

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**CALIDAD DE AGUA DE NIEBLA CAPTADA ARTIFICIALMENTE PARA
USO EN CONSUMO HUMANO EN LA QUEBRADA MANCHAY,
PACHACÁMAC- LIMA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

LINO HURTADO, YERSIN FELIPE

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María - Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 11 de Enero de 2019, a horas 10:00 a.m. en la Sala de Conferencias del Departamento Académico de Ciencias Ambientales, para calificar la Tesis titulada:

"CALIDAD DE AGUA DE NIEBLA CAPTADA ARTIFICIALMENTE PARA USO EN CONSUMO HUMANO EN LA QUEBRADA MANCHAY, PACHACÁMAC - LIMA"


Presentado por el Bachiller, **YERSIN FELIPE, LINO HURTADO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **"MUY BUENO"**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.


Tingo María, 10 de Abril de 2019


Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
PRESIDENTE


Dr. LUIS EDUARDO ORÉ CIERTO
MIEMBRO


Dr. JOSÉ KALIÓN GUERRA LU
MIEMBRO




Ing. MSc. VICTOR M. BETETA ALVARADO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CALIDAD DE AGUA DE NIEBLA CAPTADA ARTIFICIALMENTE PARA
USO EN CONSUMO HUMANO EN LA QUEBRADA MANCHAY,
PACHACÁMAC- LIMA**

Autor	: LINO HURTADO YERSIN FELIPE
Asesor	: Ing. M. Sc. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
Programa de Investigación	: Ciencia y Tecnologías Ambientales
Línea (s) de investigación	: Niveles de contaminación Ambiental
Eje Temático de investigación	: Evaluación de la contaminación del agua en comparación con la norma nacional vigente
Lugar de Ejecución	: Quebrada Manchay- Pachacámac Lima
Duración	Fecha de Inicio: 11 de Agosto del 2016 Termino: 21 de Mayo del 2017
Financiamiento	: S/. 17, 500 FEDU: NO Propio: S/. 3, 000 Otros: SUMP S.A.C. S/. 14, 500

DEDICO ESTA TESIS:

A Dios.

Por haberme dado la vida, su amor, su bendición y las fuerzas suficientes para afrontar y superar los obstáculos para cumplir mis objetivos.

A mis padres

Por mostrarme su amor y enseñarme sabiamente que la vida siempre nos enseñara algo nuevo y que debemos estar dispuestos aprenderlo cuando suceda. Por porque nunca ceden ante mis errores y siempre me motivan a cumplir cada meta, objetivo y sueño que tengo.

A mis hermanos y familiares

Por compartirme su amor y estar siempre presente incondicionalmente cuando más los necesito, por enseñarme a ser perseverante y mostrarme que los lazos que nos unen son más fuertes que las adversidades y que siempre unidos podremos superarlos.

Agradecimientos

A Dios por permitirme realizar este trabajo. A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por ser mi alma mater. *A mi asesor el Ing. Mg. Víctor Manuel Beteta Alvarado por su gran apoyo, paciencia, comprensión y motivación en el desarrollo de esta tesis. Al Bach. José Manuel Fernández Zeballos por su comprensión, confianza, motivación y gran apoyo para desarrollar el presente estudio a través del Proyecto Niebla (<http://www.sumpasac.com/niebla/>) de la empresa Sumpa S.A.C. Al Ing. José Luis Quequejana y al Blgo. Elvis Guzmán Ramos por su comprensión, motivación y gran apoyo para el desarrollo del presente estudio a través de la empresa Investigaciones Económicas en Minería, Energía e Hidrocarburos S.A.C.*

¡Gracias a todos ustedes!

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.2.1. Objetivos específicos.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. El agua en el Perú.....	4
2.2. La niebla.....	6
2.2.1. Clasificación de la niebla de acuerdo a su génesis.....	6
2.2.2. Ocurrencia de los eventos de niebla en el Perú.....	9
2.2.3. Potencialidad de colección de agua de niebla.....	11
2.2.4. Calidad de agua de niebla.....	15
2.2.5. Usos potenciales del agua de niebla.....	19
2.2.6. Captadores de agua de niebla.....	21
2.3. Normativas nacionales e internacionales para agua destinadas al consumo humano.....	23
2.4. Problemática ambiental del distrito de Pachacámac.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Ubicación del estudio.....	29
3.1.1. Ubicación política.....	29
3.1.2. Ubicación geográfica.....	30
3.2. Factores ambientales.....	30

3.2.1.	Clima.....	30
3.2.2.	Geología.....	30
3.2.3.	Geomorfología.....	30
3.2.4.	Geodinámica.....	31
3.2.5.	Flora.....	31
3.2.6.	Fauna.....	31
3.3.	Factores socio-económicos.....	31
3.4.	Materiales y equipos.....	33
3.4.1.	Materiales.....	33
3.4.2.	Equipos.....	34
3.4.3.	Reactivos.....	34
3.4.4.	Software.....	34
3.4.5.	Otros.....	34
3.5.	Metodología.....	35
3.5.1.	Fase de pre campo.....	35
3.5.2.	Fase de campo.....	39
3.5.3.	Fase de gabinete.....	44
3.6.	Tipo de investigación.....	45
3.6.1.	Variables.....	45
3.6.2.	Diseño estadístico.....	46
3.6.3.	Análisis estadístico.....	47
IV.	RESULTADOS.....	49
4.1.	Determinación del volumen colectable de agua de niebla.....	49
4.2.	Determinación de la calidad fisicoquímica del agua de	

niebla.....	64
4.3. Determinación de la calidad microbiológica del agua de niebla.....	72
V. DISCUSIÓN.....	77
VI. CONCLUSIONES.....	81
VII. RECOMENDACIONES.....	82
VIII. ABSTRACT.....	84
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	85
X. ANEXOS.....	95
Anexo 01: Dirección del viento y cuadro de datos.....	96
Anexo 02: Registro fotográfico, documentos de campo e informes de laboratorio.....	108
Anexo 03: Mapas y planos.....	124

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Normativa parámetros fisicoquímicos e inorgánicos para la calidad del agua destinada al consumo humano	23
2. Normativa para parámetros microbiológicos para calidad de agua destinada al consumo humano	24
3. Localización y coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo..	36
4. Diseño estadístico de la investigación.....	47
5. Normativa para parámetros fisicoquímicos para calidad de agua destinada al consumo humano.....	48
6. Normativa para parámetros microbiológicos para calidad de agua destinada al consumo humano.....	48
7. ANVA (SC tipo III) del volumen promedio de colecta del agua de niebla del mes de junio.....	50
8. Test de tukey (Alfa=0.05 DMS=2.24430) para las medias del volumen de colecta de agua de niebla del mes de junio.....	50
9. ANVA (SC tipo III) del volumen promedio de colecta del agua de niebla del mes de julio.....	51
10. Test de Tukey (Alfa=0.05 DMS=0.99705) para las medias del volumen de colecta de agua de niebla del mes de julio.....	52
11. ANVA (SC tipo III) del volumen promedio de colecta del agua de niebla del mes de agosto.....	53
12. Test de Tukey (Alfa=0.05 DMS=1.78442) para las medias del	

volumen de colecta de agua de niebla del mes de agosto.....	53
13. ANVA (SC tipo III) del volumen promedio de colecta del agua de niebla del mes de setiembre.....	54
14. Test de Tukey (Alfa=0.05 DMS=2.14350) para las medias del volumen de colecta de agua de niebla del mes de setiembre.....	55
15. ANVA (SC tipo III) del volumen promedio de colecta del agua de niebla del mes de octubre	56
16. Días con colecta, sin colecta y sin registro de agua de niebla en los neblinómetro.....	59
17. ANVA (SC tipo III) del número días con colecta de agua de niebla	60
18. ANVA (SC tipo III) para los volúmenes promedios diarios totales de todos los meses de colecta de agua de niebla.....	61
19. Test de Tukey (Alfa=0.05 DMS=0.85157) para las medias del volumen diario total de colecta de agua de niebla.....	61
20. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable pH en los tres puntos de monitoreo.....	65
21. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable conductividad en los tres puntos de monitoreo.....	66
22. Test de Tukey (alfa=0.05, DMS=1004.34100) para las medias de la variable conductividad en los tres puntos de monitoreo.....	66
23. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable oxígeno disuelto en los tres puntos de monitoreo.....	67
24. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable turbidez en los tres puntos de monitoreo.....	69

25. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable temperatura en los tres puntos de monitoreo.....	70
26. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable plomo en los tres puntos de monitoreo.....	71
27. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable coliformes totales en los tres puntos de monitoreo.....	73
28. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable coliformes termotolerantes en los tres puntos de monitoreo.....	74
29. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable <i>Escherichia coli</i> en los tres puntos de monitoreo	76
30. Valores de coliformes totales en el polvo atrapado por los neblinómetros en los tres puntos de monitoreo.....	76
31. Volumen de colecta de agua de niebla colectado en el mes de junio..	100
32. Volumen de colecta de agua de niebla colectado en el mes de julio...	101
33. Volumen de colecta de agua de niebla colectado en el mes de agosto.....	102
34. Volumen de colecta de agua de niebla colectado en el mes de setiembre.....	103
35. Volumen de colecta de agua de niebla colectado en el mes de octubre.....	104
36. Valores de coliformes totales en los tres puntos de monitoreo.....	104
37. Valores de coliformes termotolerantes en los tres puntos de monitoreo.....	105
38. Valores de <i>Escherichia coli</i> en los tres puntos de monitoreo.....	105

39. Valores de los parámetros fisicoquímicos en los tres puntos de monitoreo.....	106
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	29
2. Neblinómetro y pluviómetro.....	38
3. Diseño del proyecto de investigación para la cantidad y calidad del agua de niebla en P-01.....	45
4. Diseño del proyecto de investigación para la cantidad y calidad del agua de niebla en P-02.....	46
5. Diseño del proyecto de investigación para la cantidad y calidad del agua de niebla en P-03.....	46
6. Variación diaria del volumen de agua de niebla colectado en los tres puntos de evaluación en el mes de junio.....	49
7. Variación diaria del volumen de agua de niebla colectado en los tres puntos de evaluación en el mes de julio.....	51
8. Variación diaria del volumen de agua de niebla colectado en los tres puntos de evaluación en el mes de agosto.....	52
9. Variación diaria del volumen de agua de niebla colectado en los tres puntos de evaluación en el mes de setiembre.....	54
10. Variación diaria del volumen de agua de niebla colectado en los tres puntos de evaluación en el mes de octubre.....	55
11. Volumen promedio diario mensual de agua de niebla colectado y sus desviaciones estándar	58
12. Volumen acumulado mensual de agua de niebla.....	58

13. Volumen promedio diario total de todos los meses de colecta de agua de niebla.....	60
14. Volumen de colecta diario total de agua de niebla en el neblinómetro vs altitud.....	62
15. Volumen acumulado total de agua de niebla.....	63
16. Valores del pH en el agua de niebla en los tres puntos de monitoreo.....	64
17. Valores de la conductividad en el agua de niebla en los tres puntos de monitoreo.....	65
18. Valores del oxígeno disuelto en el agua de niebla en los tres puntos de monitoreo.....	67
19. Valor de la turbidez en el agua de niebla en los tres puntos de monitoreo.....	68
20. Valor de la temperatura en los tres puntos de monitoreo.....	69
21. Valor del plomo en los tres puntos de monitoreo.....	71
22. Valor de los coliformes totales en los tres puntos de monitoreo.....	72
23. Valor de los coliformes termotolerantes en los tres puntos de monitoreo.....	74
24. Valor de <i>Escherichia coli</i> en los tres puntos de monitoreo.....	75
25. Rosa de los vientos en P-01	97
26. Distribución de frecuencia de clase de viento (m/s) en P-01.....	97
27. Rosa de los vientos en P-02.....	98

28. Distribución de frecuencia de clase de viento (m/s) en P-02.....	98
29. Rosa de los vientos en P-03.....	99
30. Distribución de frecuencia de clase de viento (m/s) en en P-03.....	99
31. Evento de niebla el 20 de junio del 2016 el parque portada 1 del AA.HH. Portada de Manchay I.....	109
32. Armado de las estructuras base de los neblinómetros del 20 al 30 de mayo del 2017 en un taller de carpintería ubicado en AA.HH. Portada de Manchay I.....	109
33. Medición de la dirección del viento en el punto P-01 con una estación meteorológica Davis Vantage Pro2 el 8 de junio del 2017....	110
34. Evento de niebla el 12 de junio del 2017 en la asociación de vivienda ecológica las maravillas.....	110
35. Medición realizada el 17 de junio del 2017 del volumen de agua de niebla capturado por el pluviómetro en el punto P-03.....	111
36. Camión cisterna (sin identificación) vendiendo agua el 17 de junio del 2017 en la asociación de vivienda las Maravillas.....	111
37. Llenado de las etiquetas de frascos de plástico de 100 ml el 22 de junio del 2017 que contienen agua de niebla para su análisis microbiológico.....	112
38. Conservación de muestras de agua de niebla del 22 de junio del 2017 para su posterior análisis microbiológico.....	112
39. Frascos de plástico de 500 ml identificados correctamente el 22 de junio del 2017 que contienen agua de niebla para su análisis de concentración de plomo.....	113

40. Conservación de las muestras de agua de niebla del 22 de junio para su posterior análisis de concentración de plomo.....	113
41. Insecto en la superficie de la malla raschel del neblinómetro del punto P-02 el 13 de setiembre	114
42. Heces de animales en la zona de estudio el 20 de julio del 2017.....	114
43. Mantenimiento con un escobillón de la malla raschel del neblinómetro en el punto P-01 realizado el 17 de siembre del 2017 (fue un día seco).....	115
44. Agua clara de niebla registrada el 02 de agosto del 2017 en P-03.....	115
45. Inicio del ingreso de niebla en la Quebrada Manchay a las 7:39 pm del 23 del 2017. Se puede ver el techo de la capa de inversión térmica.....	116
46. Techo superior de la capa de inversión térmica y niebla muy densa a las 6:05 am en la Quebrada Manchay del 24 el de setiembre del 2017.....	116
47. Captación de agua de niebla por un grupo de musgos registrada el 12 de setiembre del 2017 en la parte alta de la asociación de vivienda ecológica las Maravillas.....	117
48. <i>Tillandsia latifolia</i> en la asociación de vivienda ecológica las Maravillas el 17 de junio del 2017	117
49. <i>Tillandsia purpurea</i> el día 24 de siembre la parte baja de la asociación de vivienda ecológica las Maravilas.....	118
50. <i>Microlophus tigris</i> registrada el 2 de octubre del 2017 en la asociación de vivienda ecológica las Maravillas.....	118

51. Registro de identificación del punto de evaluación P-03.....	119
52. Registro de identificación del punto de evaluación P-02.....	120
53. Registro de identificación del punto de evaluación P-01.....	121
54. Resultados de la concentración de plomo en las muestras de agua de los tres puntos de evaluación del 22 de junio del 2017.....	122
55. Resultados de parámetros microbiológicos en la muestra de agua en el punto de evaluación P-01 del 17 de junio del 2017.....	123

RESUMEN

El presente estudio realizó en las asociaciones de vivienda ecológica “Las Maravillas” y “06 de Marzo” en la Quebrada Manchay para determinar el volumen colectable, la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de niebla de la zona. Se establecieron tres puntos de monitoreo: P-01 a 514 m s.n.m., P-02 a 574m s.n.m. y P-03 a 674 m s.n.m. El volumen de colecta se determinó registrando diariamente el volumen de agua de niebla colectado desde el 11 de junio hasta el 11 de octubre del año 2017. Para el análisis fisicoquímico (pH, temperatura, conductividad, turbidez, oxígeno disuelto y plomo) se tomaron muestras semanales, solo para el análisis del plomo se tomó una muestra por cada cuatro semanas; y para el análisis microbiológico (coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) se tomaron 2 muestras cada cuatros semanas. Así mismo se hizo una prueba de hisopado del polvo asentado en las mallas raschel (30% de sombra) para evaluarlo subjetivamente como una posible fuente de contaminación microbiológica del agua de niebla. Los meses de junio, agosto y setiembre tuvieron mayores eventos de niebla; y el punto P-03 tuvo el mayor promedio diario total de colecta con 4.057 L/m²/día. La calidad fisicoquímica y microbiológica en los tres puntos de monitoreo sobrepasan los estándares nacionales e internacionales para la calidad del agua destinadas al consumo humano por lo que dicha agua no es apta para ser usada como agua para consumo humano por lo que su uso directo podría comprometer la salud de las personas.

I. INTRODUCCIÓN

El medio que nos rodea y la materia viva están constituidos principalmente por agua, el cual es a su vez el factor abiótico más importante del planeta. El agua es un recurso natural que se renueva constantemente y mantiene los ecosistemas acuáticos y ciclos naturales en equilibrio (HERNANDEZ, 2010).

El agua que se encuentra suspendida en la atmosfera, es decir, la niebla es un recurso a la cual la población no ha tomado la debida importancia para poder beneficiarse de su potencial (MENDOZA y CASTAÑEDA, 2014). A diferencia de especies de flora y fauna que la aprovechan desde tiempos inmemoriales, por ejemplo, los cactus y el escarabajo del desierto de Namibia en África (SORIANO, 2015).

Las investigaciones sudamericanas en niebla datan de aproximadamente 1950, y Perú es el primer país sudamericano que en 1990 sigue los pasos iniciados por Chile, cuando la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional subvenciona fondos para realizar estudios de potencial de niebla en el Cerro Orara - Lima brindando resultados satisfactorios de 8.5 L/m²/día en promedio, ocasionando que dos compañías privadas construyan sistemas de abastecimiento de agua a partir de la recolección de agua de niebla (OPS, 2005, citado por CONTRERAS, 2012). La mayor parte de investigación existente frente al agua de niebla hace referencia al volumen de

colecta más no a la calidad de ésta, el cual es un factor determinante para el uso responsable del mismo y que obedece a los diferentes factores ambientales de contaminación atmosférica.

La Quebrada Manchay es una quebrada perárida con una longitud aproximada de 11 km, precipitaciones menores a 50 mm, y con flora típica de xerofíticas y tillandsias. Los niveles de perturbación ambiental superan los límites máximos permisibles en: áreas verdes, transporte, ocupación del suelo, residuos sólidos, servicio de agua y saneamiento, calidad del aire y riesgo ambiental (MDP, 2011). A pesar de ser una zona de difícil habitabilidad, se encuentra en constante crecimiento poblacional desordenado, lo que conlleva a la necesidad del recurso hídrico superándose la oferta del mismo. La falta de servicios de agua potable en diferentes zonas de la Quebrada Manchay da lugar al consumo de agua de pozos subterráneos no administrados por una empresa prestadora de servicios de saneamiento por lo que el manejo y tratamiento no es el adecuado, lo que incide en la presencia de enfermedades diarreicas agudas, especialmente en zonas de abastecimiento con camiones cisterna sobre las que no hay ningún control (MDP, 2004).

Frente a esta realidad se plantea el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es la calidad del agua de niebla colectada artificialmente para uso en consumo humano en la Quebrada Manchay, Pachacámac – Lima? Ante este problema de investigación la hipótesis planteada es: La calidad del agua de niebla colectada cumple con las normativas nacionales e internacionales para aguas destinadas al consumo humano en la Quebrada Manchay, Pachacámac – Lima.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la calidad del agua de niebla captada artificialmente para uso en consumo humano en la Quebrada Manchay, Pachacámac – Lima

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el volumen colectable de agua de niebla mediante un sistema de captación artificial
- Determinar la calidad fisicoquímica del agua de niebla para uso en consumo humano
- Determinar la calidad microbiológica del agua de niebla para uso en consumo humano

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El agua en el Perú

El Perú es un país privilegiado por su oferta hídrica ya que dispone de un volumen anual promedio de 2 046 287 MMC de agua, ubicándose entre los 20 países más ricos del mundo con 72 510 metros cúbicos/habitante/año; sin embargo, su orografía no permite la distribución uniforme de la misma, por lo que la vertiente del Atlántico concentra el 97.7% del volumen de agua para el 30% de la población total que produce sólo el 17.6% del PBI, la vertiente del Titicaca que contiene el 0.5% del volumen de agua para el 5% de la población total que produce el 2% del PBI, y, la vertiente del Pacífico con el 1.8% restante de volumen de agua para el 65% de población asentada que produce el 80.4% del PBI (AMARILDO, 2011).

Ésta desigual distribución espacial del agua, sumado a su variabilidad estacional, ha determinado diferencias significativas en la disponibilidad del recurso: extrema aridez en el Pacífico sur, estrés moderado en el Pacífico norte y abundancia en la vertiente del Atlántico. Debido a las grandes limitaciones en la disponibilidad del recurso hídrico en la vertiente del Pacífico, se generan, en éste, la mayor cantidad de conflictos por acceso al agua (ANA, 2009). Estos conflictos pueden originarse por temas vinculados a la cantidad, calidad o la oportunidad de uso del recurso agua (GALARRETA y ESTRADA, 2012).

Uno de los problemas más graves del país es el deterioro de la calidad del agua, el cual limita los usos potenciales del recurso hídrico y compromete el abastecimiento de agua a la población, y provoca la alteración de hábitats y pérdidas de especies (MINAM, 2011).

Según CAJUSOL (2006), las condiciones normales de desarrollo de las actividades económico productivas se ven afectadas por la disminución de la oferta de los recursos hídricos, ausencia de lluvias, prolongación de sequías, heladas y desglaciaciones que son ocasionadas por el cambio climático. Según el ANA (2017), la pérdida progresiva de aproximadamente 42.64% de la superficie glaciar en el Perú ha sido uno de los impactos registrados debido al cambio climático, ello con respecto al registro de 1970 (cerca de 871 km²).

Según ANA (2017), la costa norte del Perú generalmente se ve afectado por inundaciones ocasionados por la ocurrencia del Fenómenos del Niño, entre ellos el departamento de Piura uno de los más afectados. Por otro lado, principalmente en la Costa Sur (Arequipa, Moquegua y Tacna), las sequias han tenido graves impactos sociales, económicos y ambientales. En la vertiente del Pacífico se presentaron 127 eventos de sequías, en la vertiente del Titicaca 25 eventos de sequías y en la vertiente del Atlántico 11 eventos de sequías brindando un total de 163 eventos sólo entre el 2000 y 2010. En proyecciones al año 2025, realizados desde el 2007, ya se preveía que, en materia del balance hídrico en la Vertiente del Pacífico, nuestro país padecería de “Estrés Hídrico” si se asume una tasa de crecimiento demográfica baja (disponibilidad hídrica de 1 200 m³ /hab/año) o de “Escasez Hídrica” si se

proyecta con una tasa de crecimiento demográfica alta (disponibilidad hídrica igual o menor de 1 000 m³/hab/año).

2.2. La niebla

Fenómeno meteorológico que consiste en nubes bajas, a nivel de suelo y que está formada por partículas de agua muy pequeñas suspendidas en el aire y desplazadas por el viento, que no tienen el peso suficiente para caer (ARÁNGUIZ *et al.*, 2009).

SANTANA (2000), menciona que las nieblas son sistemas coloidales compuestos de gotitas de agua y partículas sólidas formadas por la condensación del vapor de agua sobre núcleos higroscópicos. Las nieblas contienen una cantidad de agua líquida que varían entre 10⁻⁴ a 2 g/m³ y su valor medio se considera próximo a 0.2 g/m³. En las nubes la cantidad de agua condensada es en promedio un poco más elevada que en las nieblas y varía entre 10⁻² a 4 g/m³.

Las nieblas son caracterizadas por un alto grado de humedad relativa, generalmente cercano al 100 % (IDEAM, 2004).

Según SORIANO (2015) una forma de distinguir la niebla de otros fenómenos es que esta reduce la visibilidad horizontal a menos de 1 km, si se está a nivel de la superficie. Si la visibilidad oscila entre 1 y 4 Km es neblina y si es superior a ese umbral es bruma (MARZOL, 2005).

2.2.1. Clasificación de la niebla de acuerdo a su génesis

Las nieblas se clasifican según los procesos físicos que la forman, pues éstos le dan características de espesor vertical, densidad, persistencia y tiempo de ocurrencia. Para que se produzca niebla el aire tiene que alcanzar el

punto de saturación, y dicha saturación se puede alcanzar por dos procesos: aumentando el contenido de vapor de agua en el aire y disminuyendo la temperatura hasta el punto de rocío (IZUNZA, 2010). De acuerdo esto se tienen nieblas por evaporación y nieblas por enfriamiento (SORIANO, 2015).

SORIANO (2015), menciona que las nieblas por evaporación se clasifican en:

- Niebla de vapor: Se forma cuando una masa de aire frío y relativamente seco se mueve sobre agua cálida (CONTRERAS, 2012). Se produce la evaporación desde la superficie del agua, el vapor asciende y al mezclarse con el aire frío superior se satura produciéndose la condensación en forma de vapor. Generalmente, se presenta, sobre la superficie de los lagos y ríos, cuando el agua es más caliente que el aire (SORIANO, 2015).
- Niebla frontal: Se produce cuando una lluvia cae sobre aire frío con temperaturas cercanas al rocío, lo que ocasiona que se evapore y se produzca la niebla. Son nieblas espesas y constantes, ocasionadas porque se agrega humedad al aire frío; dado que la capacidad del aire para mantener el vapor de agua a bajas temperaturas es pequeña, se requiere mucha evaporación adicional para producir la saturación y formación de niebla (SORIANO, 2015).

SORIANO (2015), menciona que las nieblas por enfriamiento se clasifican en:

- Nieblas de radiación: Se forman por el enfriamiento de las capas de aire que están en contacto con la superficie; el vapor de agua

presente en la masa de aire se condensa debido al enfriamiento. Este tipo de niebla se forma en las noches (SORIANO, 2015).

- Nieblas de advección: Se produce cuando una masa de aire húmedo y cálido se desplaza horizontalmente sobre una superficie fría. La niebla se forma en la parte inferior de la masa de aire que se desplaza pues llega al punto de rocío (SORIANO, 2015). Son frecuentes en las zonas costeras, especialmente en invierno, cuando una masa de aire marítimo tropical húmedo y caliente procedente del mar fluye hacia la tierra más fría. En verano, se produce de forma inversa, es decir, sobre el mar cuando el aire húmedo – cálido es enfriado hasta la saturación (VISTIN, 2014).

Esta niebla se forma en el mar a partir de una nube estratocúmulo a cientos de kilómetros de la costa con una presencia constante, pero variable en altitud, aproximadamente entre los 500 y 1 200 m s.n.m. Esta nube es desplazada por el viento hasta el litoral y la cordillera de la Costa (advección) donde es interceptada por laderas, cimas, farellones y se transforma en niebla, por ello es conocida como “nube a ras de suelo” (CERECEDA *et al.*, 2014).

- Nieblas orográficas: Se producen cuando una masa de aire húmedo y cálido se mueve hacia una montaña; al subir por la pendiente de la montaña, la masa se expande y enfría; teniendo las condiciones de humedad apropiadas se puede llegar al punto de rocío, formándose la niebla. (SORIANO, 2015). La niebla no baja al valle por que el viento descendente se calienta y se disipa.

Se produce en invierno y las mejores alternativas son las situadas a barlovento de la ladera. Es condición que la humedad relativa inicial sea elevada y que el viento sea persistente y no muy intenso (LEDESMA, 2000). Este tipo de niebla también es conocida como nube gorro de montaña o hill cap cloud (CERECEDA *et al.*, 2014).

2.2.2. Ocurrencia de los eventos de niebla en el Perú

ESPEJO (1998), sostiene que desde el punto de vista global el Anticiclón del Pacífico Suroriental, la Corriente de Humboldt, y los vientos alisios con sus componentes W, SW y S que son los predominantes en este litoral sudamericano, son los que originan las nieblas en el Perú y Chile. El proceso de inversión térmica definido por estos elementos es intenso y variable en el tiempo.

Frente a las costas de Ecuador, Chile y Perú se presenta el anticiclón del pacífico suroriental que produce una inversión térmica por subsidencia, es decir, aire descendente desde la alta atmósfera que se calienta por compresión (CERECEDA *et al.*, 2014). Esto se debe al calentamiento adiabático de las capas intermedias de la atmósfera, provocado por el movimiento descendente de aire de los centros de alta presión. Esta inversión no permite el desarrollo en altura de la nubosidad producida bajo ella, formando generalmente una nube estratocúmulo (CUADRAT y PITA, 1997).

PINCHE (1986), menciona que el flujo del aire del Anticiclón del Pacífico Sur que se desliza sobre aguas cada vez más frías a medida que se acerca a la costa, se enfría y, en consecuencia, la humedad relativa aumenta,

creando las condiciones propicias para la formación de nubosidad estratiforme y nieblas típicas a lo largo de la costa.

A nivel del suelo durante la noche, la pérdida de calor del suelo por radiación terrestre enfría el aire en contacto con él y origina una inversión térmica, cuyo límite superior aumenta a lo largo de las horas nocturnas. La atmosfera permanece estable y el descenso de temperatura conlleva a menudo la saturación del aire y la formación de brumas y nieblas, especialmente intensas en invierno. Al amanecer el suelo se calienta por radiación solar y el calor es transmitido por conducción térmica a las capas inmediatas y la inversión empieza a desaparecer (CUADRAT y PITA, 1997).

A nivel regional la niebla está directamente relacionado con el relieve, el que, por una parte, implica que debe ser suficientemente alto o adecuado a la altitud en que se encuentra la nube estratocúmulo en su llegada al continente (cordillera costera); y por otra, importa desde el punto de vista de la formación de centros de presión a nivel continental que definen los desplazamientos del viento en ese contexto (corredores de penetración continental de niebla de advección). A nivel local están relacionados con la topografía (pendientes, orientación de laderas a los vientos predominantes y rasgos locales) que determina los efectos de rugosidad que alteran la trayectoria de los vientos a micro escala (OSSES *et al.*, 1998).

En las costas peruanas y chilenas rigen las mismas interacciones océano-atmósfera, debido a la Circulación General Planetaria definida por los grandes centros de presión y la dinámica oceánica. Sin embargo, se observan comportamientos muy diferenciados, como la estacionalidad de la niebla, que

podrían relacionarse con el desplazamiento del Anticiclón del Pacífico Suroriental (OSSES *et al.*, 1998). Mientras en Perú hay al menos 4 a 5 meses que presentan una disminución notoria y abrupta de colección de agua, en Chile la niebla se presenta constante a lo largo del año, con meses muy altos, tal como fue constatado en Iquique y también en el Tofo, IV región (CERECEDA *et al.*, 1997).

AYCHAYHUA (2001), menciona que los meses de evento de nieblas en el aeropuerto Jorge Chávez a nivel mensual se presentan entre diciembre y octubre, con eventos máximos entre marzo y junio.

La ocurrencia de nieblas en Lima ha ocasionado en varias oportunidades el cierre del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, incluso se han reportado accidentes aéreos en el país, producto de la reducción de la visibilidad por la formación de nieblas y neblinas con consecuencia de pérdidas de vidas humanas (BRIEN, 2003).

2.2.3. Potencialidad de colección del agua de niebla

La niebla contiene partículas muy pequeñas de agua, las cuales para ser utilizadas como un recurso hídrico deben ser recolectadas mediante una instalación (ARÁNGUIZ *et al.*, 2009). El contenido de agua líquida varía entre los 0.22 g/m^3 a 0.73 g/m^3 , registrándose valores de tamaño de gotas entre los 10.8 a 15.3 micrones y en concentraciones más o menos constantes de 400 gotas/cm^3 (SOTO, 2002).

La cantidad de agua que se extrae de una masa nubosa ni siquiera alcanza a interceptar el 1% del total del agua que es desplazada por el viento, de manera que difícilmente podría alterar los ecosistemas a sotavento de la

infraestructura instalada. Por otra parte, es considerada "agua nueva", es decir, el agua que se extrae de la niebla, no viene de otro sistema hidrológico (río, acuífero, etc.), no se está restando a otro uso, sino que, de no utilizarse, ésta se evaporará al cambiar las condiciones atmosféricas; siendo una recolección responsable a la vez de útil y renovable (MARTOS, 2009).

La captación de agua de la niebla puede ser en ocasiones 3 veces superior a lo que se lograría captar con una lluvia, acrecentándose los niveles de captación en las horas nocturnas y en los sectores cumbres. En España en un mismo periodo se recolecto 1 100L producto de lluvias, mientras que, mediante atrapanieblas, se logró captar 2 500L/m². Las diferencias se hacen más extensas en periodos de verano donde la niebla aporta 20 veces más que las precipitaciones (ARÁNGUIZ *et al.*, 2009).

