0.21	0.8142

pH - Medias ajustadas y errores estándares para MODELOS

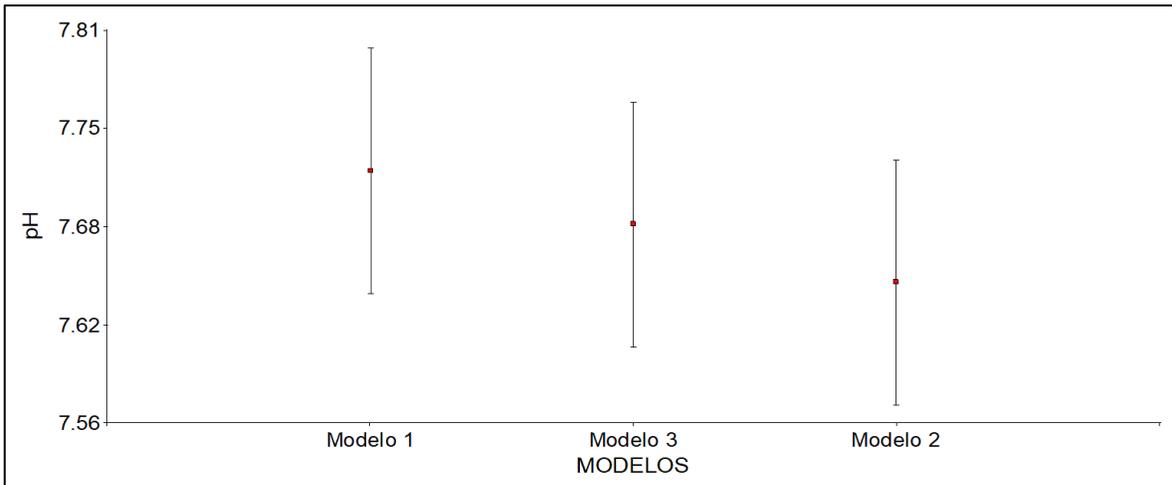
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

<u>MODELOS</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>	
Modelo 1	7.72	0.08	A
Modelo 3	7.69	0.08	A
Modelo 2	7.65	0.08	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

No habría diferencias entre los 3 modelos



Nota: Para la todos los análisis se usan:

Modelo 1 es SFC

Modelo 2 es Box

Modelo 3 es Árbol

6.4 Análisis de Diferencia Significativa en Conductividad

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	376.31	380.85	-184.16	630.88	0.11	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	57.69	<0.0001
MODELOS	2	1.47	0.2502

Conductividad - Medias ajustadas y errores estándares para MODELOS

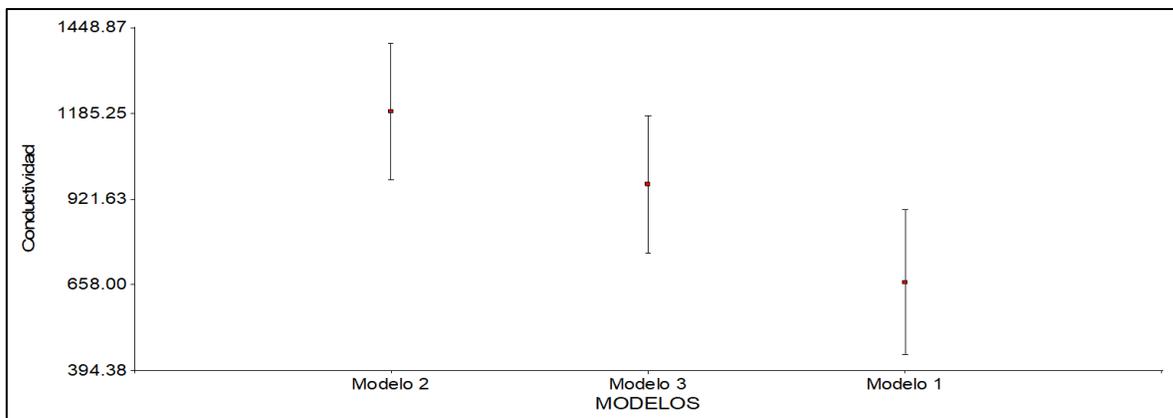
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

MODELOS	Medias	E.E.
Modelo 2	1190.64	210.29 A
Modelo 3	967.61	210.29 A
Modelo 1	665.36	223.05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Hay diferencia significativa entre el SFC y el Box.



