

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EVALUACIÓN DEL APORTE A LA DISMINUCIÓN DE LA HUELLA
HIDRICA POR EL USO DE LOS ATRAPANIEBLAS EN EL DISTRITO DE
VILLA MARIA DEL TRIUNFO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CONDORI ALBORNOZ YOSHY YANELLY

Villa el Salvador

2019

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mi madre Beatriz Albornoz Alvarado, por apoyarme en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A mi padre Jorge Condori Peña, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan que siempre me inculcó y sobre todo por su amor.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Al profesor Cesar Velarde Hurtado por el apoyo en el proceso de la presente investigación.

Al Ing. Juan Villantoy compartir sus experiencias sobre mi tema de tesis.

A todas las personas y amigos que me apoyaron para la realización de la presente investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS.....	vii
INTRODUCCIÓN	viii
CAPITULO I PLANIFICACION DEL TRABAJO.....	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Justificación del problema	3
1.3. Delimitación del proyecto.....	4
1.3.1. Teórica	4
1.3.2. Temporal	4
1.3.3. Espacial.....	5
1.4. Formulación del problema	7
1.4.1. Problema general	7
1.4.2. Problemas específicos	7
1.5. Objetivos.....	7
1.5.1. Objetivo general	7
1.5.2. Objetivos específicos	7
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Bases Teóricas.....	15
2.2.1. Estrés hídrico	15
A. El estrés hídrico en el contexto internacional	16
B. Estrés hídrico en el contexto nacional	17
2.2.2. Huella hídrica	20
A. Huella hídrica en el contexto nacional y distrital	25

2.2.3.	Tecnología de los atrapanieblas	29
2.2.4.	Déficit hídrico	34
A.	Déficit hídrico a nivel mundial	34
B.	Déficit hídrico en Lima Metropolitana y Callao.....	38
2.2.5.	Marco legal.....	40
2.3.	Definición de términos básicos	42
CAPITULO III DESARROLLO DEL TRABAJO.....		46
3.1.	Modelo de solución propuesto	46
3.1.1.	Materiales y equipos	46
3.1.2.	Metodología	46
A.	Interpretación y análisis de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo.....	46
B.	Cuantificación de la huella hídrica de los atrapanieblas instalados en los asentamientos humanos Quebrada Alta, Mina de Agua, Edén del Manantial y Villa Lourdes Ecológico II Etapa.....	53
C.	Cálculo del aporte de los atrapanieblas a la disminución de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo.....	56
3.2.	Resultados y discusión	58
3.2.1.	Interpretación y análisis de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo.....	58
3.2.2.	Cuantificación de la huella hídrica de los atrapanieblas instalados en los asentamientos humanos Quebrada Alta, Mina de Agua, Edén del Manantial y Villa Lourdes Ecológico II Etapa.....	65
3.2.3.	Cálculo del aporte de los atrapanieblas a la disminución de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo.....	74
CONCLUSIONES.....		81
RECOMENDACIONES		82
BIBLIOGRAFÍA		83
ANEXOS		90

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Mapa de los asentamientos humanos de Villa María del Triunfo donde se ubican los atrapanieblas	6
Figura N°2. Mapa del estrés hídrico a nivel mundial	17
Figura N° 3. Demanda de agua nacional: consuntiva, no consuntiva y total.	18
Figura N° 4. Estrés hídrico en Lima.....	19
Figura N° 5. Representación esquemática de los componentes de la huella hídrica.	21
Figura N° 6. Huella hídrica de la producción nacional en $hm^3/año$	26
Figura N° 7. Huella hídrica de la producción nacional por sector y tipo de agua. 26	
Figura N° 8. Huella hídrica de Lima Metropolitana por tipo de huella ($m^3/año$)... 27	
Figura N°9. Diseño de un atrapaniebla.....	30
Figura N° 10. Atrapaniebla bidimensional.	31
Figura N° 11. Atrapanieblas tridimensional.	32
Figura N° 12. Proyección de la oferta y la demanda actual de agua para la ciudad de Lima	39
Figura N° 13. Huella hídrica azul por distrito y por sector.....	61
Figura N° 14. Huella hídrica gris por distrito y por sector	63
Figura N° 15. Resultados de la huella hídrica (por tipo) del distrito de Villa María del Triunfo.	64
Figura N° 16. Resultados de la huella hídrica (por tipo) de los atrapanieblas.	71
Figura N° 17. Mapa de ubicación de los atrapanieblas en el distrito de Villa María del Triunfo	73
Figura N° 18. Cálculo de la disminución de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo	74
Figura N° 19. Resultados de la huella hídrica (por fracción) de Villa María del Triunfo y de los atrapanieblas.	75
Figura N° 20. Mapa de áreas potenciales para la implementación de atrapanieblas.....	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Consumo promedio de agua potable por distrito</i>	2
Tabla 2. <i>Área, perímetro y porcentaje del área de los AAHH con respecto al área del distrito de VMT.</i>	5
Tabla 3. <i>Indicador de estrés hídrico.</i>	15
Tabla 4. <i>Ciudades con más estrés hídrico en el mundo.</i>	19
Tabla 5. <i>Información y fuentes para cada una de las huellas hídricas.</i>	22
Tabla 6. <i>Datos generales de la huella hídrica de Lima Metropolitana.</i>	27
Tabla 7. <i>Datos de la huella hídrica de Lima Metropolitana por tipo de huella y por sector.</i>	28
Tabla 8. <i>Huella hídrica Nacional del Perú.</i>	28
Tabla 9. <i>Ventajas y desventajas de los atrapanieblas.</i>	33
Tabla 10. <i>Países con % de agua con acceso a agua limpia cerca del hogar.</i>	35
Tabla 11. <i>Países con menor número de personas sin acceso.</i>	36
Tabla 12. <i>Países de mayor aumento de población con acceso al agua</i>	37
Tabla 13. <i>Herramienta para la identificación de la huella hídrica de VMT.</i>	47
Tabla 14. <i>Alcances de la publicación “Huella Hídrica de los Usuarios de Agua en Lima Metropolitana”.</i>	47
Tabla 15. <i>Fuente de datos utilizados por la publicación “Huella Hídrica de los Usuarios de Agua en Lima Metropolitana”.</i>	48
Tabla 16. <i>Concentraciones utilizadas para el cálculo de la huella hídrica gris.</i>	53
Tabla 17. <i>Cronograma de visitas técnicas.</i>	53
Tabla 18. <i>Alcances de la investigación.</i>	55
Tabla 19. <i>Fuentes de datos.</i>	55
Tabla 20. <i>Impacto potencial actual.</i>	57
Tabla 21. <i>Herramienta para la identificación de la huella hídrica de VMT.</i>	58
Tabla 22. <i>Resumen de los resultados.</i>	60
Tabla 23. <i>Resumen de la identificación de la huella hídrica de los atrapanieblas.</i>	69
Tabla 24. <i>Cronograma de visitas técnicas.</i>	72
Tabla 25. <i>Características del agua que aportan los atrapanieblas en los asentamientos humanos y su uso.</i>	74
Tabla 26. <i>Zonas potenciales para la implementación de atrapanieblas.</i>	77
Tabla 27. <i>Impacto potencial actual.</i>	79

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más amenazados a nivel mundial y los países están tomando cada vez más conciencia respecto al rol que cumple este recurso en el desarrollo de la sociedad. Los efectos del cambio climático y las inadecuadas prácticas de este recurso, hacen que países como Perú, que se encuentra entre los diez con mayores reservas hídricas a nivel mundial y que además cuenta con un índice de Recursos Hídricos Internos Renovables Totales (IRWR, por sus siglas en inglés) por habitante de 62.973 metros cúbicos al año, tomando como referencia los datos del año 2016, de la base de datos del Sistema de Información Global Sobre el Agua (AQUASTAT) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura o más conocida como FAO, se vean en la necesidad de evaluar su política, para tomar acciones respecto a una adecuada gestión del agua para el confort de la población y su desarrollo sostenible como país.

Debido a esta inadecuada gestión del agua, en el Perú puede evidenciarse la desigual distribución de este recurso, calculándose alrededor de dos millones de limeños que sufren estrés hídrico, debido a esto se ven en la necesidad de comprar agua de carros cisternas que multiplican el precio de este recurso comparativamente al precio que normalmente está establecido en el mercado; por este motivo se requiere contabilizar el agua, esto significa describir e informar acerca de su uso, para producir los bienes y servicios requeridos por una sociedad (Vadillo J., 2016).

Como una solución a este problema, se dieron a conocer varias tecnologías no convencionales, una de ellas los atrapanieblas, que permite captar el agua contenida en la atmosfera, para después transportarlos a los hogares de las familias permitiéndoles hacer uso de ésta para la realización de sus actividades. Las condiciones meteorológicas de Villa María del Triunfo (VMT) son favorables para el uso de esta tecnología; como, por ejemplo: la alta humedad, la temperatura, la velocidad del viento, la altitud, la cercanía al mar entre otros. En algunos lugares de VMT se llegó a implementar dicha tecnología, con la ayuda de la ONG “Movimiento Peruanos sin Agua”, la ONG “ALEV” y la empresa UNACEM.

Esta tecnología tiene varios años de uso, pero no se ha cuantificado los datos de su aporte a la disminución de la huella hídrica del distrito de VMT.

Considerando lo anterior se planteó como objetivo calcular el aporte a la disminución de la huella hídrica por el uso de los atrapanieblas ubicados en los asentamientos humanos Quebrada alta, Mina de Agua, Edén del Manantial y Villa Lourdes Ecológico II Etapa de VMT.

CAPITULO I

PLANIFICACION DEL TRABAJO

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el Perú aproximadamente once millones no disponen de alcantarillado y tienen una calidad de vida baja, alrededor cinco millones de personas no cuentan con agua potable y únicamente el 62% del desagüe captado por las Empresas Prestadoras de Servicio (EPS) se trata en plantas de tratamiento, esto según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Los servicios de saneamiento y agua son inadmisibles por inversión insuficiente, falta de apoyo estatal, normas legales inadecuadas y graves problemas económicos de los operadores (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS], 2016).

Por otro lado, una persona debe consumir alrededor de 100 litros de agua al día para satisfacer sus necesidades tanto de consumo como de higiene, según la Organización Mundial de la Salud. En cambio, en Lima se consume en promedio hasta 250 litros de agua por personas, esto según la directora ejecutiva del Fondo de Agua para Lima y Callao (AQUAFONDO), Mariella Sánchez Guerra (Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA], 2017).

Tabla 1. Consumo promedio de agua potable por distrito

Distrito	Litros por persona al día	Distrito	Litros por persona al día
San Isidro	447,5	Santa Anita	99,2
Miraflores	395,2	San Juan de Miraflores	98,4
La Molina	250,8	San Bartolo	90,8
San Borja	240,1	Ate	90,1
Lince	240,1	Comas	89,9
Santiago de Surco	225,3	San Juan de Lunigancho	88,6
Jesús María	222,9	Punta Hermosa	87,7
Barranco	218,7	Villa María del Triunfo	78,7
Magdalena	216,7	Carabayllo	77,0
Pueblo Libre	202,8	Independencia	76,7
San Miguel	186,2	Villa el Salvador	75,1
Lima	182,5	Puente Piedra	73,5
Surquillo	182,2	Santa Rosa	65,6
San Luis	181,5	Ancón	64,0
Breña	176,1	Punta Negra	59,8
La Victoria	168,9	Lurín	59,4
Los Olivos	124,6	Pucusana	48,5
Rimac	111,7	Cieneguilla	40,4
San Martín de Porres	110,3	Pachacámac	36,1
Chorrillos	106,4	Chosica	15,2
El Agustino	102,0		

Fuente. SEDAPAL, 2016

En la tabla 1 se puede apreciar que el consumo de agua de 21 distritos de Lima Metropolitana, están por encima de lo establecido por la OMS (100 litros por persona al día), mientras que 20 distritos están abajo del consumo de agua establecido por la OMS. Además, se puede observar que el distrito con mayor consumo de agua es San Isidro, mientras que el distrito con menor consumo de agua es Chosica con menos del 20% de lo establecido por la OMS. En el caso del distrito de Villa María del Triunfo, que es el distrito donde se realiza el presente trabajo, está abajo de lo establecido por la OMS con un consumo de 78,7 litros por persona al día.

Por lo antes expuesto, se puede concluir, en base a los datos de servicio de agua, alcantarillado, tratamiento de agua residuales y consumo

de agua por persona al día, cuyos datos fueron sacados del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y de la OMS. En la actualidad, en el distrito de Villa María del Triunfo existe estrés hídrico y como consecuencia a ello los más afectados son los habitantes de esta zona, en particular las zonas de bajos recursos económicos. Sin embargo, dicho distrito ha implementado el sistema de atrapanieblas en diferentes zonas, las cuales contribuyen al suministro de agua, para así poder aliviar el estrés hídrico, lamentablemente no se han realizado cálculos del aporte de los mismos a la disminución de la huella hídrica del distrito. El resultado de estos aportes sería una herramienta útil para mejorar la gestión de los recursos hídricos del distrito.

En ese sentido se pretende calcular el aporte a la disminución de la huella hídrica por el uso de atrapanieblas del distrito de VMT.

1.2. Justificación del problema

Las poblaciones de las zonas periféricas de la costa peruana están caracterizadas con estrés hídrico (Zegarra, 2018), para este trabajo específico las poblaciones de los asentamiento humanos Quebrada alta, Mina de Agua, Edén del Manantial y Villa Lourdes Ecológico II Etapa caracterizados con estrés hídrico han buscado una forma de aliviar su estrés hídrico con la tecnología de atrapanieblas.

La estimación del aporte de agua de los atrapanieblas es fundamental, para comprender que tan importante es el aporte de esta tecnología para aliviar el estrés hídrico (disminuir la huella hídrica), logrando así contribuir con el objetivo seis (garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos), del desarrollo sostenible (MINAM, 2016).

A pesar de la instalación de los sistemas de atrapanieblas en diferentes zonas del distrito de VMT utilizados para aliviar el estrés hídrico, todavía no existen estudios que hayan abordado el cálculo del aporte que dan los mismos para disminuir la huella hídrica de la zona.

Por tal motivo la presente investigación acerca del cálculo del aporte a la disminución de la huella hídrica por el uso de atrapanieblas en el distrito de VMT, puede ser una herramienta que ayude a implementar nuevas políticas de gestión del recurso hídrico en el distrito antes mencionado y determine el aporte en m³ actual y el potencial futuro también en m³.

1.3. Delimitación del proyecto

1.3.1. Teórica

La presente investigación cuantificará la disminución de la huella hídrica por el uso de los atrapanieblas, pero solo de la fracción azul ya que se considera que los atrapanieblas están aportando a la fracción azul de la huella hídrica.

La investigación se centrará en el cálculo del aporte a la disminución de la huella hídrica por el uso de los atrapanieblas en el distrito de VMT.

Además, la investigación solo calcula el aporte de los asentamientos humanos Quebrada Alta el Paraíso, Villa Lourdes Ecológico II Etapa, Mina de Agua y Edén el Manantial, donde se verificó la presencia de los atrapanieblas en este distrito.

Como proyección adicional de la investigación se tomará también en cuenta una cuantificación de áreas posibles y disponibles, para futuros proyectos de atrapanieblas para determinar el potencial total de VMT.

1.3.2. Temporal

El presente estudio tiene un período comprendido entre enero del 2019 a marzo del 2019, en el anexo D se detalla los períodos de cada actividad.

1.3.3. Espacial

El presente estudio se llevó a cabo en el distrito de VMT, específicamente en los asentamientos humanos Quebrada Alta el Paraíso, Villa Lourdes Ecológico II Etapa, Mina de Agua y Edén del Manantial, donde se realizaron las visitas a campo y en las que se pudo verificar la existencia de los atrapanieblas.

En la siguiente tabla, se observa el área y perímetro de los asentamientos humanos, en los que se pudo verificar la existencia de atrapanieblas, como también el porcentaje que corresponde al área de dichos asentamientos humanos, con respecto al área total del distrito de VMT, considerando que dicho distrito tiene un área de 70'570.000 m² o 70,57 km² (Plan Local de Seguridad Ciudadana de Villa María del Triunfo, 2017).

Tabla 2. Área, perímetro y porcentaje del área de los AAHH con respecto al área del distrito de VMT.

Asentamientos Humanos	Área (m ²)	Perímetro (m)	Área (%)
Edén del Manantial	272.334,71	2.040,68	0,39
Minas de Agua	367.179,70	2.340,19	0,52
Quebrada Alta	635.519,31	3.187,19	0,90
Villa Lourdes Ecológico II Etapa	398.129,40	2.513,89	0,56
Total	1'673.163,12	13.269	2,37

Fuente. Elaboración propia con datos de Google Earth, 2017.

A continuación, se aprecia el mapa con la ubicación de los asentamientos antes mencionados (Véase la figura N° 1).