SOTO (2002), menciona que en los ecosistemas de lomas en el Perú en temporada de invierno y primavera las neblinas permiten el desarrollo de especies herbáceas y arbustivas que son pastoreadas por el ganado. Las Lomas de Lachay, en el norte de Lima, es el primer ejemplo de lo exitoso que es el uso de agua de niebla, y en estas lomas es donde se ubican zonas plenas de vegetación, un oasis del desierto costero, sin recibir el caudal de ningún río (VERASTEGUI, 2010).

A pequeña escala tenemos los neblinómetros o SFC (Standard Fog Collector) las cuales sirven para ver el potencial de colección de agua a partir de la niebla en una zona determinada (SORIANO, 2015). Algunas experiencias de las investigaciones realizadas en diferentes partes del mundo son las siguientes:

OSSES *et al.* (1998), en su estudio sobre niebla en el sector de Mejía de la provincia de Arequipa en Perú a 1000 m s.n.m. pudo coleccionar agua de niebla durante todo un año (agosto del 1997 hasta julio del 1998) y obtuvo los siguientes valores: 15 L/m²/día (agosto), 29.6 L/m²/día (septiembre), 32.7 L/m²/día (octubre), 14.6 L/m²/día (noviembre), 21.8 L/m²/día (diciembre), 35.8 L/m²/día (enero), 15.3 L/m²/día (febrero), 8.8 L/m²/día (marzo), 2.9 L/m²/día (abril), 2.1 L/m²/día (mayo), 6.0 L/m²/día (junio) y 10.6 L/m²/día (julio); el promedio diario anual fue de 16.3 L/m²/día .

En las lomas de Ancón en Lima se llegó captar agua de niebla en un promedio de 5.3 L/m²/día a 430 m s.n.m., 7.7 L/m²/día a 720 m s.n.m. y en el cerro Orara obtuvo 11.5 L/m²/día a 430 m s.n.m. entre agosto y octubre de 1990. En las lomas de Ancón obtuvo un promedio de captación máxima de 6.2 L/m²/día en agosto y una mínima de 4.1 L/m²/día en octubre a 430 m s.n.m.; a 730 m s.n.m se tuvo un promedio de captación máxima de 8.6 L/m²/día en octubre y una mínima de 6.2 L/m²/día en octubre; y en el cerro Orara se tuvo un promedio de captación máxima de 14.2 L/m²/día en agosto y una mínima de 8.3 L/m²/día en octubre (CERECEDA *et al.*, 1993).

CERECEDA *et al.* (1997), menciona que en la ciudad del Tofo en Chile se coleccionó agua de niebla entre los años 1987 hasta el 1994. El promedio de captación fue de 3,2 L/m² /día.

Los datos brindados por los neblinómetros se pueden analizar según distintos períodos: diario, mensual, estacional, anual. Esto permite reconocer las épocas de baja y máxima colecta, la homogeneidad o desigualdad entre años y con ello, se pueden planificar las actividades a

realizar en los distintos lugares monitoreados (CERECEDA *et al.*, 2008).

Según OSSES *et al.* (1998), en el sector Patache en Chile la captación de agua de niebla fue de: 9.54 L/m²/día (1997), 7.97 L/m²/día (1998), 7.95 L/m²/día (1999), 6.64 L/m²/día (2000), 8.37 L/m²/día (2001), 7.05 L/m²/día (2002), 7.27 L/m²/día (2003), 5.93 L/m²/día (2004), 5.26 L/m²/día (2005), 2.01 L/m²/día (2006), 5.10 L/m²/día (2007) y 5.47 L/m²/día (2008).

MEDINA (2010), en su estudio realizado en Quebrada Verde, Pachacamac - Lima obtuvo un promedio de captación de agua de niebla de 0.44 L/m²/día (junio - setiembre del 2009) a una altitud de 474 m s.n.m.

VISTIN (2014), en su estudio sobre agua de niebla realizado en Quimborazo en Riobamba - Ecuador obtuvo un promedio de captación de agua de niebla de 1L/m²/día (promedio de tres cuencas a una altitud promedio de 3782 m s.n.m.). El estudio se realizó desde junio hasta septiembre del 2014.

La ONG FogQuest a nivel mundial ha desarrollado a gran escala diferentes proyectos con respecto a la captación del agua de niebla y para ello ha usado atrapanieblas de grandes dimensiones o LFC (Large Fog Collector) (SORIANO, 2015). Algunas de ellas son las siguientes:

- Chile - Chungungo (1987 - 2002): Se contaba con una superficie de 3600 m² de colectores de niebla que captaban diariamente un promedio de 14 400 L de agua de niebla.
- Chile - Padre Hurtado (1999 - 2004): Se instalaron 8 grandes colectores de niebla por un periodo de cinco años. Los colectores proporcionaban, aproximadamente, 1500 L de agua de niebla al día.

- Guatemala -Tojquia (2006): Se instalaron 30 colectores de niebla grandes (LFC - Large Fog Collectors) que captaban diariamente un promedio de 6000 L de agua de niebla.
- Perú - Collanac (1993 - 1994): la ONG FogQuest en la comunidad campesina de Collanac, Pachacamac – Lima, en un estudio realizado entre 1993 y 1994 lograron obtener tasas de recolección de 2 a 5 L/m²/día en altitudes de 450 a 850 m s.n.m siendo los valores más altos de colecta a altitudes mayores.

2.2.4. Calidad del agua de niebla

Las masas de aire absorben gran cantidad de contaminantes cuando se mueven de un lugar a otro en la atmósfera, lo que afecta el contenido de gases solubles y el de partículas en el agua de lluvia y en la niebla. Estos gases y partículas se estabilizan por medio de transformaciones físicas y químicas, antes de ser depositados sobre la superficie terrestre (ÁVILA, 1999).

El agua captada de la lluvia horizontal en atrapanieblas presenta una reducción de algunos efectos contaminantes por el uso del agua en tensión de vapor, lo cual sería ideal para zonas rurales en donde los contaminantes en el ambiente no son tan elevados y llevar agua hacia esas zonas sería muy costoso, por la distancia y la longitud de las tuberías para un solo o muy pocos usuarios (MENDOZA y CASTAÑEDA, 2014).

CHAVEZ y FERNANDEZ (2016), en un estudio realizado sobre el contenido de hidrocarburos totales (TPH) y metales totales en el agua de niebla en el distrito de Ventanilla en Perú encontraron que la concentración de TPH se

encuentra por debajo de 0.04 mg/L (límite de detección del laboratorio <0,04mg/L) por lo que este valor podría superar o no los valores de referencia del MINAM (D.S. N°015-2015-MINAM) y del DIGESA (D.S. N°031-2010-SA), ambos establecidos en 0.01 mg/L. En cuanto a los valores de la concentración de metales totales: el calcio, cerio, cobalto, estaño, estroncio, fosforo, litio, magnesio, plata, potasio, sílice, talio, titanio y vanadio no pudieron ser comparadas con ninguna norma (no existe valor de referencia) por lo que no se pudo evaluar y definir si estas presentan niveles de contaminación en el medio o fuentes de efectos dañinos para la salud. El boro presentó valores por debajo de la normativa nacional. El antimonio, selenio, sodio, níquel, arsénico, aluminio, zinc y plomo superaron la normativa nacional entre un 105 % a 449 %. Hierro, manganeso y cadmio superaron la normativa nacional en altas proporciones alcanzando respectivamente el 757 %, 1 508 % y 6 773 % de exceso, volviéndose los metales más riesgosos presentes en el agua de niebla.

MELLENDEZ *et al.* (2015), determinó que el agua de niebla recolectada artificialmente en la zona central montañosa del Estado de Veracruz en México no es apta para el consumo humano ya que contiene metales pesados como el mercurio, coliformes (totales y fecales) y cantidades altas de nitrógeno amoniacal que sobrepasan la Norma Oficial Mexicana para el agua de consumo humano (NOM-127-SSA1-1994). Esto se puede solucionar aplicando un tratamiento de saneamiento para uso humano, sin embargo, el agua colectada si puede ser usada para la agricultura. El tipo de precursor de contaminación que más se presentó durante el muestreo fue probablemente el debido al polvo, humo, aerosoles y otros contaminantes provenientes de las

emisiones una central termoeléctrica, una cementera, vehículos de combustión interna y otros cercanas a la zona de estudio y en cuanto a la contaminación por nitrógeno amoniacal y coliformes sea por la contaminación de los captadores de la niebla producida por pesticidas y/o fertilizantes, además de la posible descomposición de insectos o plantas y aminoácidos provenientes de ellos y excrementos de aves u otros animales.

MEDINA (2010), en su estudio sobre potencialidad de captación y aprovechamiento de agua de niebla en Quebrada Verde entre junio y setiembre del 2009 encontró que la calidad del agua de niebla no es apta para consumo humano ya que el parámetro de conductividad, sólidos disueltos totales y sólidos totales superaron la normativa nacional (D.S. N° 002-2008-MINAM). El pH se encontraba dentro del rango de 6.5 a 8.5 de la normativa.

CERECEDA y SCHEMENANUER (1992), en un estudio realizado en el tofo en la región de Coquimbo en Chile encontraron que el agua de niebla (agua pura) cumplía con todos los parámetros de la norma de calidad de agua potable a excepción del pH, el cual mostro niveles de acidez fuera de la norma (NCH 409). Mencionan que el vapor de agua en la atmosfera tiene un pH natural de 5,6 causado por su equilibrio con el CO₂ atmosférico, sin embargo, el pH de la niebla y de nubes bajas pueden ser menor que ese valor, debido a las emisiones de aerosoles por acción del hombre o por emisiones de fuentes naturales como polvo o dimetilsulfidos (DMS) de los océanos. Otro de los factores que pueden incidir en la calidad de agua, es que cuando la malla se expone a períodos sin niebla surgen elementos atrapados por la malla junto al polvo, aumentando los niveles de diversos elementos. Por lo tanto, se hace

obligatorio para el uso de agua potable, la limpieza de los atrapanieblas en períodos de ausencia de niebla. De lo contrario, se debe contar con un reservorio que permita la decantación de los elementos. En cuanto a la calidad microbiológica del agua captada cumple con los parámetros de la norma. Sin embargo, se debe tener presente que es obligatorio aplicar un nivel de cloro residual en el agua que impida el desarrollo de la microflora.

ESPINOZA *et al.* (2004), encontró que la calidad del agua de neblina en el barrio de Aguacillas en Ecuador tiene buena calidad tanto física como bacteriológica, ya que las muestras analizadas presentan valores dentro de los rangos recomendados por el IEOS y la OMS. La salvedad se presenta con los valores obtenidos del color de las muestras, ya que estos exceden los valores aceptados, esto posiblemente a la presencia de hojas secas arrastradas por el viento, que se depositaron en la canaleta de recolección lo que aumentó considerablemente los valores de color de las muestras.

VÁSQUEZ *et al.* (2012), determino que composición química del agua de niebla en la reserva biológica Monteverde en Costa Rica obtuvo es la siguiente: Ca^{2+} ($X_{\text{máx.}} = 394 \pm 3 \mu\text{eq L}^{-1}$ y $X_{\text{prom.}} = 79 \pm 3 \mu\text{eq L}^{-1}$), Na^+ ($X_{\text{máx.}} = 532 \pm 4 \mu\text{eq L}^{-1}$ y $X_{\text{prom.}} = 93 \pm 4 \mu\text{eq L}^{-1}$), NH_4^+ ($X_{\text{máx.}} = 19,2 \pm 0,7 \mu\text{eq L}^{-1}$ y $X_{\text{prom.}} = 3,8 \pm 0,7 \mu\text{eq L}^{-1}$), Cl^- ($X_{\text{máx.}} = 314 \pm 6 \mu\text{eq L}^{-1}$ y $X_{\text{prom.}} = 66 \pm 6 \mu\text{eq L}^{-1}$), SO_4^{2-} ($X_{\text{máx.}} = 111 \pm 2 \mu\text{eq L}^{-1}$ y $X_{\text{prom.}} = 29 \pm 2 \mu\text{eq L}^{-1}$), NO_3^- ($X_{\text{máx.}} = 101 \pm 2 \mu\text{eq L}^{-1}$ y $X_{\text{prom.}} = 15 \pm 2 \mu\text{eq L}^{-1}$); y determino que el aporte de Ca^{2+} al agua de niebla se debe principalmente a fuentes no marinas, como el suelo (material particulado transportado por el viento), y que el aporte de Na^+ , el Cl^- , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} proceden en gran porcentaje del mar.

2.2.5. Usos potenciales del agua de niebla

CERECEDA *et al.* (2014), menciona que los usos que puede tener el agua de niebla son múltiples, entre ellos: usos Agrícolas, usos mineros, agua para uso doméstico, de bebida y otros, bebederos para animales, uso agroindustrial o como materia prima para otros productos, usos turísticos y recreacionales, y otros como recuperación de la flora natural.

- Agua potable: En Chile existen pequeños poblados y caletas que presentan serios problemas de abastecimiento de agua, esta alternativa aparece como una posibilidad concreta para satisfacer, de manera importante, estas demandas. En la actualidad prácticamente todos estos poblados se surten de agua por medio de camiones aljibe, con serios reparos sanitarios, cuota de consumo mínima por persona, altos costos e inseguridad de un abastecimiento normal y oportuno (ARANGUIZ, 2009). En Chungungo se tiene una dotación de agua de niebla de 30 L/persona/día y de buena calidad (SOTO, 2002).
- Agua potable envasada: Los niveles de arsénico presentes en el agua potable de Antofagasta podrían favorecer el establecimiento de una empresa envasadora de agua de camanchaca, como es el caso de algunas embotelladoras de agua mineral que también ofrecen su producto en bidones (ARANGUIZ, 2009).
- Abrevaderos: El agua captada de las nieblas en los sectores altos de los cordones montañosos de la cordillera de la costa, puede ser utilizada directamente en el lugar como abrevaderos, contribuyendo

a un mejor manejo de los recursos (ARANGUIZ, 2009). En las regiones más desérticas estos abrevaderos pueden constituirse en puntos de concentración de fauna silvestre (aves, zorros, guanacos). SOTO (2002), menciona que un predio cercano a Los Vilos (Hacienda Agua Amarilla) está utilizando esta técnica con óptimos resultados.

- Ecoturismo: En el Parque Nacional Pan de Azúcar se están diseñando senderos con circuitos de larga duración donde se contempla refugios en los sectores altos que estarán abastecidos con agua de camanchaca. Esta será una de las actividades de promoción del ecoturismo (ARANGUIZ, 2009).
- Forestación: El uso de atrapanieblas en las zonas costeras con fines de reforestación en el Olivillo, Petrillo y Canelo se observan promisorios resultados, permitiendo el desarrollo de plantaciones de enriquecimiento en estas áreas (HERNÁNDEZ y VITA, 2004).
- Materia prima de otros productos: Con aguas obtenidas de los atrapanieblas se inició en 2011 la primera producción de cerveza artesanal denominada "Atrapaniebla" a nivel mundial de este tipo. Corresponde a una iniciativa liderada por los hermanos Carcuro y con el apoyo de CORFO-INNOVA y la Comunidad Agrícola Peña Blanca. Se trata de un producto que está siendo reconocido por su calidad y características distintivas, el cual ha ido en forma constante aumentando su nivel de producción y mejoras tecnológicas. Tienen dos centros de producción ubicados en la

Serena y en la Comunidad Agrícola Peña Blanca. Esta cerveza está patentada, tenía un nivel de producción a mayo del 2014 de 6.000 botellas de 330 c.c. mensuales (CERECEDA *et al.*, 2014).

2.2.6. Captadores de agua de niebla

HERNÁNDEZ (1998), menciona que en el siglo XVI en la isla El Hierro del archipiélago de las Islas Canarias, España, los cronistas cuentan que había un árbol, “el garoe”, que abastecía a la población autóctona con el agua que recolectaba de la niebla. Esta técnica todavía se usaba en 1990 en la península arábiga, con dos olivos que captaron durante el monzón de ese año, 1 000 L de agua diarios (Frigerio, 1990, citado por CERECEDA *et al.*, 2014).

BARRADAS (1983), menciona que en su estudio realizado encontró que el pino (*P. montezumae* Lambert) es capaz de precipitar un volumen de agua de 57.9 L/h a partir de la niebla. Si se considera que una persona puede utilizar 125 L de agua por día, un pino adulto podría abastecer a una familia de cuatro miembros durante un mes en 260 h.

2.2.6.1. Neblinómetro

SORIANO (2015), menciona que en la actualidad existe la tecnología que permite medir la cantidad de agua líquida existente en la niebla, esto se logra mediante dispositivos conocidos como neblinómetros. Se recomienda usarlo antes de la instalación definitiva de un proyecto, ya que es un sistema de prospección de niebla que permite determinar el mayor volumen de agua que se puede captar de la niebla (MENDOZA y CASTAÑEDA, 2014).

Según SOTO (2002), se encuentran los siguientes tipos de neblinómetro: neblinómetro Grunow, neblinómetro Cilíndrico, neblinómetro

múltiple y neblinómetro simple. IDEAM (2004), menciona que existe un neblinómetro más llamado neblinómetro de cuatro caras.

2.2.6.2. Atrapanieblas

MENDOZA y CASTAÑEDA (2014), mencionan que los atrapanieblas son sistemas que contribuyen a satisfacer las necesidades de agua en una zona específica, podrían implementarse en comunidades de gran tamaño, sólo si se cuenta con la suficiente cantidad de colectores o con el tamaño adecuado, para satisfacer la demanda de agua durante periodos secos, sin generar costos elevados para su funcionamiento o trámites burocráticos para su funcionamiento. CERECEDA *et al.* (2014), menciona que existen dos tipos de atrapanieblas según las dimensiones:

- Atrapanieblas bidimensionales: Mayormente son instalados en diversos lugares del mundo; consisten en una superficie de colección (malla Raschel u otra), enmarcada o tensada entre dos postes, de manera que se ubique perpendicularmente a la dirección del viento. Estos modelos varían en cuanto a sus dimensiones y materialidad en las soluciones de empotramiento al suelo y sistema de fijación de la malla (CERECEDA *et al.*, 2014).
- Atrapanieblas tridimensionales: Son menos comunes y la mayoría están asociados a proyectos experimentales que plantean soluciones de innovación para optimizar el rendimiento de la colección de agua y optimizar la estabilidad estructural frente a los fuertes vientos. Entre estas se encuentran: El Macrodiámetro, Disdera, CAN-EMA y el cilíndrico (SORIANO, 2015).

2.3. Normativas para agua destinada al consumo humano

En diferentes estudios realizados sobre calidad del agua niebla se compara los valores obtenidos en el estudio con normativas internacionales y/o nacionales (propio de cada país).

Cuadro 1. Normativa para parámetros fisicoquímicos para la calidad del agua destinada al consumo humano

Parámetro	Unidad	MINAM 2017			DIGESA 2010	OMS 1993	UE 1998
		Categoría 1 Subcategoría A					
		A1	A2	A3			
Potencial de Hidrogeno	Unidad	6.5 - 8.5	5.5 - 9	5.5 -9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	-
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**	-	-	-
Conductividad	μS/cm	1500	1600	**	1500	250	250
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥5	≥4	-	-	-
Turbidez	UNT	5	100	**	5	5	-
Plomo	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01

** : No aplica para esta subcategoría

Δ3: Variación de tres grados Celsius con respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

-: No mencionado

A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

A3: aguas que pueden ser potabilizados con tratamiento avanzado

Fuente: OMS (1993), Directiva 98/83/EC de la UE (1998), D.S. N°004-2017-MINAM, D.S. N°031-2010-SA

Cuadro 2. Normativa para parámetros microbiológicos para calidad de agua destinada al consumo humano

Parámetros microbiológicos	Unidad	MINAM 2017			DIGESA 2010	UE 1998
		A1	A2	A3		
Coliformes totales	NMP/100 ml	50	**	**	<1.8	0
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	20	2000	20 000	<1.8	-
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**	<1.8	-

** : No aplica para esta subcategoría - : No mencionado

A1 : Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2 : Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

A3 : aguas que pueden ser potabilizados con tratamiento avanzado

Fuente: Directiva 98/83/EC de la UE (1998), D.S. N°004 – 2017 - MINAM, D.S. N°031-2010-SA

2.4. Problemática ambiental del distrito de Pachacámac

Según la MDP (2004), el distrito de Pachacámac tiene los siguientes problemas ambientales:

- Déficit en la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos: El agua de Pachacámac depende principalmente de los recursos acuíferos de la cuenca, tanto en el río en sí mismo (para el riego), como del agua subterránea que se extrae de los pozos para surtir las necesidades de agua potable de la población (MDP, 2004). La estacionalidad del cauce del río genera un ciclo de producción de la denominada cosecha grande y la cosecha chica, lo que subutiliza los recursos del suelo y los hace poco rentables, propiciando la conversión del suelo agrícola en suelo urbano.

El consumo de agua de los pozos no cuenta (salvo en el de Sedapal) con un manejo y tratamiento adecuado, o que incide en la presencia de Enfermedades Diarreicas Aguas (EDAs), sobre todo en las

zonas urbano marginales que se abastecen mediante camiones cisternas sobre los cuales no hay ningún control por falta de una normatividad específica de parte de la Municipalidad (MDP, 2004). Asimismo la población que consume el agua de los camiones cisterna de distintas procedencias y cuya calidad no era garantizada, ya que no tenía el tratamiento correspondiente, sienten el agua con “mucho cloro” (La CORPORACIÓN PERUANA DE INGENIERÍA S.A., 2015).

- Deterioro de la calidad del aire: En el ámbito metropolitano esto se presenta en formas de contaminación por gases y sólidos en precipitación. En el caso de Pachacámac se aprecia que la contaminación es producida por sólidos en suspensión, polvo que se disemina por el régimen de vientos desde el litoral hacia las quebradas áridas el cual se asienta en ellas. La ubicación de los asentamientos humanos más poblados en la quebrada de Manchay hace que este problema afecte a un mayor número de personas (MDP, 2004). Asimismo, se tiene que la concentración de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en abril del 2014 fue de 19.2 ton/km²/mes superando el nivel referencial permisible de la organización mundial de salud (OMS) de 5 ton/km²/mes (INEI, 2017).

La industria extractiva de Cementos Lima, en la Quebrada de Atocongo, aprovecha los recursos mineros no metálicos del área. Los efectos de esta actividad se manifiestan en: La depredación del ecosistema de lomas costeras por la extracción de minerales no metálicos en zona de lomas, posibles afecciones a la salud de la población por las emisiones de polvo en suspensión y de gases, afectaciones paisajísticas por la propia

actividad extractiva y por las prospecciones que generan desmontes depositados de manera incontrolada, contaminación acústica y ambiental (polvo en suspensión y emisión de gases) generado por el tránsito pesado de camiones, depredación de flora y fauna nativa (MDP, 2004).

La Refinería Conchán, está situada al borde del ecosistema litoral; por las ventajas de su localización se abastece de combustible para su funcionamiento. Los efectos de su localización provocan un deterioro del entorno paisajístico, riesgos para la salud de la población y del ambiente ante posibles derrames en el mar y accidentes industriales; igualmente por afectaciones al área arqueológica del Santuario de Pachacámac, por colindar con su zona de amortiguamiento, aún no investigada (MDP, 2004).

La instalación de industrias medianas y grandes. Según datos obtenidos en campo, se contabilizan aproximadamente 40 empresas, entre las que destacan fábricas de tejidos, pinturas, lácteos, y grandes empresas como INDURA, SURPAK, Friesland entre otras (MDP, 2004). Otro tipo de asentamientos industriales se localiza en la Quebrada Manchay, con pequeñas y microempresas que se entremezclan con la actividad residencial. La falta de control en esta disposición de actividades en la quebrada genera un riesgo latente para los pobladores de la zona.

- Desbalance de las áreas verdes per cápita: El estimado de áreas verdes en el distrito es de 0.08 m^2 por habitante, es decir diez veces menos que lo planteado como mínimo por la OMS ($8 \text{ m}^2/\text{habitante}$). Es paradójico que en un distrito donde la ruralidad está presente se vea este indicador; pero si tomamos en consideración los conglomerados humanos veremos que esta

cifra es válida, sobre todo en las zonas de asentamientos humanos que tienen una mayor densidad poblacional (MDP, 2004); en el 2012 se tuvo un incremento hasta alcanzar 1.1 m² por habitante (MML, 2012). La conservación de áreas verdes en los espacios públicos (plazas, parques, parques zonales, jardines, alamedas, etc.) fue de 125 964 m² en el 2015 (INEI, 2017).

- Destrucción irreversible de las tierras agrícolas: A pesar que estudios realizados han demostrado que en las décadas del 50 al 90 se han perdido alrededor de 1 000 ha/año de tierras agrícolas pues han sido incorporadas a la ciudad, este proceso continúa produciéndose. Los intereses inmobiliarios han generado la eliminación de las normas de protección de estas áreas. La debilidad y/o desidia de las políticas municipales en el control del cambio del uso del suelo, ha creado un marco jurídico institucional favorable al crecimiento de la ciudad sobre suelo agrícola (MDP, 2004).
- Gestión y manejo ineficaz de los residuos sólidos y líquidos: La evacuación de los residuos líquidos en la debida cuenta de la no existencia de redes completas de desagüe. Esto viene generando niveles de contaminación del acuífero, las que se agravan por la contaminación de suelos por efecto del uso de agroquímicos, muy extendido en la zona rural (MDP, 2004). Actualmente en la quebrada Manchay existe la PTAR Manchay que para el 2016 tuvo un caudal de tratamiento de 48 L/s, esto permite que sea tratado el mayor porcentaje de aguas residuales domesticas generadas en la zona (INEI, 2017).

En cuanto a los residuos sólidos, los niveles de cobertura del servicio están por debajo de las reales necesidades generándose un mercado informal de manejo de residuos que van a parar a los criaderos de cerdos (MDP, 2004). Asimismo, la generación per cápita de residuos sólidos en el 2016 fue de 0.40 kg/hab/día, el total de residuos sólidos generados en el 2015 fue de 17 377 y el total de residuos sólidos controlados en rellenos sanitarios en el 2016 fue de 25 340 ton (INEI, 2017).

- Pérdida de diversidad biológica: La acelerada depredación del ecosistema de lomas costeras es una amenaza latente en Pachacámac. Estos ecosistemas son únicos en la costa central y son un atractivo turístico ya que contienen especies de flora y fauna representativa que se ha ido mermando con los años. Se han realizado esfuerzos importantes para su conservación, pero la dinámica urbana es tan demoledora que no se puede hablar que su conservación esté plenamente asegurada (MDP, 2004).
- Ausencia de una conciencia valorativa de protección del medio ambiente asociada al mejoramiento de la calidad de vida: La sensibilidad ante los temas ambientales es una de las carencias más sentidas, y no solamente dentro de la población; sino a nivel de autoridades (MDP, 2004).
- Conflicto ambiental por uso de suelos en la actividad minera: Existen una gran cantidad de denuncios mineros no metálicos, que se usan mayormente como insumos de la industria cementera. Esto genera contradicciones entre el manejo ambiental que se puede hacer por parte del gobierno local, con la superposición de denuncios de minería que cuentan con status y prerrogativas en la normatividad (MDP, 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del estudio

El presente estudio se realizó en las asociaciones de viviendas ecológicas “06 de Marzo” y “Las Maravillas” de la Quebrada Manchay, ubicada al sur este de Lima. Se puede acceder a este lugar por la Panamericana sur con la Av. Victor Malasquez o por la Av. La Molina con la Av. Víctor Malasquez.

3.1.1. Ubicación política

- Región: Lima
- Provincia: Lima
- Distrito: Pachacamac
- Zona: Zona 5 Quebrada Manchay

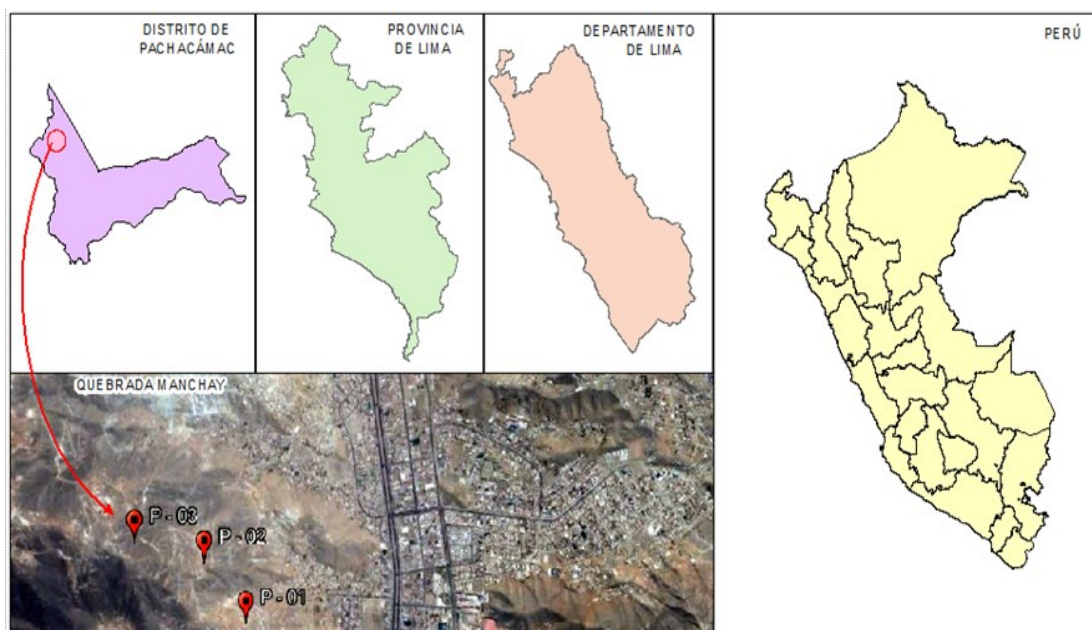


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

3.1.2. Ubicación geográfica

La Quebrada Manchay está ubicado entre coordenadas geográficas: longitud oeste 76°53'33.1" W – 76°51'22.7" W (UTM: E 294000 m – E 297998.6) y latitud sur 12°4'11.8" S - 12°8'33" S (UTM: N 8665000.4 m - N 8657000.4 m.); y a una altitud promedio de 383 m.s.n.m (AQUATEAM INGENIEROS SAC, 2009).

3.2. Factores ambientales

3.2.1. Clima

La Quebrada Manchay presenta un clima caracterizado como desértico. La temperatura promedio anual es de 20.45 °C, la precipitación media anual fluctúa entre 26 mm/año y 47 mm/año, la humedad relativa mensual promedio es de 78.54%, y la dirección dominante del viento durante el año es el sur con velocidad media que fluctúa entre los 3.9 y 2.8 m/s.

3.2.2. Geología

Presenta rocas ígneas y sedimentarias. Los materiales litológicos más importantes son de aluvionamiento, predominando las rocas volcánicas, andesitas, brechas, riolitas, tonalitas, etc. El basamento geológico está formado el batolito de la costa y los depósitos aluviales cuaternarios.

3.2.3. Geomorfología

Está relacionado con las unidades morfo-estructurales: Llanura Costanera que poseen una altitud estimada de 400 m s.n.m. sobresaliendo rasgos geomorfológicos clasificados como subunidades que son: planicies, conos defectivos, lomas, y cerros; y Estribaciones de la Cordillera Occidental

que abarca laderas y cerros que se elevan por encima de una altitud promedio de 400 a 1000 m s.n.m.

3.2.4. Geodinámica

Posee una configuración espacial afectada constantemente por procesos de geodinámica externa, que modifican el relieve en gran porcentaje y en ocasiones con características catastróficas. Se ubica en una zona de elevada actividad sísmica.

3.2.5. Flora

La Quebrada Manchay no posee fuentes naturales de agua por lo que la vegetación es escasa con formaciones de xerófitas y tillandsias.

3.2.6. Fauna

Está compuesta por: Mamíferos (zorro costero o *Pseudolapex sechurae*, muca-muca o *Didelphis marsupialis*), aves (gallinazo o *Coragyps atratus*, colibrí o *Amazilia amazilia*, etc.), reptiles (sancarranca o *Bothrops pictus*, macanche o *Bothrops barnetti*, culebra o *Tachynemis sp.*, lagartijas o *Tropidurus spp.*) y anfibios: sapo (*Bufo limensis*).

3.3. Factores socio- económicos

La población total del distrito de Pachacamac es de 110 071 habitantes, esta población se encuentra repartida en asentamientos humanos, asociaciones de vivienda centros poblados rurales, comunidad campesinas y cooperativas. El distrito de Pachacamac tiene 28 149 viviendas. El tipo de vivienda que poseen las personas son: 27 210 viviendas del tipo casa independiente, 315 viviendas del tipo departamento en edificio, 149 viviendas

del tipo vivienda en quinta, 231 viviendas del tipo casa en vecindad, 1 vivienda del tipo choza, 203 viviendas del tipo vivienda improvisada y 40 viviendas del tipo local no destinado para habitación humana.