Nota: Para la todos los análisis se usan:

Modelo 1 es SFC

Modelo 2 es Box

Modelo 3 es Árbol

6.5 Análisis de Diferencia Significativa en TURBIEDAD

Variable dependiente: Turbiedad

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
23	181.72	185.70	-86.86	15.98	0.03

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

Num	DF	F-value	p-value
(Intercept)	1	113.31	<0.0001
Modelos	2	0.31	0.7388

Turbiedad - Medias ajustadas y errores estándares para MODELOS

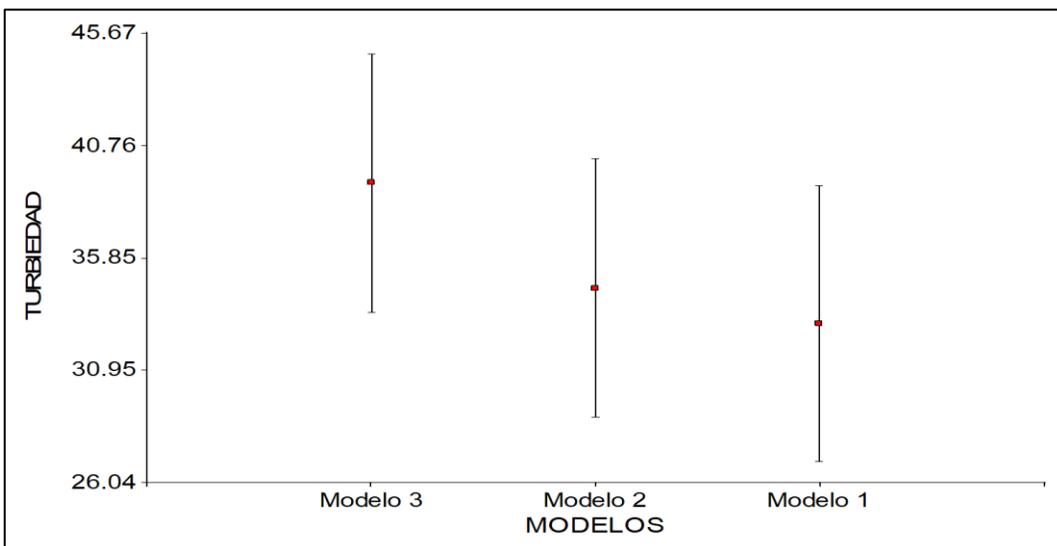
LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

MODELOS	Medias	E.E.	
Modelo 3	39.13	5.65	A
Modelo 2	34.53	5.65	A
Modelo 1	32.97	6.04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

No habría diferencias entre los 3 modelos



Nota: Modelo 1 es SFC, Modelo 2 es Box y Modelo 3 es Árbol.

ANEXO 7: RESULTADOS DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA DE NIEBLA