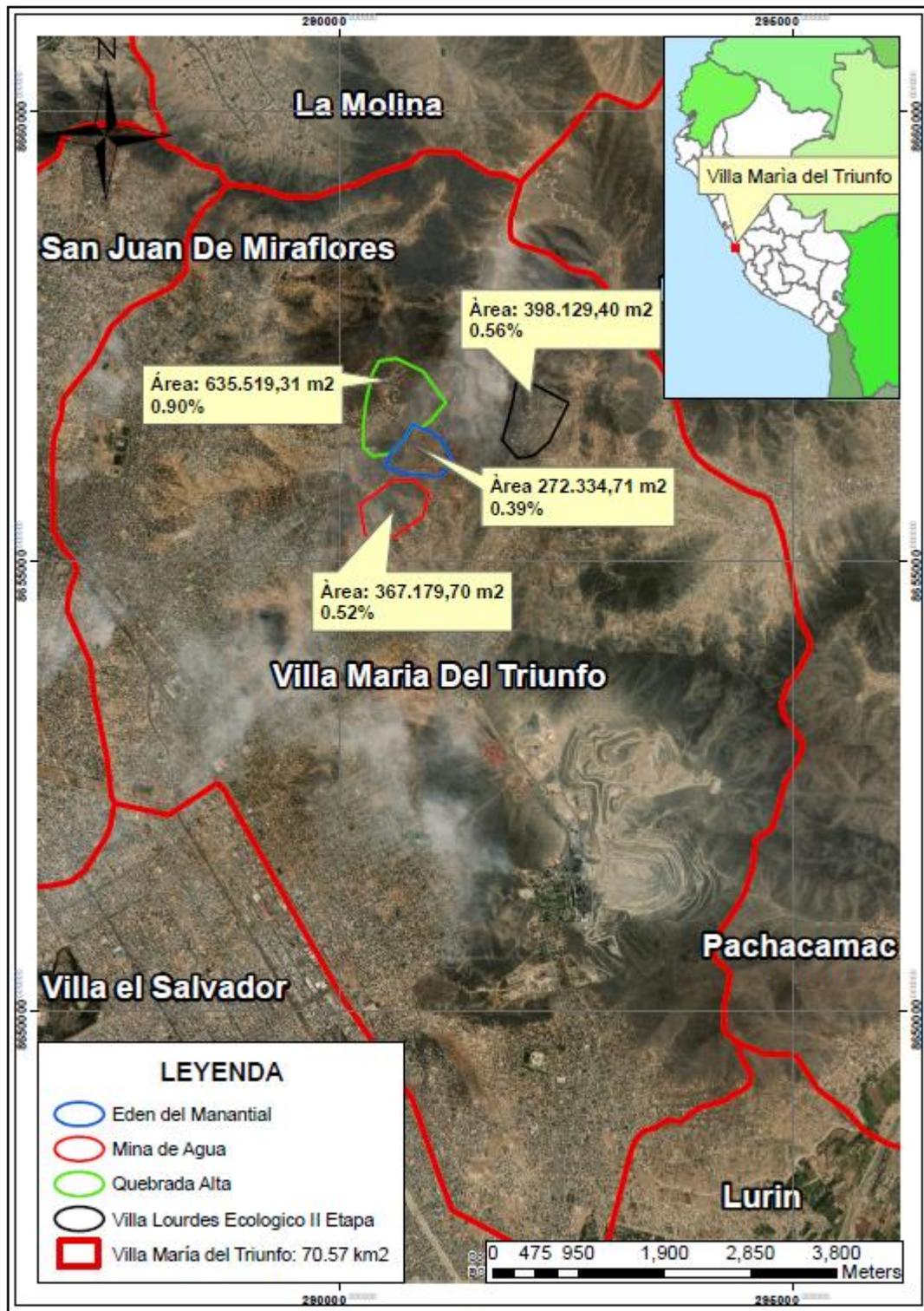


Figura N° 1. Mapa de los asentamientos humanos de VMT donde se ubican los atrapanieblas (Google Earth, 2017).

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿En qué medida se aporta a la disminución de la huella hídrica por el uso de los atrapanieblas ubicados en los asentamientos humanos Quebrada alta, Mina de Agua, Edén del Manantial y Villa Lourdes Ecológico II Etapa de VMT?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la huella hídrica de VMT?
- ¿Cuál es la huella hídrica de los de atrapanieblas instalados en los asentamientos humanos Quebrada alta, Mina de Agua, Edén del Manantial y Villa Lourdes Ecológico II Etapa de VMT?
- ¿Cuál es el aporte a la disminución de la huella hídrica de VMT?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el aporte a la disminución de la huella hídrica por el uso de los atrapanieblas ubicados en los asentamientos humanos Quebrada alta, Mina de Agua, Edén del Manantial y Villa Lourdes Ecológico II Etapa de VMT.

1.5.2. Objetivos específicos

- Interpretar y analizar la huella hídrica de VMT.
- Cuantificar la huella hídrica de los atrapanieblas instalados en los asentamientos humanos Quebrada alta, Mina de Agua, Edén del Manantial y Villa Lourdes Ecológico II Etapa.
- Calcular el aporte de los atrapanieblas a la disminución de la huella hídrica de VMT.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Pinto (2014) realizó el estudio sobre el “Uso de atrapanieblas para la restauración y recuperación de poblaciones en peligro en el extremo norte de Chile”. Para esta investigación el autor plantó 79 ejemplares de *Eulychnia iquiquensis*, perteneciente a la familia cactaceae, al sur de Iquique en dos ecosistemas de niebla. A modo de control, el autor protegió cada uno de los ejemplares con una rejilla e instaló un atrapaniebla cerca, a excepción de dos de ellos que se plantaron fuera. Además instaló 6 atrapanieblas de 1,2 x 2m en Patache y 26 atrapanieblas de 1,8 x 5m en Punta Gruesa, luego excavó unos hoyos de 20 cm de profundidad a una distancia de un metro cada uno para plantar de 2 a 3 ejemplares de *Eulychnia iquiquensis* bajo los atrapanieblas. Los instrumentos para la construcción de los atrapanieblas que utilizó el autor fueron: malla *Raschel* de 65% de sombra, cable de acero forrado de 2 mm y estacas de fierro de 16 mm. Algunos factores fueron trascendentales para la instalación de los atrapanieblas como la inclinación de la ladera, la dirección de la niebla, las diferentes condiciones de sustrato tales como arenosos, roca fragmentada o afloramiento rocoso. A lo largo de 500 m, en el sector de Punta Gruesa existen 14 ejemplares de *Eulychnia iquiquensis*. A nueve de estos ejemplares el autor instaló atrapanieblas para ayudar en su fortalecimiento fisiológico a diferencia de los 5 restantes, las cuales no se instaló ningún atrapaniebla, para mantenerlo como grupo control. Además el autor midió el número de flores, el número de ramas, el diámetro de la copa, el diámetro del tronco y la altura para monitorear el comportamiento de las plantas. El autor concluyó que después de cinco meses de plantar los ejemplares se tuvo una respuesta favorable con respecto a la adaptación a su medio natural; porque se engrosó el tallo, desarrolló sus espinas y desarrollaron signos de crecimiento apical. Además se pudo notar que los atrapanieblas influyeron en el crecimiento de las plantas tanto en la anchura de los tallos, como en la altura, así como también en el desarrollo de los nuevos brotes y el cambio del colorido de la epidermis. Las plantas

sin atrapanieblas crecieron en promedio de 3 a 6 cm en un periodo de 18 meses, a diferencia de las plantas con atrapanieblas que crecieron en promedio de 34 cm en el mismo periodo. Adicional a ello se produjo la aparición de hierbas y especies de arbustos formando micronichos debajo de los atrapanieblas.

Ritter, Regalado y Guerra (2015) publicaron su investigación sobre la “Cuantificación de la captación de agua de niebla en tres lugares de Tenerife (Islas Canarias)”. Para esta investigación los autores recolectaron agua de niebla en cilindros, en tres lugares en el lado norte de la isla de Tenerife (España): La Esperanza, Taborno y El Gaitero, también midieron variables meteorológicas, en las dos primeras ubicaciones, las variables meteorológicas lo midieron en una torre de andamios de 7m de altura programadas para realizar mediciones a intervalos de 1 minuto y se almacenaron como promedios cada 15 minutos. Las variables monitoreadas fueron: lluvia, temperatura, velocidad del viento, humedad relativa y dirección del viento. Como conclusión en La Esperanza, la recolección de agua de niebla ocurrió con frecuencia, pero fue considerablemente más baja que en las otras dos ubicaciones. Sin embargo, mientras que en Taborno la frecuencia de recolección de agua de niebla se distribuyó a lo largo del período, en El Gaitero se concentraron principalmente en dos períodos, durante el otoño y el invierno. La recolección de agua de niebla demostró ser más frecuente que la lluvia en los tres sitios de monitoreo. Los volúmenes de agua de niebla capturada variaron entre los diferentes sitios: mientras que en algunos lugares las intensidades diarias fueron generalmente inferiores a 10 L/m^2 de la superficie, se observaron valores mayores en el sitio más alto, donde se registró un máximo diario de $112,1 \text{ L/día/m}^2$ y durante un periodo de nueve meses, las cantidades totales de agua de niebla recolectada en los tres sitios estudiados fueron $468,3 \text{ L/m}^2$, $506,5 \text{ L/m}^2$ y $350,6 \text{ L/m}^2$.

Ramírez, Vilches, Lizano, Pinzón y Sandoval (2017) realizaron la investigación de la “Estimación de la huella hídrica y de Carbono en los cultivos comunitarios de Quinua perteneciente a la zona de los andes ecuatorianos”. Para esta investigación los autores juntaron información de

inventario en la comunidad de Pucará y Mijipamba; a través de entrevistas, análisis fisicoquímicos, recolección de datos meteorológicos y muestras de suelo; a partir de la preparación de suelos hasta el manejo de residuos agrícolas; las muestras de suelo se recolectaron a través del método aleatorio simple por una trayectoria en zing-zag. Para el cálculo de la huella de carbono se siguió las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Para el cálculo de la huella hídrica se aplicó la metodología del Manual de Evaluación de Water Footprint Network y la metodología de cálculo del Manual de Evaporación de cultivo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (ONUAA) o más conocida como FAO. Para reportar los datos de huella hídrica y huella de carbono la unidad funcional que determinaron fue un kilogramo de Quinoa producida. Como conclusión los resultados arrojaron una huella hídrica de 356,49 m³/ton para Pucará y 98,49 m³/ton para Mijipamba. Basándose en los resultados obtenidos, mencionaron que para la producción de Quinoa en Pucará, depende del almacenamiento de agua para el riego y al agua de lluvia, ya que aporta una mayor rendimiento; sin embargo, en Mijipamba obtuvieron valores de huella hídrica verde bajos pero tolerables, solamente por las condiciones climáticas, debido a que los datos de huella hídrica azul que se obtienen, son datos calculados si y solo si, en la comunidad existiera la aportación de agua por riego. La huella de carbono para esta actividad fue de 425,38 kgCO₂ eq/ha en Mijipamba y 468,56 kgCO₂ eq/ha en Pucará. En función a los resultados obtenidos reportaron que las emisiones significativas se presentan en las de fases de preparación del suelo y la cosecha, atribuido al uso combustible por parte de la maquinaria, transporte todo terreno y terrestre. Otra de las fuentes que produce gases de efecto invernadero son los fertilizantes orgánicos con emisiones directas e indirectas de N₂O.

Echeverría (2018) ejecutó su tesis titulada “Potencial de la captura de niebla para uso doméstico rural y riego durante la época seca del año en la isla San Cristóbal, Galápagos, Ecuador”. Para esta investigación el autor midió la intercepción de neblina y para esto utilizó un colector cilíndrico y dos colectores estándar de neblina, también realizó monitoreo

de variables climáticas como la temperatura, la velocidad del viento, la precipitación, la radiación solar, la humedad relativa, la dirección del viento y la intercepción de neblina, durante un periodo de 48 días usando un lugar en la parte alta de la isla San Cristóbal, el cual cuenta con una estación climática y una red cilíndrica para coleccionar neblina, además de ello instaló 2 colectores estándar de neblina de 50% y 35% de coeficiente de sombra. El autor también determinó la demanda de agua en la zona rural de San Cristóbal para consumo doméstico, ganadería y agricultura; siendo la última la más importante (99,6% de la demanda total). Con la información climática el autor realizó el balance hídrico mensual y anual por rangos de elevación cada 100 m, para un año seco y un año promedio, también determinó las elevaciones donde haya mayor escasez de agua y meses más secos, así como también los meses en los que existe más neblina. A partir del balance, el autor calculó el déficit de agua para riego total y en cada rango de elevación. El cálculo de la demanda de agua para consumo de ganadería y para consumo doméstico se realizó a través del método de cuotas mientras que la demanda de agua para agricultura se realizó por medio de un balance hidrológico para un año seco y un año promedio, a partir de los gradientes orográficos de la precipitación, la evapotranspiración y la intercepción de neblina, este balance lo realizó por rangos de elevación cada 100m, anual y mensualmente luego el autor calculó el déficit hídrico en la zona rural de San Cristóbal en cada rango de elevación además se determinaron las zonas y los meses con más escasez de agua, finalmente el autor estimó el área y el número de colectores que podrían cubrir el 25% de este déficit en un año promedio y el 15% en un año seco. Como conclusión y en base a los resultados de muestreo de las variables climáticas, el autor obtuvo que la velocidad del viento es la variable que más influye en la captura de neblina, se evidenció que cuando la velocidad del viento es mayor existe más intercepción de neblina. Además, comprobó que tanto los colectores estándar como la red cilíndrica son propicios para la captura de neblina en el archipiélago, ya que la dirección del viento no sufre variaciones drásticas durante la temporada de garúa, además determinó que existe un déficit de agua en San Cristóbal, principalmente en el sector agrícola, tanto para un año

promedio como para un año seco y es mayor en la zona baja de la isla. En base a los resultados conseguidos, el autor comprobó que el uso de estos dispositivos puede contribuir al suministro de agua y mejorar las actividades productivas en Galápagos, gracias a las condiciones existentes. Por otro lado, los resultados evidenciaron que la cantidad de neblina capturada fue de 7,9 mm/día con el colector estándar de 50% de sombra, 5,9 mm/día con el colector estándar de 35% de sombra y 3,4 mm/día con el colector cilíndrico. Por último el autor llegó a determinar que un sistema de colector estándar de 50% de coeficiente de sombra podría cubrir el 25% de este déficit en un año promedio y el 15% en un año seco, mostrando así el potencial de esta alternativa como fuente de agua.

Toledo (2017), con su tesis titulada “Gestión de Nieblas como Recurso Hídrico para Proteger el Ecosistema de Lomas en Zonas Áridas del Distrito de Villa María del Triunfo en el año 2015” para obtener el grado académico de maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible publicado en la Universidad Nacional Hemilio Valdizán. Para esta investigación el autor realizó encuestas y entrevistas con pobladores y dirigentes de los asentamientos humanos de Villa María del Triunfo además de las consultas bibliográficas de datos históricos y estadísticas, el autor determinó los elementos y componentes usados en las tecnologías de la búsqueda bibliográfica, fijando determinantes de operación base de criterios para ser sujeto a opinión de expertos. Como conclusión el autor evaluó y determinó que existe una importancia económica y ambiental del Ecosistema de Lomas en el distrito de Villa María del Triunfo el cual está dado por el valor de almacenamiento de agua y el valor de almacenamiento de carbono. Donde el valor del servicio ambiental de provisión de agua es más que a la del servicio de almacenamiento de agua y carbono.

Madariaga (2017) realizó una investigación titulada “Evaluación del Potencial de Neblina Mediante el Sistema de Atrapanieblas en las Lomas de Ancón Durante el Evento del Niño, en el Distrito de Ancón, Provincia de Lima Periodo 2015-2016” publicada por la Universidad Nacional de Moquegua. Para la presente investigación el autor tuvo que averiguar la

mayor presencia de niebla durante los meses de verano y en el evento “El Niño”, para esto el autor tomó datos atmosféricos de temperatura y humedad, los mismos que tomó en los meses de noviembre y diciembre, teniendo en cuenta tres puntos del lugar ubicados a más de 500 msnm entre los kilómetros 55 y 55,5. En esos tres puntos instaló los atrapanieblas, resultando uno de ellos con mayor porcentaje de captación de agua y humedad (noviembre-diciembre) presentando también forma de relieve favorable a la concentración de niebla por un tiempo prolongado. En el mismo punto con mayor porcentaje de humedad el autor instaló el sistema de atrapanieblas en los meses de enero y marzo, estos sistemas fueron cubiertos de una doble franja de malla raschel de 35% de sombra, en la parte inferior conectó a una canaleta que conduce al almacenamiento del agua captada. En base a los resultados el autor concluyó que el potencial de neblina en el trascurso del evento El Niño en las lomas de Ancón es mayor a las expectativas que se tiene para una temporada seca en verano, demostrando esto con el promedio de 0,94 litros/m²/día obtenido del volumen de agua capturado por los atrapanieblas.

Cuéllar (2018) con su tesis titulada “Impacto económico de la implementación de mecanismos capturadores de agua atmosférica para uso agrícola en Villa María del Triunfo”. Para el desarrollo de esta tesis el autor instaló atrapanieblas en la Asociación Agroindustrial Llanavilla en VMT con la finalidad de evaluar la viabilidad y el aporte económico del uso del agua atmosférica. Para esto identificó las fuentes, calidad y uso del agua del lugar y para poder valorizar económicamente el agua el autor tuvo que conocer el uso doméstico y agrícola. Como conclusión la mayor parte de la Asociación se abastece de agua mediante los camiones cisterna y solo de vez en cuando usan el agua de niebla para uso doméstico. Con respecto a la calidad del agua de las cisternas, el 66% considera que son de regular calidad ya que no se conoce su procedencia; el uso es, mayormente de consumo humano y para el lavado de ropa. Para el uso agrícola, las personas hacen uso del agua proveniente de los atrapanieblas y solo se usa el agua de las cisternas para este fin en los meses de verano, ya que el agua atmosférica disminuye en estos meses. Esto deja

en evidencia que el costo del agua atmosférica es menor que el agua de los camiones cisternas.

Sánchez (2018) publicó su tesis titulada “Atrapanieblas, tecnología para el atrapamiento de agua, una experiencia exitosa para las políticas públicas en el distrito de Villa María del Triunfo, Lima 2018”. Para esta investigación el autor utilizó diversas técnicas como la observación, el análisis de texto y entrevistas en el Asentamiento Humano Edén de Manantial, para analizar los datos y hallazgos el autor llevó a cabo el análisis de contenidos de las intenciones, percepciones, observación, registro de datos mediante la triangulación de datos y categorización de contenidos. Como conclusión el abastecimiento de agua de los pobladores de la comunidad de Edén de Manantial de VMT se basa en la captación de agua de la neblina. No obstante, la instalación de estos atrapanieblas significa mayor responsabilidad por parte del Estado para su mantenimiento y/o instalación, ya que esta tecnología ha tenido mucha acogida en el medio.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Estrés hídrico

Es el incremento de la relación entre las actividades antropogénicas y el agua disponible (Ávila, 2002), esto se da cuando la demanda de agua es mayor que la cantidad disponible por un período determinado de tiempo o también cuando su utilización se ve restringido por su calidad baja. Por consiguiente, se pueden conceptualizar como zonas de estrés hídrico aquellas regiones donde la disponibilidad de agua no satisface la demanda de todos los usuarios a nivel agrícola, doméstico e industrial (Pradillo, 2015).

Según el índice de Falkenmark, los valores para valorar el estado de estrés hídrico de una región, son valores globales, por lo que las cifras abarcan todos los usos del agua incluidos el uso agrícola, (Parodi, 2016). Este mismo autor menciona que el término a utilizar, si la disponibilidad de agua dulce disminuye a entre 1.700 y 1.000 m³ por persona es “estrés hídrico” y si baja de 1.000 m³ es “escasez de agua” (Falkenmark, 1993). Véase la tabla 3.