Las viviendas tienen diversos tipos de material predominante en las paredes. Entre ellas se tiene que 16 274 viviendas (57.0 %) tienen paredes que son de material noble, 296 viviendas (1.1 %) tienen paredes que son de adobe o tapia y 1 254 viviendas (4.5 %) tienen paredes que son de material precario. En cuanto al piso de las viviendas se tiene que 19 679 viviendas (69.9 %) tienen piso de cemento, 5 041 viviendas (17.9 %) tienen piso de tierra y 2 952 viviendas (10.5 %) tienen el piso de parquet, losetas o similares. El techo de las viviendas están hechas a base de calamina o teja (15 631 viviendas), concreto armado (10 272 viviendas) y material precario (961 viviendas).

En cuanto al acceso de agua potable se tiene cifras poco favorable ya que 11 449 viviendas (40.7 %) no tienen agua por red pública, 346 viviendas (1.2 %) tienen agua por medio del pilón o pileta de uso público, 2 242 (8.0 %) viviendas que tiene acceso al agua por pozos (agua subterránea). De las viviendas que tienen agua por red pública, solo 13 439 viviendas tienen agua todos los días de la semana durante las 24 horas, por lo que el resto de las viviendas solo tienen agua algunos días de la semana y/o algunas horas del día. El servicio de alcantarillado por red pública es poco eficiente ya que se tiene solo 13 738 viviendas (48.8 %) tienen acceso al alcantarillado por red pública, 5 200 viviendas (18.5 %) tienen pozo séptico – letrina, 8 708 viviendas (30.9 %) hacen uso de pozo negro o ciego y 503 viviendas (1.8 %) no tienen servicio higiénico (INEI, 2018).

3.4. Materiales y equipos

3.4.1. Materiales

03 mallas Rachel verde de 30% de sombra (1 m x 1 m), 06 listones de madera (3.4 m x 0.045 m x 0.045 m), 06 calaminas de acero galvanizado Tortuga (1.25 m x 0.20 m), 09 mangueras lisa (1.8 m x 1/2" ø), 03 baldes de plástico Rey (20 L), 03 lapiceros Faber Castell (033), 03 correctores Artesco (9 ml), 03 Canaletas de acero galvanizado de acanalado rectangular (1.26 m x 0.05 m x 0.1 m), 03 tableros de campo, 160 fichas de registro, 01 pico normal, 01 lampa pequeña, 01 barreta, 09 tablas (1.9 m x 0.045 m x 0.025m), 01 flexómetro (5m), 0.5 kg de clavos (1"), 01 martillo, 01 pulverizador de agua ERG (0.5 L), 01 atomizador (2 L), 01 escobillón de cerdas suaves Chelita, 01 lata de barniz Tekno (0.946 L), nylon verde Araty (30m x 0.70mm ø), 01 brocha mediana, 01 aguja mediana para sacos, 03 jarras de plástico Rey (1 L), 03 probetas grandes de polipropileno graduado (1000 ml), 03 probetas medianas de polipropileno graduado (100 ml), 03 probetas pequeñas de polipropileno graduado (10 ml), 05 galones de agua para baterías Vistony (1.1 L), 03 trozos de vinifan (1.2 m x 0.15 m), 12 tornillos (1/2"), 12 tuercas (1/2"), 01 alicate, 01 cinta de tela impermeable Topex (27.42 m x 48 mm), 03 abrazaderas (1/2") , 03 jarras de plástico Rey (3.8 L), 03 tubos de luz Nicoll (0.1 m x 1/2" ø), 03 reductores de PVC (2" a 3/4"), 03 uniones de PVC (3/4"), 03 reductores de PVC (3/4" a 1/2"), 01 alambre galvanizado (1 m), 03 embudos de plástico Rey (0.126 m ø), 03 muestreadores de orina (50 ml), 03 adhesivos extra fuerte Soldimix (35 g), 02 vasos de plástico (300 ml), 01 cooling box Science lab (2.85 L), 01 cooler Artesco (4.5 L), 03 frascos de vidrio graduado de rosca

hermética marca Citotest (100 ml), 12 frascos de plástico con doble tapa (0.5 L), 02 gel pack tippic (500 g), 24 frascos estéril con tapa rosca para muestras de orina Genplast (100 ml), 12 etiquetas (0.1 m x 0.08 m), 08 pares de guantes estériles quirúrgicos sin polvo Medicaline, 09 mascarillas quirúrgicas desechable Bestex, 03 hisopos, un marco de cartulina (0.1m x 0.1m), 09 gorros quirúrgicos desechables Medispo, 03 tubos de ensayo con tapa rosca, 01 chaleco, 03 carteles de identificación del proyecto de investigación (210 mm x 297 mm), 03 micas para papel bond A4.

3.4.2. Equipos

01 GPS Garmin (64S), 01 cámara digital canon (ELPH110HS), 01 laptop Samsung (modelo AMD A6), 01 lensatic compass (SE CC45-2A), 01 estación meteorológica (Davis vantage pro2), 01 turbidímetro (AP2000), multiparámetro con tres sensores (Ponsel Odeon), 01 iPhone Samsung (modelo galaxy core), 01 taladro Bosch (GBM 10 RE), 01 broca para madera Bosch (3mm ø), 01 amoladora Bosch (GWS-10125), 01 disco para madera Bosch (125 mm x 1 mm x 22.23 mm).

3.4.3. Reactivos

240 gotas ácido nítrico (HNO₃ 1:1), 90 ml de caldo peptonado

3.4.4. Software

Google Earth (2017), google maps (2017), Microsoft Excel (2010), Microsoft word (2010), ArcGis (10.2.1), AutoCAD (2014), infoStat version estudiantil (2017), CurveExpert (1.4).

3.4.5. Otros

Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos

hídricos Superficiales (R.J. N°010-2016-ANA), estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales (R.D. N° 2254/2007/DIGESA/SA) , reglamento de la calidad del agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SA), directrices para la calidad de agua de la OMS (1993), Directiva 98/83/EC sobre la calidad del agua destinada a consumo humano de la unión europea (1998).

3.5. Metodología

3.5.1. Fase de pre campo

3.5.1.1. Revisión y análisis bibliográfico

La recopilación y revisión bibliográfica referentes al estudio de investigación incluyó documentos de trabajos de investigación sobre neblinómetros, potencialidad de agua de niebla, fuentes de contaminación y calidad física, química y microbiológica del agua de niebla realizado a nivel nacional e internacional; así como información relacionada al estudio de la Quebrada Manchay.

3.5.1.2. Localización de los puntos de monitoreo

Los criterios evaluados para la localización de los puntos de monitoreo fueron las señaladas por CERECEDA *et al.* (2014). Se realizó visitas de campo a diferentes zonas de la Quebrada Manchay para observar las áreas probables de alto potencial de captación de agua niebla. Una vez obtenidos las zonas se visitó cada una de ellas para conocer su geomorfología, su accesibilidad y evaluar sus cercanías a la población más cercana. Estos factores fueron determinantes en la investigación ya que de ello dependió la

seguridad de los equipos a instalarse y la seguridad del investigador. Así mismo se tuvo en cuenta las experiencias de otros estudios similares realizados mundialmente en zonas costeras. Con este conjunto de datos se eligieron las áreas más favorable para la investigación y se fijaron tres puntos de monitoreo a diferentes altitudes para evaluar la potencialidad y calidad del agua de niebla en la quebrada Manchay. Finalmente se contactó con los presidentes de las asociaciones de vivienda ecológica 06 de marzo y las maravillas para darles a conocer sobre el estudio de investigación y solicitarles el permiso para desarrollarlo.

Cuadro 3. Localización y coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo

Punto	Lugar	Coordenadas UTM - WGS 84 (Zona 18L)		
		Norte (m)	Este (m)	Altitud (m)
P-01	Asociación de vivienda ecológica las 06 de Marzo	8659743	295448	514
P-02	Asociación de vivienda ecológica las maravillas	8659970	295221	574
P-03	Asociación de vivienda ecológica las maravillas	8659982	294990	674

3.5.1.3. Medición de la dirección y velocidad del viento

Se midió la dirección del viento predominante con una estación meteorológica Davis Vantage Pro2 durante 4 h en cada punto (2 h en la mañana y 2 h en la tarde). La estación meteorológica fue colocada en un área libre de obstáculos en cada uno de los puntos de monitoreo.

3.5.1.4. Armado del sistema de captación artificial

El sistema de captación artificial fue un neblinómetro simple de pantalla acompañada de un pluviómetro. Los componentes para el armado del neblinómetro fueron: Soportes estructurales a base de listones de madera unidos en la parte superior por el techo, techos de calamina con soportes de madera, tanques de almacenamiento conformado por baldes de plástico (20 L) previamente lavadas y con sus respectivas tapas y con huecos de 2.54 cm de diámetro en cada una de ellas en las que se fijó los tubos de luz con Soldimix, tanque de almacenamiento para muestreo constituido por jarras (3.8 L) las cuales se colocaron dentro de los baldes, tubos de acoplamiento (reductores y niples), canaletas colectoras (canaletas pluviales de acero galvanizado de acanalado rectangular) forradas con plástico vinifan y fijadas a la canaleta con la cinta de tela impermeable, manguera de conducción (mangueras lisa) para conducir el agua de la canaleta colectora al tanque de almacenamiento), malla captadora (malla raschel de una trama de 30 % de sombra) de 1 m² en doble paño las cuales fueron cosidas con hilo nylon para que tengan una mayor resistencia, bastidor de madera forradas con cinta de tela impermeable (área libre de 1 m²) en la cual se hicieron huecos en cada lado cada 5 cm para poder fijar la malla captadora, así mismo se hicieron dos huecos en los lados externos para poder colocar los pernos y fijarlos a la estructura de soporte a una altura de 2m sobre el nivel suelo.

Los componentes para el armado del pluviómetro estuvo conformado por embudos y frascos muestreadores de fluido; se hizo hueco en cada una de las tapas y cada muestreador fue pegado al pico del embudo con Soldimix.

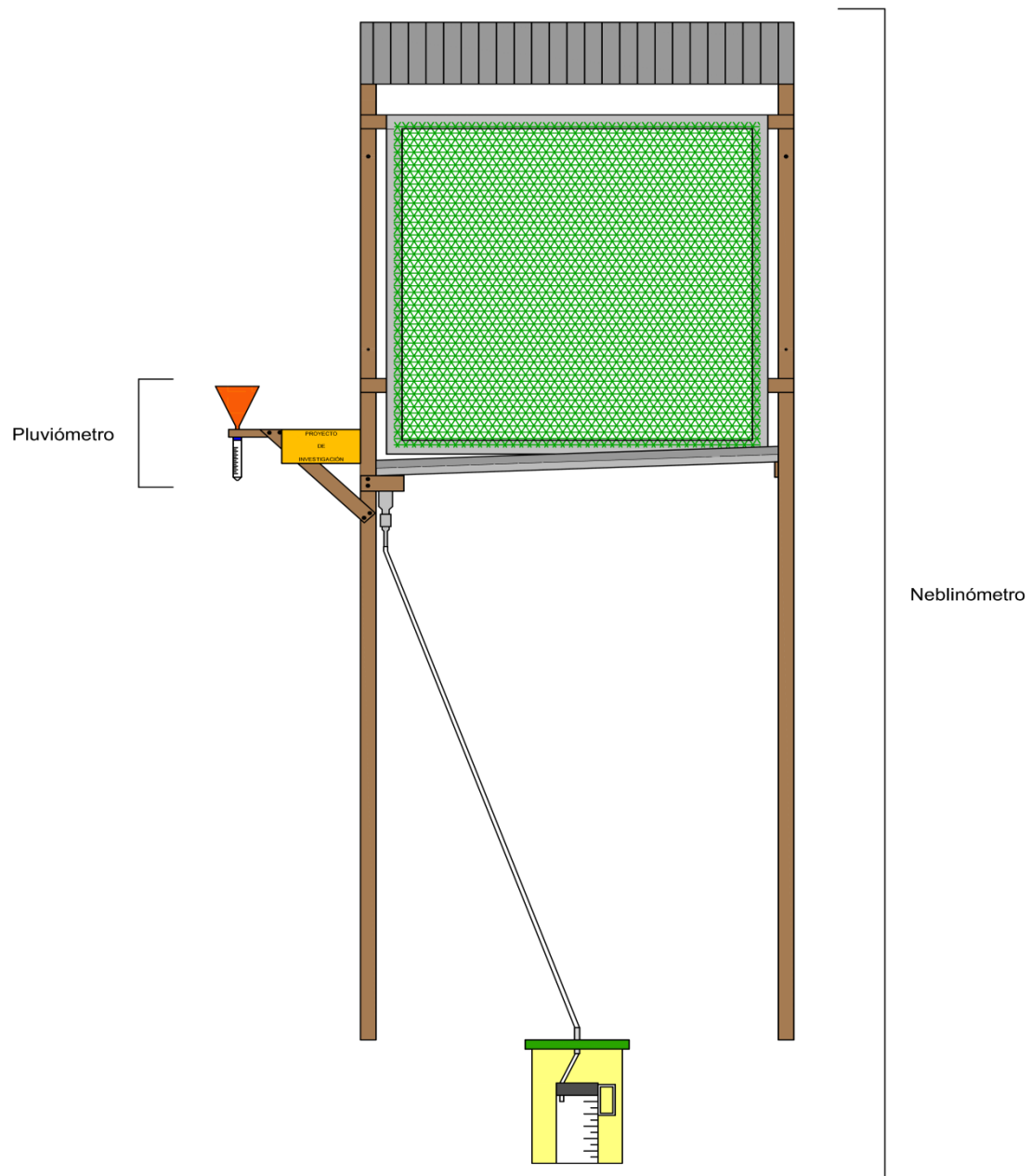


Figura 2. Neblinómetro y pluviómetro

3.5.1.5. Instalación

Una vez que se tuvo todos los elementos de los neblinómetros y pluviómetros pluviómetros fueron transportados a cada punto de monitoreo y se procedió a instalarlos en cada uno de ellos. Para la realización de la instalación las mallas raschel fueron fijadas a los marcos de madera con nylon en doble

pañó; cada paño estuvo separada una del otro por 2.54 cm y todo el conjunto (bastidor –malla raschel) fue colocada en la estructura de soporte. Se hicieron huecos de forma cilíndrica en el suelo de 0.3 m x 0.25 m. Se izó los neblinómetros sobre los huecos realizados en suelo, las cuales fueron rellenos con piedras y tierra para que el neblinómetro tenga mayor estabilidad y rigidez. Las canaletas colectoras se colocaron en la parte inferior del bastidor de la malla captadora y entre los listones de la estructura de soporte con una inclinación de 2° para permitir el drenado del agua de niebla por gravedad. Los tubos de acoplamiento fueron fijados a las canaletas para trasvasar el agua de niebla a la manguera de conducción. Las mangueras lisas se colocaron en los lados libres de los tubos de acoplamiento y se les hizo pasar a través del tubo de luz que estaba fijada en la tapa del balde. Se hicieron huecos de forma cilíndrica en el suelo de 0.5 m x 0.4 m ø en los cuales se pusieron los tanques de almacenamiento y sobre las tapas se colocaron piedras forradas con bolsa de plástico para evitar que la gente pueda manipularlos. Se fijó el pluviómetro en el lado izquierdo de la estructura de soporte con pegamento Soldimix. Finalmente se pegaron los carteles de identificación del proyecto de investigación.

3.5.2. Fase campo

Para asegurar el correcto funcionamiento del neblinómetro se hizo varios mantenimientos del mismo. El mantenimiento mensual de los neblinómetros se hizo tres veces durante toda la etapa de medición, cada mantenimiento se hizo cada 29 a 35 días. Para ello se hizo lo siguiente: Se usó el escobillón para quitar el polvo de la malla mediante el raspado y con la

ayuda de un atomizador de agua y un pulverizador se roció agua de grifo sobre las mallas para permitir que las partículas de polvo decanten, las canaletas fueron limpiadas con agua de grifo y una esponja; y las mangueras lisas fueron cambiadas por unas nuevas.

El mantenimiento diario y semanal se hizo de la siguiente manera: Diariamente con agua de niebla y con una esponja se limpió los baldes y jarras de plástico (excepto los días secos), semanalmente se limpió el pluviómetro (embudo y muestreador de orina) y la canaleta colectora con agua de grifo y una esponja. La vigilancia de los neblinómetros se realizó todos los días por parte de la población local de las asociaciones de vivienda.

3.5.2.1. Determinación del volumen colectable de agua de niebla mediante un sistema de captación artificial

El agua capturada por el neblinómetro y el pluviómetro fue medida diariamente. El agua de niebla almacenada en los tanques de almacenamiento se extrajo con una jarra de plástico pequeña (1 L) y se trasvaso directamente a una probeta de plástico graduada (grande, media o pequeña) para poder medir el volumen del agua colectada. El agua colectada en los pluviómetros se midió en una probeta pequeña (10ml). Ambos volúmenes fueron registrados en las fichas de registro. Asimismo, las observaciones que pudieron realizarse sobre los equipos se anotaron en las respectivas fichas.

3.5.2.2. Determinación de la calidad fisicoquímica del agua de niebla para uso en consumo humano

La calidad fisicoquímica del agua de niebla se evaluó en función de los siguientes parámetros: pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto

(mg/l), turbidez (NTU), temperatura (°C) y plomo.

La frecuencia de medición fue de 1 vez por semana. En el caso en el que hubo una semana seca, en la semana siguiente se sacaron dos muestras en diferentes días para el respectivo análisis fisicoquímico. Actualmente no existe ningún protocolo para el monitoreo de este tipo de agua, sin embargo, se usó como guía los protocolos de monitoreo de calidad de aguas superficiales del ANA, DIGESA y estudios similares realizados mundialmente. El muestreo fue realizado de la siguiente manera: Se puso los guantes quirúrgicos desechables, se enjuagaron los frascos de vidrio con un poco de agua de niebla (sin tocar la parte interna), se trasvaso directamente el agua de niebla contenida en la jarra (3.8 L) en frascos de vidrio (100 ml) hasta el ras de la boca del frasco y fueron cerrados herméticamente (se evitó tomar los sedimentos asentados en el fondo del recipiente). Las muestras fueron colocadas en un cooler (4 L) que contenían 3 geles pack tippic previamente congelada por 24 horas y fueron transportado a la oficina de Sumpa S.A.C. para el posterior análisis.

La medición de los parámetros fisicoquímicos se realizó con los siguientes métodos: pH (SM 4500H+B), temperatura (SM 2550-B), conductividad (SM 2510-B), oxígeno disuelto (EPA 360.1), turbidez (SM 2130 - B). Para ello se usó un multiparámetro (Ponsel Odeon (modelo: V9EN, serie: SN - PC4EA – 0017) y un turbidímetro (modelo: AP2000 WT, n° de serie: 15111133).

Para la medición de la turbidez se enjuagó los frascos de 20 ml antes de cada medición con agua para batería Vistony (agua desmineraliza y

desionizada) y se extrajo 20 ml de las muestras de agua y vertió en los frascos de 20 ml y fueron colocados en el turbidímetro. El valor obtenido fue registrado en una ficha.

Para la medición de pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto (mg/l), y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) se enjuagaron los sensores con agua para batería Vistony (agua desmineralizada y desionizada) antes de cada medición, cada sensor fue introducido en cada frasco y se esperó que la lectura se estabilice. El valor obtenido se anotó en la ficha de registro.

La toma de muestra para analizar el parámetro inorgánico (plomo) fue realizada conforme a las recomendaciones del laboratorio. Se enjuagaron los frascos de plástico con agua de niebla, luego se trasvaso el agua de niebla desde la jarra (3.8 L) a los frascos de plástico (500ml) hasta llenarlo a un 99 %. En los días que hubo poca agua se tomó una muestra de 300 ml. Se añadió 20 gotas de HNO_3 a cada frasco para preservarlo. Los frascos fueron cerrados herméticamente (tapa a presión y tapa rosca) y colocados dentro del cooler que contenía 3 gel pack tippic mr previamente congelada por 24 horas. Se llenó la cadena de custodia y el cooler fue transportado al laboratorio NSF Environmental Laboratories S.A.C. para el respectivo análisis (EPA-200.7).

3.5.2.3. Determinación de la calidad microbiológica del agua de niebla para uso en consumo humano

Para determinar la calidad microbiológica del agua de niebla se analizó la presencia de *Escherichia coli*, coliformes totales y coliformes termotolerantes en términos de NMP/100 ml. No existe ningún protocolo nacional e internacional para el monitoreo de este tipo de agua, sin

embargo, la toma de muestra en campo se hizo conforme las recomendaciones del laboratorio y a los protocolos de monitoreo de aguas superficiales del ANA, el DIGESA y estudios similares realizados a nivel mundial. Para ello se hizo lo siguiente: Se colocaron los implementos necesarios para iniciar la toma de muestra (gorros quirúrgicos, guantes quirúrgicos desechables y mascarillas quirúrgicas), el agua de niebla se trasvaso directamente de la jarra (3.8 L) a los frascos muestreadores de orina (100 ml) hasta conseguir un volumen de 100 ml y se dejó un volumen libre de 10 %, los frascos muestreadores fueron cerrados y colocados dentro de un cooler que contenían 3 geles pack tippic mr previamente congelada por 24 h, se procedió a llenar la cadena de custodia. Finalmente, el cooler fue transportado al laboratorio de INVEMSAC para el respectivo análisis (método FDA/BAM). Otra prueba de campo que se hizo para contrastar de manera subjetiva los resultados de la calidad microbiológica del agua de niebla con la calidad microbiológica del polvo acumulado en la malla raschel fue el Hisopado. Esta prueba fue realizada conforme a las recomendaciones del laboratorio. Para esta prueba se hizo lo siguiente: Se colocaron los implementos necesarios para iniciar la toma de muestra (gorros quirúrgicos, guantes quirúrgicos desechables y mascarillas quirúrgicas), el marco de cartulina (0.1m x 0.1m) se colocó en la parte media de la malla raschel (se usó 2 clips), se humedeció el hisopo en la solución diluyente (caldo peptonado) presionándolo en los bordes del tubo de ensayo para eliminar el exceso de solución y en un ángulo de 30° se frotó 4 veces la superficie delimitada por la plantilla (cada una en una dirección opuesta a la anterior), el hisopo fue introducido en el tubo de ensayo que contenía la solución diluyente,

se puso la tapa del tubo de ensayo y se agito para lograr que el material muestreado (polvo) se diluya en la solución.

Finalmente, las muestras fueron colocados en un cooler que contenían gel pack tippic previamente congelada por 24 h. El cooler fue transportado al laboratorio de INVEMSAC para el respectivo análisis (método ICMSF 2000).

3.5.3. Fase de gabinete

Se hizo mapas de ubicación de la zona de estudio con el uso del Google Earth (2017), google maps (2017) y ArcGis (10.2.1); así mismo, se hizo realizó un plano del equipo de captura en AutoCAD (2014). El análisis estadístico e interpretación de los datos del volumen de agua de niebla colectado se realizó a través de la digitación de las fichas de registro en Microsoft Excel (2010), infoStat version estudiantil (2017) y CurveExpert (1.4) con lo cual se pudo determinar del volumen de captura por cada punto y su relación con la altitud. En cuanto a los resultados obtenidos de las mediciones con equipos manuales y los análisis de laboratorios certificados se realizó el análisis e interpretación de datos en cuanto a los parámetros pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto (mg/l), turbidez (NTU), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) , plomo, *Escherichia coli*, coliformes totales y coliformes termotolerantes a través de la digitación de las fichas de registro e informes de laboratorio en Microsoft Excel (2010), y el análisis estadístico en el programa infoStat version estudiantil (2017). La determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de niebla se determinó comparando los valores obtenidos con las normativas para aguas destinadas al consumo humano.

3.6. Tipo de investigación

El presente estudio es descriptivo del tipo comparativo con el cual se busca determinar la calidad y cantidad del agua de niebla colectable a tres altitudes (514, 574 y 674 m.s.n.m.) en los meses de junio, julio, agosto, setiembre y octubre en la quebrada Manchay.

3.6.1. Variables

- Volumen colectable (L)
- Calidad fisicoquímica: pH, temperatura (°C), conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto (mg/L), turbidez (NTU) y plomo (mg/L).
- Calidad microbiológica: Coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*.
- Altitud: 514, 574 y 674 m.s.n.m. en P-01, P-02 y P-03 respectivamente.
- Tiempo (Meses): junio, julio, agosto, setiembre y octubre

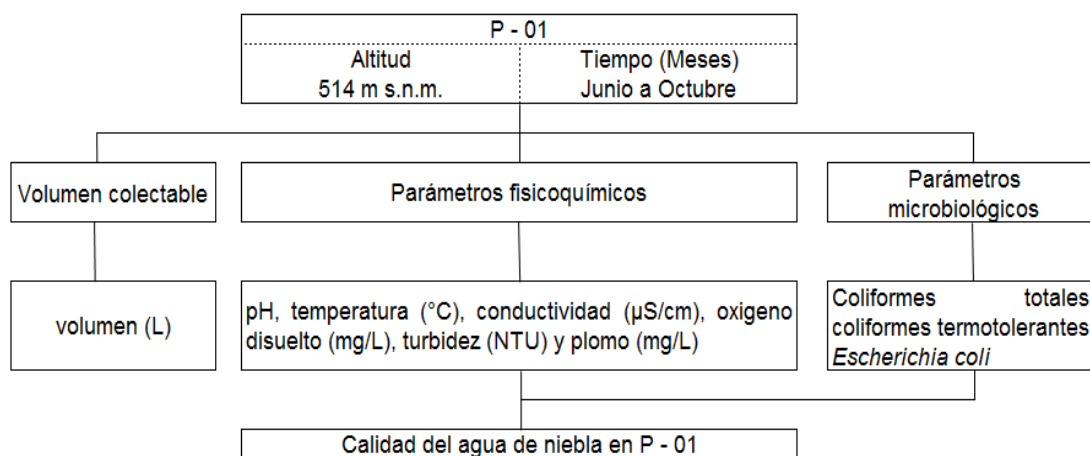


Figura 3. Diseño del proyecto de investigación para la cantidad y calidad del agua de niebla en P-01

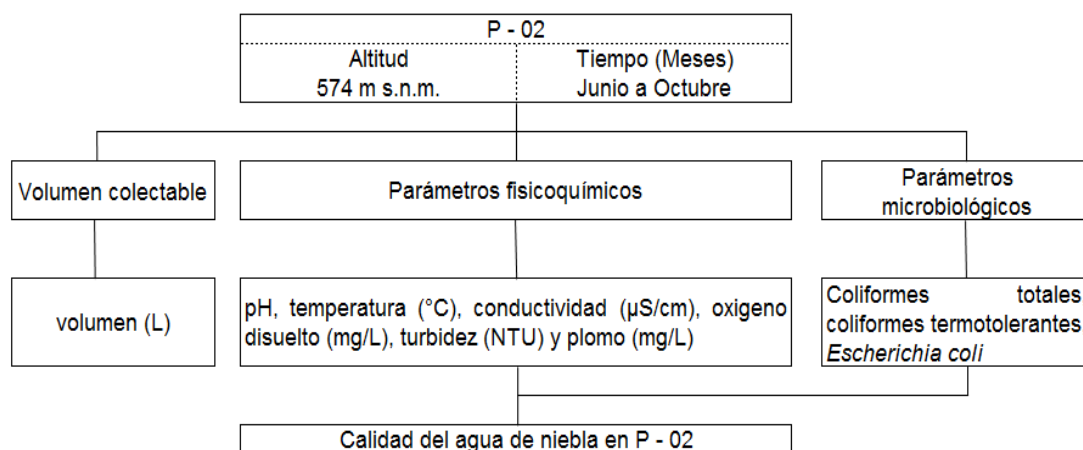


Figura 4. Diseño del proyecto de investigación para la cantidad y calidad del agua de niebla en P-02

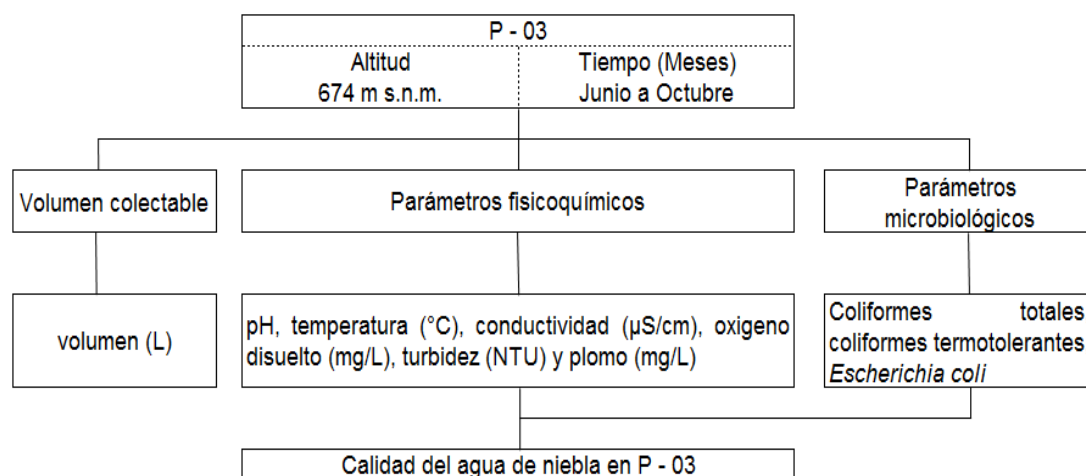


Figura 5. Diseño del proyecto de investigación para la cantidad y calidad del agua de niebla en P-03

3.6.2. Diseño estadístico

El presente estudio tiene un diseño del tipo completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos; por lo que se tiene un cuadro de 5 x 3 con 19 repeticiones para los parámetros fisicoquímicos, 4 repeticiones para el parámetro inorgánico, 8 repeticiones para los parámetros microbiológicos y 122 repeticiones para el parámetro de volumen colecta.

Cuadro 4. Diseño estadístico de la investigación

Tratamiento	Meses				
	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
P-01 514 m s.n.m.	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉
	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄
	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈
	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂
P-02 574 m s.n.m.	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉
	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄
	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈
	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂
P-03 674 m s.n.m.	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉	X ₁ , X ₂ , ..., X ₁₉
	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄	Y ₁ , Y ₂ , ..., Y ₄
	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈	Z ₁ , Z ₂ , ..., Z ₈
	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂	K ₁ , K ₂ , ..., K ₁₂₂

X= Parámetros fisicoquímico (pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y turbidez)

Y= Parámetro fisicoquímico (plomo)

Z= Parámetro microbiológico

K= Volumen de colecta

3.6.3. Análisis estadístico

Los datos de volumen y calidad del agua de niebla colectada se procedieron a ordenarlos y graficarlos en el software Excel (2010). Se realizó un análisis de varianza (ANVA) con un intervalo de confianza de 95% (alfa = 0.05) en el software en infostat (2010). Luego de encontrar en algunas variables diferencias significativas entre las medias se usó la prueba Tukey (alfa = 0.05) para evaluar las diferencias de medias entre los puntos de monitoreo. Los promedios totales de colecta diaria fueron graficadas en el software CurveExpert (1.4) para encontrar un modelo matemático subjetivo de volumen vs altitud en la zona de estudio. Finalmente se hizo una simple comparación de los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para observar el cumplimiento de las normativas de calidad de agua destinadas para consumo humano en cada muestreo.

Cuadro 5. Normativa para parámetros fisicoquímicos para calidad de agua destinada al consumo humano

Parámetro	Unidad	MINAM 2017			DIGESA 2010	OMS 1993	UE 1998
		Categoría 1 Subcategoría A					
		A1	A2	A3			
Potencial de Hidrogeno	Unidad	6.5 - 8.5	5.5 - 9	5.5 -9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	-
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**	-	-	-
Conductividad	μS/cm	1500	1600	**	1500	250	250
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥5	≥4	-	-	-
Turbidez	UNT	5	100	**	5	5	-
Plomo	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01

** : No aplica para esta subcategoría

Δ3: Variación de tres grados Celsius con respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

-: No mencionado

A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

A3: aguas que pueden ser potabilizados con tratamiento avanzado

Fuente: OMS (1993), Directiva 98/83/EC de la UE (1998), D.S. N°004-2017-MINAM, D.S. N°031-2010-SA

Cuadro 6. Normativa para parámetros microbiológicos para calidad de agua destinada al consumo humano

Parámetros microbiológicos	Unidad	MINAM 2017			DIGESA 2010	UE 1998
		A1	A2	A3		
Coliformes totales	NMP/100 ml	50	**	**	<1.8	0
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	20	2000	20 000	<1.8	-
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**	<1.8	-

** : No aplica para esta subcategoría - : No mencionado

A1 : Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2 : Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

A3 : aguas que pueden ser potabilizados con tratamiento avanzado

Fuente: Directiva 98/83/EC de la UE (1998), D.S. N°004 – 2017 - MINAM, D.S. N°031-2010-SA

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación del volumen colectable de agua de niebla

En la figura 6 se puede observar que los valores máximos de captación de agua de niebla en los neblinómetros en el mes de junio fueron los siguientes: En P-01 fue de 3.400 L/m²/día el 16 de junio, en P-02 fue de 5.304 L/m²/día el 28 de junio y en P-03 fue de 13.904 L/m²/día el 22 de junio. Se tuvo un valor de 0 L/m²/día en P-01, P-02 y P-03 en 6, 7, y 7 días respectivamente durante todo el mes.