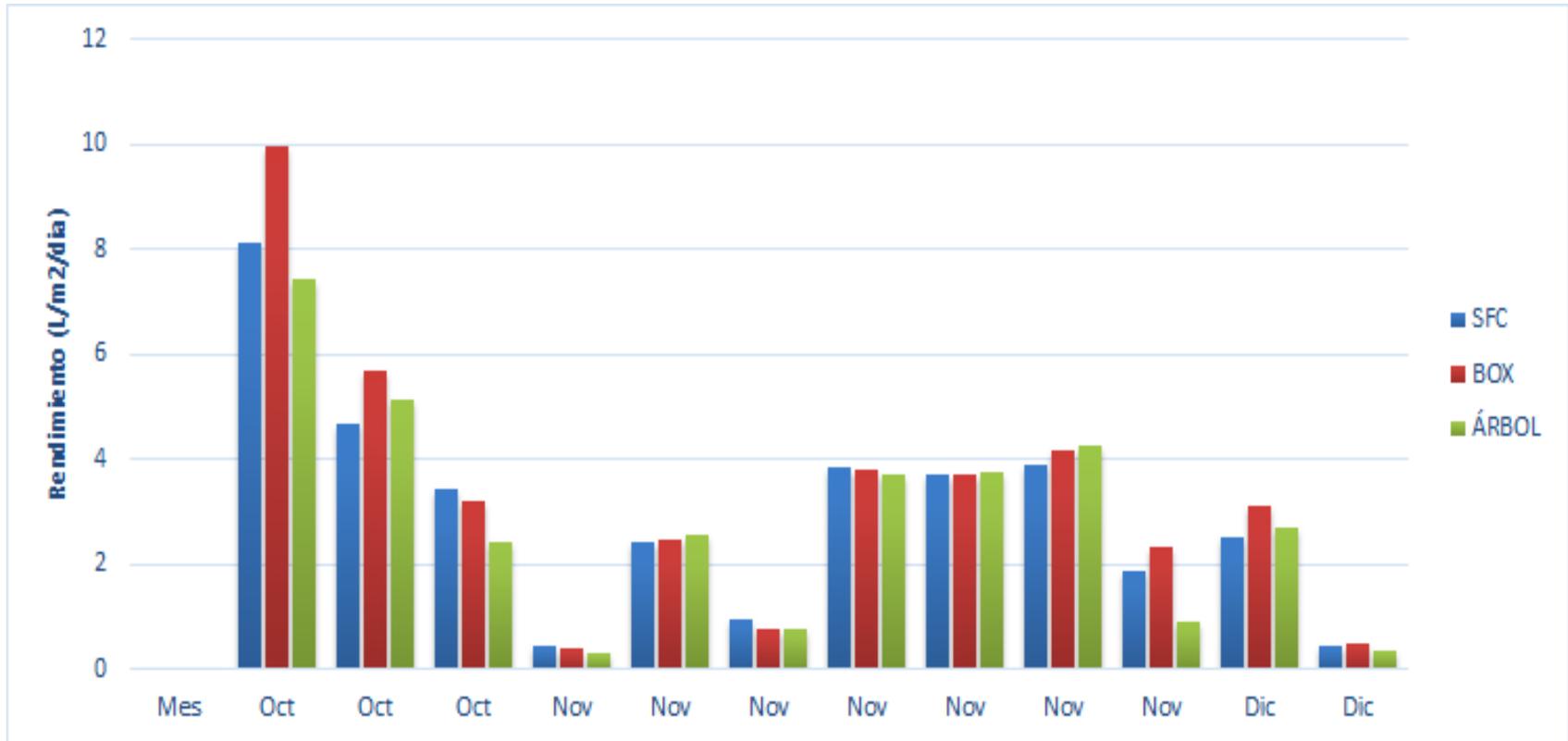


Figura 43: Rendimiento de Colección de Agua de Niebla de octubre a diciembre del 2015.