Tabla 3. *Indicador de estrés hídrico.*

GRADO DE DISPONIBILIDAD	DISPONIBILIDAD (m³/hab/año)
Escasez absoluta de agua	D < 500
Escasez de agua	500 < D < 1.000
Estrés hídrico	1.000 < D < 1.700
Disponibilidad baja	1.700 < D < 5.000
Disponibilidad media	5.000 < D < 10.000
Disponibilidad alta	D > 10.000

Fuente. Falkenmark, 1993.

A. El estrés hídrico en el contexto internacional

El estrés hídrico forma parte de los principales desafíos del siglo XXI ya que varias sociedades en todo el mundo se están enfrentando a esto. En Estados Unidos, la administración por la falta de agua fue durante mucho tiempo motivo de preocupación presenciado en la política pública de estados como California y Arizona. Uno de cada cinco habitantes (alrededor de 1.100 millones de personas) de los países en desarrollo a comienzos del siglo XXI, no tiene acceso a agua limpia (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2006).

El uso promedio de agua es de 575 litros en Estados Unidos y alrededor de 200 y 300 litros diario por habitante en la mayor parte de los países europeos. En Phoenix (Arizona), ciudad desértica de EEUU, los habitantes utilizan en promedio más de 1.000 litros de agua al día, ya que poseen una gran extensión de áreas verdes. Más por el contrario, en países como Mozambique el uso promedio del agua es menos de 10 litros al día. En conclusión las personas que no disponen de acceso al agua potable en los países en desarrollo, utilizan en menor cantidad el agua (PNUD, 2006).

El consumo mínimo es de 20 litros al día de una fuente de agua con una distancia mínima a un kilómetro del hogar, dicho dato está mencionado en las Normas Internacionales establecidas por los organismos como la Organización Mundial de Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). Con respecto a las necesidades básicas del agua una gran parte de la población mundial está por debajo del límite de forma temporal como también permanente. Hay en promedio alrededor de 1.100 millones de habitantes que viven a más de un kilómetro de una fuente de agua y que hacen uso diariamente por debajo de 5 litros de agua de baja calidad. En la figura 2 se puede destacar que los países como Sudáfrica, América, Europa y la India tienen una calificación de -80% que corresponde a un estrés hídrico extremadamente alto (PNUD, 2006).

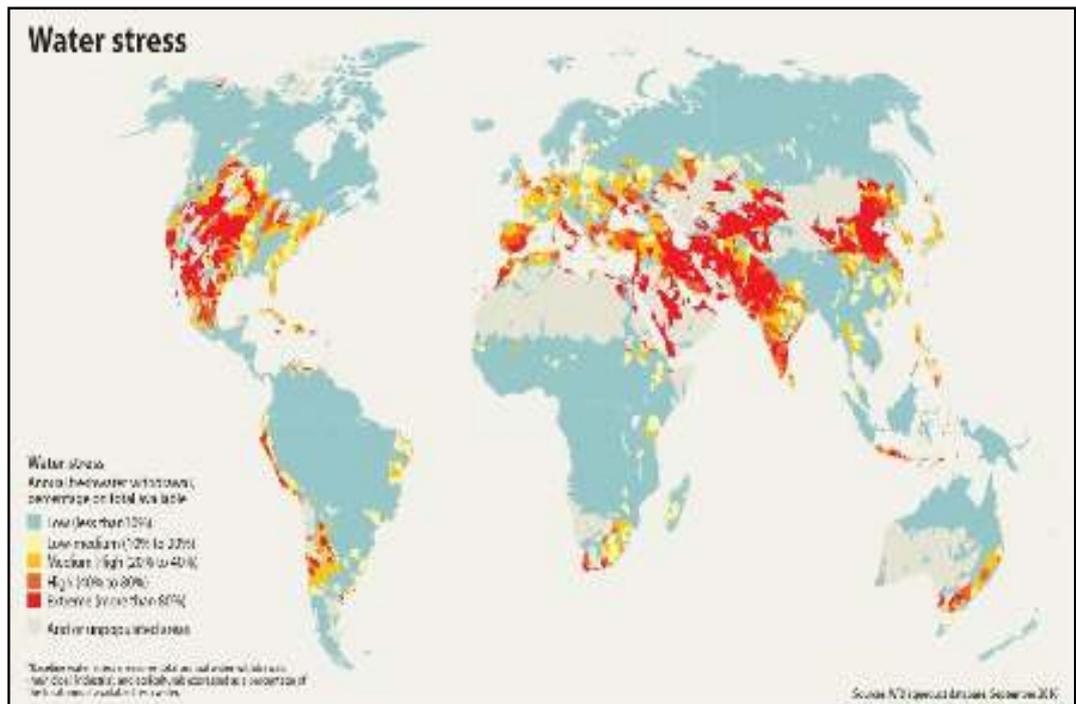


Figura N°2. Mapa del estrés hídrico a nivel mundial (Bompan, Fragapane, Iannelli y Pravettoni, 2017).

B. Estrés hídrico en el contexto nacional

El Perú se sitúa entre los países con más probabilidad de carencia de agua dulce para el 2040, como se puede observar la situación de Perú es preocupante, pues sumado a esto, Perú tiene una valoración dentro del rango de -40% y -80%, que concierne a un estrés hídrico alto (Servindi, 2016).

El Perú se ubica en el puesto 17 a nivel mundial según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), con respecto a la cantidad de agua disponible por persona y en el puesto 14 según el Banco Mundial, con respecto al acceso del agua a nivel de América Latina, pero este panorama puede empeorar (Servindi, 2016).

El puesto que ocupa nuestro país se debe a la descomposición demográfica y a la administración inadecuada e insuficiente del agua en nuestro país según Armando Guevara Gil, miembro del grupo de investigación en Derecho Ambiental del INTEPUCP y del Instituto Riva Agüero. Este mismo autor sostiene que, "aunque el Perú se ubica dentro

de los 20 países más ricos del mundo con respecto a la disponibilidad agua, porque tenemos una oferta hídrica privilegiada, experimentaremos un severo estrés hídrico para el año 2025". Los datos de densidad poblacional en Lima Metropolitana también influyen en el estrés hídrico. Dichos datos muestran la constancia del fenómeno de centralización de la población en la capital del Perú, así como las migraciones internas, lo que se evidencia en una tasa de crecimiento poblacional del 2,1% en Lima Metropolitana a diferencia del 1,6% al nivel nacional (Plan Nacional de Recursos hídricos del Perú [PNRHP], 2013).

La demanda de agua total estimada para el Perú es de 49.717,97 hm³/año, de los que 26.080,71 hm³/año (52%) corresponden a usos consuntivos (usos extractivos) y 23.637,26 hm³/año (48%) a usos no consuntivos (usos no extractivos) véase la figura 3.

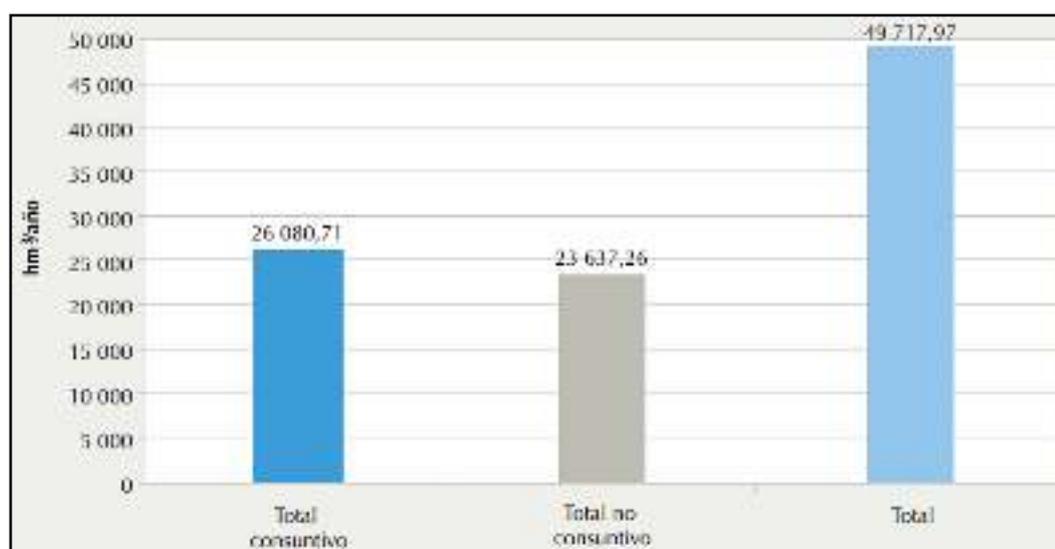


Figura N° 3. Demanda de agua nacional: consuntiva, no consuntiva y total (PNRHP, 2013).

La disminución de la oferta de agua en el Perú se da por la colmatación de los embalses, la pérdida de cobertura vegetal, la deforestaciones en la cabecera de cuencas y la sobreexplotación de acuíferos en las cuencas del Pacífico, obteniendo 492 hm³/año en el año 2010 (PNRH, 2013).

Tabla 4. Ciudades con más estrés hídrico en el mundo.

Urban agglomeration	Country	Population (2010)	Sources
Tokyo	Japan	36,933,000	Surface (WG)
Delhi	India	21,935,000	Surface (WBM, WG), Ground
Mexico City	Mexico	20,142,000	Ground (stress), Surface
Shanghai	China	19,554,000	Surface (WBM, WG), Ground
Beijing	China	15,000,000	Ground (stress), Surface
Kolkata	India	14,283,000	Surface (WBM, WG), Ground
Karachi	Pakistan	13,500,000	Surface (WBM, WG), Ground
Los Angeles	United States	13,223,000	Surface (WBM, WG), Ground
Rio de Janeiro	Brazil	11,867,000	Surface (WG)
Moscow	Russia	11,472,000	Surface (WBM, WG), Ground
Istanbul	Turkey	10,953,000	Surface (WG), Ground
Shenzhen	China	10,222,000	Surface (WG)
Chongqing	China	9,732,000	Surface (WBM), Ground
Lima	Peru	8,950,000	Surface (WG), Ground (stress)
London	United Kingdom	8,923,000	Surface (WBM, WG), Ground
Wuhan	China	8,904,000	Surface (WBM, WG)
Tianjin	China	8,535,000	Surface (WBM, WG), Ground
Chennai	India	8,523,000	Surface (WG), Ground
Bangalore	India	8,275,000	Surface (WG), Ground
Hyderabad	India	7,578,000	Surface (WBM, WG), Ground

Fuente. Águeda, 2014.

En la tabla 4 se muestran las primeras ciudades con más estrés hídrico en el planeta (WBM y WG se refieren a los modelos utilizados para calcular el estrés hídrico en las ciudades).

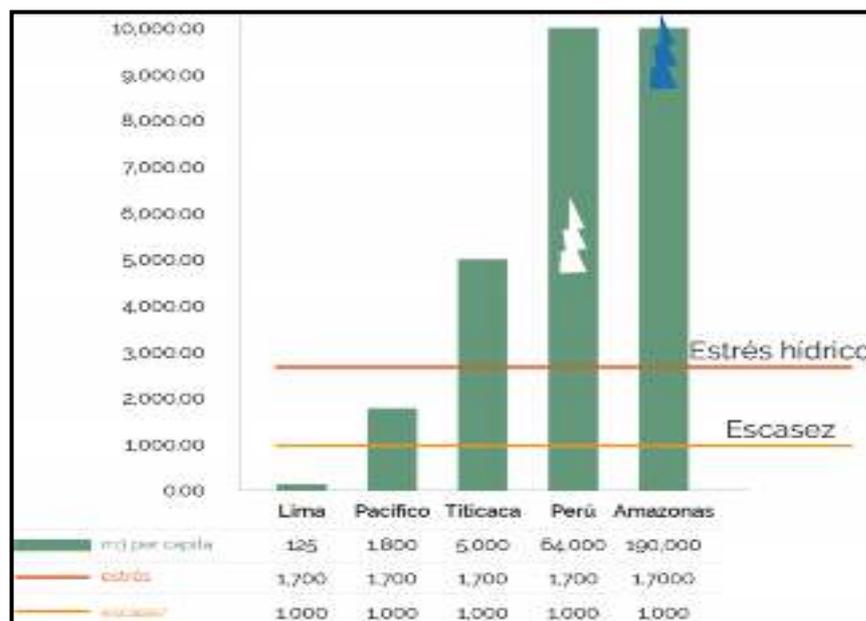


Figura N° 4. Estrés hídrico en Lima (Zegarra, 2018).

En la figura 4 se puede observar que Lima está muy por debajo del límite de estrés hídrico, contando tan solo con 125 m³/habitante/año.

2.2.2. Huella hídrica

La huella hídrica (HH) es un indicador del consumo de agua dulce y la contaminación del mismo, que incluye las dimensiones directa e indirecta. Su concepto fue incluido por primera vez en el año 2002 por el Dr. Arjen Hoekstra y desde entonces es publicado por la organización Water Footprint Network (WFN) (Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Mekonnen, 2011).

Según Hoekstra, et al. (2011), la HH es un indicador multidimensional, compuesto por variables que se conceptualizan de la siguiente manera:

- Huella hídrica azul, se define como el consumo de los recursos hídricos (agua dulce) de la superficie o de la parte subterránea, en todos los procesos de producción de un producto. Consumo se define como la pérdida de agua en cuerpos de agua disponibles en la superficie o en la parte subterránea. La pérdida se da cuando el agua es utilizado en un producto, cuando se evapora y no regresa a la misma cuenca o cuando desemboca en el mar.
- Huella hídrica gris, se define como la contaminación del agua y se refiere al volumen de agua dulce que se necesita para disminuir una carga de contaminantes por debajo de los estándares ambientales de calidad de agua.
- Huella hídrica verde, se define como el consumo de agua verde es decir agua de lluvia que no llega a convertirse en escorrentía y que se utiliza para el riego de campos agrícolas.

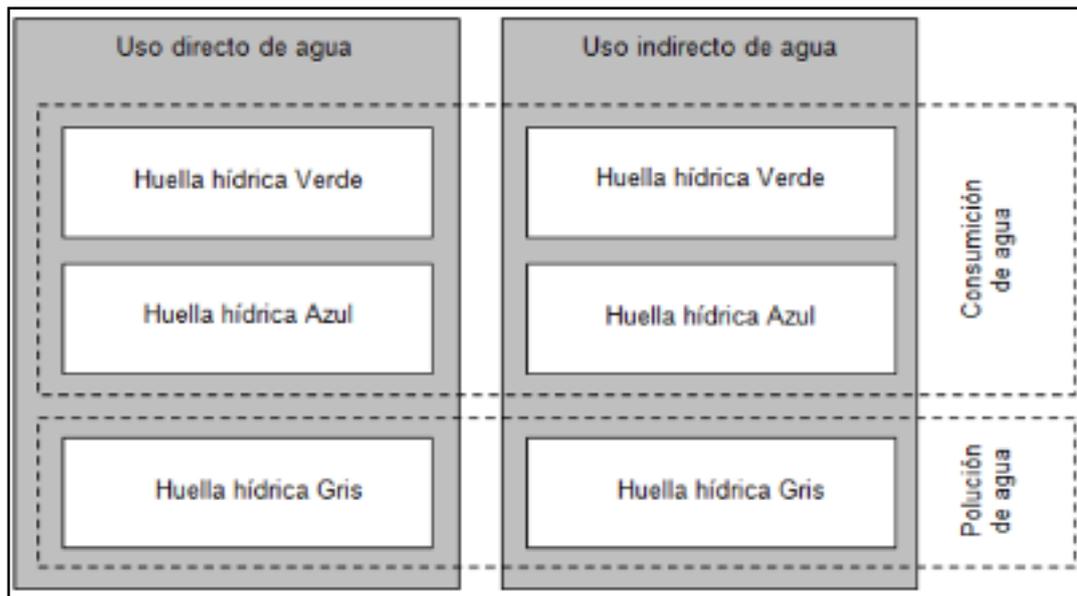


Figura N° 5. Representación esquemática de los componentes de la huella hídrica (Hoekstra, et al., 2011).

Por otro lado, la huella hídrica indirecta, que abarca a los tres componentes de la huella anteriormente citados, se define como el volumen de agua que se contamina o incorpora en todos los procesos de producción de un producto. Un ejemplo de ello es la producción del vino. Durante el crecimiento y el cultivo de la uva se consume y se contamina agua, que sería la HH Indirecta de la producción del vino. Para la aplicación de la HH se deben seguir los siguientes procesos según Hoekstra, et al. (2011).

- Determinar objetivos y alcances: El primer paso para la evaluación de HH es el reconocimiento de límites y alcances que son parte del plan de cuantificación. Estos alcances son establecidos por las unidades que están contenidos en la evaluación y la clase de huella hídrica que se cuantificarán, las cuales deben ser claramente explicadas.
- Cálculo de la huella hídrica: El segundo paso es la reunión de datos y reconocimiento de fuentes. Igualmente, es crucial tener en cuenta la metodología que se debe utilizar para el cálculo de las huellas. La reunión de datos posiblemente es la etapa que más tiempo tarda por lo que se debe hacer el reconocimiento de las fuentes de datos para

obtener la información más verídica posible. Asimismo, se debe hacer el reconocimiento de fuentes bibliográficas que confirmen los datos obtenidos y permitan evaluar datos faltantes (véase la tabla 5).

Tabla 5. Información y fuentes para cada una de las huellas hídricas.

Huella hídrica	Información	Fuente	Forma de estimación
Azul	Facturación mensual de agua (m ³)	Facturas emitidas mensualmente por la empresa de agua potable y saneamiento	Consumo per cápita por funcionario estimado con datos de otras unidades.
	Identificación y uso de fuentes por parte de los funcionarios	Encuestas a los funcionarios y visitas	Valores promedio de evaluaciones anteriores tomando en cuenta que las fuentes que siempre se utilizarán en una oficina son el inodoro y el lavamanos. Si tiene actividades operativas se puede buscar información para incluir o excluir las duchas
	Uso de agua en procesos operativos, así como el porcentaje de evaporación e incorporación.	Datos propios de la unidad y visitas y datos bibliográficos (WFN).	Características estándares de actividades operativas tomadas en cuenta. Características técnicas de equipos utilizados

Huella hídrica	Información	Fuente	Forma de estimación
Gris	Concentración de afluente por parámetros.	Datos monitoreados por las empresas de agua potable. Resultado de laboratorios, datos bibliográficos.	Datos bibliográficos de calidad de agua potable. Concentración de agua potable de ciudades con características similares
	Concentración de efluente por parámetros.	Resultado de laboratorios y datos bibliográficos	Datos bibliográficos de calidad de efluentes administrativos u operativos.
	Concentración máxima establecida por ley por parámetros.	Normativa local en materia hídrica.	Parámetros de otros países que tengan similitud con la normativa del país.
	Concentración natural de afluente por parámetros.	Informes de monitoreo en la cabecera de la cuenca evaluada.	Concentración de parámetros establecidos por bibliografía local.
	Superficie de cobertura de áreas verdes	Datos del Gobierno Municipal	Datos locales de superficie de áreas verdes de años pasados. Información sobre el crecimiento o decrecimiento de áreas verdes.