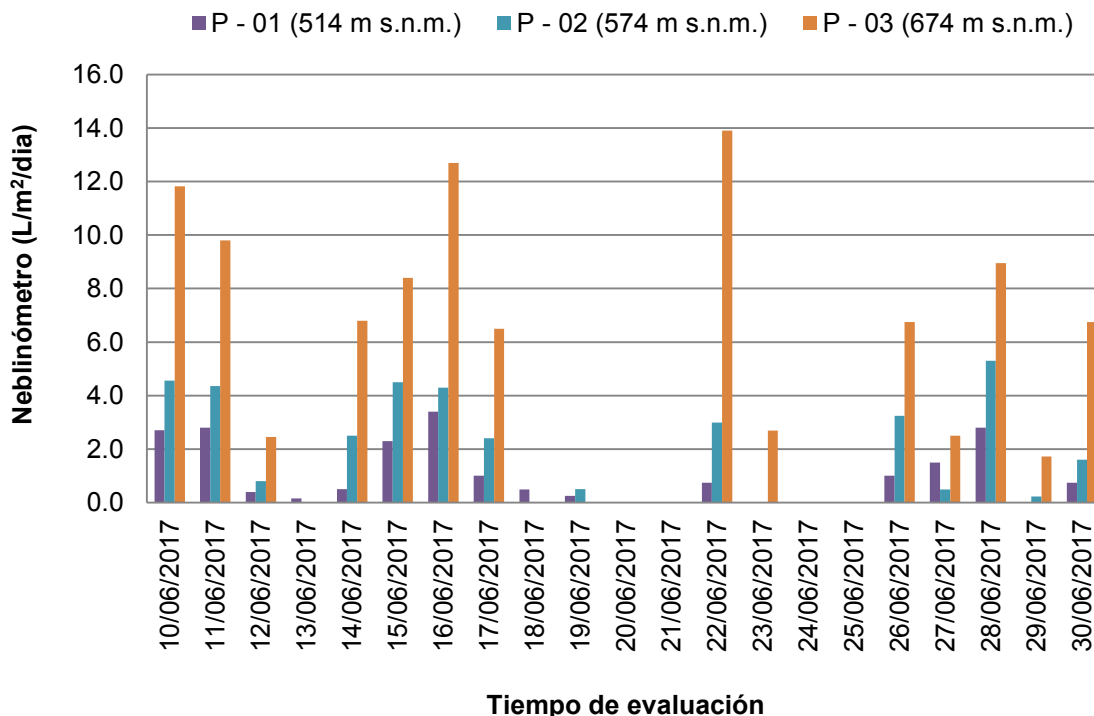


Figura 6. Variación diaria del volumen de agua de niebla colectable en los tres puntos de monitoreo en el mes de junio

Según el cuadro 7 las medias de los volúmenes de agua de niebla colectada por neblinómetros están influenciadas por la variable altitud y son estadísticamente diferentes.

Cuadro 7. ANVA (SC tipo III) del volumen promedio de colecta del agua de niebla del mes de junio

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	173.511	2	86.756	9.474	0.0003
Error	549.436	60	9.157		
Total	722.947	62			

En el cuadro 8 se tiene que P-03 tiene una media estadísticamente diferente de P-01 y P-02, sin embargo estas últimas tienen medias estadísticamente iguales.

Cuadro 8. Test de tukey (Alfa=0.05 DMS=2.24430) para las medias del volumen de colecta de agua de niebla del mes de junio

Puntos de monitoreo	Medias	n	E.E.	
P-03	4.845	21	0.660	A
P-02	1.799	21	0.660	B
P-01	0.990	21	0.660	B

* Error: 9.1573 gl: 60

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

En la figura 7 se puede observar que los valores máximos de colecta de agua de niebla en los neblinómetros en el mes de julio fueron los siguientes: En P-01 fue de 0.751 L/m²/día el 20 de julio, en P-02 fue de 2.997 L/m²/día el 12 de julio y en P-03 fue de 9.070 L/m²/día el 24 de julio. Se tuvo un valor de 0 L/m²/día en P-01, P-02 y P-03 en 13, 8, y 5 días respectivamente durante todo el mes.

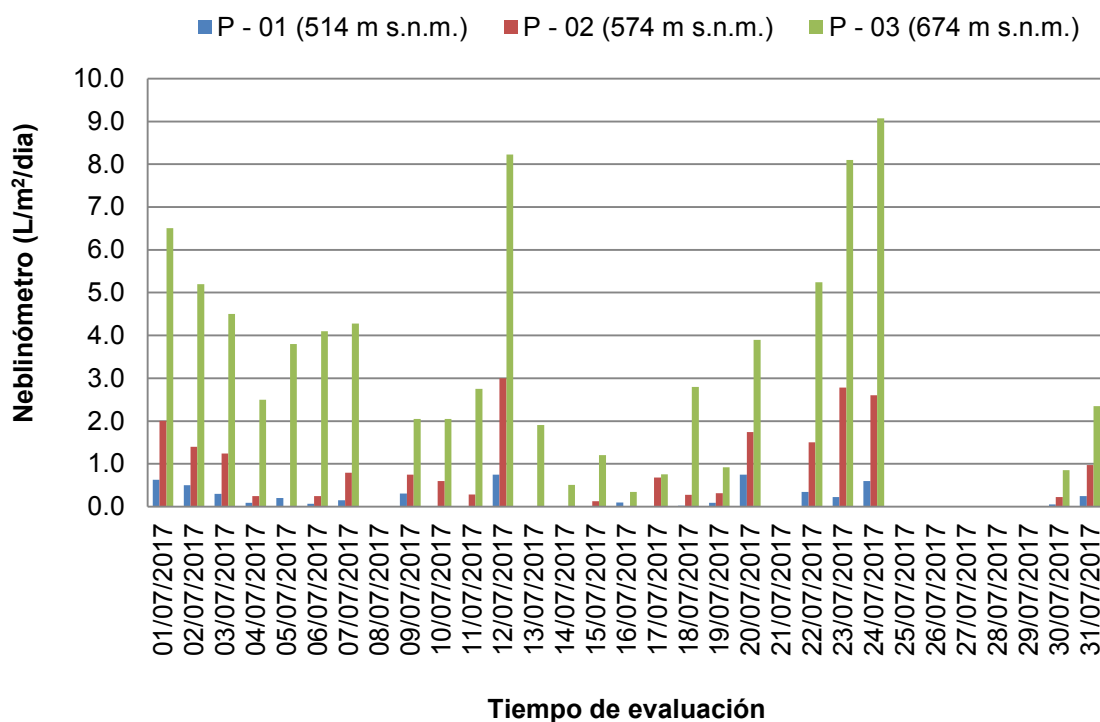


Figura 7. Variación diaria del volumen de agua de niebla colectable en los tres puntos de monitoreo en el mes de julio

Según el cuadro 9 las medias de los volúmenes de agua de niebla colectada por neblinómetros son influenciados por la variable altitud y son estadísticamente diferentes.

Cuadro 9. ANVA (SC tipo III) del volumen promedio de colecta del agua de niebla del mes de julio

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	121.331	2	60.665	23.424	<0.0001
Error	222.731	86	2.590		
Total	344.062	88			

En el cuadro 10 se puede observar que P-03 tiene una media estadísticamente diferente de P-01 y P-02, sin embargo estas últimas tienen medias estadísticamente iguales.

Cuadro 10. Test de Tukey (Alfa=0.05 DMS=0.99705) para las medias del volumen de colecta de agua de niebla del mes de julio

Puntos de monitoreo	Medias	n	E.E.	
P-03	2.893	29	0.299	A
P-02	0.752	29	0.299	B
P-01	0.175	31	0.289	B

* Error: 2.5899 gl: 86

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

En la figura 8 se observa que los valores máximos de captación de agua de niebla en los neblinómetros en el mes de agosto fueron los siguientes: En P-01 fue de 2.854 L/m²/día el 11 de agosto, P-02 fue de 10.102 L/m²/día el 07 de agosto y en P-03 fue de 14.390 L/m²/día para 01 de agosto respectivamente. Se tuvo un valor de 0 L/m²/día en P-01, P-02 y P-03 en 5, 6, y 4 días respectivamente durante todo el mes.

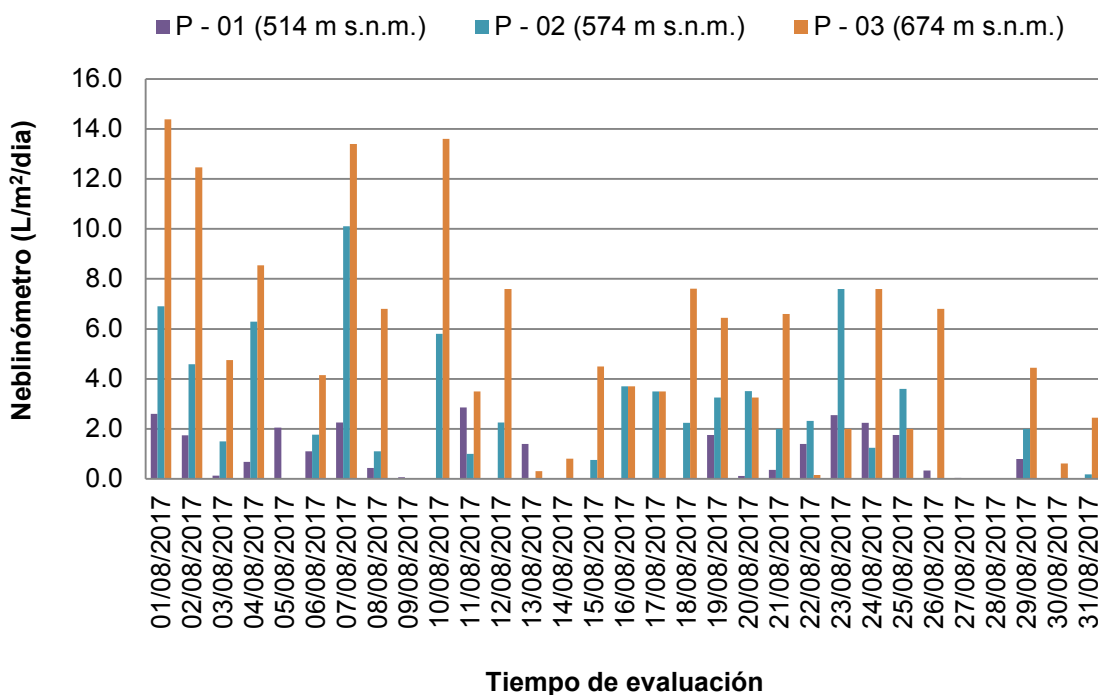


Figura 8. Variación diaria del volumen de agua de niebla colectable en los tres puntos de monitoreo en el mes de agosto

Según el cuadro 11 se tiene que las medias de los volúmenes de agua de niebla colectado por neblinómetros son influenciados por la variable altitud y son estadísticamente diferentes.

Cuadro 11. ANVA (SC tipo III) del volumen promedio de colecta del agua de niebla del mes de agosto

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	256.112	2	128.056	14.735	<0.0001
Error	782.136	90	8.690		
Total	1038.248	92			

En el cuadro 12 se observa P-03 tiene una media estadísticamente diferente de P-01 y P-02, sin embargo estas últimas tienen medias estadísticamente iguales.

Cuadro 12. Test de Tukey (Alfa=0.05 DMS=1.78442) para las medias del volumen de colecta de agua de niebla del mes de agosto

Puntos de monitoreo	Medias	n	E.E.	
P-03	4.903	31	0.529	A
P-02	2.492	31	0.529	B
P-01	0.863	31	0.529	B

* Error: 8.6904 gl: 90

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

En la figura 9 se observa que los valores máximos de captación de agua de niebla en los neblinómetros en el mes de setiembre fueron los siguientes: en P-01 fue de 8.250 L/m²/día el 20 setiembre, en P-02 fue de 11.397 L/m²/día el 10 de setiembre, en P-03 fue de 15.200 L/m²/día el 19 de setiembre. Se tuvo un valor de 0 L/m²/día en P-01, P-02 y P-03 en 3, 4, y 3 días respectivamente durante todo el mes.

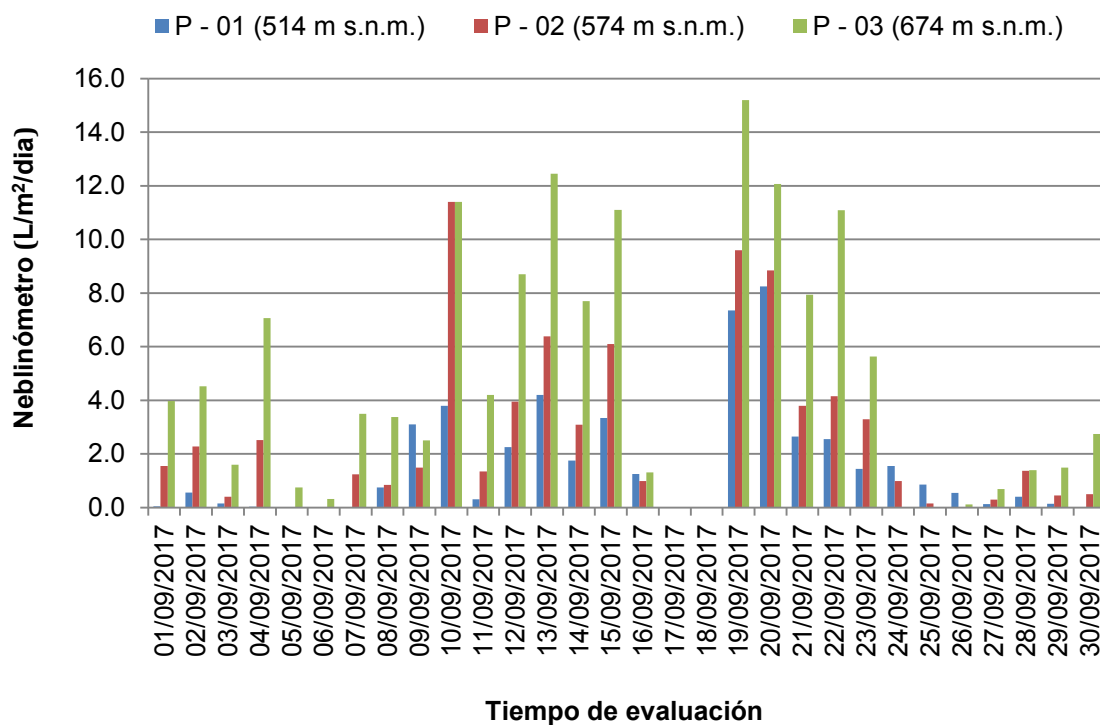


Figura 9. Variación diaria del volumen de agua de niebla colectable en los tres puntos de monitoreo en el mes de setiembre

Según el cuadro 13 las medias de los volúmenes de agua de niebla colectado por neblinómetros son influenciados por la variable altitud y son estadísticamente diferentes.

Cuadro 13. ANVA (SC tipo III) del volumen promedio de colecta del agua de niebla del mes de setiembre

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	146.406	2	73.203	6.188	0.0031
Error	1005.531	85	11.830		
Total	1151.937	87			

En el cuadro 14 se observa P-03 tiene una media estadísticamente diferente de P-01 y P-02, sin embargo estas últimas tienen medias estadísticamente iguales.

Cuadro 14. Test de Tukey (Alfa=0.05 DMS=2.14350) para las medias del volumen de colecta de agua de niebla del mes de setiembre

Puntos de monitoreo	Medias	n	E.E.	
P-03	4.764	30	0.628	A
P-02	2.569	30	0.628	B
P-01	1.695	28	0.650	B

* Error: 11.8298 gl: 85

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

En la figura 10 se tiene que los valores máximos de captación de agua de niebla en los neblinómetros en el mes de octubre fueron los siguientes: En P-01 fue de 1.217 L/m²/día el 08 octubre, en P-02 fue de 1.559 L/m²/día el 11 de octubre, en P-03 fue de 6.250 L/m²/día el 08 de octubre. Se tuvo un valor de 0 L/m²/día en P-01, P-02 y P-03 en 4, 6, y 4 días respectivamente durante el mes.

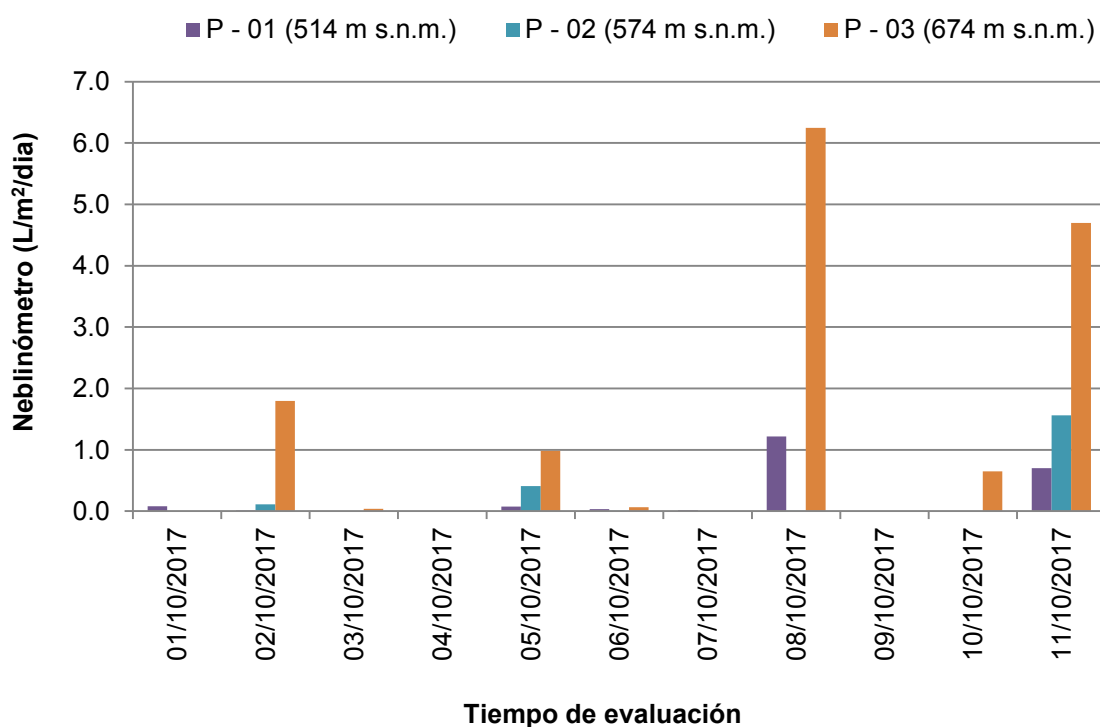


Figura 10. Variación diaria del volumen de agua de niebla colectable en los tres puntos de monitoreo en el mes de octubre

En el cuadro 15 las medias de los volúmenes de agua de niebla colectada por neblinómetros no son influenciados por la variable altitud y tienen medias estadísticamente iguales.

Cuadro 15. ANVA (SC tipo III) del volumen promedio de colecta del agua de niebla del mes de octubre

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	9.278	2	4.639	2.756	0.0797
Error	50.500	30	1.683		
Total	59.777	32			

De las figuras 6, 7, 8, 9 y 10 se observa una colecta máxima diaria de agua de niebla en diferentes fechas: En P-01 se colecto 8.250 L/m²/día el 20 de setiembre, en P-02 se colecto 11.397 L/m²/día el 10 de setiembre, en P-03 se colecto 15.200 L/m²/día el 19 de setiembre. En días normales de eventos de niebla se tiene una mayor colecta de agua de niebla a mayor altitud. por ejemplo el 01 de julio en P-01 se colecto 0.626 L/m²/día, en P-02 se colecto 2.001 L/m²/día, en P-03 se colecto 6.504 L/m²/día.

También es posible observar de las figuras 6, 8, 9 y 10 que hubo pocos días en que se presentó eventos de niebla con inversión térmica cuyo límite superior se encontraba debajo de P-03 y otros días debajo de P-02 (aproximadamente a los 590 y 550 msnm) y su límite inferior se encontraba debajo de P-01 (aproximadamente a los 450 msnm). Los días en que se presentó eventos de inversión térmica fue el 13, 18, y 19 de junio; el 27 y 28 de agosto; el 25 de setiembre y el 07 de octubre. Durante estos días solo se pudo coleccionar el agua de niebla en P-01 y en P – 02 (solo dos días). Por ejemplo: el 13 de junio en el punto P-01 se pudo coleccionar 0.153 L/m²/día mientras que en

P-02 y P-03 se tuvo 0 L/m²/día; y el 19 de junio en el punto P-01 se pudo coleccionar 0.246 L/m²/día, en P-02 se pudo coleccionar 0.500 L/m²/día y en P-03 se tuvo 0 L/m²/día.

De las figuras 7, 8, 9 y 10 también se puede observar que en ciertos días el volumen de agua de niebla captado por los neblinómetros no era proporcional a la altitud y tampoco se relacionaba con un evento de inversión térmica ya se tuvo volúmenes que eran relativamente alto en P-02 y P-03 y bajo en P-01, lo cual probablemente se haya dado por factores meteorológicos poco frecuentes y desconocidos que no fueron medidos en el estudio (humedad relativa, presión atmosférica, temperatura, entre otros). Los días en que se presentó estos eventos fueron el 05 y 16 de julio; 13, 26 y 30 de agosto; 16 y 26 de setiembre; y el 06 de octubre. Un ejemplo es el 5 de julio: en P-01 se captó 0.201 L/m²/día, en P-02 se tuvo 0L/m²/día, en P-03 se tuvo 3.797 L/m²/día.

En la figura 11 se observa promedios diarios mensuales máximos de colecta de agua de niebla en diferentes meses de evaluación del estudio; por lo que en el punto P-01 fue de 1.695 L/m²/día en setiembre, en P-02 fue de 2.569 L/m²/día en setiembre y en P-03 fue de 4.903 L/m²/día en agosto. Los valores promedio diarios mensuales mínimos de colecta de agua de niebla en P-01 fue de 0.175 L/m²/día en julio, en P-02 fue de 0.190 L/m²/día en octubre y en P-03 fue de 1.316 L/m²/día también en octubre. Asimismo se observa que los promedios del volumen de colecta están dentro de 1 desviación estándar del promedio en cada punto de monitoreo, excepto para P-02 y P-03 en el mes de octubre.

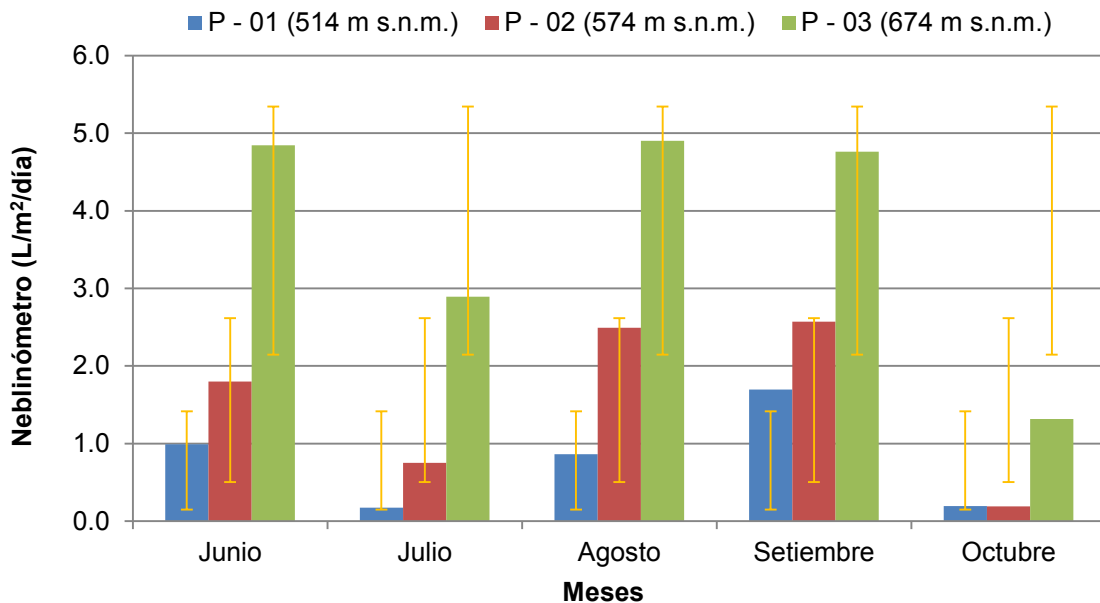


Figura 11. Volumen promedio diario mensual de agua de niebla colectada y sus desviaciones estándar

En la figura 12 se observa que los valores máximos acumulados por los neblinómetros fue de: 151.978 L/m²/mes en agosto en P-03, 77.248 L/m²/mes en agosto en P-02 y 47.465 L/m²/mes en setiembre en P-01.

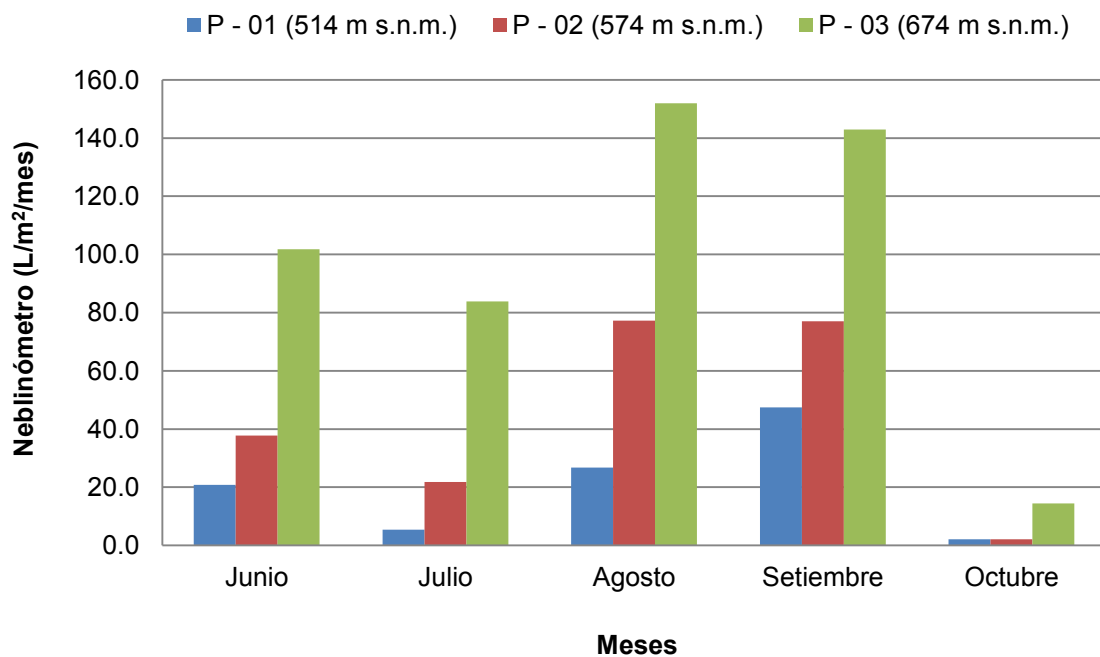


Figura 12. Volumen acumulado mensual de agua de niebla

En el cuadro 16 se puede observar que durante todo el periodo de estudio (124 días) se presentaron días con niebla y sin niebla. El número de días en que no se colectó agua de niebla durante todo el estudio fue: en P-01 y P-02 fue de 31 días y en P-03 fue de 23 días. Los meses con más días de colecta de agua de niebla fue: en P-01 fue en agosto (26 días), en P-02 fue en setiembre (26 días) y en P-03 fue en agosto y setiembre (27 días). Los días sin registro del volumen de colecta debido a problemas técnicos de campo fue: en P-02 y P-03 en julio (2 días) y en P-01 en setiembre (2 días)

Cuadro 16. Días con colecta, sin colecta y sin registro de agua de niebla en los neblinómetro

Mes	Punto de evaluación	Días con colecta de agua de niebla	Días sin colecta de agua de niebla	Días sin registro	Total de días
Junio	P-01	15	6	0	21
	P-02	14	7	0	21
	P-03	14	7	0	21
Julio	P-01	18	13	0	31
	P-02	21	8	2	31
	P-03	24	5	2	31
Agosto	P-01	26	5	0	31
	P-02	25	6	0	31
	P-03	27	4	0	31
Setiembre	P-01	25	3	2	30
	P-02	26	4	0	30
	P-03	27	3	0	30
Octubre	P-01	7	4	0	11
	P-02	5	6	0	11
	P-03	7	4	0	11

En el cuadro 17 se puede observar que el número de días de colecta de agua de niebla en el neblinómetro de los tres puntos de evaluación no son influenciados por la variable altitud y son estadísticamente iguales.

Cuadro 17. ANVA (SC tipo III) del número días con colecta de agua de niebla

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	8.53	2	4.27	0.06	0.943
Error	868.4	12	72.37		
Total	876.93	14			

En la figura 13 se puede observar que el promedio diario total de todos los meses de colecta de agua de niebla en los neblinómetros aumenta con la altitud. En P-01 se tuvo 0.841 L/m²/día, en P-02 se tuvo 1.770 L/m²/día, en P-03 se tuvo 4.057 L/m²/día.

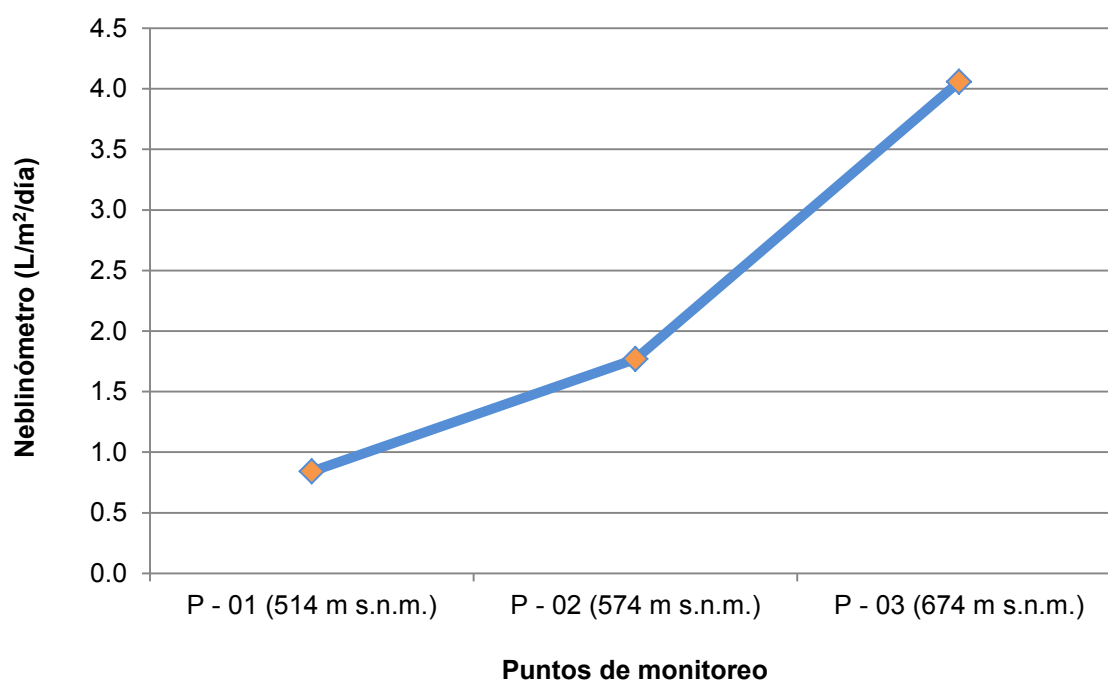


Figura 13. Volumen promedio diario total de todos los meses de colecta de agua de niebla

Según el cuadro 18 las medias de los volúmenes diario totales de todos los meses del agua de niebla colectado por neblinómetros son influenciados por la variable altitud y tienen medias estadísticamente diferentes.