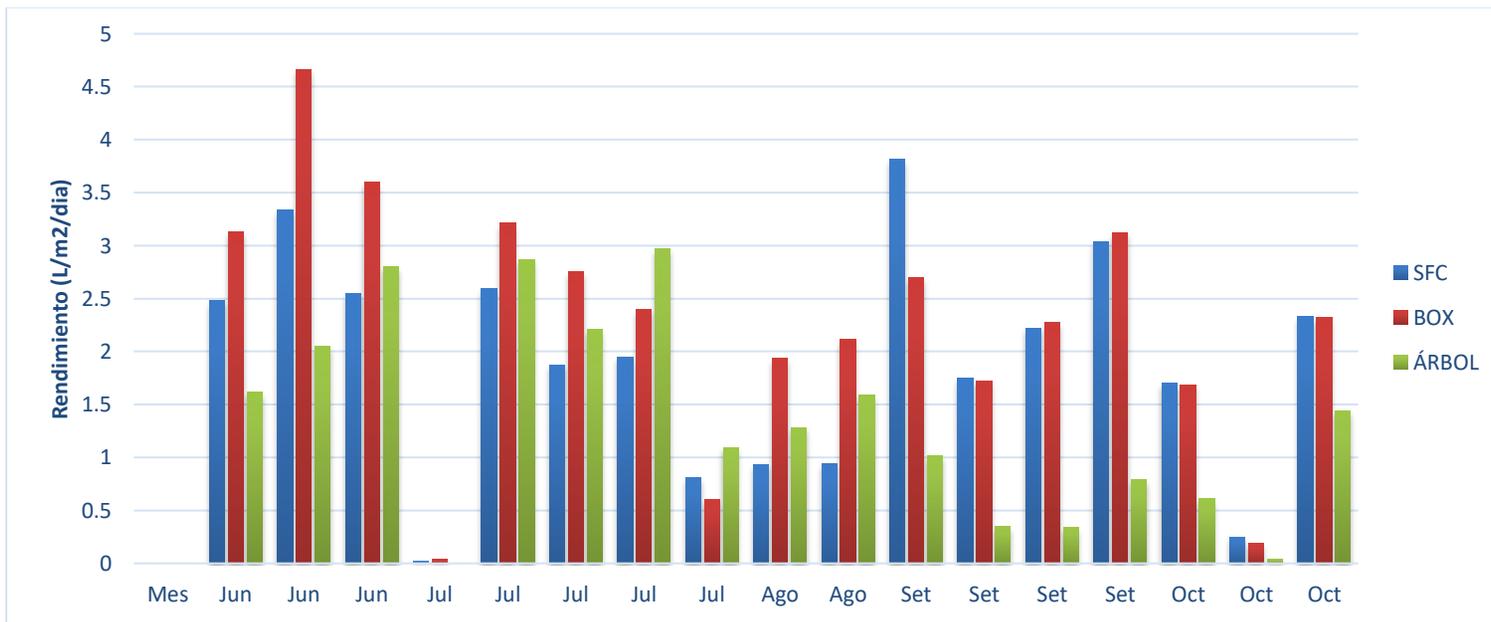


Figura 44: Rendimiento de Colección de Agua de Niebla de junio a octubre del 2016.

Tabla 14: Datos de Medición de Colección de Agua de Niebla usando Colectores SFC, BOX y Árbol en una zona de las Lomas de Villa María del Triunfo.

N° de Muestra	Periodo		Hora	Volumen de agua almacenada en Colector = a (litros)			Área de colección= b (m2)	Duración del Periodo= c (Días)	Rendimiento a/b/c (L/m2/día)			Observación
	INICIO	FINAL		SFC	BOX	ÁRBOL			SFC	BOX	ÁRBOL	
1	25/10/2015	26/10/2015	16:00	8.15	9.95	7.45	1	1	8.15	9.95	7.45	BUEN FUNCIONAMIENTO
2	26/10/2015	27/10/2015	15:00	4.70	5.70	5.15	1	1	4.70	5.70	5.15	BUEN FUNCIONAMIENTO
3	27/10/2015	1/11/2015	10:00	17.30	16.00	12.10	1	5	3.46	3.20	2.42	BUEN FUNCIONAMIENTO
4	1/11/2015	4/11/2015	16:00	1.40	1.25	0.95	1	3	0.47	0.42	0.32	BUEN FUNCIONAMIENTO
5	4/11/2015	8/11/2015	10:00	9.65	10.00	10.35	1	4	2.41	2.50	2.59	BUEN FUNCIONAMIENTO
6	8/11/2015	14/11/2015	09:00	5.70	4.75	4.60	1	6	0.95	0.79	0.77	BUEN FUNCIONAMIENTO
7	14/11/2015	18/11/2015	10:00	15.40	15.20	14.80	1	4	3.85	3.80	3.70	BUEN FUNCIONAMIENTO
8	18/11/2015	20/11/2015	12:00	7.45	7.45	7.50	1	2	3.73	3.73	3.75	BUEN FUNCIONAMIENTO
9	20/11/2015	24/11/2015	12:00	15.55	16.70	17.10	1	4	3.89	4.18	4.28	BUEN FUNCIONAMIENTO
10	29/11/2015	1/12/2015	11:00	3.75	4.65	1.85	1	2	1.88	2.33	0.93	BUEN FUNCIONAMIENTO
11	1/12/2015	6/12/2015	10:00	12.60	15.50	13.50	1	5	2.52	3.10	2.70	BUEN FUNCIONAMIENTO
12	6/12/2015	9/12/2015	11:00	1.40	1.55	1.10	1	3	0.47	0.52	0.37	BUEN FUNCIONAMIENTO
13	19/06/2016	26/06/2016	16:00	17.38	21.93	11.33	1	7	2.48	3.13	1.62	BUEN FUNCIONAMIENTO
14	26/06/2016	29/06/2016	15:00	10.00	14.00	6.15	1	3	3.33	4.67	2.05	BUEN FUNCIONAMIENTO
15	29/06/2016	1/07/2016	13:00	5.10	7.20	5.60	1	2	2.55	3.60	2.80	BUEN FUNCIONAMIENTO
16	1/07/2016	3/07/2016	13:00	0.05	0.07	0.01	1	2	0.03	0.04	0.01	BUEN FUNCIONAMIENTO
17	3/07/2016	10/07/2016	12:00	18.15	22.50	20.10	1	7	2.59	3.21	2.87	BUEN FUNCIONAMIENTO
18	10/07/2016	18/07/2016	16:00	15.00	22.00	17.65	1	8	1.88	2.75	2.21	BUEN FUNCIONAMIENTO
19	18/07/2016	25/07/2016	16:00	13.65	16.80	20.80	1	7	1.95	2.40	2.97	BUEN FUNCIONAMIENTO
20	25/07/2016	1/08/2016	10:00	5.70	4.25	7.65	1	7	0.81	0.61	1.09	BUEN FUNCIONAMIENTO
21	1/08/2016	7/08/2016	11:00	5.60	11.60	7.70	1	6	0.93	1.93	1.28	BUEN FUNCIONAMIENTO
22	7/08/2016	14/08/2016	11:00	6.60	14.80	11.10	1	7	0.94	2.11	1.59	BUEN FUNCIONAMIENTO
23	6/09/2016	9/09/2016	11:00	11.45	8.10	3.05	1	3	3.82	2.70	1.02	BUEN FUNCIONAMIENTO
24	9/09/2016	13/09/2016	12:00	7.00	6.90	1.40	1	4	1.75	1.73	0.35	BUEN FUNCIONAMIENTO
25	13/09/2016	18/09/2016	11:00	11.10	11.40	1.70	1	5	2.22	2.28	0.34	BUEN FUNCIONAMIENTO
26	18/09/2016	20/09/2016	12:00	6.08	6.25	1.58	1	2	3.04	3.13	0.79	BUEN FUNCIONAMIENTO
27	4/10/2016	11/10/2016	14:00	11.90	11.80	4.30	1	7	1.70	1.69	0.61	BUEN FUNCIONAMIENTO
28	11/10/2016	18/10/2016	14:00	1.75	1.30	0.30	1	7	0.25	0.19	0.04	BUEN FUNCIONAMIENTO
29	18/10/2016	25/10/2016	14:00	16.30	16.25	10.10	1	7	2.33	2.32	1.44	BUEN FUNCIONAMIENTO
								PROMEDIO	2.38	2.71	1.98	