Huella hídrica	Información	Fuente	Forma de estimación
Verde	Superficie de cobertura de áreas verdes	Datos del Gobierno Municipal	Datos locales de superficie de áreas verdes de años pasados. Información sobre el crecimiento o decrecimiento de áreas verdes.
	Tipo de cobertura de áreas verdes	Datos del Gobierno Municipal	Dependiendo de las características de la superficie se puede asumir un porcentaje de cobertura de pasto y arbustos. En áreas verdes que separan avenidas, el 90% será cobertura verde de pasto y el restante de arbustos y flores.
	Datos de CROPWAT	CROPWAT (FAO)	El programa presenta una base de datos que se puede utilizar para usar los parámetros más cercanos a la realidad para obtener los resultados. Se pueden utilizar datos de evaluaciones anteriores.

Fuente. Hoekstra, et al. 2011.

- Análisis de la sostenibilidad de la huella hídrica: el tercer paso es la evaluación de la sostenibilidad de la huella hídrica que se la realiza a nivel de ciudad.
- Respuesta de la huella hídrica: el último paso es la formulación de respuesta, que se da a nivel de ciudad y que se produce al finalizar la etapa del cálculo de la huella hídrica, que requiere el punto de vista de los tomadores de decisiones, técnicos, etc. para la precisión de metodologías orientadas a disminuir la huella hídrica de la ciudad que se está evaluando. Lo que requiere proyectos a largo, mediano y corto plazo con diferentes niveles de costo, que pueden conformar un historial de proyectos para dicho el gobierno municipal.

A. Huella hídrica en el contexto nacional y distrital

Lima tiene varios retos para asegurar la demanda de agua. La geografía de la ciudad de Lima, ya que está ubicada en una zona árida y con un nivel de estrés hídrico típico de la región, son algunas de las dificultades que ponen en riesgo el abastecimiento del agua con respecto a su cantidad y calidad. Lima utiliza el agua que emana de las cuencas de los ríos Lurín, Chillón y Rímac, siendo el río Rímac el primer recurso de agua y además la cuenca más deteriorada con respecto a temas ambientales. Desde antaño, el agua de estas fuentes no cubren las necesidades de la ciudad de Lima por lo que adicionalmente se usa el trasvase de aguas del río Mantaro (AQUAFONDO, 2018).

La huella hídrica directa total de Lima Metropolitana es de 6 398'458.038 m³ para la gestión 2012, y está compuesta por un 99% de huella hídrica gris, 1% de huella hídrica azul y menos del 1% de huella hídrica verde. (Servicios Ambientales S.A., 2014).

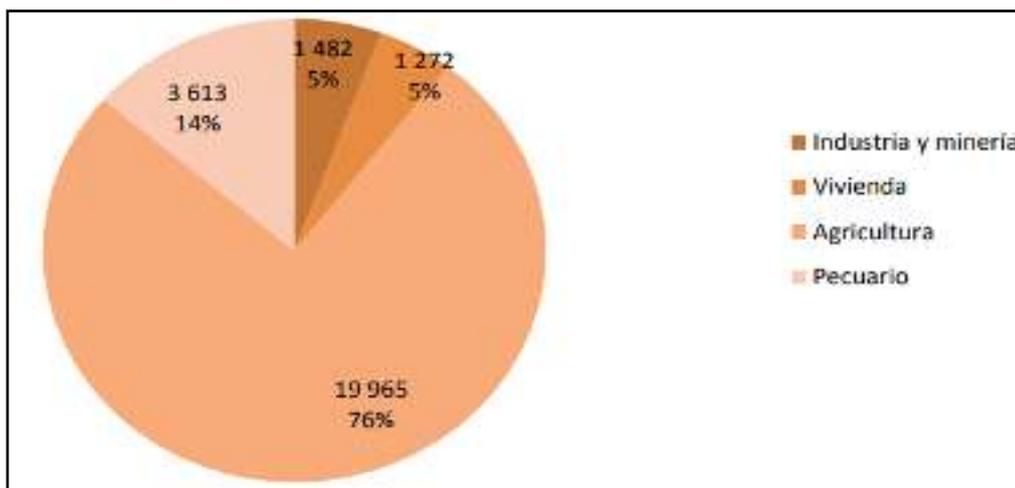


Figura N° 6. Huella hídrica de la producción nacional en $\text{hm}^3/\text{año}$ (ANA, 2016).

El sector agropecuario es el sector que más agua consume en el Perú, como en muchos países del mundo, tanto para la crianza del ganado como para la producción de cultivos, dando como resultado un total de 90% de la huella hídrica del Perú el cual es un total de $26.332 \text{ hm}^3/\text{año}$ (Figura 6).

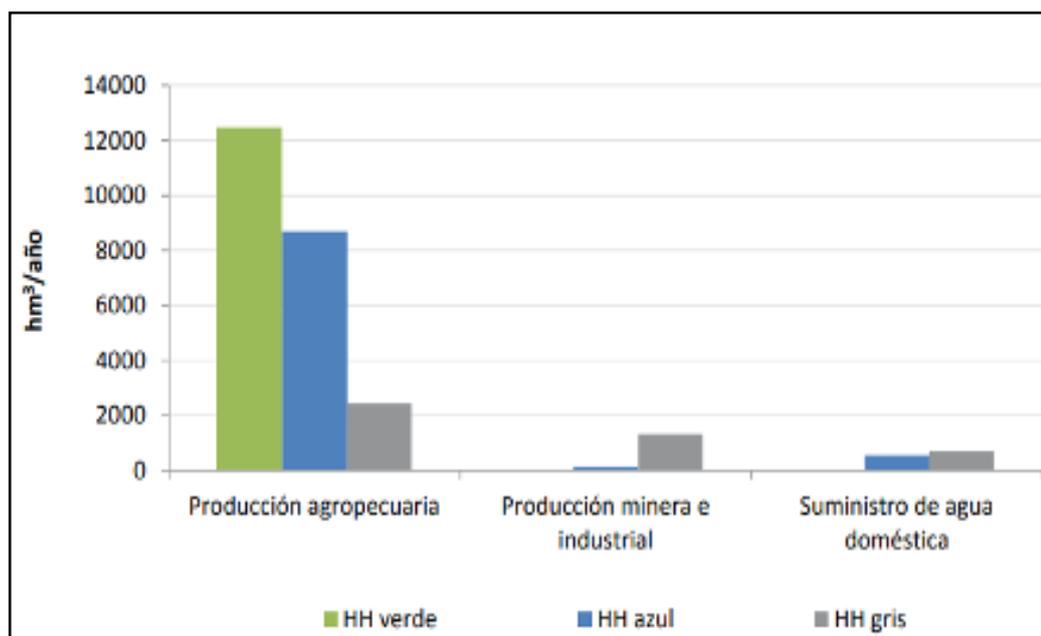


Figura N° 7. Huella hídrica de la producción nacional por tipo y sector de agua (ANA, 2016).

En la figura 7 se puede notar que el sector agropecuario es el sector que posee mayor huella hídrica azul y el único con huella hídrica verde. El segundo con más huella hídrica azul es el sector doméstico, esto, debido al suministro de agua potable. Además se puede observar que el sector minero e industrial posee una parte pequeña del total a nivel nacional de la huella hídrica azul. En el caso de los usos domésticos minero e industrial, se debe señalar que una gran porción de agua utilizada en la producción es regresada al sistema, siendo juzgada como agua gris (ANA, 2016).

Tabla 6. Datos generales de la huella hídrica de Lima Metropolitana

Año de evaluación	2012
Población (hab)	8'890.792
Huella hídrica (m ³ /año)	6 398'458.039
Huella hídrica per cápita (m ³ /hab./año)	720

Fuente. Servicios ambientales S.A., 2014.

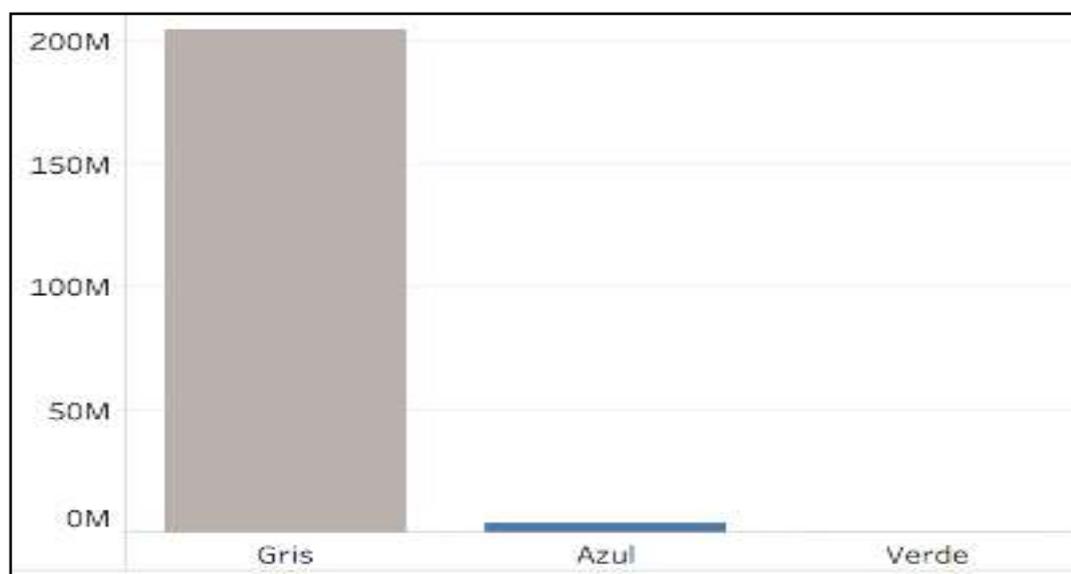


Figura N° 8. Huella hídrica de Lima Metropolitana por tipo de huella (m³/año) (Servicios ambientales S.A., 2014).

Tabla 7. Datos de la huella hídrica de Lima Metropolitana por tipo de huella y por sector

Sector	Tipo de huella	Huella hídrica m ³ /año
Residencial	Residencial - Azul	1'788.484
	Residencial – Gris	175'097.685
	Residencial - Total	176'886.168
Comercial	Comercial - Azul	986.385
	Comercial - Gris	9'339.268
	Comercial - Total	10'325.653
Industrial	Industrial - Azul	292.854
	Industrial - Gris	19'669.441
	Industrial - Total	19'962.295
Público	Público - Azul	461.704
	Público - Gris	498.918
	Público - Verde	175.381
	Público - Total	1'136.003

Fuente. Servicios ambientales S.A., 2014.

Tabla 8. Huella hídrica Nacional del Perú

HH nacional (hm ³ /año)	HH verde	HH azul	HH gris	HH total
HH de producción	12.447	9.403	4.482	26.332
HH de exportación	3.276	1.616	519	5.414
HH de importación	9.542	572	1.145	11.259

Fuente. ANA, 2016.

En la tabla 8 se contemplan las cantidades de la huella hídrica azul gris y verde, que conforman la huella hídrica nacional con respecto a la producción y el comercio la cual hace referencia a la importación y a la exportación (ANA, 2016).

Según AQUAFONDO en el año 2016 la huella hídrica azul directa (HH Azul) total para los ciudadanos de Lima fue de 638 MMC. Es decir, 638 MMC se extrajeron de la cuenca y usados por el sector comercial,

residencial, público, agricultura e industrial y en consecuencia, no pudo ser usado por otros usuarios. Además se puede decir que, el sector residencial es el primer consumidor de agua de Lima con un 54%, el segundo es el sector comercial e industrial cada uno con 15%, sector agricultura con 9% y por último el sector público con 7%. Por otro lado, en el año 2016, la huella hídrica gris directa (HH Gris) total de los habitantes de Lima fue de 1.768 MMC que es más del doble del volumen de agua que trae el río Rímac al año y que dicha cantidad sería requisito para disminuir los contaminantes a un nivel aceptable. El 97% de esta HH Gris es por el sector residencial e industrial. En el sector industrial, el principal problema es la baja calidad del agua que es devuelta al río. En el sector residencial, el principal problema es el alto volumen de efluentes que se generan en los hogares.

Finalmente AQUAFONDO junto con la colaboración de la Autoridad Nacional del Agua, Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima y la Cooperación Alemana para el Desarrollo, dieron a conocer los siguientes resultados sobre la sostenibilidad de la huella hídrica azul directa para la ciudad de Lima: el 57% del agua azul (agua dulce en promedio anual) disponible para la ciudad disminuye en una forma irrecuperable a través de evapotranspiración, incorporación en productos, evaporación o descarga al océano luego del uso. En conclusión, los resultados demuestran que la ciudad de Lima está en una situación de estrés hídrico severo en todo el año. Por lo consiguiente, la huella hídrica azul directa no es sostenible en ninguno de los meses del año (AQUAFONDO, 2018).

2.2.3. Tecnología de los atrapanieblas

Esta tecnología tiene sus inicios en Chile, el inventor de este particular instrumento es Carlos Espinoza, profesor de la Universidad Católica del Norte. Dicha tecnología está encargada de reunir y aprehender las pequeñas gotas de la niebla, dejando el agua disponible para ser utilizada y almacenada (Escusa y Rojas, 2016). En la figura 9 se puede apreciar el diseño de un atrapaniebla.

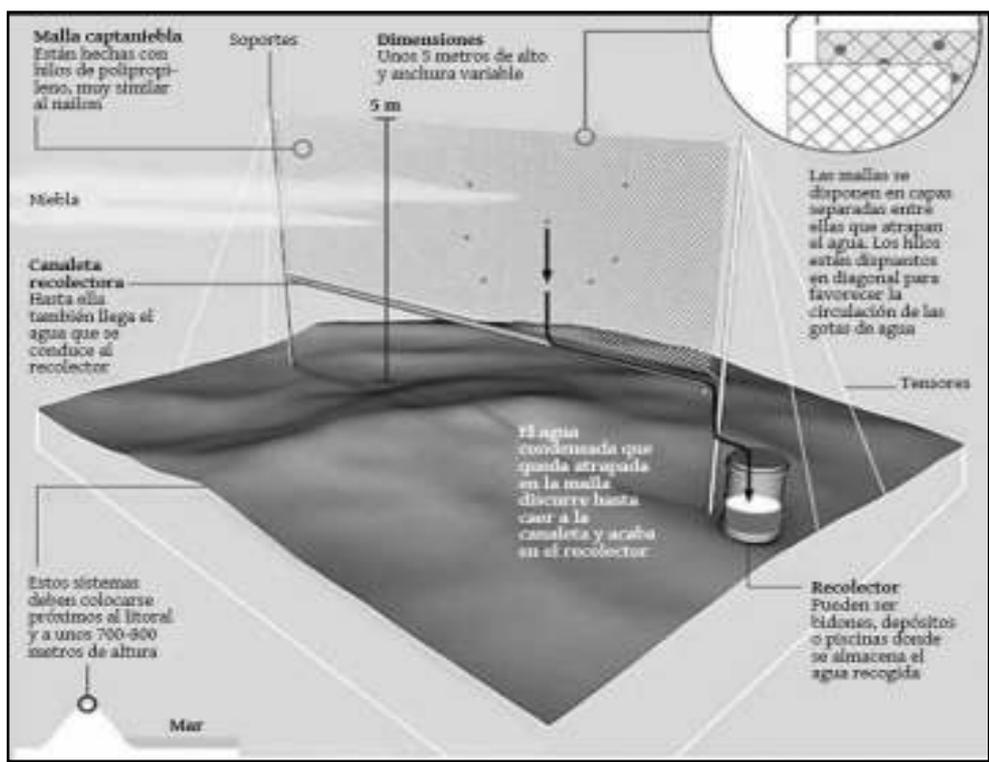


Figura N°9. Diseño de un atrapaniebla (Escusa y Rojas, 2016).

El atrapanieblas consiste en una malla que atrapa las gotitas de agua de la niebla, una estructura que la soporta y una canalita en la parte inferior de la malla, por donde el agua escurre por gravedad. A su vez, la composición de un Sistema de Captación de Agua (SCAN) es: un sistema de conducción del agua a los estanques de almacenamiento y un sistema de conducción desde estos estanques hasta el o los lugares de consumo y los atrapanieblas. La niebla es irregular y el tiempo de niebla casi no coincide con las necesidades de consumo, debido a esto es necesario el almacenamiento de agua. El almacenamiento puede ser de largo plazo, considerando el período anual o de corto plazo para remplazar las diferencias entre captación de agua y consumo en períodos de una semana o un mes, (Rivera y Holmes, 2014).

La eficacia de colección se define como la fracción del agua que contiene la niebla que llega al estanque de almacenamiento, además es un factor de importancia, que también influye en el costo del agua cosechada.

Por otra parte, las mallas de los atrapanieblas pueden estar hechas de cualquier material que soporte la radiación solar, como también la intemperie del lugar. Sin embargo la malla raschel es lo que más se ha

utilizado hasta la actualidad, porque es más resistente y tiene un mejor comportamiento aerodinámico, esta malla está diseñada con hilos de polietileno de algunas décimas de milímetro de espesor y aproximadamente 2 milímetros de ancho. La característica más importante de la malla es el porcentaje o coeficiente de sombra. Si este porcentaje es muy grande la malla es muy tupida, la captura de agua será baja y poca niebla pasará a través de ella. Si este porcentaje es muy pequeño, la captura también será baja y pocas gotitas de niebla tocarán con los hilos de polietileno. La mejor eficiencia se obtiene con un porcentaje de sombra del 55%. Existen dos tipos de atrapanieblas, las bidimensionales y las tridimensionales (véase la figura 10 y 11), la primera están instaladas en diferentes lugares del mundo y consiste en un trozo de malla raschel u otro material, encuadrada entre dos postes, con el propósito de que se ubique perpendicularmente con respecto a la dirección del viento, la segunda son muy poco comunes y a pesar de que algunos están siendo comercializados, la mayoría son proyectos experimentales que proponen soluciones de innovación para aumentar la eficiencia del rendimiento de la captura de agua de niebla y en otros casos, optimizar la estabilidad de la estructura debido a los fuertes vientos. Estos aún necesitan de una verificación más exacta de sus resultados (Rivera y Holmes, 2014).