Cuadro 18. ANVA (SC tipo III) para los volúmenes promedios diarios totales de todos los meses de colecta de agua de niebla

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	668.677	2	334.339	41.641	<0.0001
Error	2914.585	363	8.029		
Total	3583.263	365			

En el cuadro 19 se tiene que las medias del volumen diario total (durante todo el periodo de estudio) de colecta de agua de niebla en los tres puntos de monitoreo son estadísticamente diferentes y por lo tanto son influenciados por la variable altitud.

Cuadro 19. Test de Tukey (Alfa=0.05 DMS=0.85157) para las medias del volumen diario total de colecta de agua de niebla

Puntos de monitoreo	Medias	n	E.E.			
P-03	4.057	122	0.26	A		
P-02	1.77	122	0.26		B	
P-01	0.841	122	0.26			C

* 8.0292 gl: 363

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

En la figura 14 se puede observar que el modelo matemático que más se ajustó al estudio para hallar una función de relación de volumen de colecta de agua de niebla vs altitud fue el ajuste cuadrático.

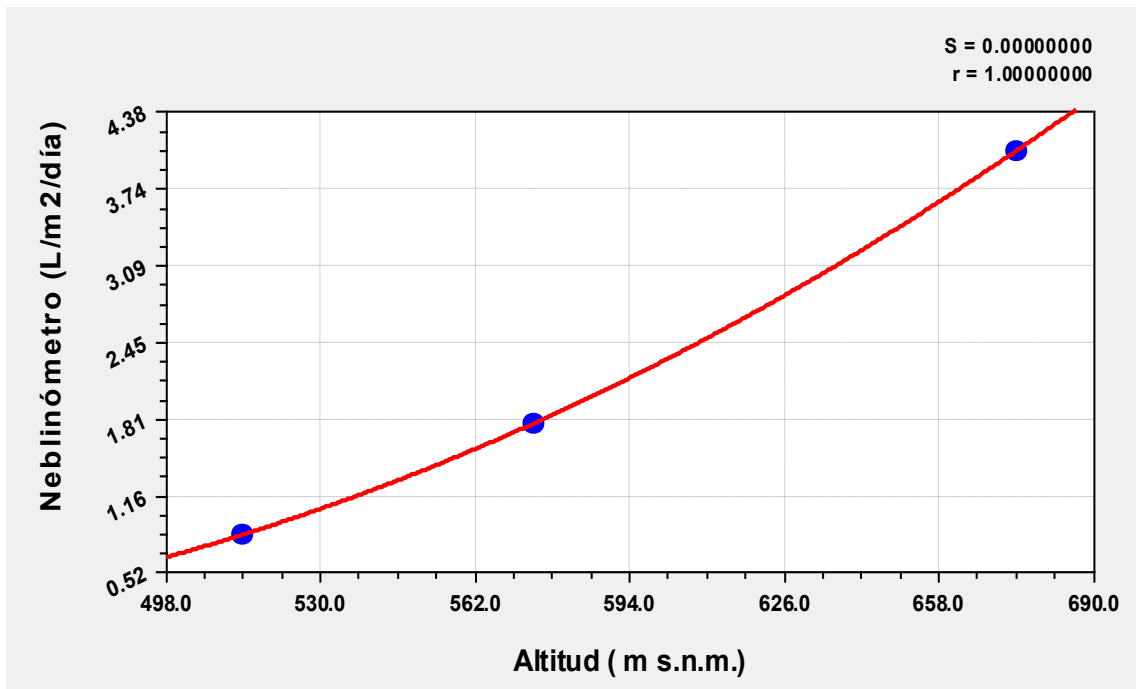


Figura 14. Volumen de colecta diario total de agua de niebla en el neblinómetro vs altitud

La ecuación del modelo cuadrático es la siguiente:

$$y = 6.50 - 3.47 * 10^{-2}x + 4.62^{-5}x^2 \quad (1)$$

Dónde: $a = 6.50E+00$, $b = -3.47E-02$, $c = 4.62E-05$

Según esta ecuación es probable que a una altitud de 900 m s.n.m. se pueda colectar con un neblinómetro un volumen de agua de niebla de 12.627 L/m²/día. El modelo matemático obtenido es subjetivo ya que se necesitan más puntos de evaluación para definir un modelo más exacto.

En la figura 15 se puede observar que el volumen de colecta total acumulado de agua de niebla acumulado durante todo el periodo de estudio fue diferente en los tres puntos de monitoreo. En P-01 se tuvo un volumen total de colecta acumulado de 102.546 L/m², en P-02 se tuvo 215.995 L/m² y en P-03 se tuvo 495.002 L/m².

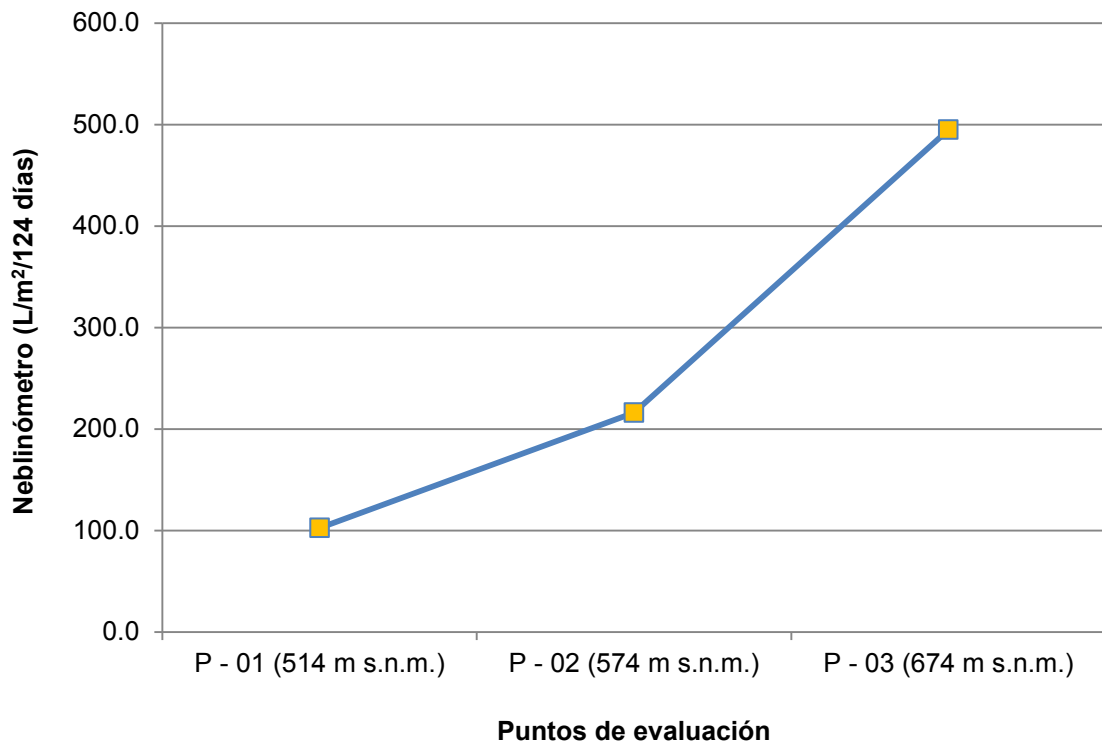


Figura 15. Volumen acumulado total de agua de niebla

Se tiene una elevada variabilidad de los volúmenes de colecta de agua de niebla, lo cual se debe al comportamiento aleatorio verdadero de las variables meteorológicas no medidos en el estudio (humedad relativa, presión atmosférica, temperatura, entre otros); sin embargo se puede inferir que el punto P-03 tuvo los mayores promedios de captación de agua de niebla ya que este punto se encontró a mayor altitud, condición favorable para la mayor intercepción de la nube estratocúmulo razón por la cual se tuvo más días con niebla y con una mayor duración. En P-03 es probable que los valores altos de colecta se haya debido a que en este punto hubo una mayor velocidad del viento en comparación a los puntos que se encontraban a menor altitud lo cual permitió el paso de un mayor volumen de aire con niebla a través de la malla captadora.

4.2. Determinación de la calidad fisicoquímica del agua de niebla

En la figura 16 se puede observar que los valores de la variable ph obtenidos de las muestras de agua de niebla cumplen con los normas calidad del agua destinadas al consumo humano del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondientes a las subcategorías A1, A2 y A3, el DIGESA (D.S. N°031-2010-SA), y la OMS (1993).

En P - 01 se tuvo un ph máximo de 7.06 y un mínimo de 6.94. En P- 02 se tuvo un ph máximo de 7.06 y un mínimo de 6.94. En P - 03 se tuvo un ph máximo de 7.04 y un mínimo de 6.94.

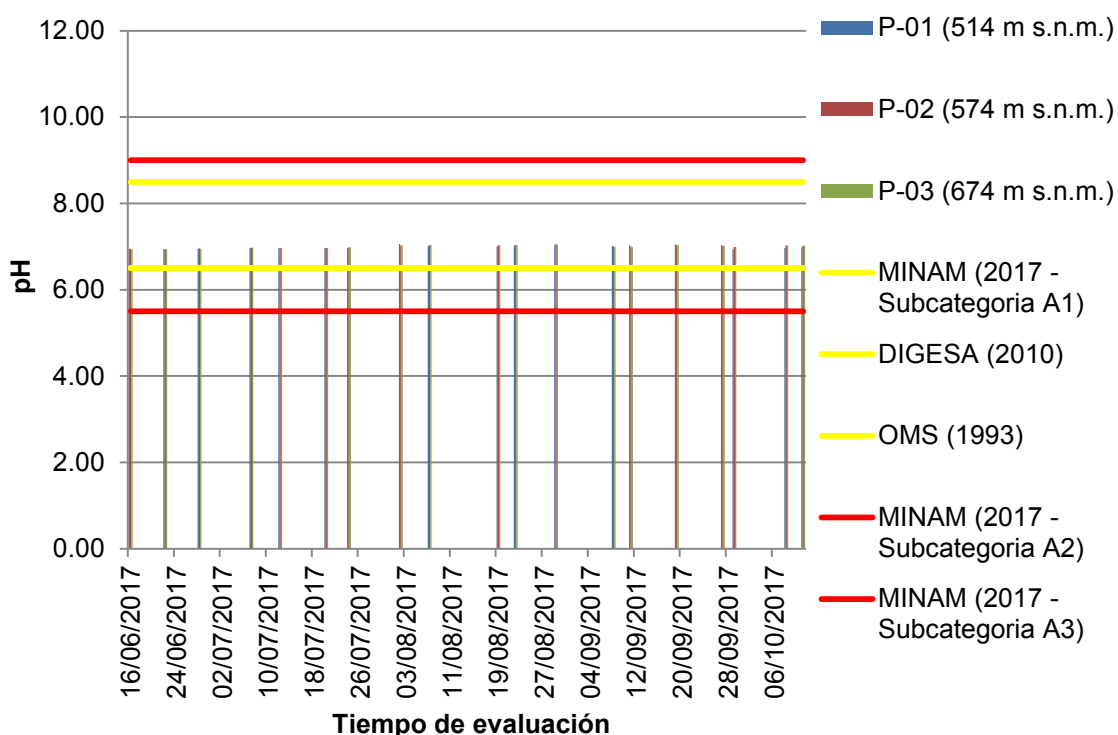


Figura 16. Valores del ph del agua de niebla en los tres puntos de monitoreo

En el cuadro 20 se puede observar que el valor promedio total de la variable pH en los tres puntos de monitoreo no son influenciados por la variable altitud y son estadísticamente iguales.

Cuadro 20. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable pH en los tres puntos de monitoreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	7.40E-04	2	3.70E-04	0.28	0.7549
Error	0.07	54	1.30E-03		
Total	0.07	56			

En la figura 17 se observa que los valores de la variable conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en las muestras de agua de niebla incumplen con los normas de calidad del agua destinadas al consumo humano del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondientes a las subcategorías A1, A2, el DIGESA (D.S. N°031-2010-SA), la UE (1998) y la OMS (1993).

Se tuvo una conductividad máxima de 4850, 3870 y 5230 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en P-01, P-02 y P-03 respectivamente. Se tuvo una conductividad mínima de 189.30, 226.50 y 140.10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en P-01, P-02 y P-03 respectivamente.

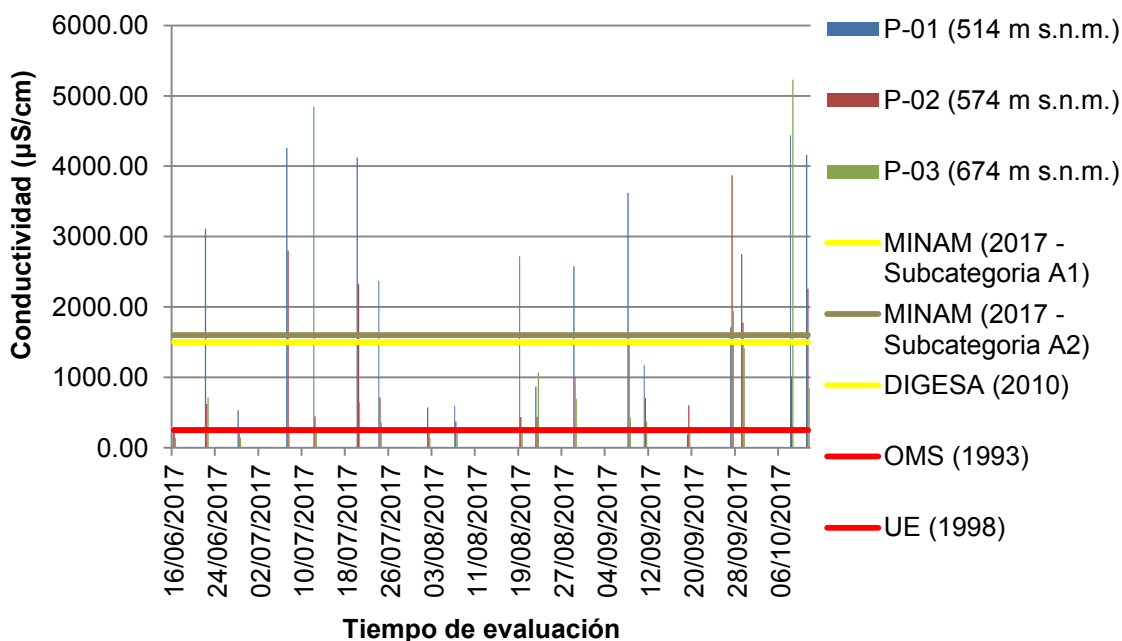


Figura 17. Valores de la conductividad en el agua de niebla en los tres puntos de monitoreo

En el cuadro 21 se puede observar que los valores promedio totales de la variable conductividad en los tres puntos de monitoreo son influenciadas por la variable altitud y son estadísticamente diferentes.

Cuadro 21. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable conductividad en los tres puntos de monitoreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	25213332.82	2	12606666.41	7.64	0.0012
Error	89094615.62	54	1649900.29		
Total	114307948.44	56			

En el cuadro 22 se tiene que la media de P-01 es estadísticamente diferente de P-02 y P-03; sin embargo estas dos últimas tienen medias estadísticamente iguales.

Cuadro 22. Test de Tukey (alfa=0.05, DMS=1004.34100) para las medias de la variable conductividad en los tres puntos de monitoreo

Puntos de muestreo	Medias	n	E.E.	
P-01	2363.74	19	294.68	A
P-02	1142.05	19	294.68	B
P-03	819.55	19	294.68	B

* Error: 1649900.2893 gl: 54

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

En la figura 18 se puede observar que todos los valores de la variable oxígeno disuelto de las muestras de agua de niebla en los tres puntos de monitoreo cumplen con las normas de calidad del agua destinadas al consumo humano del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondientes a las subcategorías A1, A2 y A3.

En P - 01 se tuvo un oxígeno disuelto máximo de 9.2 mg/L y un

mínimo de 7.02. En P -02 se tuvo un máximo de 9.16 mg/L y un mínimo de 7.10 mg/L. En P -03 se tuvo un máximo de 9.15 mg/L y un mínimo de 7.05 mg/L.

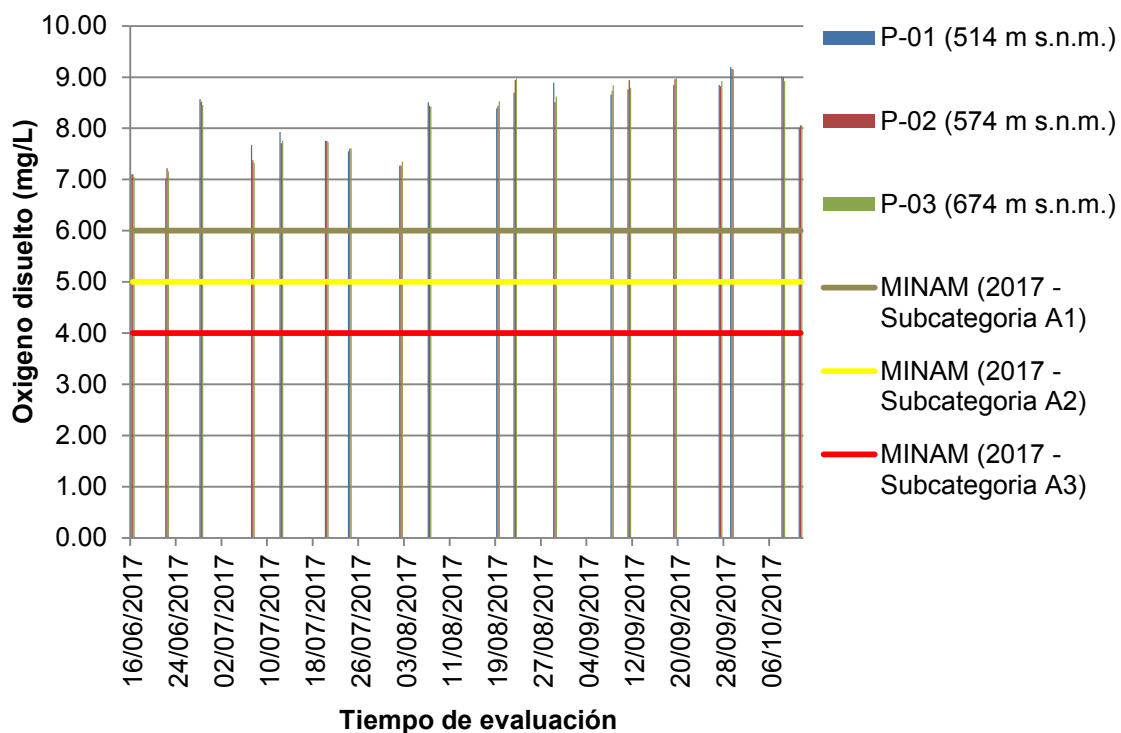


Figura 18. Valor del oxígeno disuelto en el agua de niebla en los tres puntos de monitoreo

En el cuadro 23 se puede observar que los los valores promedio de la variable oxígeno disuelto en los tres puntos de monitoreo no son influenciados por la variable altitud y son estadísticamente iguales.

Cuadro 23. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable oxígeno disuelto en los tres puntos de monitoreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	5.90E-04	2	3.00E-04	6.10E-04	0.9994
Error	26.14	54	0.48		
Total	26.14	56			

En la figura 19 se observa que todos los valores de turbidez (NTU)

de las muestras de agua de niebla en P-01 incumplen con las normas de calidad del agua destinadas al consumo humano del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondiente a las subcategorías A1 y A2, el DIGESA (2010) y la OMS (1993). En P – 02 y en P-03 se incumple la normativa del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondiente solamente a la subcategoría A1, el DIGESA (D.S. N°031-2010-SA) y la OMS (1993).

En P-01 se tuvo una turbidez máxima de 204 NTU y un mínimo de 5.25 NTU. En P - 02 se tuvo una turbidez máxima de 59.40 NTU y un mínimo de 6.66 NTU. En P -03 se tuvo una turbidez máxima de 62.90 NTU y un mínimo de 5.41 NTU.

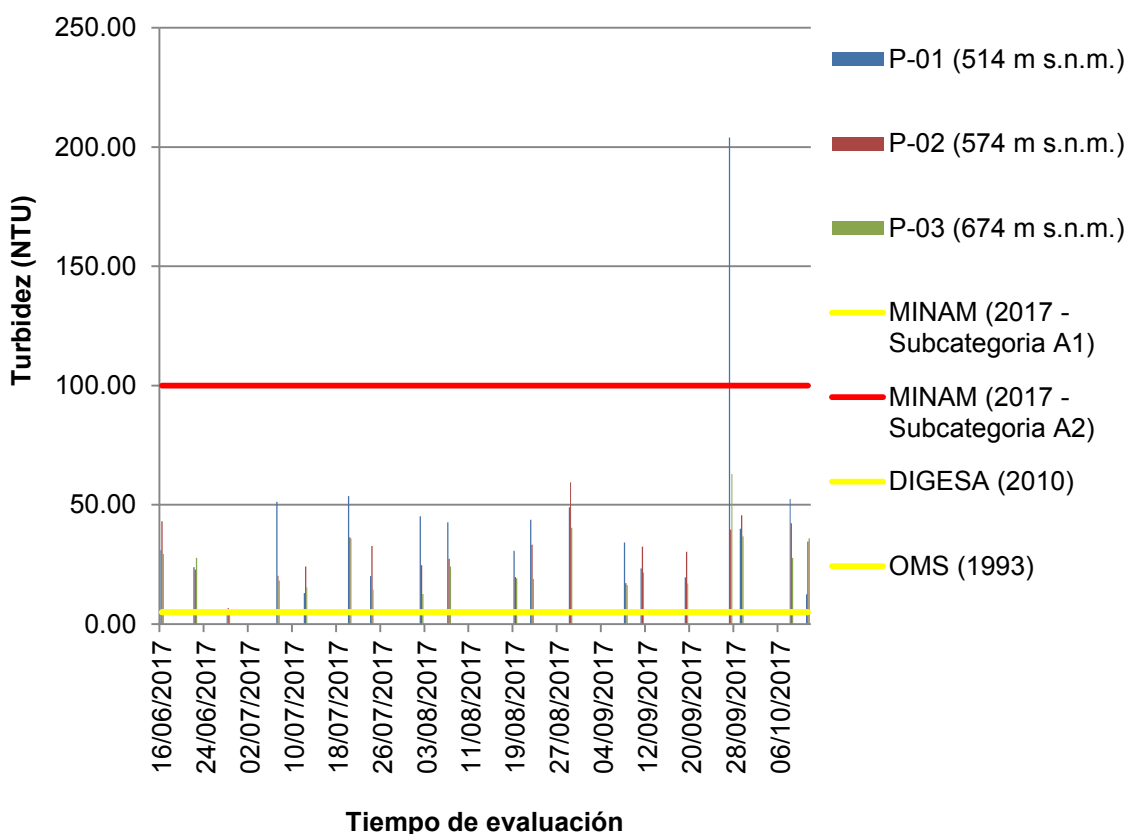


Figura 19. Valor de la turbidez en el agua de niebla en los tres puntos de monitoreo

En el cuadro 24 se tiene que los los valores promedio de la variable turbidez en los tres puntos de monitoreo no son influenciados por la variable altitud y son estadísticamente iguales.

Cuadro 24. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable turbidez en los tres puntos de monitoreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	2689.76	2	1344.88	1.94	0.1532
Error	37377.23	54	692.17		
Total	40066.98	56			

En la figura 20 se observa que los valores de temperatura de las muestras de agua cumplen con las normas de calidad del agua destinadas al consumo humano del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondientes a la Subcategoría A1 y A2. En P -01 se tuvo temperaturas de 17.42 °C a 14.50°C, en P -02 de 17.03 °C a 15.23°C, en P -03 de 17.1 °C a 14.58 °C.

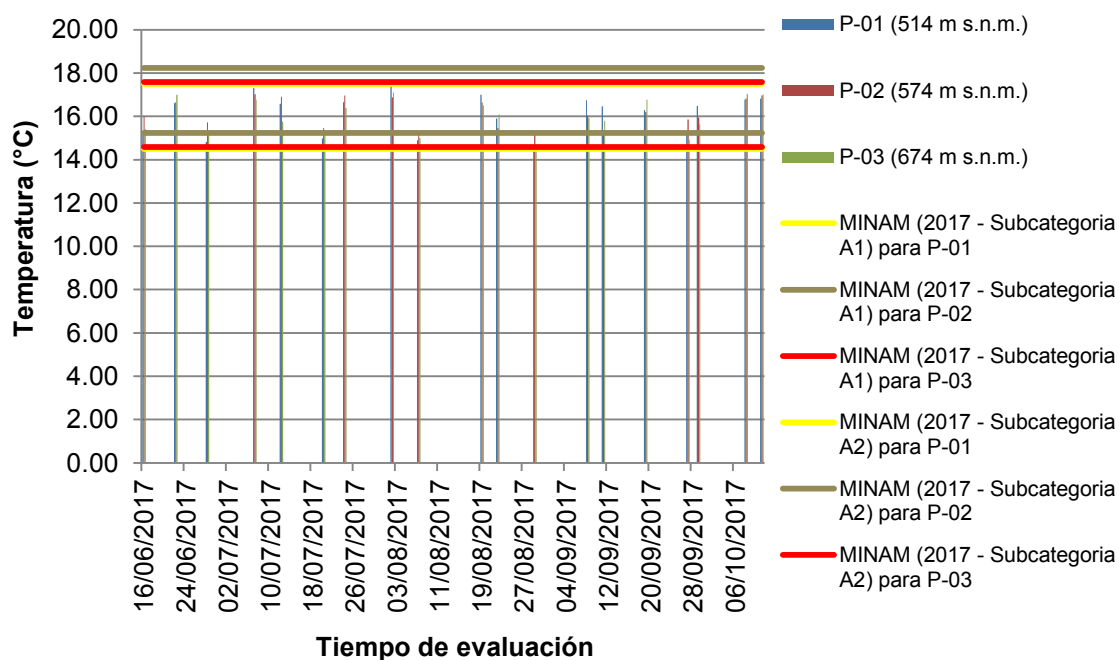


Figura 20. Valor de la temperatura en los tres puntos de monitoreo

En el cuadro 25 se tiene los valores promedio de la variable temperatura en los tres los puntos de monitoreo no son influenciados por la variable altitud y son estadísticamente iguales.

Cuadro 25. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable temperatura en los tres puntos de monitoreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	0.26	2	0.13	0.21	0.8131
Error	34.19	54	0.63		
Total	34.45	56			

En la figura 21 se puede observar que los valores del parámetro plomo en las muestras de agua de niebla colectado en los tres puntos de monitoreo durante todo el periodo del estudio investigación solo cumplen para los meses de junio, julio y agosto con las normas de calidad del agua destinadas al consumo humano del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondientes a la Subcategoría A1, Subcategoría A2 y la Subcategoría A3, el DIGESA (D.S. N°031-2010-SA), la UE (1998) y la OMS (1993).

En P-01 se tuvo valores máximos de plomo de 0.014 mg/L y mínimos de <0.001 mg/L. En P-02 se tuvo valores máximos de plomo de 0.019 mg/L y mínimos de <0.001 mg/L. En P-03 se tuvo valores máximos de plomo de 0.016 mg/L y mínimos de <0.001 mg/L. Los valores de plomo <0.001 mg/L son valores por debajo del límite de detección del método de ensayo empleado por el laboratorio (<0.001 mg/L).

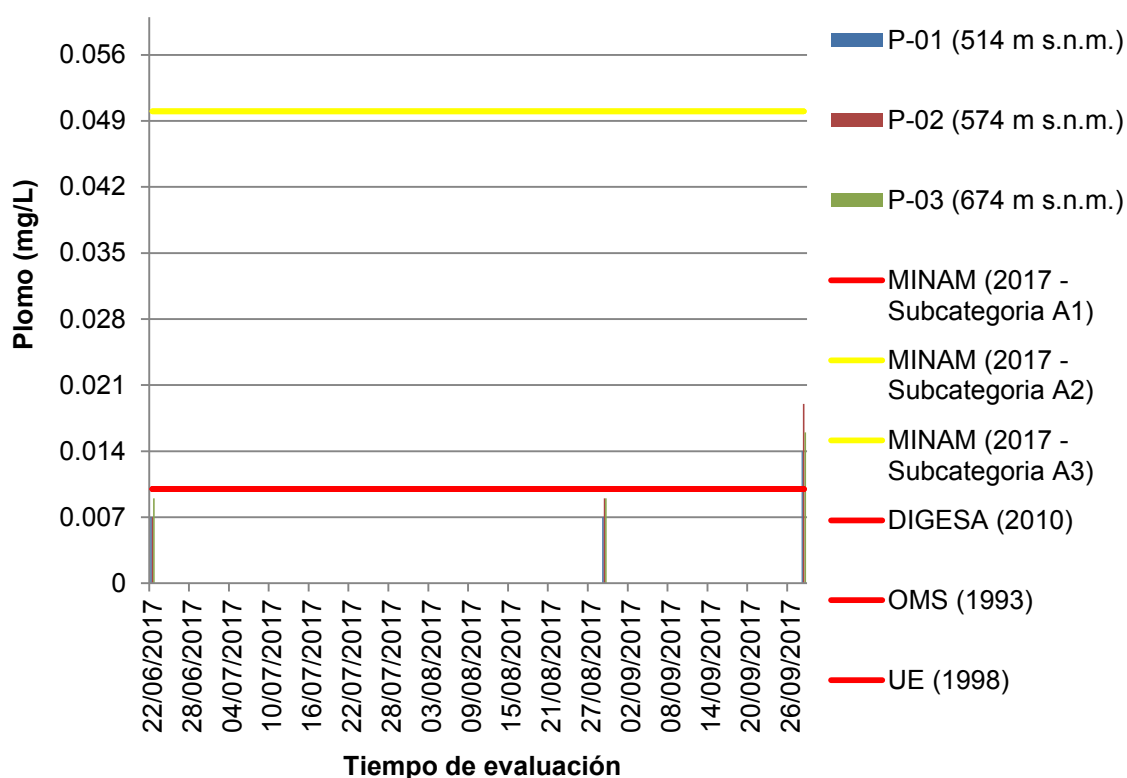


Figura 21. Valor del plomo en los tres puntos de monitoreo

En el cuadro 26 se tiene que los valores promedio de la variable plomo en los tres puntos de monitoreo no son influenciados por la altitud y son estadísticamente iguales.

Cuadro 26. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable plomo en los tres puntos de monitoreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	9.60E-06	2	4.8E-06	0.19	0.8289
Error	1.5E-04	6	2.5E-05		
Total	1.6E-04	8			

4.3. Determinación la calidad microbiológica del agua de niebla

En la figura 22 se observa que los valores de los coliformes totales en las muestras de agua de niebla en los tres puntos de monitoreo incumplen con las normas de calidad del agua destinadas al consumo humano del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondientes a la Subcategoría A1, el DIGESA (D.S. N°031-2010-SA), y la UE (1998).

En P-03 se tuvo valores máximos de coliformes totales de 1600 NMP/100 ml y mínimos de 20 NMP/100 ml. En P-02 se tuvo valores máximos de coliformes totales de 1600 NMP/100 ml y mínimos de 4.5 NMP/100 ml. EN P-01 se tuvo valores máximos de coliformes totales de 920 NMP/100 ml y mínimos de 2 NMP/100.