Tabla 15: Análisis de parámetros en muestras de calidad de agua de niebla en Neblinómetro SFC.

AGUA DE NIEBLA							
Número de Muestra	Fecha	Tipo Neblinometro	Parámetros In Situ		Parametros Medidos en laboratorio		
			pH	Temperatura (C°)	Conductividad (μS/cm)	Turbiedad (NTU)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)
1	18/11/2015	SFC	8.09	17.5	168.4	72.1	
2	24/11/2015	SFC	7.7	20.8	167.8		4
3	1/12/2015	SFC	7.97	17.1	172	42.6	
4	9/12/2015	SFC	7.98	28.9	196.7	27.9	
5	9/09/2016	SFC	7.68	15.5	804	22.9	1.8
6	13/09/2016	SFC	7.32	19.2	1815	16.6	49
7	18/09/2016	SFC	7.61	21	1260	30.8	
8	20/09/2016	SFC	7.95	18.1			70
9	25/09/2016	SFC	7.48	20.1	739	17.9	0
		N	9	9	8	7	5
		Promedio	7.8	19.8	665.4	33.0	25.0
		Máximo	8.09	28.9	1815	72.1	70
		Mínimo	7.32	15.5	167.8	16.6	0

Tabla 16: Análisis de parámetros en muestras de calidad de agua de niebla en Neblinómetro BOX.

AGUA DE NIEBLA							
Número de Muestra	Fecha	Tipo Neblinometro	Parámetros In Situ		Parametros Medidos en laboratorio		
			pH	Temperatura (C°)	Conductividad (µS/cm)	Turbiedad (NTU)	Coliformes Fecales (NMP/100m)
1	18/11/2015	BOX	7.92	17.5	169.8	48.4	
2	24/11/2015	BOX	7.68	20.8	657		13
3	1/12/2015	BOX	7.93	17.1	1247	38.1	
4	9/12/2015	BOX	7.66	28.3	1910	24.3	
5	9/09/2016	BOX	7.35	15.5	1110	25.8	220
6	13/09/2016	BOX	7.25	19.2	2120	21.5	130
7	18/09/2016	BOX	7.57	21	1392	48.6	
8	20/09/2016	BOX	7.81	17.6	1280	44	540
9	25/09/2016	BOX	7.66	19.4	830	25.5	0
		N	9	9	9	8	5
		Promedio	7.65	19.60	1190.64	34.53	180.60
		Máximo	7.93	28.3	2120	48.6	540
		Mínimo	7.25	15.5	169.8	21.5	0

Tabla 17: Análisis de parámetros en muestras de calidad de agua de niebla en Neblinómetro ÁRBOL.