Figura N° 10. Atrapaniebla bidimensional (Rivera y Holmes, 2014).



Figura N° 11. Atrapanieblas tridimensional (Rivera y Holmes, 2014).

En las zonas con mayor potencial de presencia de neblina, es económicamente viable la obtención de agua, ya que las condiciones son favorables (Dvorquez, Paredes, Julio y Alarcón, s.f).

Para la ubicación de atrapanieblas se tiene que realizar previamente el estudio teórico, cartográfico y de terreno del lugar con potencial de captura de niebla.

- **Cantidad de agua que captan los atrapanieblas**

La medición del flujo de captación de agua por un atrapanieblas mayormente es en litros por día en promedio anual (litros/día/m²). Este resultado depende del diseño del atrapanieblas, las condiciones climáticas, la orientación del atrapaniebla y su lugar de instalación. Para valorar la cantidad de niebla capturada por un atrapaniebla, se debe determinar qué porcentaje capta el atrapanieblas del total de agua que hay en la niebla. La eficiencia de colección (η) se conceptualiza como el flujo de agua captado por el atrapanieblas (C), dividido por el flujo de agua disponible (C_{avail}) que pasaría por el área del atrapanieblas si éste no estuviese presente (Véase la ecuación 1) (De La Jara y Boeuf, 2014).

$$\eta = \frac{C}{C_{avail}} \quad (1)$$

Tabla 9. *Ventajas y desventajas de los atrapanieblas.*

Ventajas	Desventajas
Fabricación e instalación relativamente sencilla y económica a diferencia de otras tecnologías de captación de agua, luego de los estudios previos de factibilidad.	La recolección de agua no es constante durante todos los meses del año, ya solo se puede recolectar agua en época de invierno, mas no en época de verano.
No se limitan a la captación de nieblas, sino también a la lluvia y rocío entre otros.	Si se instalan los atrapanieblas en zonas muy cercanas a los hogares, cabe la posibilidad de la introducción de partículas en el agua recolectada, como por ejemplo metales pesados, producto de la quema de residuos.
No requiere de energía eléctrica para su funcionamiento.	Posibilidad de daño a la malla raschel y a los soportes, producto de los fuertes vientos, lo que conlleva a una pérdida económica para el consumidor.
No requiere de mucho mantenimiento, solo para verificar el estado de la tensión de los sujetadores y el estado d la malla raschel.	No se puede instalar en cualquier lugar, ya que este lugar tiene que estar ubicado a partir de 500 metros sobre el nivel del mar y cercano al mar, debido a la presencia de niebla en el lugar.
Representa una nueva fuente de agua a los pobladores de zonas cercanas a la instalación de los atrapanieblas, como consecuencia representa un ahorro económico para el consumidor.	
la instalación de los atrapanieblas es socialmente aceptada.	

Fuente. Elaboración propia con información de De La Jara y Boeuf, 2014.

2.2.4. Déficit hídrico

Déficit hídrico es la diferencia acumulada entre precipitación durante un período determinado y evapotranspiración potencial siendo la precipitación la menor de las dos variables (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA). Además se considera como disponibilidad de agua dulce baja, a partir de 1.000 m³/habitante/año a menos (Falkenmark, 1993).

A. Déficit hídrico a nivel mundial

Alrededor de 844 millones de personas no tienen acceso a agua limpia y además tienen dificultades para cubrir las necesidades más básicas de la vida, esto lo manifestó el Estado Mundial del Agua en el 2018. Todo desplazamiento que demore más de 30 minutos de ida y vuelta de la fuente de agua al hogar no es considerado acceso. En consecuencia, países como Uganda y el Níger se incluyen ahora entre aquellos con los más bajos índices de acceso (Wheeler, 2018).

El 71% de la población mundial o alrededor de 5.200 millones de personas tenía acceso al agua administrada de manera segura, es decir tratada para su potabilidad, canalizada hasta sus hogares y disponible las 24 horas del día y siete días a la semana. Otros 1.300 millones de personas disponían del servicio de agua básico, es decir agua de lluvia, agua corriente, manantiales protegidos, pozos profundos y agua envasada o suministrada a una distancia entre ida y vuelta inferior a 30 minutos (Wheeler, 2018).

Los países con el porcentaje más bajo de acceso al agua se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 10. Países con % de agua con acceso a agua limpia cerca del hogar.

Puesto	País	% con acceso básico
1	Eritrea	19
2	Papua Nueva Guinea	37
3	Uganda	38
4	Etiopía	39
5	República Democrática del Congo	39
6	Somalia	40
7	Angola	41
8	Chad	43
9	Níger	46
10	Mozambique	47

Fuente. Wheeler, 2018

Como se puede observar en la Tabla 10, Eritrea encabeza la lista, ya que tan solo el 19% de esta nación dispone de acceso a agua limpia cerca al domicilio. Papúa Nueva Guinea ocupa el segundo lugar como peor país del mundo en este aspecto. El tercer puesto corresponde a Uganda debido a que la mayor parte de la población recorre distancias largas para conseguir agua. Níger se encuentra en el noveno puesto, con un 46% de la población que dispone de acceso a agua limpia cerca del hogar además el 41% de las personas más pobres de este país disponen de agua limpia y el 72% de las personas más ricas de este país disponen de agua limpia. Las Naciones Unidas lo clasificó como segundo país menos desarrollado del mundo y además el 44% de la población vive en situación de pobreza (Wheeler, 2018).

Los diez países con menor número de población con acceso a agua limpian cerca del hogar se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Países con menor número de personas con acceso a agua cerca del hogar

Puesto	País	Número de personas sin acceso
1	India	163.105.959
2	Etiopía	60.504.853
3	Nigeria	59.498.110
4	China	57.545.973
5	República Democrática del Congo	46.879.641
6	Indonesia	26.982.307
7	Tanzania	26.840.407
8	Uganda	23.840.407
9	Pakistán	21.640.293
10	Kenya	19.130.780

Fuente. Wheeler, 2018

En el primer lugar de la lista se ubica la India, a pesar de que este es uno de los países del mundo que más ha avanzado con respecto a la disposición de agua limpia, además esta nación hace frente a diferentes problemas debido al descenso de la capa freática, la demanda de los sectores agrícola e industrial, la sequía, la administración deficiente de los recursos hídricos y la contaminación. Tanzania entra en la lista ya que el 13% de sus habitantes tiene que recorrer una distancia mayor a 30 minutos para disponer de agua limpia y el 37% hace uso de fuentes inseguras (Wheeler, 2018).

Los países donde más ha aumentado el porcentaje de población con acceso al agua se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Países de mayor aumento de población con acceso al agua

Puesto	País	Acceso en 2000	Acceso en 2015	Cambio porcentual (%)
1	Afganistán	27,1%	62.9%	35,8
2	Laos	45,8%	80.5%	34,7
3	Yemen	42,7%	70.4%	27,7
4	Mozambique	22,2%	47.3%	25,1
5	Malí	49,2%	74.3%	25,1
6	Paraguay	75%	98.9%	23,9
7	Camboya	52,4%	75%	22,6
8	Etiopía	16,7%	39.1%	22,4
9	Nigeria	46,1%	67.3%	21,2
10	Sierra Leona	38,7%	58.1%	19,4

Fuente. Wheeler, 2018.

Como se puede observar en la tabla 12, pese a su inestabilidad política, Afganistán lidera esta lista. En este país se ha logrado ampliar el acceso al agua limpia, gracias a las intensas labores de reconstrucción y pese a los problemas que pasaron. Además, antes de la guerra civil en el 2015, en Yemen se realizó progresos. Por otro lado, tanto Laos como Camboya simbolizan los progresos del sudeste de Asia donde el desarrollo y el crecimiento económico han posibilitado que muchos habitantes dejen de ser de bajos recursos, sin embargo, continúa el problema del acceso de agua por los ingresos económicos, ya que el 95% de los más acaudalados del país tienen agua limpia, mientras que entre los más necesitados únicamente el 61% disponen de agua limpia. En Malí, la inseguridad alimentaria se ha incrementado debido al rápido crecimiento demográfico y la sequía además se estima que, en la estación seca del presente año, 4,1 millones de habitantes serán perjudicados por la falta de alimentos. En el noveno puesto se ubica Nigeria, un país de medianos ingresos que posee los ingresos mayores de África Subsahariana. Sin embargo, dicho país tuvo problemas para canalizar agua limpia y saneamiento a sus habitantes. A pesar de que la disponibilidad de agua mejoró de manera relevante en los últimos 15 años, los datos muestran que esa mejora beneficia

principalmente a los más acaudalados ya que únicamente el 30% de los más necesitados del país disponen de agua limpia cerca de sus domicilios.

B. Déficit hídrico en Lima Metropolitana y Callao

En los periodos de estiaje, el déficit hídrico de Lima Metropolitana es de 3,3 m³/s, cifra que no considera a cerca de 800.000 limeños, los de menos recursos, y que además no cuentan con suministro de la red de agua potable y se ven forzados a pagar un costo excesivo por el agua (Gonzales, 2016).

La estabilidad entre la creciente demanda de agua y la oferta de la ciudad de Lima, ocurre a expensas de las personas sin acceso a la red de agua potable y de las condiciones ambientales de la ciudad. Debido a esto es que la demanda actual tendrá que ser abastecido por la extracción total o parcial del caudal ecológico de 2m³/s del río Rímac, por la explotación excesiva del acuífero de Lima y por el reducido suministro de 30 litros/día por cada persona sin acceso a la red. A menos que se decida optar por otras fuentes de agua como el reúso de las aguas residuales o mitigar la merma de agua de la ciudad. El problema hídrico futuro de Lima tendrá que ser abastecida por onerosos trasvases de la cuenca del río Mantaro cambiando la estabilidad hídrica de la cuenca aledaña (Gonzales, 2016).

El 8% de la población de Lima no dispone de acceso al agua potable, según manifestó SEDAPAL en el 2014. Dicha población se ve forzada a costear el agua hasta diez veces más del valor normal y habitualmente en condiciones poco saludables.

La escasez de agua en Lima es severa, según lo refiere la Autoridad Nacional del Agua (ANA). El uso ineficaz del agua sumado al crecimiento demográfico empeora el problema, por lo que el objetivo de Lima es abastecer las necesidades de agua y energía de sus habitantes, de su industria y de su sector agrícola. Existe la probabilidad que la demanda de agua aumente por el crecimiento económico y por el aumento demográfico. Por otro lado, la ANA informa que la cuenca del río Rímac tiene un déficit hídrico de junio a noviembre y en los meses diciembre a mayo tiene un

superávit, así pues la comparación entre la demanda hídrica y la oferta da como resultado un anual de 146,92 hm³/año (ANA, 2010).

El río Rímac tiene un caudal promedio anual de 31 m³/s para el abastecimiento de agua y afronta problemas para abastecer las necesidades de energía y agua potable de los sectores industrial y doméstico, además el crecimiento demográfico depende de este río. Por otro lado la brecha de abastecimiento de agua para los habitantes de Lima proyectada para el 2030 para las épocas de estiaje será de 11,69 m³/s y para el 2040 será de 13,48 m³/s (Gonzales, 2016).

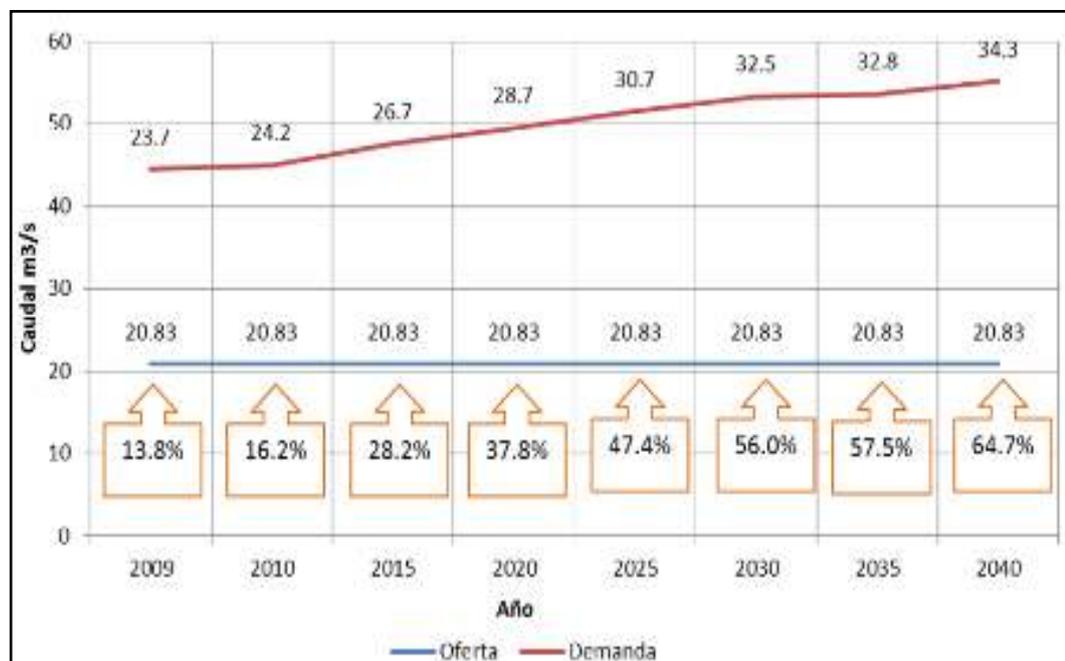


Figura N° 12. Proyección de la oferta y la demanda actual de agua para la ciudad de Lima (Gonzales, 2016).

La figura 12 señala la proyección del aumento de la brecha hídrica para el suministro de agua de Lima Metropolitana y Callao si y solo si no se incrementa la oferta de fuentes de agua para Lima.

2.2.5. Marco legal

El marco legal que sustenta la presente investigación es la siguiente:

A. Ley de Recursos Hídricos – Ley 29338

Comprende el agua continental, superficial, subterránea y los bienes asociados a esta. Reglamenta el uso y el manejo de los recursos hídricos.

B. Resolución Jefatural N° 126-2017-ANA

Documento denominado “Norma que Promueve la Medición Voluntaria de la Huella Hídrica”, manifiesta que la inserción de este programa aportará a la sostenibilidad, protección y conservación del agua, por medio de la disminución del agua en los procesos de producción de bienes y servicios y la inserción de diversas acciones de responsabilidad social sobre el uso del agua que incentive un valor compartido; siendo su reglamentación muy importante institucionalmente.

El artículo 1, promueve la comprensión de la huella hídrica como instrumento de gestión que pueda determinar el consumo de agua directo o indirecto en la producción de bienes y servicios, para lograr el consumo eficaz del agua y en las cuencas hidrográficas poder insertar mecanismos de responsabilidad compartida. (R. J. N° 126-2017-ANA, 2017).

El artículo 3, comprende el “Programa Huella Hídrica”, el cual se considera como el conjunto de actividades establecidas en la presente resolución, orientadas a lograr la disminución de consumos de agua e impactos por el uso del agua en la producción de bienes y servicios y en la inserción de acciones de responsabilidad social del agua que genera valor compartido (R. J. N° 126-2017-ANA, 2017).

El artículo 8, abarca el Plan de Reducción de Huella Hídrica, cuyas acciones se manifestarán con indicadores verificables, en el que se considera todos o algunos de los siguientes factores:

- Uso de agua en procesos productivos
- Uso de agua en procesos no productivos
- Mejora la calidad de aguas en procesos productivos

- Reúso de aguas residuales en procesos productivos
- Reúso de aguas residuales en procesos no productivos

C. Resolución Directoral N° 007-2015-ANA

En el reporte 1, establece que la huella hídrica se fragmenta entre el consumo de agua verde, azul y gris. Menciona además que la huella hídrica tiene como componentes a la huella hídrica verde, azul y gris, así como también menciona la metodología del cálculo de cada uno de ellos.

En este documento, refiere que todavía está por definirse la manera en el que la huella hídrica debe y puede propagar información para nutrir diferentes procesos de toma de decisiones en el crecimiento de estrategias, políticas y también en la administración del agua, a diferentes niveles de gobierno y a diferentes sectores. Aunque todavía hay escasos ejemplos en el mundo sobre la función de la huella hídrica en la administración pública, es claro que esta función cambiará acorde a los diferentes enfoques políticos y realidades dentro de los cuales cada gobierno funciona de forma organizada. La interpretación de la huella hídrica debería ser como un método, métrica o metáfora. El beneficio de la huella hídrica y de otras opciones de respuesta posibles fundamentada en esta evaluación cambian drásticamente, dependiendo del enfoque que se tome (R. D. N° 007-2015-ANA).

D. Ordenanza N° 042-92-MML.

La Municipalidad de Lima, manifestó de necesidad pública y de provecho social, el justo aprovechamiento de las laderas y las cumbres de los cerros de la Provincia de Lima, determinándose que las laderas de los cerros de la provincia forman parte de los recursos naturales que deben ser aprovechados a favor de la comunidad en forma planificada, ordenada y orientados a la preservación del paisaje natural de la ciudad y del ambiente (Ordenanza N° 042-92-MML).

E. Ordenanza N° 015-97

Manifiesta intangible las cumbres y laderas del distrito de Villa María del Triunfo (García, Miyashiro, Orejón y Pizarro, 2012).

F. Ordenanza N° 228-99

Establece que ninguna entidad del Estado puede alterar la condición de las lomas costeras, ni darlo en concesión y que tampoco pueden ser objeto de disposición o uso distinto a los fines propios de su naturaleza (García, Miyashiro, Orejón y Pizarro, 2012).

2.3. Definición de términos básicos

Los términos relacionados con la presente investigación son los siguientes:

- a) Agua:** Es indispensable para la vida, un recurso renovable natural, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, los ciclos naturales que la sustentan y el mantenimiento de los sistemas y la seguridad de la Nación (Ley 29338, 2009).
- b) Agua atmosférica:** Agua que se encuentra en la atmosfera en estado sólido, líquido o gaseoso (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA).
- c) Autoridad Nacional del Agua:** Es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos en el Perú, con la función de realizar acciones necesarias para el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas dentro del marco de la administración de los recursos naturales y de la administración de la calidad ambiental nacional, mediante el establecimiento de alianzas estratégicas con los gobiernos regionales, locales y el conjunto de actores económicos y sociales involucrados. Organismo público descentralizado, adscrito en el Ministerio de Agricultura (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA).
- d) Aprovechamiento del agua:** Aplicación del agua en actividades que no comprendan el consumo de la misma (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA).
- e) Captación del agua:** Conjunto de estructuras y dispositivos contruidos o montados cerca de una fuente de agua, para nutrir el

servicio de abastecimiento y distribución destinado al consumo humano (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA).