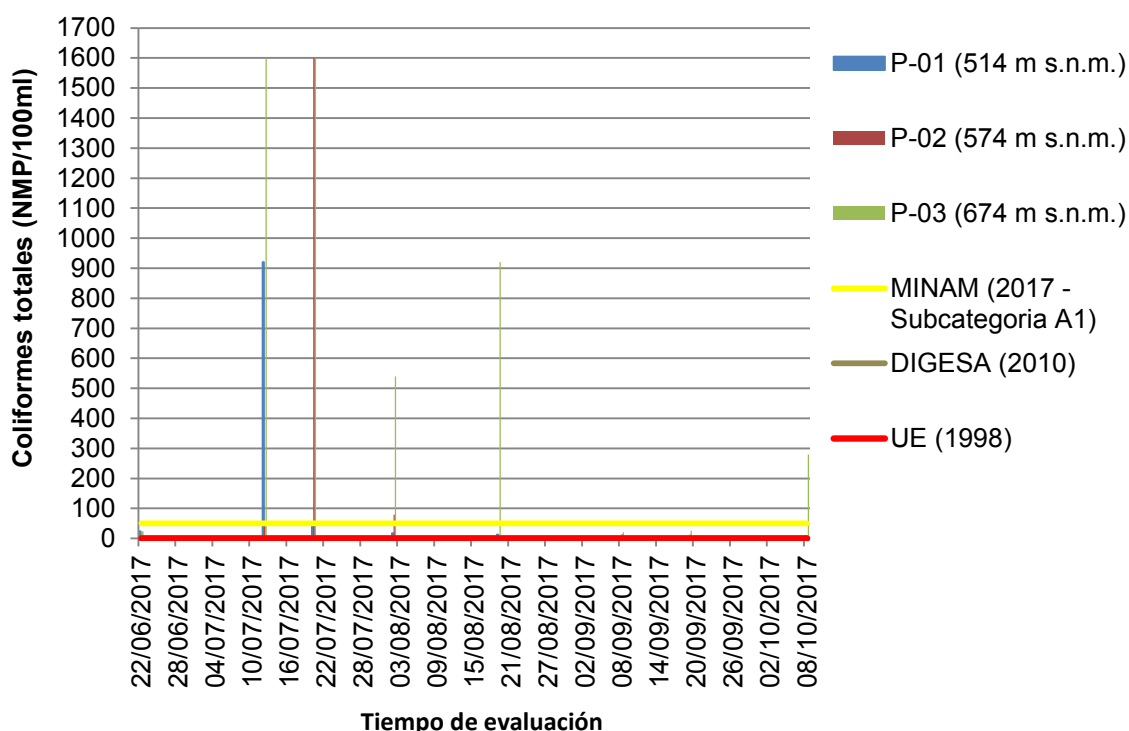


Figura 22. Valor de los coliformes totales en los tres puntos de monitoreo

En el cuadro 27 se tiene que los valores promedio de la variable

coliformes totales en los tres puntos de monitoreo no son influenciados por la altitud y son estadísticamente iguales.

Cuadro 27. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable coliformes totales en los tres puntos de monitoreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	1117587.27	2	558743.63	1.93	0.1706
Error	6092447.01	21	290116.52		
Total	7209934.27	23			

En la figura 23 se puede observar que los valores del parámetro de coliformes termotolerantes en las muestras de agua de niebla colectado durante todo el estudio de investigación en los tres puntos de monitoreo incumplen con las normas de calidad del agua destinadas al consumo humano del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondientes a la Subcategoría A1 y el DIGESA (D.S. N°031-2010-SA).

En P-03 se tiene valores máximos de coliformes termotolerantes de 240 NMP/100 y mínimos de <1.8 NMP/100. En P-02 se tuvo valores máximos de coliformes termotolerantes de 170 NMP/100 y mínimos de <1.8. En P-01 se tuvo valores máximos de coliformes termotolerantes de 280 NMP/100 y mínimos de <1.8. Los valores <1.8 mg/L son valores por debajo del límite de detección del método de ensayo empleado por el laboratorio (laboratorio INVEMSAC).

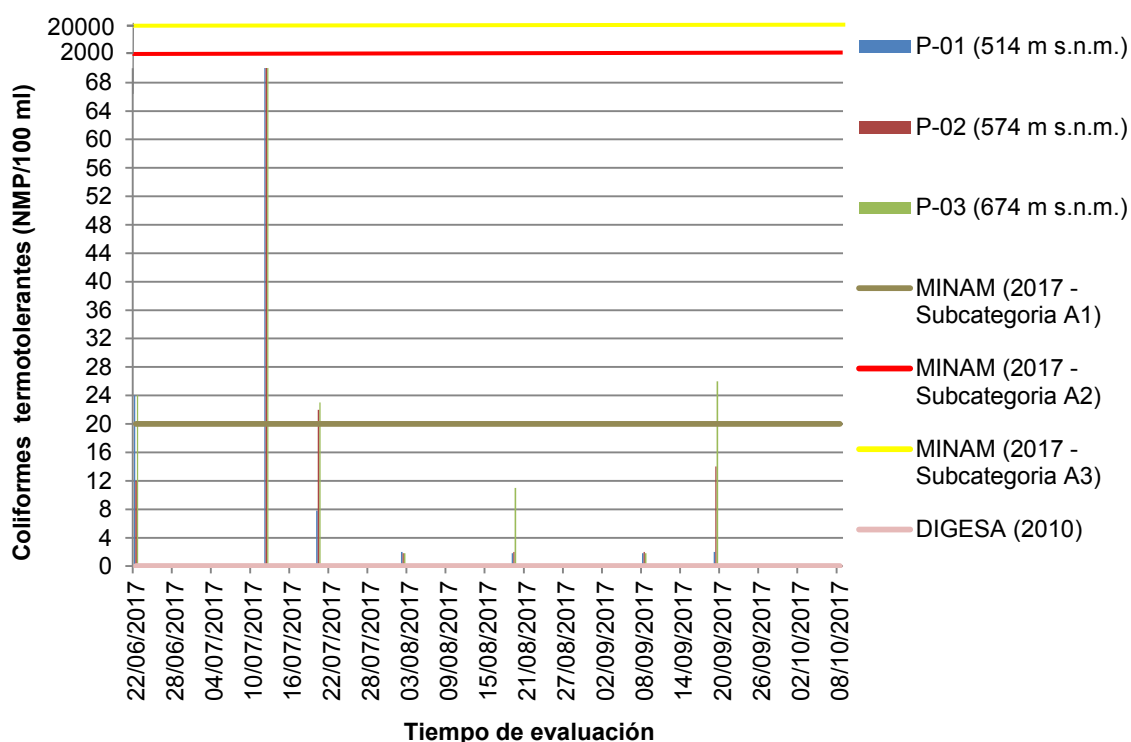


Figura 23. Valor de los coliformes termotolerantes en los tres puntos de monitoreo

En el cuadro 28 se tiene que los valores promedios de la variable coliformes termotolerantes en los tres puntos de monitoreo no son influenciados por la variable altitud y son estadísticamente iguales.

Cuadro 28. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable coliformes termotolerantes en los tres puntos de monitoreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	951.48	2	475.74	0.07	0.9371
Error	131234.39	18	7290.80		
Total	132185.87	20			

En la figura 24 se observa que los valores de *Escherichia coli* en las muestras de agua de niebla en los tres puntos de monitoreo incumplen con

las normas de calidad del agua destinadas al consumo humano del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondientes a la Subcategoría A1 y el DIGESA (D.S. N°031-2010-SA).

En P-03 se tiene valores máximos de *Escherichia coli* de 17 NMP/100 y mínimos de <1.8 NMP/100. En P-02 se tuvo valores máximos de *Escherichia coli* de 33 NMP/100 y mínimos de <1.8. En P-01 se tuvo valores máximos de *Escherichia coli* de 7.8 NMP/100 y mínimos de <1.8. Los valores <1.8 mg/L son valores por debajo del límite de detección del método de ensayo empleado por el laboratorio.

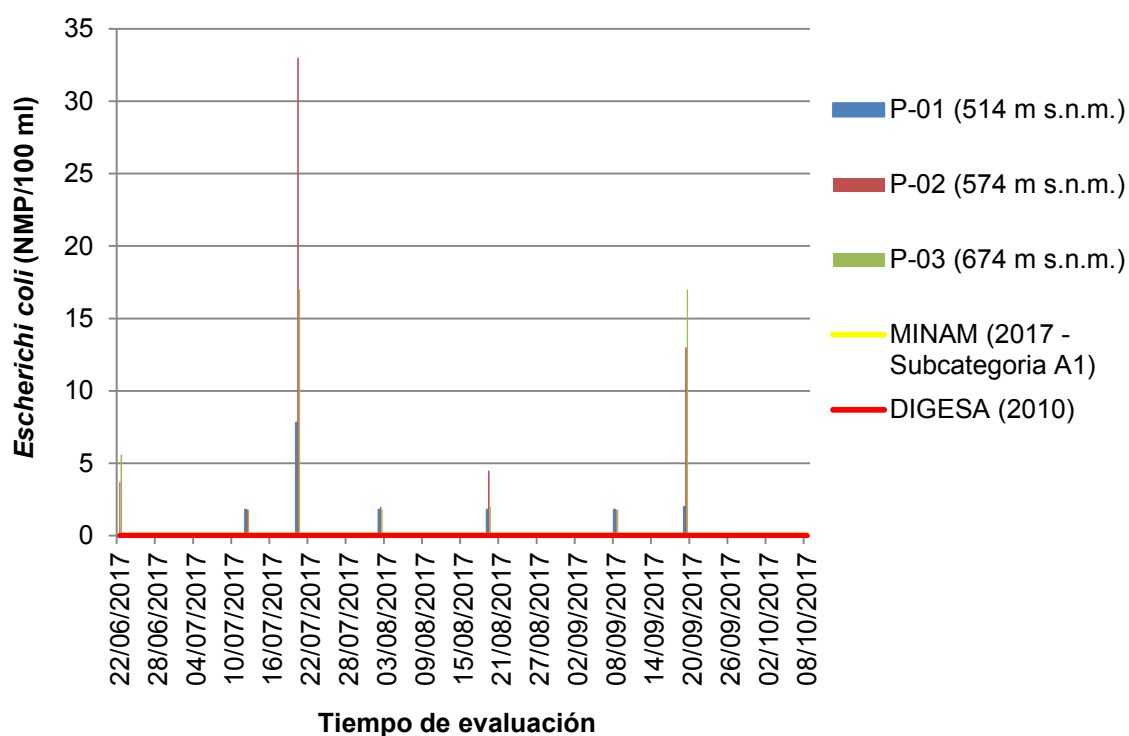


Figura 24. Valor de *Escherichia coli* en los tres puntos de monitoreo

En el cuadro 29 se tiene que los valores promedio de la variable *Escherichia coli* en los tres puntos de monitoreo no son influenciados por la variable altitud y son estadísticamente iguales.

Cuadro 29. ANVA (SC tipo III) del valor promedio total de la variable *Escherichia coli* en los tres puntos de monitoreo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Puntos de monitoreo	108.28	2	54.14	0.82	0.4590
Error	1128.70	17	66.39		
Total	1236.98	19			

En el cuadro 30 se tiene que los valores de coliformes totales en el polvo atrapados en la malla raschel en los tres puntos de monitoreo son iguales a 0 UFC/100 cm² (prueba de hisopado). Para esta misma variable evaluada en el agua de niebla colectado por los neblinómetros, la cual fue muestreada en la misma fecha (08 de octubre del 2017) se tiene valores iguales 280, 4.5 y 7.8 NMP/100 ml en P-03, P-02 y P-01 respectivamente, por lo que se infiere con cierta probabilidad la existencia de una relación entre los microorganismos existentes en el polvo de la malla raschell y el agua de niebla colectado.

Cuadro 30. Valores de coliformes totales en el polvo atrapado por los neblinómetros en los tres puntos de monitoreo

Punto de monitoreo	Fecha de muestreo	Parámetro microbiológico	Unidad	Resultado
P-03	08/10/2017	Coliformes totales	UFC/cm ²	0 UFC/100 cm ²
P-02	08/10/2017	Coliformes totales	UFC/cm ²	0 UFC/100 cm ²
P-01	08/10/2017	Coliformes totales	UFC/cm ²	0 UFC/100 cm ²

V. DISCUSIÓN

Según CERECEDA *et al.* (1993), el promedio de captación de agua de niebla es de 5.3 L/m²/día a 430 m s.n.m y 7.7 L/m²/día a 729 m s.n.m en las lomas de Ancón entre los meses de agosto a octubre de 1990; el máximo promedio de colecta fue de 6.2 L/m²/día en agosto y 8.6 L/m²/día en octubre a 430 y 729 m s.n.m. respectivamente; el punto de mayor altitud tuvo más días con registros de colecta de agua y a medida que pasaban los meses aumentaba su volumen de colecta a diferencia del neblinómetro más bajo que disminuía y los días máximos de captación no necesariamente pertenecieron al mes con un promedio mayor de colecta. MEDINA (2010), obtuvo un valor promedio de captación de agua de niebla de 0.44 L/m²/día entre junio y setiembre del 2009 en Quebrada Verde a una altitud de 474 m s.n.m. OSSÉS *et al.*, (1998) obtuvo en Mejía a una altitud de 800 m s.n.m. un promedio de captación de agua de niebla 16.3 L/m²/día entre agosto (1997) y julio (1998) y una colecta máxima de 32.7 16.3 L/m²/día en octubre de 1997. De igual manera en el estudio se tuvo que a mayor altitud se tiene más días con eventos de niebla y una mayor colecta promedio de agua de niebla. En P-01 ubicado a 514 m.s.n.m. se tuvo 0.841 L/m²/día, en P-02 ubicado a 574 m.s.n.m. se tuvo 1.770 L/m²/día y en P-03 ubicado a 674 m.s.n.m se tuvo 4.057 L/m²/día; el promedio mensual máximo de colecta fue de 1.695 L/m²/día en P-01 y 2.569 L/m²/día en P-02 en septiembre y 4.903 L/m²/día en P-03 en agosto; el día de

máxima colecta se presentó en setiembre en los tres puntos de monitoreo; y P-03 tuvo el mayor número de eventos de niebla con colecta de agua de niebla en setiembre y agosto (27 días); y el comportamiento de colecta de agua niebla fue similar en los tres puntos de monitoreo. Los valores de colecta obtenidos son similares y a la vez diferentes en cantidad y comportamiento temporal a los estudios realizados en el Perú, lo cual se debe a la variación de los eventos de niebla año tras año, el fenómeno del niño, características geográficas de cada lugar, entre otros.

CHAVEZ y FERNANDEZ (2016), mencionan que la concentración de metales totales en el agua de niebla en Ventanilla excedían en su mayoría las normas siendo el plomo con 0.0449 mg/L uno de los que supero la normativa nacional (D.S. N°015-2015-MINAM y D.S. N° 031-2010-SA). MELENDEZ *et al.* (2015), menciona en su estudio realizado en México que el agua de niebla no es apta para el consumo humano ya que contiene metales pesados como el mercurio que sobrepasaban la normativa nacional (NOM-127-SSA1-1994). MEDINA (2010), menciona en su estudio que la calidad fisicoquímica del agua de niebla no cumple con la normativa nacional (D.S. N° 002-2008-MINAM), sin embargo el pH fue el único parámetro que no sobrepaso la norma; sin embargo CERECEDA y SCHEMENANUER (1992), mencionan en su estudio que el agua de niebla cumplía con las normas de calidad de agua potable (NCH 409) a excepción del ph, lo cual probablemente fue causado por las emisiones de aerosoles y polvo. ESPINOZA *et al.* (2004), menciona que la calidad de agua de niebla para consumo humano es de muy buena calidad física ya que cumple la normativa de IEOS y la OMS. En el estudio se tuvo que

se sobrepasan los estándares nacionales e internacionales para la calidad de agua destinados al consumo humano para los parámetros fisicoquímicos. La conductividad en P-01, P-02 y P-03 sobrepasa los estándares de calidad del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondientes a la Subcategoría A1 y A2, el DIGESA (D.S. N°031-2010-SA), la UE (1998) y la OMS (1993). La turbidez en P-01, P-02 y P-03 sobrepasa los estándares de calidad del MINAM correspondientes a la Subcategoría A1 y A2 (excepto en P-02 y P-03), el DIGESA y la OMS. El plomo en los tres puntos de monitoreo sobrepasa los estándares de calidad del MINAM correspondiente a la subcategoría A1, A2 y A3, DIGESA, la UE (1998) y la OMS; por simple comparación se tiene que a mayor altitud se tuvo una mejor calidad fisicoquímica. El incumplimiento de la norma probablemente se debe la presencia de abundante polvo que existe en la Quebrada Manchay y que afecta mayormente a las áreas más bajas, a las emisiones de las industrias que se encuentran en el distrito de pachacamac y otros distritos, a las emisiones del parque automotor, a las partículas marinas, entre otros que de alguna manera afecta más a las partes más altas la zona de estudio.

Según MELENDEZ *et al.* (2015), el agua de niebla no es apta para el consumo humano ya que contiene coliformes totales y coliformes fecales en cantidades que sobrepasan la Norma Mexicana (NOM-127-SSA1-1994) y que esto se deba probablemente a la descomposición de insectos o plantas y excrementos provenientes de aves. CERECEDA y SCHEMENANUER (1992), mencionan que el agua de niebla cumplió con la calidad microbiológica de la norma de calidad de agua potable (NCH 409). ESPINOZA *et al.* (2004),

menciona que el agua de niebla para consumo humano tiene una buena calidad bacteriológica ya que cumple con las normas de la IEOS y la OMS. En el estudio se tuvo que se sobrepasan los estándares nacionales e internacionales para la calidad de agua destinados al consumo humano para los parámetros. Los coliformes totales en P-01, P-02 y P-03 sobrepasan los estándares de calidad del MINAM (D.S. N°004-2017-MINAM) correspondiente a la subcategoría A1, DIGESA (D.S. N°031-2010-SA) y la UE (1998). Los coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en P-01, P-02 y P-03 sobrepasan los estándares de calidad del MINAM correspondiente a la subcategoría A1 y el DIGESA; por simple comparación se tiene que a menor altitud se tuvo una mejor calidad microbiológica. Este incumplimiento de la norma probablemente se debe al polvo con plantas e insectos descompuestos y heces de animales domésticos que se encuentran en mayor cantidad en las parte más altas de la de la zona de estudio y otros distritos; y a la deficiente cobertura del servicio de saneamiento en la zona, entre otros. La relación de los resultados del análisis del polvo atrapado en los neblinómetros fue de 0 UFC/100 cm² en todos los puntos de monitoreo y de las muestras de agua colectadas fue de 280, 4.5 y 7.8 NMP/100 ml en P-03, P-02 y P-01 respectivamente, es necesario mencionar que este muestreo fue realizado en la misma fecha en ambos casos, por lo que dicha relación es subjetiva (no tiene repeticiones la prueba del hisopado) por lo que no se puede inferir en su totalidad que la contaminación microbiológica en el caso de los coliformes totales no provenga del polvo atrapado en las mallas raschel.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que las condiciones climáticas propias de la quebrada Manchay nos permiten captar agua de niebla mediante un sistema de captación artificial obteniendo mejores resultados a altitudes mayores, siendo junio, setiembre y agosto los meses con mejores registros de colecta. En P-03 se tuvo el mejor promedio diario total de colecta de agua de niebla que fue de 4.057 L/m²/día.
2. La calidad fisicoquímica de las muestras de agua de niebla captada artificialmente en la quebrada Manchay indican que no es apta para el consumo humano ya que .sobrepasan los estándares para la calidad de agua destinados al consumo humano. Por simple comparación se tuvo una mejor calidad en P-03 para pH, turbidez y conductividad; en P-02 para temperatura; y en P-01 para plomo y oxígeno disuelto.
3. La calidad microbiológica de las muestras de agua de niebla captada artificialmente en la quebrada Manchay indican que no es apta para el consumo humano ya que .sobrepasan los estándares para la calidad de agua destinados al consumo humano. Por simple comparación se tuvo una mejor calidad en P-01 para los coliformes totales y *Escherichia coli* y en P-02 para coliformes termotolerantes.

VII. RECOMENDACIONES

1. Hacer estudios de potencial de captación y calidad de agua de niebla a mayores altitudes para conocer la altitud con el mejor potencial de colecta y calidad de agua de niebla ya que en el estudio se observó que las zonas más altas tuvieron un mayor número de días de eventos de niebla y con una mayor duración.
2. El volumen promedio de colecta de agua de niebla en P-03 fue de 4.057 L/m²/día por lo que se puede recomendar que este punto es el mejor para diseñar futuros proyectos sociales que involucren el recurso agua ya que con el uso de tecnologías más eficientes el volumen de colecta diaria sería mucho mayor.
3. El punto P-03 tiene el mejor promedio diario de colecta de agua de niebla por lo que se podría usar el agua para reforestar la zona ya que según el Sistema Nacional de Estándares de Urbanismo del MVCS solo se requiere 2 L/día por m² para el riego de áreas verdes.
4. Hacer uso de estaciones meteorológicas en todo el periodo de medición del potencial de colecta de agua de niebla para determinar los factores meteorológicos asociados a los valores máximos de captación.
5. La calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del agua de niebla es apta para su uso directo en el riego de vegetales y bebida de animales ya

que los valores de los parámetros evaluados no superan la normativa nacional vigente del MINAM.

6. Instalar un sistema de atrapanieblas en P-03 en situaciones de emergencia ya que el MVCS, menciona que las dotaciones de agua en casos especiales, emergencia o desastres para poblaciones rurales con tecnologías no convencionales de abastecimiento se asume una dotación máxima de 30 L/hab/día para el caso de captación de lluvia. Y previo tratamiento podría ser destinada para el consumo y preparación de alimentos.
7. Hacer estudios de calidad de aire, suelo y el polvo atrapado en la malla raschel en paralelo al estudio de calidad de agua de niebla para poder conocer el aporte de estos medios en la calidad del agua de niebla.
8. Hacer uso de tecnologías de tratamientos de agua (precipitación, neutralización, filtración, entre otros) según el uso que se quiera hacer del agua de niebla.

VIII. ABSTRACT

The present study was done at the ecological apartment association, "Las Maravillas," and "06 de Marzo" on the Manchay watershed in order to determine the collectable volume, the physicochemical and microbiological quality of the water from the fog in the zone. Three monitoring points were established: P-01 at 514 masl, P-02 at 574 masl and P-03 at 674 masl. The collection volume was determined by registering the volume of the fog water collected daily from June 11 until October 11, 2017. For the physicochemical analysis, (pH, temperature, conductivity, turbidity, dissolved oxygen and lead) weekly samples were taken, for the lead analysis only, a sample was taken every four weeks; and for the microbiological analysis (total coliforms, thermotolerant coliforms and *Escherichia coli*) two samples were taken every four weeks. At the same time, a swab test of settled dust from the Raschel netting (30% shade) was done to subjectively evaluate it as a possible source of microbiological contamination of the fog water. The months of June, August and September had greater events of fog; and the P-03 point had the greatest average daily collection with 4.057 L/m²/day. The physicochemical and microbiological quality of the three monitoring points surpass the national and international standards for the quality of water destined for human consumption, thus the water is not apt to be used as water for human consumption, thus its direct use could compromise people's health.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARILDO, E. 2011. Problemática del uso del agua en el desarrollo social, cultural y productivo, época actual, medio ambiente y calidad de agua. En: Congreso nacional del agua (3., 2011, UNMSM, Perú). 2011. Informe. Lima, Perú. p. 26. [En línea]: UNMSM, (<https://docplayer.es/10091069-lii-congreso-nacional-del-agua-unmsm-lima-peru-marzo-2011.html>), documento, 24 May. 2017).
- ANA. 2009. Política y estrategia nacional de recursos hídricos del Perú. Lima, Perú. 85 pág. [En línea]: ANA, (http://www.ana.gob.pe/media/290336/politicas_estrategias_rh.pdf), publicaciones, 18 de Oct. 2016).
- ANA. 2016. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos Superficiales, R.J. N°010-2016 -ANA. Lima, Perú. 92 pág. [En línea]: ANA, (<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/209>), publicaciones, 24 de Oct. 2016).
- ANA. 2017. Informe Perú: Proceso sub regional Sudamérica. Lima, Perú. 73 pág. [En línea]: ANA, (http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/informe_peru_octavoforo_mundial_del_agua_brasil_2018.pdf), informe, 27 Nov. 2017).
- ANCHAYHUA, A. 2001. Análisis climático y sinóptico de las nieblas en el

aeropuerto internacional Jorge Chavez, Lima, Perú. Tesis ing. Meteorólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 76 p.

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association, WEF (Water Environment federation). 2017. Estándar methods for the examination of wáter and wastewater. Ed. por E.W. Rice, R.B. Baird, A.D. Eaton. 23 ed. Washington D.C., Estados Unidos, APHA-AWWA-WEF.1368p. [En línea]: APHA, (https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3_000.pdf, manual, 11 de Jun. 2017).

AQUATEAM INGENIEROS SAC. 2009. Estudio de impacto ambiental del proyecto “Ampliación de redes secundarias de agua potable y alcantarillado para la Quebrada Manchay – Distrito de Pachacamac. Lima, Perú. 54 pág. [En línea]: SEDAPAL, (<https://es.scribd.Com/document/315393971/Estudio-de-Impacto-Ambiental-1-pdf>, documento, 05 Oct. 2017).

ARANGUIZ G., MORALES, F., NIETO, J.M., SILVA, G. 2009. Diseño generativo y su aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de Chile. En: Seminario de diseño computacional (2., 2009, Santiago, Chile). 2009. Santiago, Chile, Universidad de Chile. 125 pág. [En línea]: Universidad de Chile, (https://www.u-cursos.cl/fau/2010/1/DIT503/1/material_docente/bajar?id_material=453794, documento, 11 Jun. 2017).

AVILA, A. 1999. Las lluvias de barro y el transporte y deposición de material sahariano sobre el nordeste de la península ibérica. Rev. Orsis, Barcelona. 14:105 – 127.

- BARRADAS, V.L. 1983. Capacidad de captación de agua a partir de la niebla en *Pinus montezumae Lambert*, de la región de las grandes montañas del estado de Veracruz. Rev. Biotica, México. 8(4): 427-431.
- BRIEN, P. 2003. El último viaje. Volando a ciegas. Los errores que originaron el fatal accidente del Fokker F-28. Rev. Caretas, Lima. 1755: 33 – 37. [En línea]: Caretas, (<http://www2.caretas.pe/2003/1755/articulos/fokker.html>), artículo, 30 Nov. 2017).
- CAJUSOL, C. 2006. Evaluación de medidas de adaptación espontánea y dirigida a la variabilidad climática en la subcuenca del río Yapatara. Piura, Perú. Soluciones Prácticas ITDG-Comisión Europea. 103 p.
- CERECEDA, P., LARRAIN, H., OSSES, P., SCHEMENAUER, R.S., FARIAS, M. 2008. La variabilidad espacial y temporal de la niebla y su relación con el oasis en el desierto de Atacama, Chile. Rev. Investigaciones atmosféricas, Chile. 87(2008):312 – 323.
- CERECEDA, P., HERNANDEZ, P., LEIVA J., RIVERA, J. 2014. Agua de niebla, nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas. Coquimbo, Chile, Discusión S.A. 132 p.
- CERECEDA, P., SCHEMENAUER, R.S., VELASQUÉZ, F. 1997. Variación temporal de la niebla en el Tofo-Chungungo, Región de Coquimbo, Chile. Rev. Geografía norte grande. Santiago. 24 (1): 103-111.
- CERECEDA, P., SCHEMENAUER, R.S., SUIT, M. 1993. Producción de agua de nieblas costeras en Perú. Rev. Alisios, Tenerife.3 (1): 63-74.

- CERECEDA, P., SCHEMENAUER, R.S., VALENCIA, R. 1992. Posibilidades de abastecimiento de agua de niebla en la región de Antofagasta, Chile. Rev. Geografía norte grande, Santiago. 19(1): 3-14.
- CHAVEZ, D., FERNANDEZ, J.M. 2015. Contenido de hidrocarburos totales de petróleo y metales totales en el agua de niebla en Ventanilla. Rev. Quepo 30, Lima. 30 (1): 79-89 p.
- CONTRERAS, V. 2012. Diseño, construcción y evaluación de un prototipo mejorado de atrapanieblas en el distrito de Ventanilla- Callao. Lima, Perú. Tesis Mg. en Matemática. Universidad Nacional del Callao. 51 p.
- CORPORACIÓN PERUANA DE INGENIERÍA S.A. 2015. Proyecto de agua potable y alcantarillado en la Quebrada de Manchay, distrito de Pachacámac, 2007-2013; Evaluación de resultados del componente social. Lima, Perú. 156 pág. [En línea]: MINSA, ([http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3685 .pdf](http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3685.pdf), documento, 21 Oct. 2017).
- CUADRAT, J., PITA, F. 1997. Climatología. 2 ed. Madrid, España, Ed. Cátedra. 148 p.
- DIGESA. 2007. Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales, R.D. N° 2254/2007/DIGESA/SA. Lima-Perú. 21 pág. [En línea]: DIGESA, ([http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOSHIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOSHIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf), descargas, 18 de Oct. 2016).

- DIGESA. 2010. Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Aprueban el Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano. Lima-Perú. 46 pág. [En línea]: MINSA, (http://www.digesa.minsa.gob.pe/Normas_Legales/Normas/26.09.2010-%20D.S.%20N%20031-2010-SA.pdf, documentos, 18 Nov. 2017).
- EPA. 1971. Methods for chemical analysis of wáter and wastes. Ohio, Estados Unidos, USEPA. 298 p. [En línea]: USEPA, (http://www.umass.edu/mwwp/pdf/epa_360_1_DO_probe.pdf, manual, 04 May. 2017).
- ESPEJO, R.1998. Coast fog water potential and its applications. En: Conference on fog and fog collection (1998, Vancouver, Canadá). 1998. article. Vancouver, Canadá. p. 341 – 343.
- ESPINOZA, D., VARGAS, B., VALDIVIESO, F. 2004. Estudio y diseño de captación de agua de neblina a través de paneles neblineros para dotación de agua potable a pequeñas comunidades. Loja, Ecuador. 7 pág. [En línea]: UTPL, (<http://www.dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/pdf>, documento, 28 Nov. 2017).
- GALARRETA, J. y ESTRADA A. 2012. Gestión del agua y los conflictos en su interrelación con el cambio climático en la región Cusco, Perú. PACC, Cusco (Perú). Serie n° 7. 126 p.
- HERNANDEZ, E.A. 2010. Importancia del agua para los seres vivos. Rev. Elementalwatson “la” revista. Buenos Aires. 1(1):9 – 16.
- HERNANDEZ, G. 1998. Garoé. Iconografía del Árbol del Agua. Canarias,

España, Gobierno de Canarias. 116 p.

HERNANDEZ, I., VITA, A. 2004. Reforestación para la expansión de los bosquetes de Olivillo. En: Historia Natural del Parque Nacional Bosque Fray Jorge. Ed. por F. SQUEO, J. GUTIÉRREZ, I. HERNÁNDEZ. La Serena, Chile, Universidad de la Serena. p. 307 – 320.

IDEAM, 2004. Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo. Bogotá, Colombia. 122 pág. [En línea]: IDEAM, (<http://studylib.es/doc/5215557/estudio-de-la-caracterizaci%C3%B3n-clim%C3%A1tica-de-bogot%C3%A1.pdf>, documentos e investigaciones, 15 Oct. 2017).

INEI. 2017. Provincia de Lima, compendio estadístico 2017. Lima, Perú. 538 pág. [En línea]: INEI, (https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1477/libro.pdf, compendio, 23 de Oct. 2017).

INEI. 2018. Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares. Acceso a los servicios básicos. Lima, Perú. 602 pág. [En línea]: INEI, (https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/parte01.pdf, censos, 20 de Mar. 2018).

IZUNZA, J. 2010. Meteorología descriptiva y aplicaciones en Chile. Universidad de Concepción, Chile. 31 pág. [En línea]: Universidad de Concepción, (http://old.dgeo.udec.cl/~j_uaninzunza/docencia/metodologia_descriptiva/cap6.pdf, documento, 23 Jun. 2017).

LEDESMA, B. 2002. Meteorología aplicada a la aviación. 13 ed. Madrid,

España, Paraninfo Thomson. 602 p.

MARTOS, D. 2009. Estudio sobre la captación pasiva de agua de niebla y su aplicabilidad. Tesis Master en ing. del agua. Sevilla, España. Universidad de Sevilla. 95 p. [En línea]: Universidad de Sevilla, ([https://es.scribd.com/document / 136720068 /Memoria-Agua-de-Niebla.pdf](https://es.scribd.com/document/136720068/Memoria-Agua-de-Niebla.pdf), tesis, 24 Abr. 2017).

MARZOL, V. 2005. La captación del agua de la niebla en la isla de Tenerife. Canarias, España, Caja General de Ahorros de Canarias. 220 p.

MDP. 2004. Actualización del Plan de desarrollo concertado del distrito de Pachacamac al 2018. Lima, Perú. 186 pág. [En línea]: MDP, (<http://www.munipachacamac.gob.pe/portaltransparencia/planeamiento/PDMC2018.pdf>, documento, 15 Jul. 2016).

MDP. 2011. Plan de Desarrollo Zonal Concertado de la Zona 5 Quebrada Manchay. Lima, Perú. 4 Pág. [En línea]: MDP, ([http://www.Munipachacamac.gob.pe /pe/ portaltransparencia /PP2011 /07 %20taller%20de%Capac%C3 %B3n% 20PP2011/01\)% 20 Informaci%C3%B3n%20para% 20los%20 Asistentes/Planes %20 Zonales /Resumen%20PDZ%20Zona %2 05. pdf](http://www.Munipachacamac.gob.pe /pe/ portaltransparencia /PP2011 /07 %20taller%20de%Capac%C3 %B3n% 20PP2011/01)% 20 Informaci%C3%B3n%20para% 20los%20 Asistentes/Planes %20 Zonales /Resumen%20PDZ%20Zona %2 05. pdf), documento, 07 Jul. 2016).