AGUA DE NIEBLA							
Número de Muestra	Fecha	Tipo Neblinometro	Parámetros In Situ		Parametros Medidos en laboratorio		
			pH	Temperatura (C°)	Conductividad (μS/cm)	Turbiedad (NTU)	Coliformes Fecales (NMP/100m)
1	18/11/2015	ÁRBOL	7.89	17.5	908	41.5	
2	24/11/2015	ÁRBOL	7.58	20.5	751		160
3	1/12/2015	ÁRBOL	7.96	17.1	170.5	41	
4	9/12/2015	ÁRBOL	7.63	28.3	198	12.2	
5	9/09/2016	ÁRBOL	7.68	15.5	908	30.9	22
6	13/09/2016	ÁRBOL	7.16	19.2	2330	60.8	23
7	18/09/2016	ÁRBOL	7.68	23.6	1541	57.5	
8	20/09/2016	ÁRBOL	7.73	18.4	1209	46.4	23
9	25/09/2016	ÁRBOL	7.86	19.1	693	22.7	0
		N	9	9	9	8	5
		Promedio	7.69	19.91	967.61	39.13	45.60
		Máximo	7.96	28.3	2330	60.8	160
		Mínimo	7.16	15.5	170.5	12.2	0

ANEXO 8: RESULTADOS DE LABORATORIO - MICROBIOLÓGICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1511546 - LMT

SOLICITANTE : LUIS HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA SIN FILTRAR
1511546) ÁRBOL

PROCEDENCIA : Villa Maria del Triunfo
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 625 mL aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2015 - 11 - 24
FECHA DE RECEPCIÓN : 2015 - 11 - 24
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 24
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 28

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis Microbiológico	Muestra 1511546
Enumeración de coliformes fecales (NMP/100mL)	> 16 x 10 ²

Método:

1SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio, en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

La Molina, 01 de diciembre del 2015

DRA. DORIS ZÚNIGA DAVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274
E-mail: imt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

+ (511) 6147800 anexo 274 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1511547 - LMT

SOLICITANTE : LUIS HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA SIN FILTRAR
1511547) BOX

PROCEDENCIA : Villa Maria del Triunfo
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 625 mL aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2015 - 11 - 24
FECHA DE RECEPCIÓN : 2015 - 11 - 24
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 24
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 28

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis Microbiológico	Muestra 1511547
¹Enumeración de coliformes fecales (NMP/100mL)	13

Método:

¹SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio, en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

La Molina, 01 de diciembre del 2015

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: imt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

+ (511) 6147800 anexo 274 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1511545 - LMT

SOLICITANTE : LUIS HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA SIN FILTRAR
1511545) SFC

PROCEDENCIA : Villa Maria del Triunfo
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 625 mL aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2015 - 11 - 24
FECHA DE RECEPCIÓN : 2015 - 11 - 24
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 24
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2015 - 11 - 28

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Análisis Microbiológico	Muestra 1511545
¹Enumeración de coliformes fecales (NMP/100mL)	4

Método:

¹SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio, en muestra proporcionada por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

La Molina, 01 de diciembre del 2015

DRA. DORIS ZÚÑIGA DAVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274
E-mail: imt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

+ (511) 6147800 anexo 274 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609491- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA
1609491) ARBOL

PROCEDENCIA : Villa María del Triunfo
TIPO DE ENVASE : Frasco de vidrio
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2016 - 09 - 09
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016 - 09 - 09
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 09
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 16

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609491
¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	22

Nota: El valor <1.8 indica ausencia de microorganismos en ensayo

Métodos:

¹SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 16 de septiembre de 2016

DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274
E-mail: imt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

□ (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609490- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA
1609490) BOX

PROCEDENCIA : Villa María del Triunfo
TIPO DE ENVASE : Frasco de vidrio
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2016 - 09 - 09
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016 - 09 - 09
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 09
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 16

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609490
1Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	22 x 10

Nota: El valor <1.8 indica ausencia de microorganismos en ensayo

Métodos:

1SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 16 de septiembre de 2016

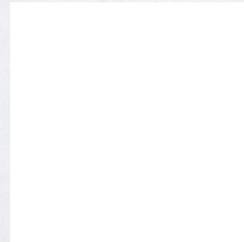


DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

□ (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609492- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA

1609492) SFC

PROCEDENCIA	: Villa María del Triunfo
TIPO DE ENVASE	: Frasco de vidrio
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO	: 2016 - 09 - 09
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016 - 09 - 09
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2016 - 09 - 09
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2016 - 09 - 16