- f) **Cambio climático:** Variación anómala relevante en el estado del clima, por un período de tiempo, en una escala subregional, regional o global provocada por actividades antrópicas o procesos naturales (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA).
- g) **Déficit hídrico:** Variación acumulada entre precipitación y evapotranspiración potencial en un período de tiempo definido en el que la precipitación es la menor de las dos variables (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA).
- h) **Desarrollo sostenible:** Desarrollo que cuida las necesidades actuales sin poner en riesgo la necesidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (PESEM MINAGRI, 2015).
- i) **Demanda de agua:** Es la cantidad necesaria que las personas necesitan para abastecer una necesidad poblacional o en actividades económicas productivas (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA).
- j) **Ecosistema:** Son comunidades de animales, vegetales y de microorganismos y su medio inerte que interactúan como una unidad funcional (MINAM, 2016).
- k) **Estrés hídrico:** Se describe como el porcentaje de sustracción total de agua dulce en todos los sectores primordiales, incorporando las necesidades del caudal ambiental en relación al total de recursos renovables de agua dulce (FAO, 2018, p. 20)
- l) **Eficiencia:** La óptima combinación y la mínima utilización de material para producir bienes y servicios. El indicador de eficiencia vincula dos variables, accediendo mostrar la mejora de los insumos requeridos para la ejecución de las metas predichas. Los insumos son los recursos humanos, materiales y financieros empleados para el logro de las metas (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA).
- m) **Gestión integrada de recursos hídricos:** Dirigido a lograr el desarrollo sostenible del país sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas. En el ámbito de la cuenca hidrográfica, es un

proceso que fomenta el desarrollo y manejo coordinado del aprovechamiento y uso multisectorial del agua con los recursos naturales relacionados a ésta (MINAM, 2016).

- n) **Huella hídrica:** Se entiende por huella hídrica al indicador que describe los impactos provocados por la producción de servicios y bienes y el volumen total de agua utilizado. Toma en cuenta el uso de agua directa e indirecta en todo el proceso productivo, incorporando sus diversas etapas en la cadena de suministro (Resolución Jefatural N° 246-2015-ANA).
- o) **Huella hídrica azul:** Volumen de agua sacada de una fuente subterránea, natural o superficial, que en ocasiones necesita instalaciones de distribución y de almacenamiento para ser canalizada a las viviendas, debido a ello su suministro tiene un precio (ANA, 2016).
- p) **Huella hídrica gris:** Volumen teórico de agua dulce que se necesitaría para mitigar o disminuir una carga de contaminantes basándose en las concentraciones en el entorno natural y a estándares de la calidad de agua del ambiente (ANA, 2016).
- q) **Huella hídrica verde:** Sacada del suelo no saturado mojado pluvialmente, que no se dirige hacia reservorios o canales y que puede ser succionada por las raíces de las plantas y con un precio de abastecimiento prácticamente inexistente (ANA, 2016).
- r) **Impacto ambiental:** Actividad o acción que produce un cambio, perjudicial o beneficioso en el ambiente o en alguno de las partes de la naturaleza. Esta actividad puede ser un programa, un proyecto de ingeniería, una ley, una disposición administrativa con implicaciones ambientales o un plan (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA).
- s) **Plan nacional de los recursos hídricos:** Comprende la programación de actividades y proyectos fijando sus fuentes de financiamiento, precios, entidades responsables, criterios de recuperación de inversiones y otra información relevante enlazada con la política nacional de gestión de los recursos hídricos (Ley 29338, 2009).

- t) **Recursos hídricos:** Contiene el agua subterránea, continental, superficial y los bienes relacionados a esta. Abarca al agua atmosférica y marítima (Ley 29338, 2009).
- u) **Recursos hídricos internos renovables totales:** Recarga de los acuíferos causados por las precipitaciones endógenas y el promedio a largo plazo del caudal de los ríos anualmente. El conteo doble de aguas subterráneas y superficiales se previene coligiendo el ocultamiento entre la suma de aguas subterráneas y superficiales (FAO, 2016).
- v) **Sostenibilidad del recurso hídrico:** La administración y utilización sostenible del agua involucra la unión sopesada entre los aspectos ambientales, económicos y socioculturales en el desarrollo nacional, así como el abastecimiento de las necesidades futuras y las necesidades de las generaciones actuales (Ley 29338, 2009).
- w) **Uso productivo del agua:** Consiste en la utilización del agua en procesos de producción o anterior a los procesos de producción. Se realiza a través de derechos de uso de agua cedidos por la Autoridad Nacional (Ley 29338, 2009).
- x) **Uso consuntivo del agua:** Es aquel que consume o extrae el agua de su origen, debido a lo cual generalmente este uso puede ser valorado cuantitativamente (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA).
- y) **Uso no consuntivo del agua:** Es el agua que regresa al medio hídrico sin cambio importante con respecto a su cantidad y calidad; utilizada principalmente en la generación hidroeléctrica, sistemas de refrigeración y caudales medioambientales (Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA).

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Modelo de solución propuesto

En este apartado se explica el procedimiento que se siguió para evaluar el cálculo del aporte a la disminución de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo.

3.1.1. Materiales y equipos

Para la presente investigación se utilizó: flexómetro, libreta de campo, lapicero, cámara, grabadora de voz, libros relacionados a la investigación, software (Google Earth, ArcGis) y equipo de protección personal (casco de seguridad, chaleco de seguridad, zapato de seguridad y lentes de seguridad).

3.1.2. Metodología

A. Interpretación y análisis de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo.

Como primer paso, se identificó a las autoridades encargadas de manejar la información autorizada de las huellas hídricas, para esto, se realizó una búsqueda por internet con las frases como: “autoridades encargadas de la huella hídrica”, “estudio de huella hídrica”, “cálculo de la huella hídrica”. Luego se contactó con ellas de manera formal, para solicitar información acerca de la huella hídrica específicamente para la totalidad del distrito de Villa María del triunfo, también se revisó material bibliográfico de documentos publicados sobre el tema en cuestión.

Para la identificación de las autoridades encargadas del manejo de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo y las publicaciones relacionadas, se utilizó la siguiente herramienta:

Tabla 13. Herramienta para la identificación de la huella hídrica de VMT.

Autoridades	Contacto	Publicaciones relacionadas	Página web

Fuente. Elaboración propia.

Uno de los documentos revisados fue la “Huella hídrica de los usuarios de agua en Lima Metropolitana” de AQUAFONDO, 2018. Según la metodología que usó esta publicación, los datos fueron tomados a partir de los puntos de captura de agua hasta el punto de desembogue de las aguas residuales en el cuerpo receptor, los datos fueron tomados mensualmente del año 2016, además para la toma de datos, se consideraron los sectores residenciales, comerciales, industriales, públicos y agrícolas. En la metodología se cuantificó la huella hídrica gris y la huella hídrica azul de acuerdo a las reglas de la publicación “*The Water Footprint Assessment Manual – Setting the Global Standard*” (Hoekstra et al., 2011), expuesta por *Water Footprint Network (WFN)* véase la tabla 14.

Tabla 14. Alcances de la publicación “Huella Hídrica de los Usuarios de Agua en Lima metropolitana

Alcance geográfico/geopolítico	Los resultados de la huella hídrica se reportan según la distribución política del área geográfica de Lima Metropolitana (distritos).
Dominio	Desde los puntos de captación de agua hasta el punto de descarga de las aguas
Alcance sectorial	Se han considerado los sectores residencial, comercial, industrial, público y agrícola.
Alcance temporal	Datos mensuales del año 2016
Alcance metodológico	Cuantificación de la huella hídrica azul y la huella hídrica gris según los lineamientos de la publicación “ <i>The Water Footprint Assessment Manual – Setting the Global Standard</i> ” (Hoekstra et al., 2011), presentada por a <i>Water Footprint Network (WFN)</i> .

Fuente. AQUAFONDO, 2018.

Los datos que se utilizaron principalmente fueron los registros de SEDAPAL y ANA. La tabla 15 se observan los datos utilizados y su descripción.

Tabla 15. Fuente de datos utilizados por la publicación “Huella Hídrica de los Usuarios de Agua en Lima Metropolitana”

DATOS	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Volumen de agua facturado	Volúmenes de agua facturados mensualmente por distrito y CUA (Código de Uso de Agua). Incluyen agua superficial y subterránea distribuida por la red de SEDAPAL. No incluyen las fuentes propias (pozos).	SEDAPAL
Volumen de agua subterránea utilizada	Volumen de agua actual extraído de pozos por distrito y sector	ANA
Volumen de agua superficial utilizado	Volumen de agua captado por las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)	ANA
Volumen distribuido a personas sin conexión a la red de agua potable	Encuesta Nacional de Hogares 2015	SEDAPAL
Volumen de agua tratada	Volúmenes mensuales de agua tratada en cada una de las diferentes Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs)	SEDAPAL
Parámetros de calidad de agua residual tratada	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual tratada	ANA
Vertimientos de aguas residuales no tratadas	Caudales de descarga, continuidad de descarga (continua o intermitente), cuerpo (río) receptor y localización de vertimientos de aguas residuales sin tratar y por tipo(residencial o industrial)	SEDAPAL, ANA
Extensión de áreas verdes privadas	Digitalizado por un equipo de SEDAPAL y del Observatorio de Agua del ANA.	

Fuente. AQUAFONDO, 2018.

Para la cuantificación de la huella hídrica azul se procederá a sumar la huella hídrica individual de cada consumidor, debido a ello se calculará la huella hídrica azul para cada consumidor (residencial, comercial, industrial, público y agrícola). La siguiente formulación propuesta por Hoekstra et al. 2011 para la huella hídrica azul es la siguiente:

$$HH \text{ Azul} \left(\frac{m^3}{mes} \right) = \text{Evaporación agua azul} \left(\frac{m^3}{mes} \right) + \text{Incorporación agua azul} \left(\frac{m^3}{mes} \right) + \text{Agua devuelta a otra cuenca, en otro período o al mar} \left(\frac{m^3}{mes} \right)$$

Con respecto a la cuantificación de la HH azul residencial se deduce que el agua que ingresa en el sector residencial es cero y que el agua es regresada a la misma cuenca seguidamente después de su uso y además tomando en cuenta que la evaporación de agua azul es el producto de la suma de la evaporación de agua por el uso doméstico y la evapotranspiración de jardines y que las aguas residuales producidas en la ciudad de Lima que desembocan en el mar son una fracción de los efluentes de la PTARs Taboada y La Chira. Como resultado, la fórmula general queda dada de la siguiente manera:

$$HH \text{ azul residencial} \left(\frac{m^3}{mes} \right) = \text{EvapDomes} \left(\frac{m^3}{mes} \right) + \text{EvapRiego} \left(\frac{m^3}{mes} \right) + \text{DesMarRes} \left(\frac{m^3}{mes} \right)$$

Dónde:

EvapDomes: Evaporación de agua por el uso doméstico excluyendo el riego de jardines (m^3/mes)

EvapRiego: Evapotranspiración de jardines (m^3/mes)

DesMarRes: Fracción del agua residual tratada en las PTARs Taboada y La Chira que son degradadas al mar y que son aporte del sector residencial (m^3/mes). Estos efluentes son considerados también en la HH Azul por que representa un volumen de agua que sale de la cuenca y no está disponible en la cuenca para otros usuarios

La evaporación de agua (EvapDomes) por consumo residencial, se considera como 10% del volumen de agua utilizada, se utilizará la fuente de volumen de agua facturada por SEDAPAL para el sector residencial,

como también el volumen de agua de orígenes superficiales tomados de ANA, volumen de agua de pozos de fuente propia, tomado de ANA, además el volumen de agua distribuido en cisterna por SEDAPAL. También se usó la extensión de áreas verdes privadas, los volúmenes de agua que son distribuidos por camiones cisterna por SEDAPAL, los volúmenes de aguas residuales tratadas en las PTARs Taboada y La Chira.

Con respecto a la cuantificación de la HH azul del sector comercial se consideró la siguiente fórmula:

$$HH \text{ azul comercial} \left(\frac{m^3}{mes} \right) = VolUtilCom \left(\frac{m^3}{mes} \right) - EflCom \left(\frac{m^3}{mes} \right) - 20\% AguaRiegCom \left(\frac{m^3}{mes} \right) + DesMarCom \left(\frac{m^3}{mes} \right)$$

Dónde:

VolUtilCom: Considerado afluente, el volumen utilizado, facturado por SEDAPAL o extraídos de pozos de fuente propia(ANA)(m³/mes).

EflCom: Volumen del efluente por el uso personal del agua en el sector comercial (m³/mes).

AguaRiegCom: Volumen de agua de riego de áreas verdes privadas de uso comercial (m³/mes), 80% de eficiencia.

DesMarCom: Fracción del EflCom tratadas en las PTARs Taboada y Chira y descargado en el mar (m³/mes)

Los datos usados para la valoración de la HH azul comercial fue: volumen de agua que se saca para el uso comercial de fuentes subterráneas de las cuales no tiene control SEDAPAL, volumen de agua facturada por distrito por el sector comercial, número de empleados en el sector comercial por distrito, volumen de aguas residuales del sector comercial tratado en las PTARs Chira y Taboada, volumen de agua que se utiliza en el riego de áreas verdes privadas para utilización comercial.

Con respecto a la cuantificación de la HH azul industrial se basó en los datos de consumos por pérdidas por evaporación en los procesos industriales, uso sanitario y también el agua utilizada en productos. Se considera además la fracción de los efluentes comerciales tratados y que desembocan en el mar por las PTARs Taboada y la Chira. La HH azul industrial fue cuantificada aplicando la siguiente fórmula:

$$HH \text{ azul industrial} \left(\frac{m^3}{mes} \right) = \left[\sum_{i=1}^n TasaCons_i(\%) \times VolUtilInd_i \left(\frac{m^3}{mes} \right) \right] + DesMarInd \left(\frac{m^3}{mes} \right)$$

Dónde:

i: Subsector industrial (número de subsectores = n).

TasaCons_i: Tasa de consumo del subsector industrial *i* (%).

VolUtilInd_i: Volumen utilizado facturado por SEDAPAL o extraído de pozos de fuente propia (ANA) en el subsector.

DesMarInd: Fracción del efluente industrial tratada en las PTARs Taboada y Chira y descargado en el mar.

Con respecto a la cuantificación de la HH azul del sector público, se aplicó la siguiente fórmula:

$$HH \text{ azul público} \left(\frac{m^3}{mes} \right) = HHazulPubRieg \left(\frac{m^3}{mes} \right) + HHazulPubOtro \left(\frac{m^3}{mes} \right)$$

Dónde:

HHazulPubRieg: Huella azul del riego de áreas verdes públicas (pérdidas de evapotranspiración).

HHazulPubOtro: Huella azul de otras actividades y consumidores públicos

Los datos usados para realizar la cuantificación de la HH azul del sector público son: volumen de agua facturado y utilizado para el riego de áreas verdes públicas y la extensión de las mismas, cuya información está en los datos del Observatorio de Agua.

Con respecto a la cuantificación de la HH azul del sector agrícola se basó en datos de volumen de agua superficial y volumen de agua subterránea destinados para el riego de cultivo, cuyo dominio son las áreas de cultivo en las zonas aledañas al sur, este y norte de Lima.

La huella gris simboliza el volumen de agua dulce que se requiere para disminuir la contaminación del recurso hídrico provocada por la actividad del hombre, hasta que cumpla con los estándares de calidad ambiental de la norma peruana. Para este cálculo se mide sólo el contaminante más crítico por que se admite que la cantidad de agua que se requiere para disminuir este contaminante también disminuye a los otros contaminantes, además se tomó en cuenta la demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) como parámetro químico más adecuado, ya que en el ámbito de la ciudad de Lima los contaminantes derivan principalmente de las aguas residuales comerciales y residenciales no tratadas. Para su cuantificación se aplicó la siguiente fórmula:

$$HH \text{ gris}(L/año) = (Efl \times Cefl - Abstr \times Cact)/(Cmax - Cnat)$$

Dónde:

Cmax: Concentración máxima. Los valores se tomaron del DS 004 –2017 – MINAM (mg/L).

Cnat: Concentración natural del cuerpo de agua (mg/L)

Efl: Volumen de efluentes (L)

Cefl: Concentración del contaminante en el efluente (mg/L)

Abstr: Volumen de agua extraída (L)

Cact: Concentración real de la toma de agua extraída (mg/L)

Para cuantificar el volumen de fluentes se tomaron los datos de la ANA, específicamente los datos de calidad de agua residual y los datos de los vertimientos de agua sin tratamiento. La estimación de la concentración en el efluente (Cefl), es la concentración de contaminantes en el efluente en el punto de descarga al cuerpo receptor (vertimiento). Estos datos

también se usaron para la cuantificación de la HH gris de cada consumidor (residencial, público, industrial y comercial).

Tabla 16. Concentraciones utilizadas para el cálculo de la huella hídrica gris.

Parámetro	Unidad	Cnat	Cmax	Cact
DBO	[mg/L]	4,2	15	4,72

Fuente. AQUAFONDO, 2018.

B. Cuantificación de la huella hídrica de los atrapanieblas instalados en los asentamientos humanos Quebrada Alta, Mina de Agua, Edén del Manantial y Villa Lourdes Ecológico II Etapa.

Posterior a ello se realizó visitas a campo en los asentamientos humanos Villa Lourdes Ecológico II Etapa, Quebrada Alta el Paraíso, Mina de Agua, Edén del Manantial y alrededores para identificar la cantidad de atrapanieblas, la cantidad que recolecta y sus dimensiones, ya que estos serán los parámetros que se evaluaron para la cuantificación de la huella hídrica. Además, se llevó a cabo entrevistas a los dirigentes de dichos asentamientos para la recopilación de la información necesaria antes mencionada. Sumado a esto se revisó la literatura previa respecto al tema de investigación.

También se recolectó información sobre el precio del agua, tanto en los asentamientos humanos antes mencionados, como en las zonas donde cuentan con servicio de agua y desagüe, esto con el fin de valorizar el agua que aportan los atrapanieblas. A continuación, se muestra la tabla que se utilizó para las visitas a campo.

Tabla 17. Cronograma de visitas técnicas

Lugar	Fecha	Precio por m ³ de agua	Dirigente	Número de atrapanieblas	Dimensiones	Recolección de agua (m ³ /año)

Fuente. Elaboración propia.