MEDINA, J.A. 2010. Evaluación del potencial de captación y aprovechamiento de agua de niebla en Quebrada Verde, Pachacamac – Lima. Tesis Ing. Ambiental. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 95 p.

MELLENDEZ, R.J., PEREZ, J.C., BARRADAS, V.L. 2015. Calidad del agua de la

niebla captada artificialmente en la microcuenca del río Pixquiac, Veracruz, México. Rev. Especializada en ciencias químicas-biológicas, México. 18 (2): 122-130.

MENDOZA, B.C. y CASTAÑEDA F.R. 2014. Criterios metodológicos para la definición de sistemas de captación de aguas con base de lluvia horizontal. Tesis Mg. Recurso Hídricos. Bogotá, Colombia. Universidad Católica de Colombia. 63 p.

MINAM, 2011. Plan nacional de acción ambiental 2011-2021. 2 ed. Lima, Perú. 80 pág. [En línea]: SINIA, (http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf, planes ambientales estratégicos, 29 de Nov. 2017).

MINAM. 2017. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Lima, Perú. 10 pág. [En línea]: SINIA, (<http://www.ana.gob.pe/publicaciones/listado/ediciones-ana.pdf>, estándares de calidad ambiental, 20 Nov. 2017).

MML. 2012. Plan regional de desarrollo concertado de Lima (2012 – 2025). Lima, Perú. 441 pág. [En línea]: SINIA, (<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-regional-desarrollo-concertado-lima-2012-2025>, planes ambientales estratégicos, 21 Nov. 2107).

MVCS. 2011. Sistema nacional de estándares de urbanismo. Normalización de infraestructura urbana y propuesta de estándares. Lima, Perú. 106 pág.

[En línea]: MVCS, (<http://www.viviendaagp.gob.pe/wpvivienda/sistema-nacional-de-estandares-de-urbanismo-propuesta/>), documento, 02 Dic. 2017).

MVCS. 2016. Aprueban guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural, R.M. N°173-2016-VIVIENDA. Lima, Perú. 175 pág. [En línea]: MVCS, (http://perseo.vivienda.gob.pe/Documentos_resoluciones/Emitidos/RM-173-2016-VIVIENDA.pdf), documento, 02 Dic. 2017).

OMS. 1993. Directrices para la calidad del agua potable. [En línea]: Lenntech, (<https://www.lenntech.Es/estandares-calidad-agua-oms.htm>), guía ,01 Dic. 2017).

OSSES, P., CERECEDA, P., SCHEMENAUER, R.S., LARRAIN, H., LAZARO, P. 1998. Diferencias y similitudes de la niebla entre Iquique (Chile) y Mejía (Perú). Rev. Geografía norte grande, Santiago. 25(1): 7-13.

PINCHE, C. 1986. Estudio de las condiciones climáticas y de la niebla en la costa norte de Lima. Tesis Ing. Meteorólogo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 154 p.

SANTANA, L. 2000. La precipitación de niebla en Tenerife. Tenerife, España. 40 pág. [En línea]: AgroCabildo, (http://www.Agrocabildo.org/publica/analisisclimatico/precipitacion_enniebla.pdf), análisis climático, 22 Oct. 2017).

SORIANO, M.A. 2015. Niebla como fuente alternativa para suministro de agua.

Tesis Mg. en Recurso Hidráulicos y Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. 98 p.

SOTO, G. 2002. Manual de captación y aprovechamiento de agua de lluvia.
FAO, Santiago (Chile). Serie n° 13. 272 p.

UE. 1998. Directiva 98/83/EC sobre la calidad del agua destinada a consumo humano. [En línea]: Lenntech, (<http://www.lenntech.es/aplicaciones/potable/normas/estandares-europeos-calidad-agua-potable.htm.pdf>, guía, 01 Dic. 2017).

VASQUEZ, T., ALFARO, R., SIBAJA, J.P., ESQUIVEL, G., VALDES, J. 2012. Composición química del agua de lluvia y de niebla recolectada en la reserva biológica Monteverde. Rev. Uniciencia, Costa Rica. 26(1):51-63.

VERÁSTEGUI, N. 2010. Pobreza y medio ambiente: participación social en el proceso de transferencia de nuevas tecnologías en la comunidad de Collanac, Lima. Rev. Investigaciones Sociales, Lima. 14(24): 295-313.

VISTIN, D.A. 2014. Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de agua por medio de dos tipos de neblinómetros en las tres cuencas de la Parroquia Achupallas, Cantón Alausi, provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Forestal. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 71 p.

X. ANEXOS

Anexo 01: Dirección del viento y cuadros de datos

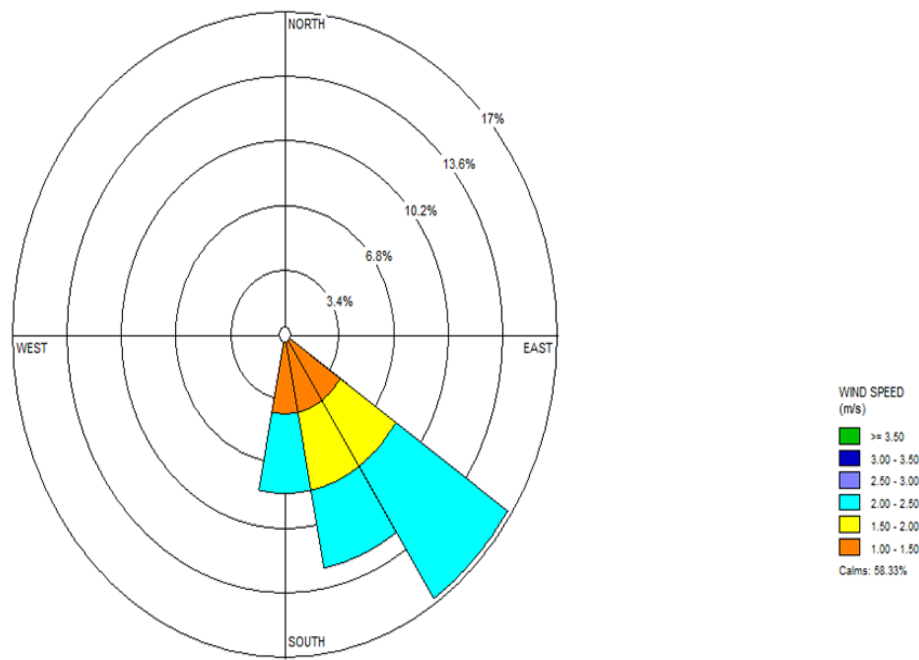


Figura 25. Rosa de los vientos en P-01

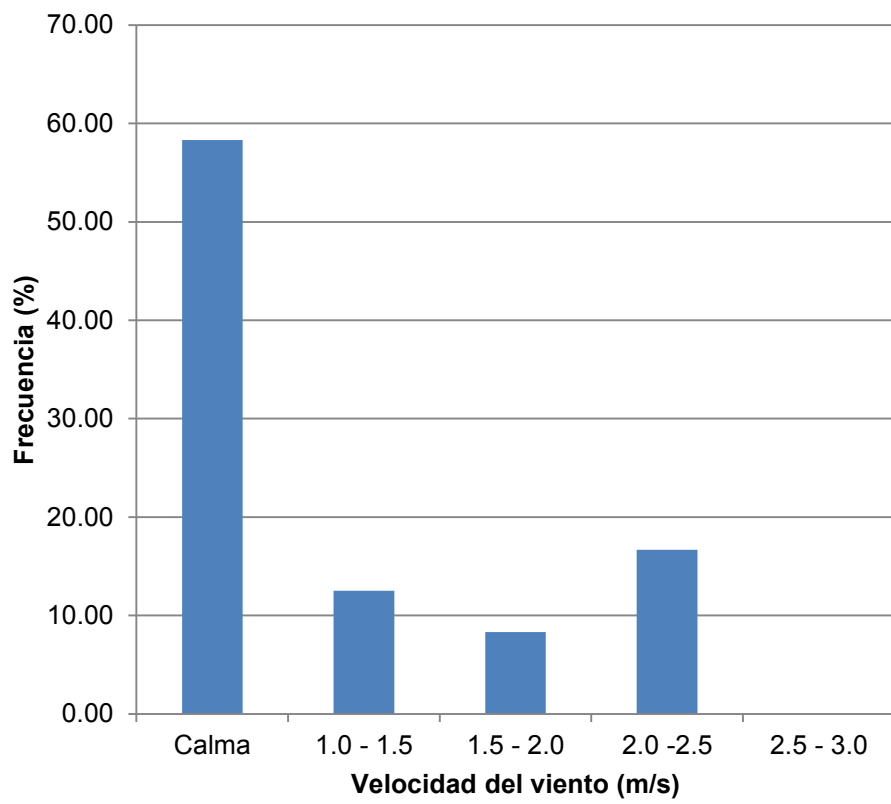


Figura 26. Distribución de frecuencia de clase de viento (m/s) en P-01

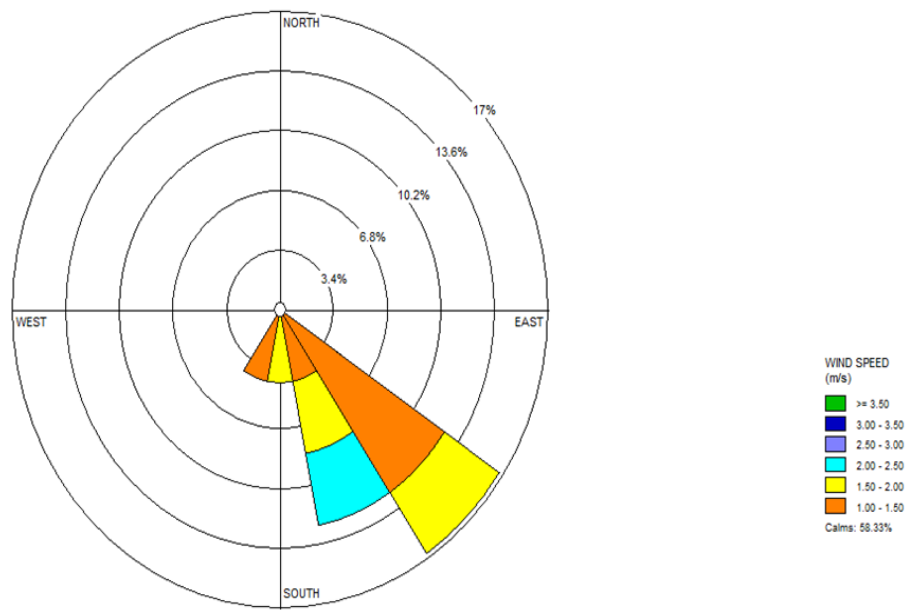


Figura 27. Rosa de los vientos en P-02

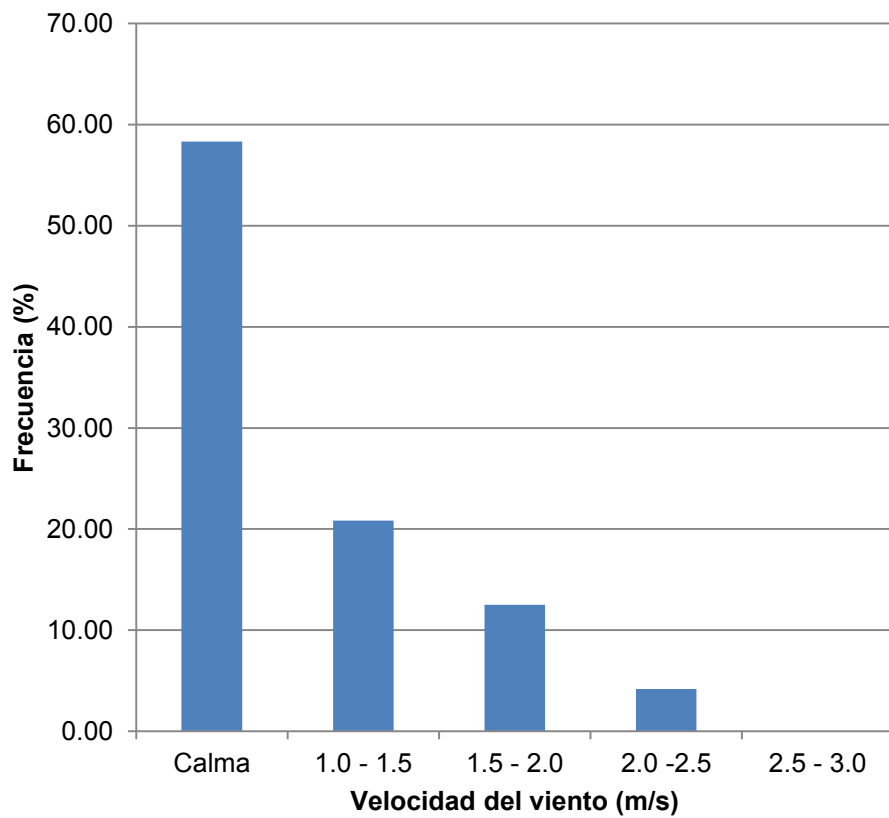


Figura 28. Distribución de frecuencia de clase de viento (m/s) en P-02

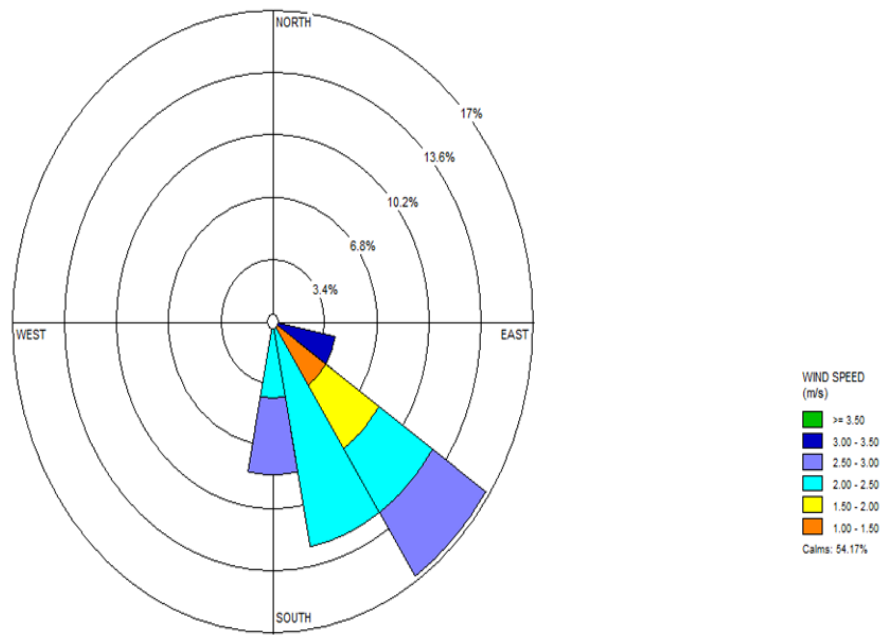


Figura 29. Rosa de los vientos en P-03

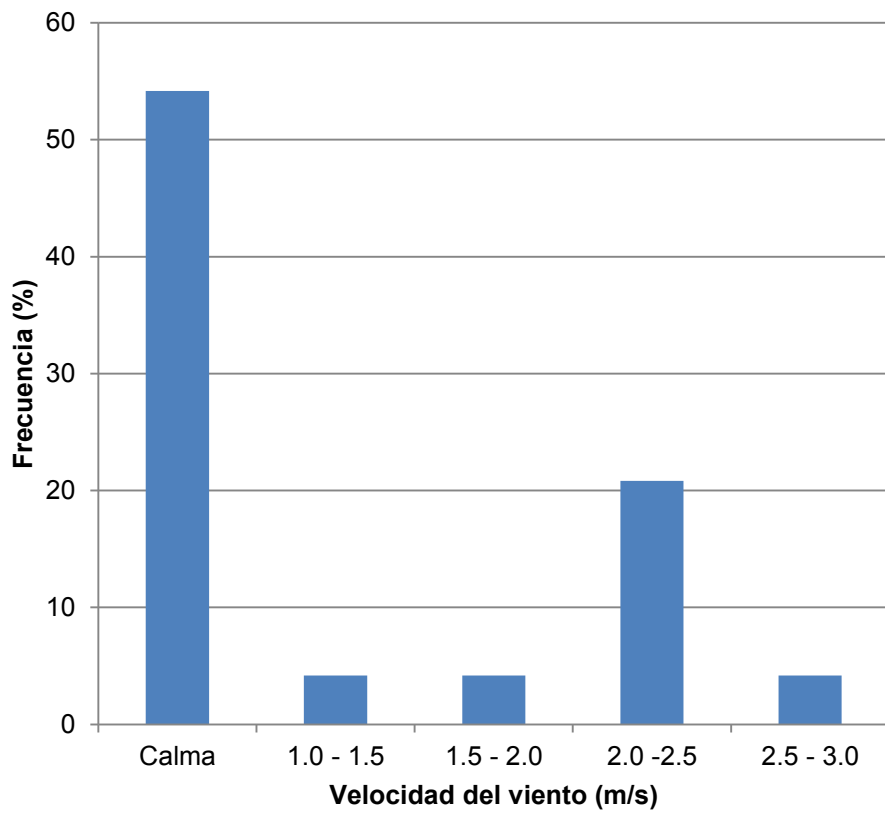


Figura 30. Distribución de frecuencia de clase de viento (m/s) en P-03

Cuadro 31. Volumen de colecta de agua de niebla colectado en el mes de junio

Fecha	Hora	Volumen de agua capturado por el neblinómetro (ml)			Volumen de agua capturado por el pluviómetro (ml)		
		P-01	P-02	P-03	P-01	P-02	P-03
10/06/2017	02:35 p.m.	2703	4556	11826	4.8	4.8	2.3
11/06/2017	05:05 a.m.	2800	4354	9796	7.8	7.6	SD
12/06/2017	05:05 a.m.	398	797	2453	4.8	6.3	SD
13/06/2017	05:05 a.m.	153	0	0	2	0	0
14/06/2017	05:05 a.m.	502	2502	6796	1.2	0.3	0.3
15/06/2017	05:05 a.m.	2298	4500	8404	1.8	2.8	8.2
16/06/2017	09:03 a.m.	3400	4300	12700	4.1	7.7	4.2
17/06/2017	05:20 a.m.	1000	2402	6502	11.2	10.2	12.7
18/06/2017	07:10 a.m.	495	0	0	3.2	0	0
19/06/2017	05:10 a.m.	246	500	0	2.5	0	0
20/06/2017	05:00 a.m.	0	0	0	0	0	0
21/06/2017	05:10 a.m.	0	0	0	0	0	0
22/06/2017	11:22 a.m.	745	2996	13904	2	SD	7.5
23/06/2017	07:00 a.m.	0	0	2695	0	0	0
24/06/2017	08:00 a.m.	0	0	0	0	0	0
25/06/2017	09:00 a.m.	0	0	0	0	0	0
26/06/2017	05:50 a.m.	1004	3248	6745	2.8	0	0
27/06/2017	08:00 p.m.	1500	496	2498	6	5	0
28/06/2017	10:42 a.m.	2796	5304	8946	6.2	10.2	12.2
29/06/2017	08:00 a.m.	0	228	1724	0.8	0.8	0.8
30/06/2017	04:00 p.m.	748	1605	6748	2	3	3

Cuadro 32. Volumen de colecta de agua de niebla colectado en el mes de julio

Fecha	Hora	Volumen de agua capturado por el neblinómetro (ml)			Volumen de agua capturado por el pluviómetro (ml)		
		P-01	P-02	P-03	P-01	P-02	P-03
01/07/2017	05:00 a.m.	626	2001	6504	1.8	3.8	4.8
02/07/2017	04:00 p.m.	505	1401	5201	3.2	6.2	4.2
03/07/2017	06:00 a.m.	302	1245	4505	4.2	5.2	5.2
04/07/2017	06:00 a.m.	91	245	2498	0.8	2.8	0
05/07/2017	05:00 a.m.	201	0	3797	2.2	4.2	0
06/07/2017	09:30 a.m.	68	245	4098	1.8	1.8	6.8
07/07/2017	11:02 a.m.	150	795	4276	0.8	2.8	2.8
08/07/2017	12:00 p.m.	0	0	0	0	0	0
09/07/2017	11:40 a.m.	305	746	2048	3.2	2.2	0
10/07/2017	06:05 a.m.	0	597	2052	0	2	4
11/07/2017	05:55 a.m.	0	282	2755	0	4.2	4.2
12/07/2017	10:03 a.m.	749	2997	8223	4.2	3.2	3.2
13/07/2017	06:20 a.m.	0	0	1910	0	3	4
14/07/2017	06:08 a.m.	0	0	506	0	0	0
15/07/2017	08:00 a.m.	0	128	1201	0	4.8	3.8
16/07/2017	12:29 p.m.	97	15	347	5.2	2.2	2.2
17/07/2017	06:30 a.m.	0	683	752	0.2	1.2	2.2
18/07/2017	06:00 a.m.	25	277	2796	1	1	1
19/07/2017	08:00 p.m.	87.5	317	919	1.2	1.2	1.2
20/07/2017	09:58 a.m.	751	1745	3900	2.3	4.8	3.8
21/07/2017	07:09 a.m.	0	0	0	0	0	0
22/07/2017	06:30 a.m.	345	1501	5240	1.2	3.2	3.2
23/07/2017	06:00 a.m.	223	2779	8100	1.5	3	3
24/07/2017	01:40 p.m.	598	2600	9070	0	8.2	9.2
25/07/2017	08:00 p.m.	0	SD	SD	0	SD	SD
26/07/2017	08:00 p.m.	0	0	0	0	0	0
27/07/2017	08:00 p.m.	0	0	0	0	0	0
28/07/2017	08:00 p.m.	0	SD	SD	0	SD	SD
29/07/2017	07:00 p.m.	0	0	0	0	0	0
30/07/2017	07:00 p.m.	56	221	855	0	2	2
31/07/2017	05:00 a.m.	246	975	2350	1.2	1.2	1.2

Cuadro 33. Volumen de colecta de agua de niebla colectado en el mes de agosto

Fecha	Hora	Volumen de agua capturado por el neblinómetro (ml)			Volumen de agua capturado por el pluviómetro (ml)		
		P-01	P-02	P-03	P-01	P-02	P-03
01/08/2017	10:49 a.m.	2600	6900	14390	4	7	4.5
02/08/2017	10:17 a.m.	1739	4581	12466	1.8	2.8	0
03/08/2017	06:00 a.m.	125	1500	4750	0.8	1.8	1.8
04/08/2017	06:00 a.m.	680	6295	8548	3	10	11
05/08/2017	06:00 a.m.	2047	0	0	4	0	0
06/08/2017	11:22 a.m.	1100	1765	4152	4.5	3.4	1
07/08/2017	09:00 a.m.	2255	10102	13397	2.8	5.8	10.8
08/08/2017	05:00 a.m.	433	1101	6800	2.2	4.2	3.2
09/08/2017	06:00 a.m.	66	0	0	0.3	0	0
10/08/2017	05:00 a.m.	24.5	5804	13597	0.7	15.2	3.5
11/08/2017	06:00 a.m.	2854	1004	3502	2.8	1.8	4.8
12/08/2017	09:00 a.m.	0	2255	7596	0	5	2
13/08/2017	12:05 p.m.	1398	20.5	306	4.6	0.2	0.2
14/08/2017	09:00 p.m.	0	0	804	0	0	0.4
15/08/2017	06:01 a.m.	0	754	4500	0	0	2.2
16/08/2017	06:00 a.m.	19	3700	3703	1.2	2.2	2.2
17/08/2017	05:00 a.m.	14	3501	3500	0.2	0.2	2.2
18/08/2017	06:06 a.m.	0	2247	7604	2	2	5
19/08/2017	02:46 p.m.	1750	3251	6445	1.8	2.2	2.8
20/08/2017	06:00 a.m.	123	3505	3249	1.2	2.2	2.2
21/08/2017	06:00 a.m.	354	2000	6598	1.3	4.8	3.8
22/08/2017	11:43 a.m.	1400	2321	160	0.6	1.6	0
23/08/2017	06:00 a.m.	2553	7597	1997	1.1	5	0
24/08/2017	05:00 a.m.	2245	1250	7597	3.4	2.2	5.2
25/08/2017	06:00 a.m.	1750	3600	1996	3.7	6.2	2.2
26/08/2017	06:00 a.m.	332	0	6805	1.55	0	4.8
27/08/2017	08:00 a.m.	42	0	0	1.4	0	0
28/08/2017	05:00 a.m.	25	0	0	1.1	0	0
29/08/2017	09:20 a.m.	801	2004	4446	0.7	0.6	1.2
30/08/2017	05:00 a.m.	15	14	620	1.2	0	0.4
31/08/2017	06:00 a.m.	0	176	2450	0	0.3	0.4

Cuadro 34. Volumen de colecta de agua de niebla colectado en el mes de setiembre

Fecha	Hora	Volumen de agua capturado por el neblinómetro (ml)			Volumen de agua capturado por el pluviómetro (ml)		
		P-01	P-02	P-03	P-01	P-02	P-03
01/09/2017	06:00 a.m.	50.5	1547	3973	1	2	2.6
02/09/2017	06:00 a.m.	559	2278	4526	2.7	2	2.4
03/09/2017	07:00 a.m.	160	400	1600	0.1	0	0
04/09/2017	06:00 a.m.	38	2517	7063	0	0.2	2.4
05/09/2017	06:00 a.m.	15	1.8	755	0	0	0.2
06/09/2017	01:00 p.m.	SD	0	323	SD	0	0
07/09/2017	05:59 a.m.	SD	1247	3502	SD	0.2	0.2
08/09/2017	10:10 a.m.	754	845	3381	0.2	0.2	0.8
09/09/2017	08:00 a.m.	3099	1495	2505	0.5	1	1.2
10/09/2017	10:20 a.m.	3798	11397	11400	12.2	15.2	13.2
11/09/2017	10:30 a.m.	305	1354	4203	0.5	0	1
12/09/2017	11:40 a.m.	2250	3953	8698	4.1	4.2	4.8
13/09/2017	06:00 a.m.	4204	6388	12450	2.5	2.4	3
14/09/2017	06:00 a.m.	1752	3097	7700	3.5	1.8	1.8
15/09/2017	05:00 a.m.	3347	6095	11103	3.7	9.8	7.3
16/09/2017	07:00 a.m.	1251	996	1314	2.1	2	2
17/09/2017	12:32 p.m.	0	0	0	0	0	0
18/09/2017	05:00 a.m.	0	0	0	0	0	0
19/09/2017	05:00 a.m.	7350	9601	15200	6.5	2.6	2.6
20/09/2017	05:00 a.m.	8250	8846	12072	6.3	14.4	9.6
21/09/2017	06:00 a.m.	2651	3799	7945	7.3	11	13
22/09/2017	05:00 a.m.	2550	4152	11096	2.3	4.8	6.8
23/09/2017	06:00 a.m.	1446	3297	5632	2.2	2.4	2.4
24/09/2017	07:00 a.m.	1555	995	10.5	2.1	1.2	0
25/09/2017	06:00 a.m.	854	152	0	1.2	0	0
26/09/2017	06:00 a.m.	551	0	116	0	0	0
27/09/2017	10:15 a.m.	135	300	697	0	0	0
28/09/2017	06:00 a.m.	400	1372	1400	0.8	0.4	0.2
29/09/2017	06:00 a.m.	140	451	1495	2.5	0	0
30/09/2017	06:10 a.m.	0	502	2747	0	0	0

Cuadro 35. Volumen de colecta de agua de niebla colectado en el mes de octubre

Fecha	Hora	Volumen de agua capturado por el neblinómetro (ml)			Volumen de agua capturado por el pluviómetro (ml)		
		P-01	P-02	P-03	P-01	P-02	P-03
01/10/2017	05:45 a.m.	78	0	0	2.2	0	0
02/10/2017	06:03 a.m.	10	110	1796	0	0	0.8
03/10/2017	06:00 a.m.	0	0	40	0	0	0
04/10/2017	07:34 a.m.	0	0	0	0	0	0
05/10/2017	06:00 a.m.	75	409	983	0	0	0.3
06/10/2017	06:00 a.m.	30	5	62	0.8	0	0
07/10/2017	06:00 a.m.	15	0	0	0	0	0
08/10/2017	12:45 p.m.	1217	3.215	6250	0.2	SD	1.6
09/10/2017	07:05 a.m.	0	0	0	0	0	0
10/10/2017	01:53 p.m.	0	0	646	0	0	0
11/10/2017	05:50 p.m.	698	1559	4700	2.8	3.8	3.8

Cuadro 36. Valores de coliformes totales en los tres puntos de monitoreo

Puntos de monitoreo	Parámetro Microbiológico	Unidad	Fecha de Muestreo							
			22/06/2017	12/07/2017	20/07/2017	02/08/2017	19/08/2017	08/09/2017	19/09/2017	08/10/2017
P-03	Coliformes totales	NMP/100 ml	24	1600	1600	540	920	20	26	280
P-02	Coliformes totales	NMP/100 ml	12	41	1600	79	7.8	14	13	4.5
P-01	Coliformes totales	NMP/100 ml	24	920	48	17	13	4.5	2	7.8

Cuadro 37. Valores de coliformes termotolerantes en los tres puntos de monitoreo

Puntos de monitoreo	Parámetro Microbiológico	Unidad	Fecha de Muestreo							
			22/06/2017	12/07/2017	20/07/2017	02/08/2017	19/08/2017	08/09/2017	19/09/2017	08/10/2017
P-03	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	24	240	23	1.8	11	1.8	26	<1.8
P-02	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	12	170	22	1.8	2	2	14	<1.8
P-01	Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	24	280	7.8	2	1.8	1.8	2	<1.8

Cuadro 38. Valores de *Escherichia coli* en los tres puntos de monitoreo

Puntos de monitoreo	Parámetro Microbiológico	Unidad	Fecha de Muestreo							
			22/06/2017	12/07/2017	20/07/2017	02/08/2017	19/08/2017	08/09/2017	19/09/2017	08/10/2017
P-03	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	5.6	1.8	17	1.8	2	1.8	17	<1.8
P-02	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	3.7	1.8	33	2	4.5	1.8	13	<1.8
P-01	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	<1.8	1.8	7.8	1.8	1.8	1.8	2	<1.8

Cuadro 39. Valores de los parámetros fisicoquímicos en los tres puntos de monitoreo

Fecha	Puntos de monitoreo	ph	T C°	C.E. µS/cm	Salinidad g/kg	Oxígeno disuelto		Turbidez NTU	Plomo mg/L
						Saturación%	mg/L		
16/06/2017	P1	6.95	15.21	285.00	0.16	93.49	7.10	31.00	-
	P2	6.95	16.01	228.80	0.13	93.15	7.10	43.10	-
	P3	6.94	15.42	141.60	0.08	92.45	7.05	29.30	-
22/06/2017	P1	6.94	16.61	3110.00	1.66	94.62	7.02	23.80	0.007
	P2	6.94	16.66	625.50	0.34	95.19	7.22	22.80	0.007
	P3	6.94	17.00	713.30	0.39	94.57	7.16	27.80	0.009
28/06/2017	P1	6.95	14.82	531.80	0.29	94.13	8.57	5.25	-
	P2	6.96	15.72	226.50	0.13	94.15	8.52	6.66	-
	P3	6.95	15.33	143.80	0.08	93.13	8.46	5.41	-
07/07/2017	P1	6.96	17.31	4260.00	2.28	97.30	7.68	51.20	-
	P2	6.97	17.03	2800.00	1.51	97.41	7.38	20.30	-
	P3	6.98	16.77	308.80	0.17	96.32	7.32	18.20	-
12/07/2017	P1	6.96	16.58	4850.00	2.60	100.50	7.93	13.00	-
	P2	6.97	16.90	448.10	0.25	97.70	7.71	24.10	-
	P3	6.97	15.76	281.50	0.16	97.12	7.75	15.40	-
20/07/2017	P1	6.97	14.99	4120.00	2.20	95.90	7.76	53.60	-
	P2	6.96	15.45	2324.00	1.25	95.63	7.75	36.30	-
	P3	6.97	15.30	651.60	0.36	95.93	7.73	35.80	-
24/07/2017	P1	6.96	16.66	2373.00	1.27	97.04	7.55	20.10	<0.001
	P2	6.98	16.97	715.40	0.39	97.50	7.60	32.70	<0.001
	P3	6.98	16.39	353.20	0.19	98.27	7.61	14.50	<0.001
02/08/2017	P1	7.06	17.42	575.50	0.31	94.17	7.27	45.20	-
	P2	7.02	16.88	282.30	0.16	94.53	7.27	24.60	-
	P3	7.03	17.10	140.10	0.08	94.23	7.35	12.60	-
07/08/2017	P1	7.01	14.89	595.20	0.32	95.15	8.51	42.70	-
	P2	7.03	15.23	374.40	0.21	96.34	8.44	27.40	-
	P3	7.04	15.00	264.40	0.14	96.01	8.42	24.10	-