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609492
1Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	1.8

Nota: El valor <1.8 indica ausencia de microorganismos en ensayo

Métodos:

1SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 16 de septiembre de 2016

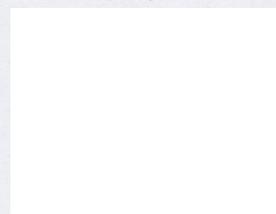


DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: imt@lamolina.edu.pe



LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

□ (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609510- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA
1609510) ARBOL

PROCEDENCIA	: Villa María del Triunfo
TIPO DE ENVASE	: Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO	: 2016 - 09 - 13
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016 - 09 - 13
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2016 - 09 - 13
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2016 - 09 - 18

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609510
¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	23

Nota: El valor <1.8 indica ausencia de microorganismos en ensayo

Métodos:

¹SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 22 de septiembre de 2016

DRA. DORIS ZUNIGA DAVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

☐ (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609508- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA

1609508) BOX

PROCEDENCIA	: Villa María del Triunfo
TIPO DE ENVASE	: Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO	: 2016 - 09 - 13
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016 - 09 - 13
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2016 - 09 - 13
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2016 - 09 - 18

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609508
1Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	13 x 10

Nota: El valor <1.8 indica ausencia de microorganismos en ensayo

Métodos:

1SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 22 de septiembre de 2016

DRA. DORIS ZÚNIGA DAVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

□ (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609509- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA
1609509) SFC

PROCEDENCIA	: Villa María del Triunfo
TIPO DE ENVASE	: Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN	: En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO	: 2016 - 09 - 13
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2016 - 09 - 13
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2016 - 09 - 13
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	: 2016 - 09 - 18

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609509
1Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	49

Nota: El valor <1.8 indica ausencia de microorganismos en ensayo

Métodos:

1SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 22 de septiembre de 2016

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

□ (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609524- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA
1609524) ARBOL

PROCEDENCIA : Lomas de Villa María del Triunfo
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2016 - 09 - 20
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016 - 09 - 20
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 20
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 23

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609524
1Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	23

Métodos:

1SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 27 de septiembre de 2016

DRA. DORIS ZÚÑIGA DAVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

☎ (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609525- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA
1609525) BOX

PROCEDENCIA : Lomas de Villa María del Triunfo
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2016 - 09 - 20
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016 - 09 - 20
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 20
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 23

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609525
1Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	54 x 10

Métodos:

1SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 27 de septiembre de 2016

DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

L: (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609526- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA
1609526) SFC

PROCEDENCIA : Lomas de Villa María del Triunfo
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2016 - 09 - 20
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016 - 09 - 20
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 20
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 23

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609526
¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	70

Métodos:

¹SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 27 de septiembre de 2016

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

U (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609547- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA
1609547) ARBOL

PROCEDENCIA : Villa María del Triunfo
TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2016 - 09 - 25
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016 - 09 - 26
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 26
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 29

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609547
¹Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	< 1.8

Nota: El valor <1.8 indica ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 17 de octubre del 2016

DRA. DORIS ZUNIGA DAVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274
E-mail: lmmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

☎ (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: lmmt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609545- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA

1609545) BOX

PROCEDENCIA : Villa María del Triunfo
 TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
 CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
 ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
 FECHA DE MUESTREO : 2016 - 09 - 25
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2016 - 09 - 26
 FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 26
 FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 29

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609545
¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	< 1.8

Nota: El valor <1.8 indica ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 17 de octubre del 2016

DRA. DORIS ZUNIGA DAVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: imt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

☐ (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1609546- LMT

SOLICITANTE : BORJA HUAMÁN TINCO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : AGUA DE NIEBLA

1609546) SFC

PROCEDENCIA : Villa María del Triunfo
 TIPO DE ENVASE : Botella de plástico
 CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 500 ml aprox.
 ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
 FECHA DE MUESTREO : 2016 - 09 - 25
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2016 - 09 - 26
 FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 26
 FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2016 - 09 - 29

RESULTADOS DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

Análisis Microbiológico	Muestra 1609546
1Enumeración de coliformes fecales (NMP/100ml)	< 1.8

Nota: El valor <1.8 indica ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

1SMEWW 21st Ed. 2005, Part 9221. APHA-AWWA-WEF.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 17 de octubre del 2016

DRA. DORIS ZUNIGA DAVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 614 7800 anexo 274

E-mail: imt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA "MARINO TABUSSO"

☎ (511)7995788 ó 614-7800 anexo 274 - Fax (511) 349-2805 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe
Apartado Postal 456 - Lima 12 - PERU

ANEXO 9: COSTOS DE MODELOS DE NEBLINÓMETROS

Tabla 18: Costos en Soles de materiales y mano de obra para construir e instalar colectores SFC, BOX y ARBOL.