Identificación de lugares

Se procedió a buscar material bibliográfico en internet sobre los posibles lugares con presencia de atrapanieblas, además se tenía conocimiento previo, de la implementación de atrapanieblas en el distrito de Villa María del Triunfo por la ONG Peruanos sin Agua y de la ONG ALEV. Por ello se contactará con dichas organizaciones para la información requerida.

Fecha de visita a campo

Se procedió a coordinar con los dirigentes de los asentamientos humanos la fecha disponible para la visita de campo.

Medición de dimensiones

Se realizó la medición de manera directa con un flexómetro, también se midió el área efectiva del atrapaniebla y la altura a la que se encuentra sobre el nivel del suelo.

Recolección de agua

Se buscó registro de información sobre datos de la recolección de agua de los atrapanieblas, sin embargo, al no encontrar la información requerida, se procedió a entrevistar a los responsables técnicos de la ONG Peruanos sin Agua, la ONG ALEV y con los dirigentes de los asentamientos humanos en las que se pudo verificar la presencia de atrapanieblas. En las siguientes tablas se muestra el alcance y la fuente de datos para la recolección de agua a utilizar.

Tabla 18. Alcances de la investigación.

Alcance geográfico/geopolítico	Asentamientos humanos del distrito de Villa María del Triunfo en las que se pudo verificar la presencia de atrapanieblas.
Dominio	Desde el origen de captura de humedad atmosférica por el atrapanieblas hasta el tanque de agua.
Alcance sectorial	Se considera solo sector agrícola.
Alcance temporal	Datos mensuales del 2019.
Alcance metodológico	Estimación de la huella hídrica azul y la huella hídrica gris según las reglas de la publicación " <i>The Water Footprint Assessment Manual – Setting the Global Standard</i> " (Hoekstra et al., 2011), presentada por a <i>Water Footprint Network (WFN)</i> .

Fuente. Elaboración propia.

Las fuentes de datos utilizados, fueron la inspección directa a través de visitas de campo y entrevistas a los responsables de la ONG Peruanos sin Agua y la ONG ALEV, así como también entrevistas a los dirigentes de los asentamientos humanos.

Tabla 19. Fuentes de datos.

Datos	Descripción	Fuente
Volumen de agua capturada	Volumen de agua capturada en metros cúbicos por mes por el atrapaniebla, a través de entrevistas.	ONG Peruanos si Agua, ONG ALEV, dirigentes de los asentamientos humanos.

Fuente. Elaboración propia.

Para el cálculo de la incorporación de agua total al distrito de Villa María del Triunfo se usó la siguiente fórmula:

$$HH\ Azul \left(\frac{m^3}{mes} \right) = \text{Evaporación agua azul} \left(\frac{m^3}{mes} \right) + \text{Incorporación agua azul} \left(\frac{m^3}{mes} \right) + \text{Agua devuelta a otra cuenca, en otro periodo o al mar} \left(\frac{m^3}{mes} \right)$$

Sustituyendo los datos de la HH azul por la HH azul de los atrapanieblas, la evaporación de agua azul por material bibliográfico y para el agua devuelta al mar para la presente investigación no se considera debido a que el agua capturada por el uso de los atrapanieblas no es devuelta al mar. Por lo tanto, la incorporación de agua total es el volumen de agua capturada por los atrapanieblas menos la evaporación de agua de Villa María del Triunfo.

Precio del agua

Se procedió a entrevistar a los habitantes de los asentamientos humanos en las que se verificó la presencia de atrapanieblas, para la obtención del precio del agua por metro cúbico que ofrecen los camiones cisterna.

Número de atrapanieblas

Por medio de la observación, se realizó de manera directa la cantidad de atrapanieblas en los diferentes asentamientos humanos. Además, se entrevistó a los dirigentes de los asentamientos humanos y se contactó a los encargados técnicos de ONG Peruanos sin Agua, la ONG ALEV.

Identificación de dirigentes

Se procedió a entrevistar a los habitantes de los asentamientos humanos en las que se verificó la presencia de atrapanieblas, para obtener información sobre los datos del dirigente de dicho asentamiento, como el nombre, dirección, disponibilidad de tiempo.

C. Cálculo del aporte de los atrapanieblas a la disminución de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo

Obtenida la información necesaria se calculó la huella hídrica de todos los sistemas de atrapanieblas ubicados en el distrito de Villa María del Triunfo, así como también se identificó a que componente específicamente pertenece (huella hídrica gris, huella hídrica verde o huella hídrica azul).

Por último, para obtener el aporte a la disminución de la huella hídrica por el uso de los atrapanieblas en el distrito de Villa María del Triunfo, se restó la huella hídrica del distrito menos la huella hídrica de todos atrapanieblas.

Además de ello se realizó una proyección, para poder conocer cuánto podría aliviar esta tecnología (atrapanieblas) el total de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo de acuerdo a los terrenos disponibles en dicho distrito, para esto se utilizó el software de Google Earth y ArcGIS. Se ubicó los espacios disponibles del distrito de VMT en Google Earth, luego se procedió a plotear dichos espacios. Para conocer la cantidad de zonas potenciales para la implementación de atrapanieblas, el área y el perímetro en metros cuadrados de cada uno de ellos, se hizo uso del software ArcGIS.

Además, se realizó una proyección del ahorro económico total del precio del agua, teniendo en cuenta la cantidad de atrapanieblas implementadas a futuro en las zonas potenciales previamente identificadas. Para conocer el precio del agua en dichos asentamientos, se llevó a cabo entrevistas a los habitantes de la zona.

A continuación, se presenta la herramienta para la organización del precio del agua que venden los camiones cisternas a los asentamientos humanos, la periodicidad y el gasto mensual.

Tabla 20. *Impacto potencial actual.*

Lugar	Precio por m³ de agua (soles)	Periodicidad	Gasto mensual actual

Fuente. Elaboración propia.

3.2. Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos y luego se comparan los resultados con otras investigaciones.

3.2.1. Interpretación y análisis de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo

Luego de realizar la búsqueda de autoridades encargadas de manejar la información autorizada de las huellas hídricas, se identificó las siguientes autoridades: Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), Autoridad Nacional de Agua (ANA), Fondo de Agua para Lima Callao (AQUAFONDO) y la Municipalidad del distrito de Villa María del Triunfo.

A continuación, se procedió a usar la tabla de la metodología con los datos encontrados.

Tabla 21. Herramienta para la identificación de la huella hídrica de VMT.

Autoridad	Contacto	Publicación relacionadas	Página web
ANA	Correo: ana.contestaweb@ana.gob.pe	-	http://www.ana.gob.pe/
AQUAFONDO	Correo: contacto@aquafondo.org.pe	Huella hídrica de los usuarios de agua de Lima Metropolitana	https://aquafondo.org.pe/
MINAGRI	Teléfono: 012098800	-	https://www.gob.pe/minagri
Municipalidad de VMT	Teléfono: 012113760 (1213)	-	http://munivmt.gob.pe/portal/page/103/

Fuente. Elaboración propia.

El 22 de febrero de 2019 se solicitó información a la ANA sobre la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo vía correo electrónico

(ana.contestaweb@ana.gob.pe), el cual hasta la fecha no se obtuvo respuesta alguna, por ese motivo el 23 de febrero de 2019 se solicitó información vía telefónica al 012243298 (1601), como resultado la institución manifestó que el encargado del tema de huella hídrica es el Lic. Juan Pablo Mariluz en el área de la Dirección del Sistema Nacional de Recursos Hídricos (DISNIRH), pero que en ese día se encontraba en una videoconferencia, se volvió a llamar al mismo número el 25 de febrero de 2019 y la institución manifestó que el Lic. se encontraba ocupado en un taller de la ANA, se volvió a llamar el 27 de febrero de 2019 y la institución manifestó que el Lic. se encontraba en una reunión.

El 21 de febrero de 2019 se solicitó información a AQUAFONDO vía telefónica al 017481080 sobre la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo, el cual como resultado la institución manifestó que la información se debía enviar vía correo electrónico (contacto@aquafondo.org.pe) el cual hasta la fecha no se obtuvo ninguna respuesta por parte de la institución.

El 22 de febrero de 2019 se solicitó información a MINAGRI vía telefónica al 012098800 sobre la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo, el cual como resultado la institución manifestó que no ven el tema de huella hídrica sino más bien en proponer y conducir a formulación de políticas nacionales y sectoriales en materia agraria.

El 23 de febrero de 2019 se solicitó información a la Municipalidad de Villa María del Triunfo vía telefónica al 012098800 (1213) sobre la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo, el cual como resultado la municipalidad manifestó que se debe presentar una solicitud sobre el tema a mesa de partes en la Municipalidad de Villa María del Triunfo y que por teléfono no se podía dar esa información, debido a esto, el 25 de febrero de 2019 se presentó una solicitud a mesa de partes en la municipalidad, pero hasta la fecha no se obtiene respuesta alguna.

Tabla 22. Resumen de los resultados.

Autoridades	Fecha de contacto	Vía de contacto	Resultado
ANA	22 de febrero de 2019	Correo electrónico	No hubo respuesta
	23 de febrero de 2019	Llamada telefónica	El encargado no se encontró disponible
	27 de febrero de 2019	Llamada telefónica	El encargado no se encontró disponible
AQUAFONDO	21 de febrero de 2019	Llamada telefónica	Manifestó que la información no se puede dar por vía telefónica
	21 de febrero de 2019	Vía correo electrónico	No hubo respuesta
MINAGRI	22 de febrero de 2019	Llamada telefónica	No es el encargado del manejo de la HH
Municipalidad de VMT	23 de febrero de 2019	Llamada telefónica	Manifestó que se debe presentar una solicitud de la información requerida
	25 de febrero de 2019	Presentación de solicitud	No hubo respuesta

Fuente. Elaboración propia.

Después de realizar la búsqueda de información autorizada sobre la huella hídrica, la única publicación válida que se encontró en internet fue de AQUAFONDO. Como resultado según esta publicación para el distrito de Villa María del Triunfo la huella hídrica total es de 48,4 MMC para el año 2016 compuesta por la huella hídrica azul con un 13,2 MMC y la huella hídrica gris con un 35,2 MMC.

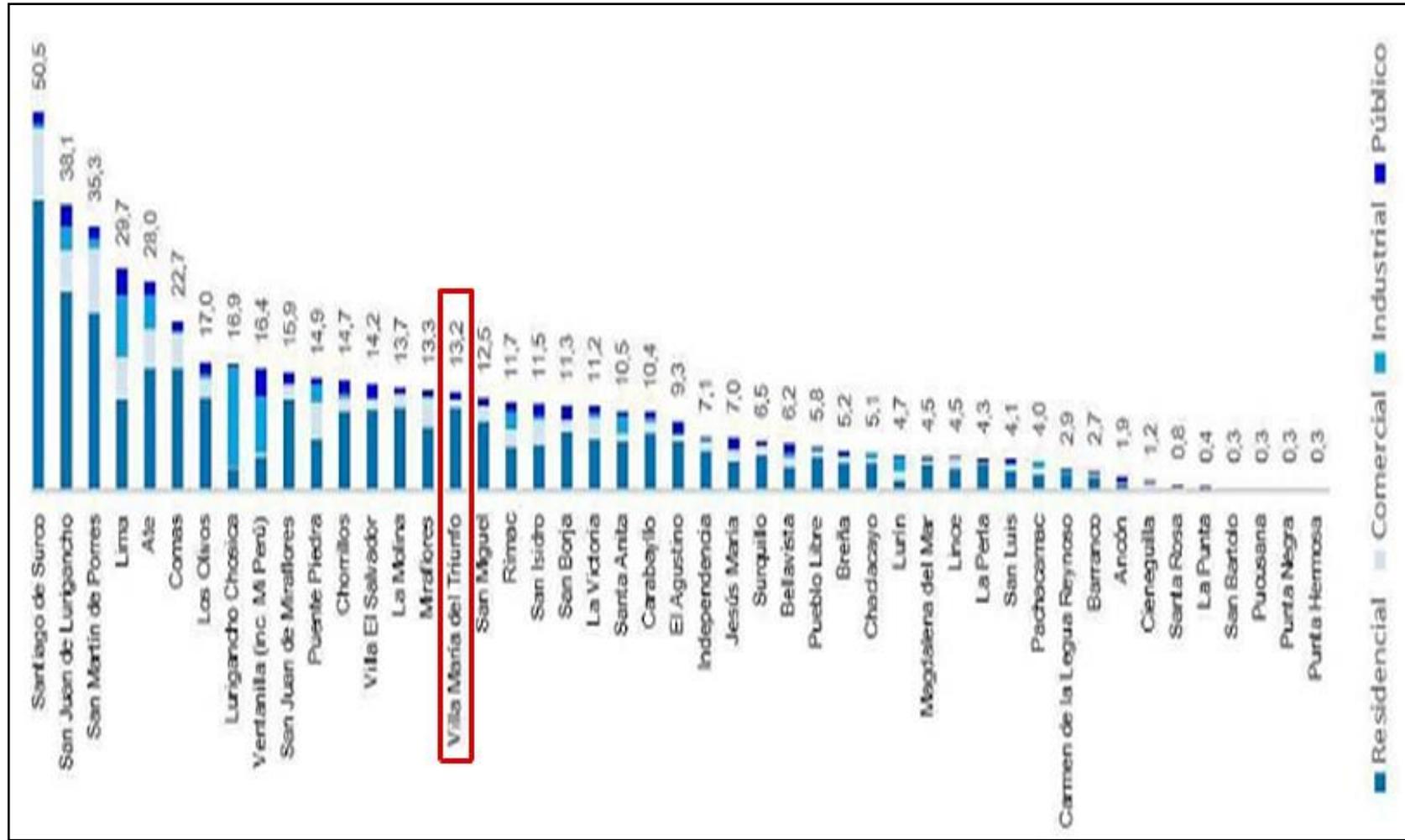


Figura N° 13. Huella hídrica azul por distrito y por sector (AQUAFONDO, 2018).

En la figura 13 se puede observar que los distritos con mayor y menor huella hídrica azul son Santiago de Surco con un 50,5 MMC y Punta Hermosa con un 0,3 MMC respectivamente. Los que presentan una menor huella hídrica azul son los distritos ubicados en la costa ya que tienen menor población y su actividad (uso y consumo de agua) es mayor en los meses de verano por la asistencia de visitantes con objetivos recreativos. (AQUAFONDO, 2018). También se puede notar que el distrito de Villa María del Triunfo tiene una huella hídrica azul parecida a los distritos de Miraflores y San Miguel con un 13,3 MMC y 12,5 MMC respectivamente, que representa el 2,6% respecto al distrito que más consume (Santiago de Surco).

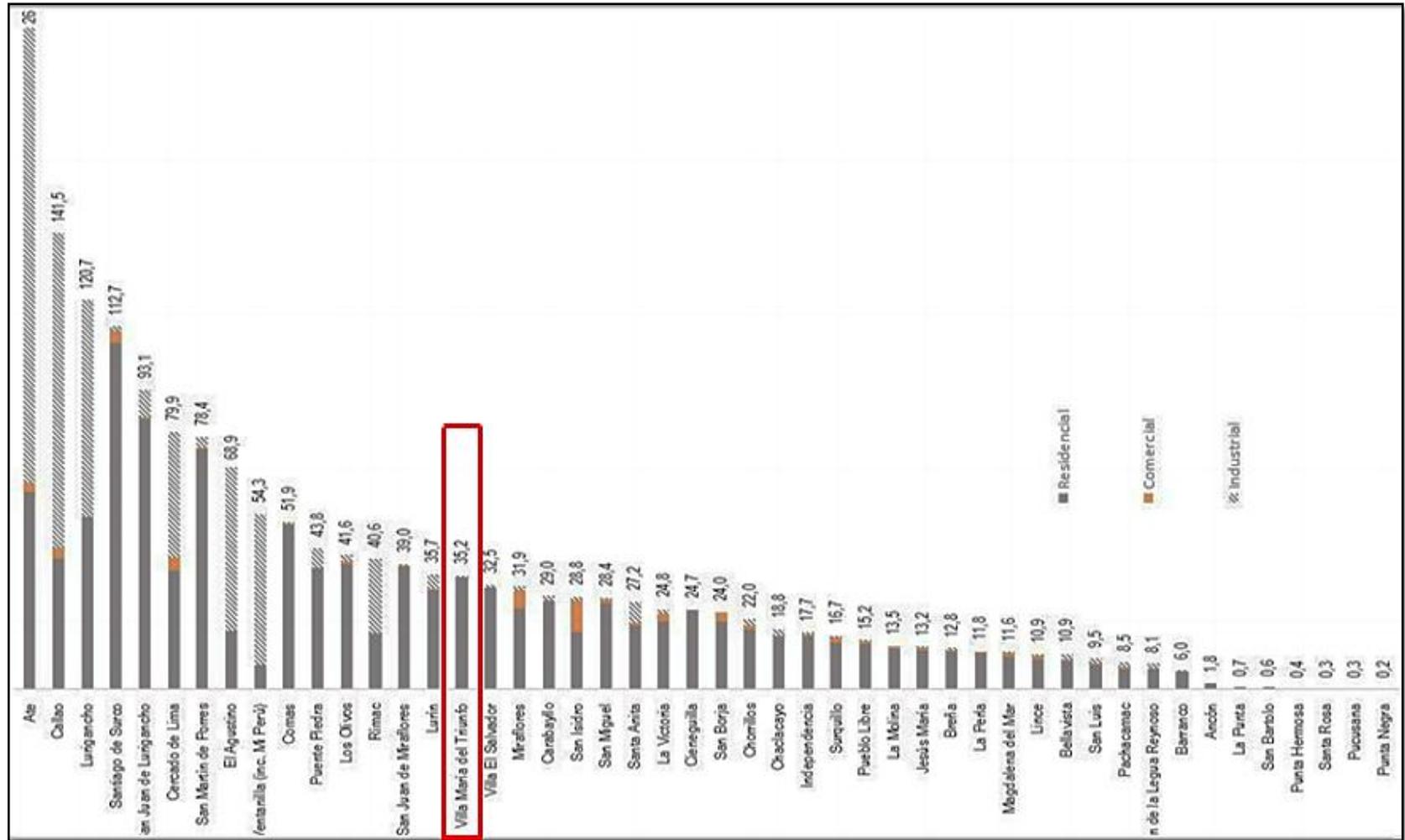


Figura N° 14. Huella hídrica gris por distrito y por sector (AQUAFONDO, 2018)

Como se puede observar en la figura 14 el distrito con mayor contribución a la huella hídrica gris es el distrito de Ate y con menor contribución a la HH gris es el distrito de Punta Negra con un 0,2 MMC. Para el distrito de Ate, Callao y Lurigancho, la mayor aportación a la huella hídrica gris es el sector industrial con más del 50% por tener más áreas industriales (AQUAFONDO, 2018). También se puede observar que el distrito de Villa María del Triunfo tiene una huella hídrica gris parecida a los distritos de Lurín y Villa el Salvador con un 35,7 MMC y 32,5,5 MMC respectivamente. Tomando en consideración a Villa María del Triunfo como mayor aportante a la huella hídrica gris y a Punta negra como menor aportante, Villa María del Triunfo representaría el 99,4% en comparación con el distrito de Punta Negra.