19/08/2017	P1	7.00	17.00	2720.00	1.45	98.83	8.39	30.70	-
	P2	7.03	16.64	435.20	0.24	99.46	8.44	19.70	-
	P3	7.03	16.50	255.40	0.14	101.60	8.53	19.10	-
22/08/2017	P1	7.02	15.90	867.30	0.47	93.92	8.70	43.70	-
	P2	7.04	15.45	442.10	0.24	93.73	8.95	33.20	-
	P3	7.03	16.10	1070.00	0.58	94.67	8.98	18.90	-
29/08/2017	P1	7.04	14.50	2580.00	1.39	97.78	8.89	48.90	0.007
	P2	7.06	15.23	1006.00	0.54	96.32	8.51	59.40	0.009
	P3	7.04	14.58	698.20	0.38	96.21	8.62	40.40	0.009
08/09/2017	P1	7.01	16.75	3620.00	1.95	98.25	8.66	34.20	-
	P2	7.00	16.03	1553.00	0.84	97.63	8.73	17.20	-
	P3	6.99	15.91	432.80	0.24	95.93	8.84	16.40	-
11/09/2017	P1	7.03	16.46	1174.00	0.64	98.91	8.76	23.30	-
	P2	7.00	15.34	707.50	0.38	97.20	8.94	32.50	-
	P3	6.99	15.80	374.30	0.21	97.18	8.79	21.60	-
19/09/2017	P1	7.05	16.28	189.30	0.11	101.40	8.85	19.60	-
	P2	7.03	16.20	606.20	0.33	103.00	8.96	30.30	-
	P3	7.04	16.78	302.50	0.17	101.70	8.98	17.00	-
27/09/2017	P1	7.03	15.34	1710.00	0.92	104.30	8.85	204.00	-
	P2	7.01	15.85	3870.00	2.08	104.40	8.82	39.60	-
	P3	7.02	14.93	1942.00	1.05	103.40	8.92	62.90	-
28/09/2017 29/09/2017	P1	6.94	16.48	2750.00	1.47	106.00	9.20	40.00	0.014
	P2	6.99	15.95	1778.00	0.96	105.00	9.16	45.60	0.019
	P3	6.99	15.64	1420.00	0.77	104.60	9.15	36.70	0.016
08/10/2017	P1	6.97	16.78	4440.00	2.38	104.50	9.01	52.50	-
	P2	7.03	16.81	1014.00	0.55	104.00	9.00	42.30	-
	P3	7.03	17.03	5230.00	0.29	103.50	8.92	27.70	-
11/10/2017	P1	6.99	16.81	4160.00	2.24	101.80	8.01	12.40	-
	P2	7.02	16.97	2262.00	1.21	101.90	8.06	34.60	-
	P3	7.02	17.01	848.00	0.46	102.10	8.06	35.90	-

**Anexo 02: Registro Fotográfico,
documentos de campo e
informes de laboratorio**



Figura 31. Evento de niebla el 20 de junio del 2016 el parque portada 1 del AA.HH. Portada de Manchay I



Figura 32. Armado de las estructuras base de los neblinómetros del 20 al 30 de mayo del 2017 en un taller de carpintería ubicado en AA.HH. Portada de Manchay I



Figura 33. Medición de la dirección del viento en el punto P-01 con una estación meteorológica Davis Vantage Pro2 el 8 de junio del 2017



Figura 34. Evento de niebla el 12 de junio del 2017 en la asociación de vivienda ecológica las Maravillas



Figura 35. Medición realizada el 17 de junio del 2017 del volumen de agua colectado por el pluviómetro en el punto P-03



Figura 36. Camión cisterna (sin sello de identificación) vendiendo agua el 17 de junio del 2017 en la asociación de vivienda las Maravillas



Figura 37. Llenado de las etiquetas de frascos de plástico de 100 ml el 22 de junio del 2017 que contienen agua de niebla para su análisis microbiológico



Figura 38. Conservación de muestras de agua de niebla del 22 de junio del 2017 para su posterior análisis microbiológico



Figura 39. Frascos de plástico de 500 ml identificados correctamente el 22 de junio del 2017 que contienen agua de niebla para su análisis de concentración de plomo



Figura 40. Conservación de las muestras de agua de niebla del 22 de junio para su posterior análisis de concentración de plomo



Figura 41. Insecto en la superficie de la malla raschel del neblinómetro del punto P-02 el 13 de setiembre



Figura 42. Heces de animales registradas en la zona de estudio el 20 de julio del 2017



Figura 43. Mantenimiento con un escobillón de la malla raschel del neblinómetro en el punto P-01 realizado el 17 de siembre del 2017 (fue un día seco)



Figura 44. Agua clara de niebla registrada el 02 de agosto del 2017 en P-03

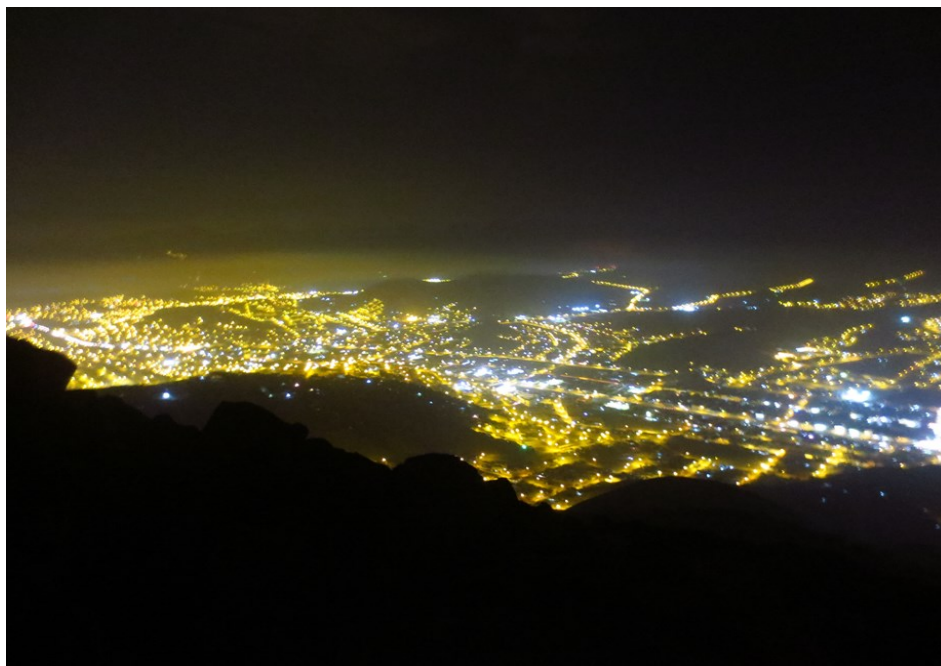


Figura 45. Inicio del ingreso de niebla en la Quebrada Manchay a las 7:39 pm del 24 setiembre del 2017.



Figura 46. Techo superior de la capa de inversión térmica y niebla muy densa a las 6:05 am en la Quebrada Manchay del 25 el de setiembre del 2017



Figura 47. Captación de agua de niebla por un grupo de musgos registrada el 12 de setiembre del 2017 en la parte alta de la asociación de vivienda ecológica las Maravillas



Figura 48. *Tillandsia latifolia* en la asociación de vivienda ecológica las Maravillas el 17 de junio del 2017



Figura 49. *Tillandsia purpurea* el día 24 de siembre la parte baja de la asociación de vivienda ecológica las Maravillas



Figura 50. *Microlophus tigris* registrada el 2 de octubre del 2017 en la asociación de vivienda ecológica las Maravillas

Registro de identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua	<input style="width: 90%;" type="text" value="Agua de neblina"/>		
Clasificación del cuerpo de agua	<input style="width: 90%;" type="text" value="Agua atmosférica"/>		
Nombre de la cuenca	<input style="width: 90%;" type="text" value="Cuenca del río Lurín"/>		
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO			
Código del punto de monitoreo	<input style="width: 90%;" type="text" value="P-03"/>		
Descripción	<input style="width: 90%;" type="text" value="En la parte alta de la asoci. de viv. ecológica Los Hornillos"/>		
Accesibilidad	<input style="width: 90%;" type="text" value="Camino angosto y empinado"/>		
Finalidad del monitoreo	<input style="width: 90%;" type="text" value="Calidad y volúmenes de colecta de agua de neblina"/>		
Reconocimiento del entorno	<input style="width: 90%;" type="text" value="A 15 m de la casa del Sr. Miguel"/>		
UBICACIÓN			
Distrito	<input style="width: 40%;" type="text" value="Pachacamac"/>	Provincia	<input style="width: 40%;" type="text" value="Lima"/>
		Departamento	<input style="width: 40%;" type="text" value="Lima"/>
Localidad	<input hornillos""="" los="" style="width: 90%;" type="text" value="Asociación de viviendas ecológica "/>		
Sistema de coordenadas	<input style="width: 40%;" type="text" value="UTM"/>	Datum	<input style="width: 40%;" type="text" value="WGS 84"/>
Norte	<input style="width: 40%;" type="text" value="8659982m"/>	Zona	<input style="width: 40%;" type="text" value="18L"/>
Este	<input style="width: 40%;" type="text" value="294990m"/>	Altitud	<input style="width: 40%;" type="text" value="674"/>

Croquis de ubicación del punto de monitoreo

Foto del punto de monitoreo

Figura 51. Registro de identificación del punto de monitoreo P-03

Registro de identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua

Clasificación del cuerpo de agua

Nombre de la cuenca

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo

Descripción

Accesibilidad

Finalidad del monitoreo

Reconocimiento del entorno

UBICACIÓN

Distrito Provincia Departamento

Localidad

Sistema de coordenadas Datum

Norte Zona

Este Altitud

Croquis de ubicación del punto de monitoreo **Foto del punto de monitoreo**

Figura 52. Registro de identificación del punto de monitoreo P-02

Registro de identificación del Punto de Monitoreo

Nombre del cuerpo de agua

Clasificación del cuerpo de agua

Nombre de la cuenca

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO

Código del punto de monitoreo

Descripción

Accesibilidad

Finalidad del monitoreo

Reconocimiento del entorno

UBICACIÓN

Distrito Provincia Departamento

Localidad

Sistema de coordenadas Datum

Norte Zona

Este Altitud

Croquis de ubicación del punto de monitoreo **Foto del punto de monitoreo**

Figura 53. Registro de identificación del punto de monitoreo P-01



Información General

Matriz: Agua
 Solicitud de Análisis: Cotización N° 34194 (Jun-854)
 Muestreado por: Cliente
 Procedencia: Quebrada Manchay - Pachacámac
 Referencia: Quebrada Manchay - Las Maravillas

Identificación de Laboratorio: S-0001391169
 Tipo de Muestra: Agua Condensada de Niebla
 Identificación de Muestra: P-03
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2017-06-22
 Fecha y hora de Muestreo: 2017-06-22 09:29

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
Química			
*Metales Totales en Agua Proceso. EPA Method 200.7- Revised 4.4 May 1994	2017-06-23		
Plomo Total		0,009	mg/L

Identificación de Laboratorio: S-0001391170
 Tipo de Muestra: Agua Condensada de Niebla
 Identificación de Muestra: P-02
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2017-06-22
 Fecha y hora de Muestreo: 2017-06-22 10:27

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
Química			
*Metales Totales en Agua Proceso. EPA Method 200.7- Revised 4.4 May 1994	2017-06-23		
Plomo Total		0,007	mg/L

Identificación de Laboratorio: S-0001391171
 Tipo de Muestra: Agua Condensada de Niebla
 Identificación de Muestra: P-01
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2017-06-22
 Fecha y hora de Muestreo: 2017-06-22 11:27

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
Química			
*Metales Totales en Agua Proceso. EPA Method 200.7- Revised 4.4 May 1994	2017-06-23		
Plomo Total		0,007	mg/L

F20170628174437

J-00264060

pág 2 de 3

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

Figura 54. Resultados de la concentración de plomo en las muestras de agua de los tres puntos de monitoreo del 22 de junio del 2017

Pág. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N°: 0029-17

I. DATOS DEL SERVICIO

1. RAZON SOCIAL CLIENTE : YERSIN LINO HURTADO
2. DIRECCION : Jr. Justiniano Minaya Sosa N° 329 – Santa Anita – Lima
3. PROCEDIMIENTO : Muestreo de agua
4. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : P-01
5. CANTIDAD DE MUESTRA : 100 ml de agua proveniente del atrapaniebla
6. ENVASE : 01 Frasco
7. FECHA DE RECEPCIÓN : 22-06-17
8. FECHA DE ANALISIS : 23-06-17
9. FECHA DE FIN DE ANALISIS : 30-06-17
10. REFERENCIA : -----

II. RESULTADOS

Análisis Microbiológicos	Unidad	Resultados	Limites permisibles (NMP)
Coliformes totales	NMP/100 ML	24 NMP/100ML	1000
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ML	24 NMP/100ML	1000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ML	< 1.8 NMP/100ML	100

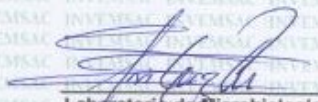
III. METODOS

FDA/BAM online 8th, Ed. rev. A/1998. February 2013. Chapter 4 item I: A a la F: 2013. Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. Conventional Method for determining coliforms and *E. coli*.
D.S. 015-2015-MINAM, Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. Análisis de parámetros microbiológicos de la Categoría 3.

OBSERVACIONES:

El muestreo de agua fue realizado por el cliente.
La muestra fue tomada el día 22/06/17 a las 11:22 am. Lugar de muestreo: Quebrada de Manchay - Pachacamac - Lima

30 de junio del 2017


Laboratorio de Microbiología
Elvis Guzmán Ramos
Biólogo
N° CBP: 11130

Los resultados presentados en el presente informe corresponden a la cadena de custodia y orden de servicios admitida y ensayada en nuestro laboratorio, estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad del producto. **NOTA:** De acuerdo al código penal, está prohibido la alteración parcial o total del presente informe, salvo autorización de INVEM S.A.C.

Los resultados consignados en el presente informe obedecen a los análisis y ensayos de laboratorio con las capacidades y experiencia de INVEMSAC, este informe solo se limita a los servicios solicitados por el cliente.

FIN DEL INFORME

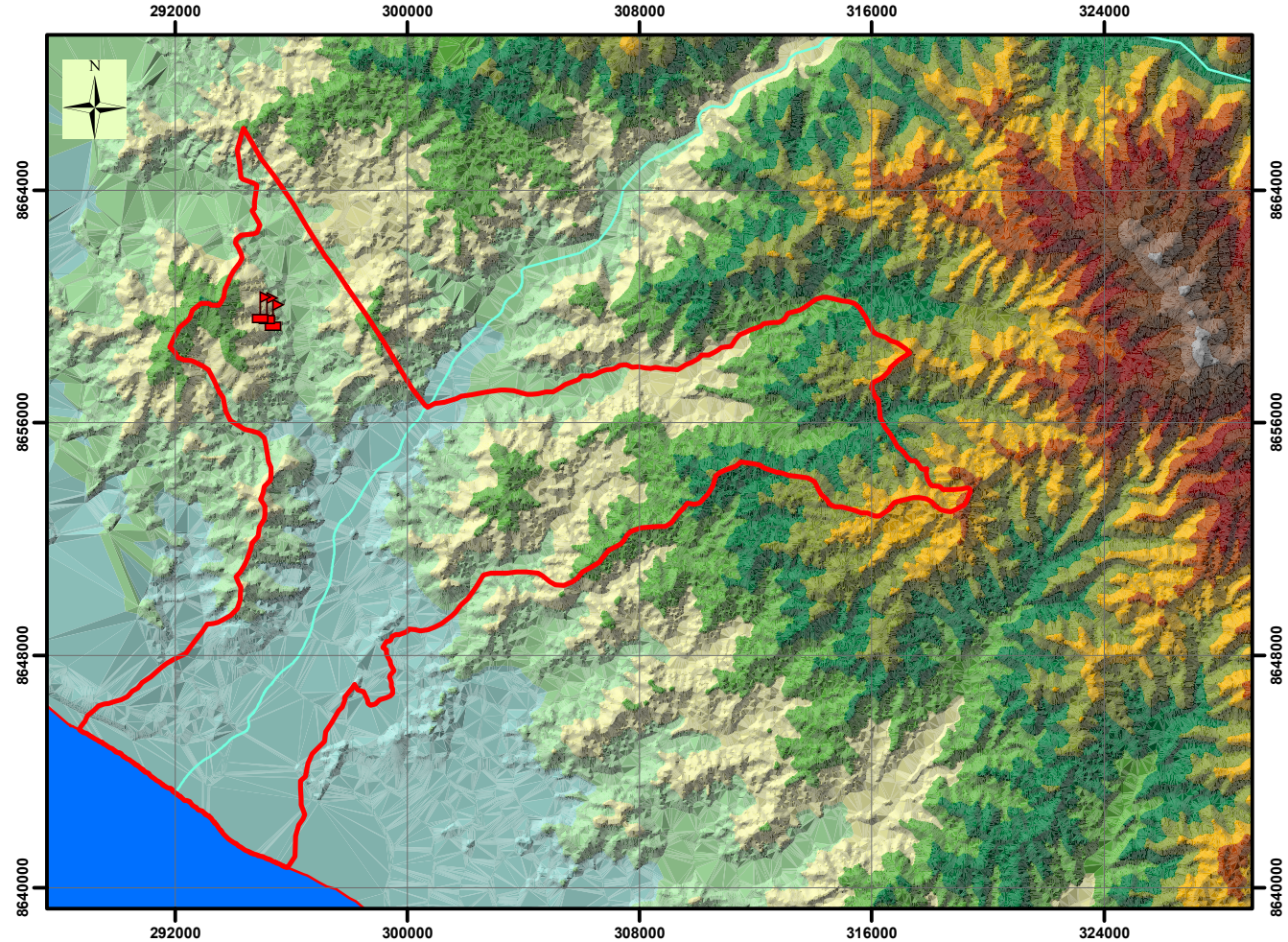
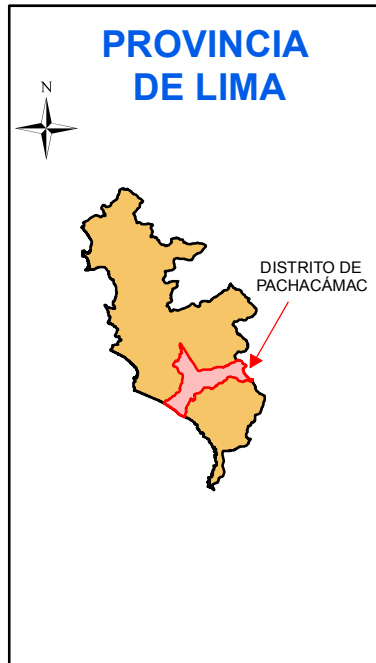
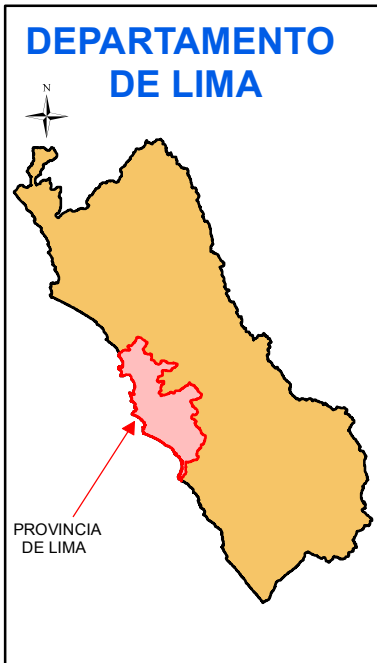
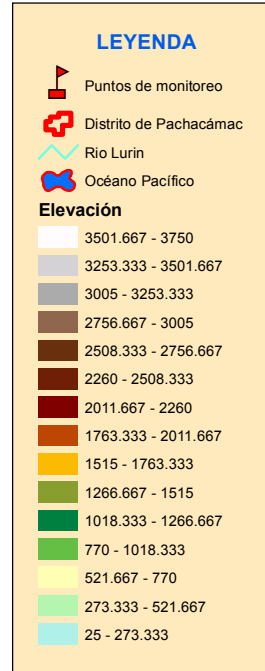
Calle Luis Romero N° 1050 - Urb. Roma - Cercado de Lima
Central Telefónica: (01) 596-3994
E-mail: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe

Código: INV-06-1-042
REV: 1.0
Página: 1 de 1
Fecha: 28/06/17


Figura 55. Resultados de parámetros microbiológicos en la muestra de agua en el punto de monitoreo P-01 del 17 de junio del 2017

ANEXO 03: Mapas y planos

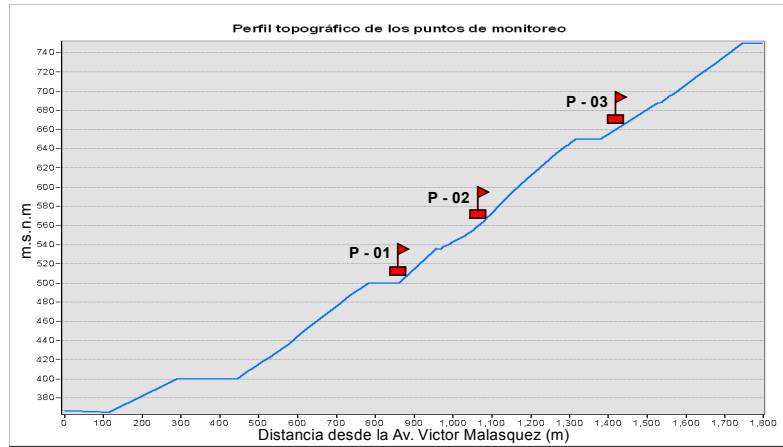
MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTO DE MONITOREO



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 False Easting: 500,000.0000
 False Northing: 10,000,000.0000
 Central Meridian: -75.0000
 Scale Factor: 0.9996
 Latitude Of Origin: 0.0000
 Units: Meter

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL			
TESIS:	CALIDAD DEL AGUA DE NIEBLA CAPTADA ARTIFICIALMENTE PARA USO EN CONSUMO HUMANO EN LA QUEBRADA MANCHAY, PACHACÁMAC – LIMA		
NOMBRE:	MAPA DE UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO		
ELABORADO POR:	YERSIN FELIPE LINO HURTADO		
REGIÓN:	LIMA	ZONA:	18 L - 25 J
PROVINCIA:	LIMA	MAPA:	2
DISTRITO:	PACHACÁMAC	ESCALA:	1: 250 000

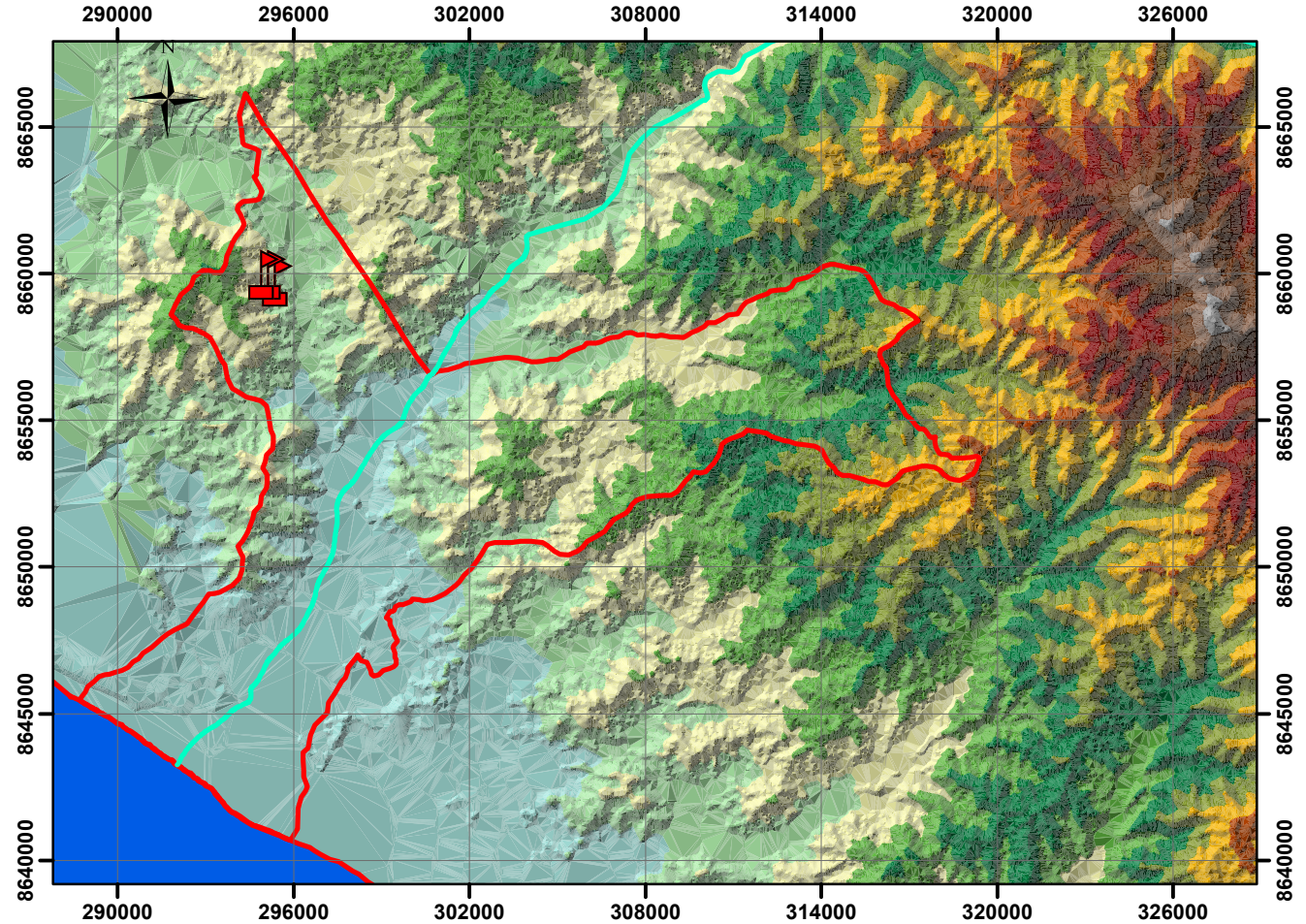
MAPA DE PERFIL TOPOGRÁFICO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO



Vista satelital de los puntos de monitoreo



Fuente: Google Earth Pro



LEYENDA

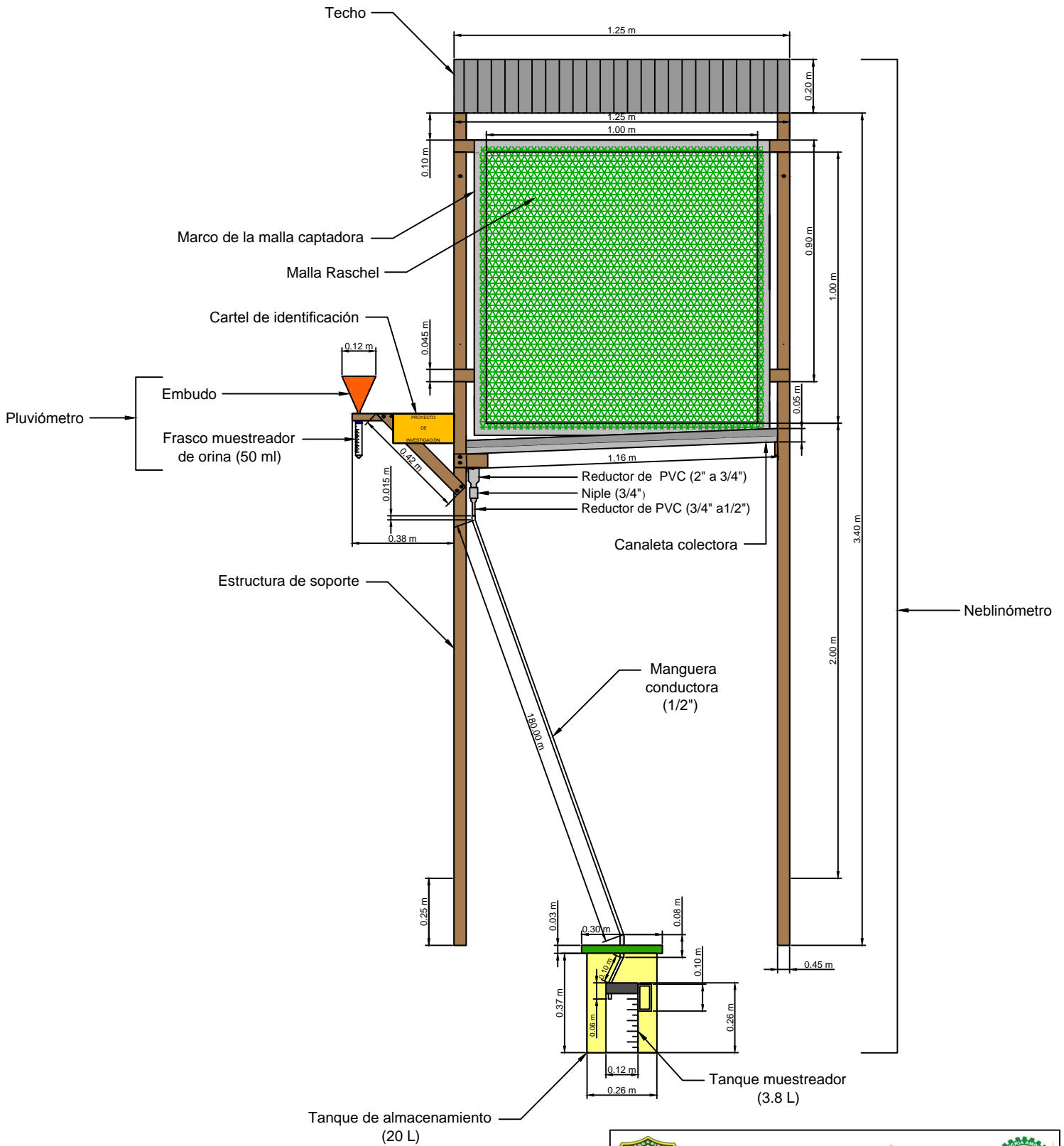
	Puntos de monitoreo		3253.333 - 3501.667		1515 - 1763.333
	Río Lurín		3005 - 3253.333		1266.667 - 1515
	Distrito de Pachacámac		2756.667 - 3005		1018.333 - 1266.667
	Océano pacífico		2508.333 - 2756.667		770 - 1018.333
Elevación			2260 - 2508.333		521.667 - 770
	3501.667 - 3750		2011.667 - 2260		273.333 - 521.667
			1763.333 - 2011.667		25 - 273.333



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 Datum: WGS 1984
 false easting: 500,000,000
 false northing: 10,000,000,000
 central meridian: -75.0000
 scale factor: 0.9996
 latitude of origin: 0.0000
 Units: Meter



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS:	CALIDAD DEL AGUA DE NIEBLA CAPTADA ARTIFICIALMENTE PARA USO EN CONSUMO HUMANO EN LA QUEBRADA MANCHAY, PACHACÁMAC – LIMA		
NOMBRE:	MAPA DE PERFIL TOPOGRÁFICO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO		
ELABORADO POR:	YERSIN FELIPE LINO HURTADO		
REGIÓN:	LIMA	ZONA:	18 L - 25 J
PROVINCIA:	LIMA	MAPA:	2
DISTRITO:	PACHACÁMAC	ESCALA:	1: 250 000



 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL 			
TESIS:	CALIDAD DEL AGUA DE NIEBLA CAPTADA ARTIFICIALMENTE PARA USO EN CONSUMO HUMANO EN LA QUEBRADA MANCHAY, PACHACÁMAC – LIMA		
NOMBRE :	PLANO DEL NEBLINÓMETRO		
ELABORADO POR :	YERSIN FELIPE LINO HURTADO		
REGIÓN :	LIMA	PLANO :	01
PROVINCIA :	LIMA	ESCALA :	1/10
DISTRITO :	PACHACÁMAC		