	Rubro	Material	Unidad de medida	COSTOS DE UN COLECTOR SFC			COSTOS DE UN COLECTOR BOX			COSTOS DE UN COLECTOR ÁRBOL		
				Cantidad	Costo unitario	Total	Cantidad	Costo unitario	Total	Cantidad	Costo unitario	Total
Materiales	Tubería	Tubería de PVC 6"	m	1	25	25	1	25	25	1	25	25
		Conector de 6" con tapas	Unidad	1	5.5	5.5		5.5	0		5.5	0
		Pegamento de PVC	Litro	1	5	5	1	5	5	1	5	5
		Manguera de 10mm	m	2	1	2	2	1	2	2	1	2
	Cables de seguros	Abrazaderas de metal para cables	unidad	4	1	4	4	1	4	4	1	4
		Alambre galvanizado	Kg	1	6	6	1	6	6	1	6	6
		Cable de acero plastificado	m	25	1.2	30	25	1.2	30	25	1.2	30
	Acero	Ángulos galvanizado de 90°	Unidad	0	0	0	0	0	0	20	0.9	18
	Malla	Raschel 35%	m ²	1	7	7	2	7	14	2	7	14
		Seguros de malla	Unidad	12	1	12	24	1	24	4	1	4
	Postes de madera	20x30x130mm de 4m altura	Unidad	2	25	50	2	25	50	2	25	50
		10x20x130mm de 3m altura	Unidad	0	0	0	2	4	8	0	0	0
	Marcos de madera	20x30cm de dimensión interna	Unidad	0	0	0		0	0	10	16	160
	Clavos	Clavos	Unidad	0	0	0	1	3	3	1	3	3
Plástico	Bolsa de 20 kg	Unidad	2	0.2	0.4	1	0.2	0.2	1	0.2	0.2	
	Recipiente de 20L capacidad con medidor en ml	Unidad	1	25	25	1	25	25	1	25	25	
Mano de obra	Hombres	Traslado e instalación de equipos en zona de estudio	Dias	6	30	180	7	30	210	8	30	240
			COSTO TOTAL		351.9			406.2			586.2	

Tabla 19: Costos en Soles de Mantenimiento y Seguimiento de los colectores SFC, BOX y ÁRBOL.

Descripción de actividad	Rubro	COSTOS DE UN COLECTOR SFC			COSTOS DE UN COLECTOR BOX			COSTOS DE UN COLECTOR ÁRBOL		
		Cantidad	Costo unitario	Total	Cantidad	Costo unitario	Total	Cantidad	Costo unitario	Total
Identificación de la zona de estudio: 1 día de 8 horas	Investigador	1	300	300	1	300	300	1	300	300
	Movilidad (ida y vuelta) de San Juan de Miraflores hacia lomas de Villa María del Triunfo.	2	50	100	2	50	100	2	50	100
	Alquiler Anemómetro	1	200	200	1	200	200	1	200	200
	Material de escritorio (fichas de recojo de datos)	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1
	Equipo fotográfico	1	20	20	1	20	20	1	20	20
Sensibilización a pobladores: 1 taller teórico práctico	Material educativo	20	0.2	4	20	0.2	4	20	0.2	4
Mantenimiento reparación de prototipos de uso más común: Frecuencia semestral	Reparación por cambio en: Canaletas, cables acerados, alambre galvanizado, manguera y depósitos.	1	50	50	1	100	100	1	200	200
	Limpieza de panel semestral: Detergente, waipes, escalera y escobilla.	1	20	20	1	20	20	1	50	50
Seguimiento en colecta de agua: 1 visita por mes	Operario(jornada de 4 horas)	1	50	50	1	50	50	1	50	50
	Movilidad (ida y vuelta) de San Juan de Miraflores hacia lomas de Villa María del Triunfo.	2	50	100	2	50	100	2	50	100
	Material de escritorio (fichas de recojo de datos)	2	0.5	1	2	0.5	1	2	0.5	1
	Equipo fotográfico	1	20	20	1	20	20	1	20	20
COSTO TOTAL			866			916			1046	