Para la presente investigación solo se consideró la huella hídrica azul del distrito de Villa María del Triunfo, la huella hídrica gris no se considera ya que no existen contaminantes a disolver.

Como conclusión, después de los análisis de datos anteriormente mostrados, se compararon los aportes de los atrapanieblas con la fracción de la huella hídrica azul (13,2 MMC) de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo. En la siguiente figura se puede observar los resultados de la huella hídrica por tipo, del distrito de Villa María del Triunfo.

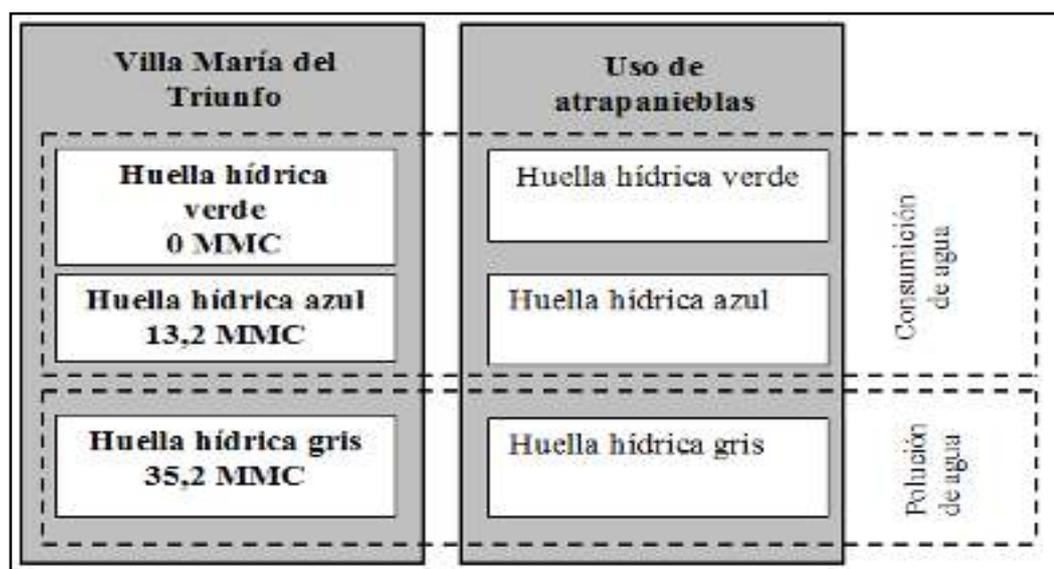


Figura N° 15. Resultados de la huella hídrica (por tipo) del distrito de Villa María del Triunfo.

3.2.2. Cuantificación de la huella hídrica de los atrapanieblas instalados en los asentamientos humanos Quebrada Alta, Mina de Agua, Edén del Manantial y Villa Lourdes Ecológico II Etapa.

El 12 de febrero de 2019 en horas de la mañana se realizó la visita de campo al Asentamiento Humano Villa Lourdes Ecológico II Etapa, con el uso previo de los equipos de protección personal (casco de seguridad, zapato de seguridad, chaleco de seguridad y lentes de seguridad) y con el acompañamiento de familiares y un poblador de la zona. En el lugar se pudo observar seis atrapanieblas con dimensiones 4 metros de ancho por 5 metros de largo, para conocer las dimensiones se hizo uso del flexómetro de 5 metros. Al día siguiente (13 de febrero de 2019) en horas de la mañana se entrevistó al dirigente de la zona John Pumacahua que manifestó que hasta hace dos años estuvo instalado 50 atrapanieblas con capacidad de recolección de agua de 200 litros por día cada uno aproximadamente en épocas de invierno junto con tanques de agua de capacidad de 2.500 litros, manifestó también que el agua que se recolectaba de los atrapanieblas era usado para riego de verduras como calabaza, tubérculos como la papa, camote y frutos como la sandía, mencionó también que la instalación de los atrapanieblas lo realizó la ONG Peruanos Sin Agua en cooperación con Creating Water Foundation una fundación de Holanda creada para crear fuente de agua segura y sostenible. Además, manifestó que el motivo por el que en la actualidad existen menos atrapanieblas en la zona es la invasión de terrenos en la zona. También mencionó que precio del agua es de 25 soles cada m³ de agua y que les dura aproximadamente dos semanas.

El 14 de febrero de 2019 en horas de la mañana se realizó la visita de campo al Asentamiento Humano Quebrada Alta con el uso previo de los equipos de protección personal (casco de seguridad, zapato de seguridad, chaleco de seguridad y lentes de seguridad) y con el acompañamiento de familiares. En el lugar se pudo observar siete atrapanieblas de los cuales tres de ellos son de dimensiones 4 metros de ancho por 4 metros de largo, los cuatro restantes son de dimensiones 4 metros de ancho por 3 metros de largo, para conocer las dimensiones se hizo uso del flexómetro de 5

metros. El 17 de febrero de 2019 en horas de la mañana se entrevistó al dirigente de la zona Hildebrando Loza, previamente se averiguó su nombre y su domicilio por medio de la señora Janet Cospe, secretaria de actas del asentamiento humano. El dirigente manifestó que hasta hace dos años estuvo instalado 20 atrapanieblas y por motivos de invasión de terrenos, estos se vieron afectados, además que la instalación de los atrapanieblas lo implementaron la ONG Asociación de Líderes de Educación Verde, organización sin fines de lucro que se dedica a la protección y conservación de los recursos naturales, en cooperación con Creating Water Foundation, Unión Andina de Cementos (UNACEM) y con la ayuda de los pobladores del asentamiento, además manifestó que la capacidad de los atrapanieblas de 4 metros de ancho por 5 metros de largo tiene una capacidad de recolección de agua promedio de 200 litros por día y los atrapanieblas de 4 metros de ancho por 3 metros de largo tiene una capacidad de recolección de 150 litros de agua por día cada uno por día en época de invierno donde la neblina llega al 90% de humedad. También manifestó que el uso del agua recolectada por los atrapanieblas es para el riego de diversas especies como la tara, la flor de amancaes, la begonia, la ortiga, la flor trompeta, el mito, la nolana, la tillandsia, entre otros, y tubérculos como la papa, todo esto con el fin de implementar el turismo ecológico, ya que esto les genera un ingreso económico. Además, mencionó que hace ya cuatro años contaban con el servicio de agua y desagüe en sus hogares.

El 19 de febrero de 2019 en horas de la mañana se realizó la visita de campo al Asentamiento Humano Minas de Agua, con el uso previo de los equipos de protección personal (casco de seguridad, zapato de seguridad, chaleco de seguridad y lentes de seguridad) y con el acompañamiento de familiares. En el lugar no se pudo observar atrapanieblas. El 20 de febrero de 2019 en horas de la mañana se realizó la búsqueda del señor Mario Campos, dirigente del asentamiento, previamente se averiguó el nombre, el domicilio y el día que se encontraba disponible para la entrevista, desafortunadamente no se pudo encontrar en el día previsto. El 23 de febrero de 2019 también se buscó al dirigente,

pero tampoco se pudo localizar. El 24 de febrero de 2019 se contactó vía telefónica al número 997113543 al director ejecutivo de la ONG Peruanos sin Agua, el Ing. Jorge Poma, que manifestó lo siguiente: en Villa Lourdes Ecológico II Etapa se instalaron hace 3 años 50 atrapanieblas de tamaño 4 metros de ancho por 5 metros de largo y que también se instalaron en el Asentamiento Humano Llanavilla, también nos facilitó el número telefónico del presidente de la ONG Peruanos sin Agua para más información. Ese mismo día se contactó al presidente de la ONG, el ingeniero Abel Cruz, vía telefónica al número 999511031, el cual manifestó que en el Asentamiento Humano Edén del Manantial se instaló 6 atrapanieblas, en el Asentamiento Humano Virgen de Fátima se instaló 8 atrapanieblas, en el Asentamiento Humano Virgen de Chapi se instaló 4 atrapanieblas, en el Asentamiento Humano Llanavilla se instaló 26 atrapanieblas, en el Asentamiento Humano Villa Lourdes Ecológico II Etapa se instaló 50 atrapanieblas y en el Asentamiento Humano Minas de Agua se instaló 16 atrapanieblas, pero que este último se encontraba en una propiedad privada y que se tendría que entrar con autorización del dirigente de la zona, pero que aún se encontraba en funcionamiento, mientras que los demás se habían retirado por ser época de verano, para evitar el deterioro de los atrapanieblas, pero que se pretendía volver a instalarlos en la próxima época de invierno. Además, manifestó que la capacidad de recolección de agua de cada uno de los atrapanieblas es de 200 litros por día.

El 23 de febrero de 2019 en horas de la mañana se realizó la visita de campo al Asentamiento Humano Edén del Manantial, con el uso previo de los equipos de protección personal (casco de seguridad, zapato de seguridad, chaleco de seguridad y lentes de seguridad) y con el acompañamiento de familiares. En el lugar se pudo observar tres atrapanieblas con dimensiones 4 metros de ancho por 3 metros de largo, para conocer las dimensiones se hizo uso del flexómetro de 5 metros. El 24 de febrero de 2019 en horas de la mañana se realizó búsqueda del dirigente del asentamiento sin resultado favorable, ya que una de las vecinas manifestó que por el momento no tenían dirigente ya que se

estaban haciendo cambios en la formación de los líderes comunales, también informó que el anterior se encontraba de viaje.

Después de haber realizado las visitas a campo y reunir la información indispensable para el proyecto se clasificó toda esta agua como aportante a la fracción azul de la huella hídrica, ya que esta agua está usada para agricultura y no está contaminada ni se usa para arrastre de residuos fecales.

Por otro lado, para la cuantificación de la huella hídrica azul se utilizará la fórmula presentada en la metodología de la presente investigación.

$$HH\ Azul \left(\frac{m^3}{mes} \right) = \text{Evaporación agua azul} \left(\frac{m^3}{mes} \right) + \text{Incorporación agua azul} \left(\frac{m^3}{mes} \right) + \text{Agua devuelta a otra cuenca, en otro periodo o al mar} \left(\frac{m^3}{mes} \right)$$

Para lo cual se procedió sustituir en la fórmula con los siguientes datos conocidos: la HH azul, por la huella hídrica de los atrapanieblas ubicados los asentamientos humanos Villa Lourdes Ecológico II Etapa, Quebrada Alta, Mina de Agua y Edén del Manantial del distrito de Villa María del Triunfo. La fuente de datos para la HH de los atrapanieblas se tomó de las entrevistas, con ayuda de instrumentos como el flexómetro. Para la evaporación del agua azul se sustituyó por el valor de 40,2 m³/mes, dicho dato fue tomado por revisión de literatura, haciendo uso de la fórmula de Penman Montiet (FAO, 2014) con datos de la estación meteorológica de Villa María del Triunfo de la base de datos de SENAMHI. Para la presente investigación no se considera el agua devuelta al mar, debido a que el volumen de agua capturada por los atrapanieblas no desemboca al mar. La incorporación de agua azul no puede ser medida, por lo tanto, se cuantificará por la fórmula mostrada anteriormente, que es la huella hídrica de los atrapanieblas menos la evaporación del agua.

$$181,5 \frac{m^3}{mes} = 40,2 \frac{m^3}{mes} + \text{Incorporación agua azul} \left(\frac{m^3}{mes} \right) + 0 \frac{m^3}{mes}$$

$$\text{Incorporación agua azul} = 141,3 \frac{m^3}{mes}$$

Como resultado la incorporación de agua azul total por el uso de los atrapanieblas, es de 141,3 m³/mes. Sin embargo, para la presente investigación se consideró el volumen de agua evaporado, teniendo como resultado un total de 181,5 m³/mes o 1.482,25 m³/año de agua para la población de los asentamientos humanos Villa Lourdes Ecológico II Etapa, Quebrada Alta, Edén del Manantial y Mina de Agua del distrito de Villa María del Triunfo. El cálculo de la huella hídrica gris no se cuantificará debido a que esta tecnología no produce agua gris, ya que el agua capturada es mayormente para uso de riego y no para dilución de contaminantes.

Tabla 23. Resumen de la identificación de la huella hídrica de los atrapanieblas.

Lugar	Cantidad de atrapanieblas	Dimensiones de los atrapanieblas	Aporte de agua total (m ³ /año)	Coordenadas geográficas de los atrapanieblas
Villa Lourdes Ecológico II Etapa	6	4m x 5m	294	12°08'50.1"S 76°54'40.5"W
				12°08'50.1"S 76°54'40.6"W
				12°08'52.1"S 76°54'38.8"W
				12°08'52.0"S 76°54'38.8"W
				12°08'51.9"S 76°54'38.9"W
				12°08'52.0"S 76°54'38.9"W
Quebrada Alta	3	4m x 5m	147	12°08'54.5"S 76°55'23.5"W
				12°08'54.6"S 76°55'23.5"W
				12°08'54.7"S 76°55'23.4"W
	4	4m x 3m	147	12°08'53.6"S 76°55'34.3"W
				12°08'53.7"S 76°55'34.2"W
				12°08'49.3"S 76°55'20.4"W
				12°08'49.3"S 76°55'20.4"W

Lugar	Cantidad de atrapanieblas	Dimensiones de los atrapanieblas	Aporte de agua total (m³/año)	Coordenadas geográficas de los atrapanieblas
Mina de Agua	16	4m x 5m	784	12°09'36.6"S 76°55'15.0"W
				12°09'36.8"S 76°55'15.3"W
				12°09'36.6"S 76°55'15.4"W
				12°09'36.5"S 76°55'15.5"W
				12°09'36.8"S 76°55'15.0"W
				12°09'36.8"S 76°55'15.0"W
				12°09'36.2"S 76°55'15.9"W
				12°09'36.9"S 76°55'15.2"W
				12°09'36.8"S 76°55'15.0"W
				12°09'36.8"S 76°55'15.0"W
				12°09'36.1"S 76°55'15.9"W
				12°09'36.0"S 76°55'15.0"W
				12°09'36.6"S 76°55'15.5"W
				12°09'36.8"S 76°55'15.0"W
				12°09'36.1"S 76°55'15.7"W
				12°09'36.8"S 76°55'15.0"W

Lugar	Cantidad de atrapanieblas	Dimensiones de los atrapanieblas	Aporte de agua total (m ³ /año)	Coordenadas geográficas de los atrapanieblas
Edén del Manantial	3	4m x 3m	110,25	12°09'16.3"S 76°55'12.8"W
				12°09'16.3"S 76°55'12.8"W
				12°09'16.3"S 76°55'12.8"W
Total de aporte del volumen de agua			1.482,25	

Fuente. Elaboración propia.

Por lo tanto, el aporte de todos estos atrapanieblas a la huella hídrica azul es de -1.482,25 m³ por año, el número es negativo porque no está consumiendo agua sino más bien aportando al agua, es decir es un impacto negativo al consumo de agua. Cabe recalcar que para el cálculo del aporte de agua por año de los atrapanieblas se consideró los meses de mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre y diciembre, ya que en estos meses se puede presenciar de un alto porcentaje de humedad. La validación del aporte de agua de los atrapanieblas, no se pudo llevar a cabo, ya que la presente investigación se ejecutó en época de verano, donde la presencia de neblina es nula. En la siguiente figura se muestran los resultados de la huella hídrica por el uso de los atrapanieblas por fracción (HH azul, HH verde, HH gris).

Villa María del Triunfo	Uso de atrapanieblas	
Huella hídrica verde	Huella hídrica verde 0 MMC	Consumición de agua
Huella hídrica azul	Huella hídrica azul -1.482,25 x 10 ⁻⁶ MMC	
Huella hídrica gris	Huella hídrica gris 0 MMC	Polución de agua

Figura N° 16. Resultados de la huella hídrica (por tipo) de los atrapanieblas.

Para las visitas a campo se procedió a usar la tabla mostrada en la metodología con los siguientes datos.

Tabla 24. *Cronograma de visitas técnicas*

Lugar	Fecha	Precio por m ³ de agua	Dirigente	Número de atrapanieblas	Dimensiones de los atrapanieblas	Recolección de agua (m ³ /año)
Villa Lourdes Ecológico II Etapa	12 de febrero de 2019	13 soles	John Pumacahua	6	Largo: 3 m Ancho: 4 m Altura sobre el nivel del suelo: 1 m	294
Quebrada Alta	14 de febrero de 2019	14 soles	Hildebrando Loza	3	Largo: 4 m Ancho: 4 m Altura sobre el nivel del suelo: 2,5 m	147
				4	Largo: 3 m Ancho: 4 m Altura sobre el nivel del suelo: 1,5 m	147
Mina de Agua	19 de febrero de 2019	10 soles	Mario Campos	16	Largo: 4 m Ancho: 5 m Altura sobre el nivel del suelo: 1 m	784
Edén del Manantial	23 de febrero de 2019	12 soles	No identificado	3	Largo: 3 m Ancho: 4 m Altura: 1 m	110,25
Total de aporte del volumen de agua						1.482,25

Fuente. Elaboración propia.

A continuación, en la figura 17 se puede apreciar la ubicación y la cantidad total de atrapanieblas (32), en los diferentes asentamientos humanos (Villa Lourdes Ecológico II Etapa, Quebrada Alta, Mina de Agua y Edén del Manantial) diferenciados por colores para su mejor comprensión.



Figura N° 17. Mapa de ubicación de los atrapanieblas en el distrito de Villa María del Triunfo (Google Earth, 2017).

En la siguiente tabla, se observa la categoría a la que pertenece el agua que capturan los atrapanieblas y el uso que le dan los pobladores de los asentamientos humanos.

Tabla 25. Características del agua que aportan los atrapanieblas en los asentamientos humanos y su uso.

Asentamiento Humano	Calidad del agua de los atrapanieblas	Uso del agua de los atrapanieblas
Villa Lourdes Ecológico	Categoría 3	Riego de vegetales de tallo bajo
Quebrada Alta	Categoría 3	Riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto
Mina de Agua	Categoría 3	Riego de vegetales de tallo bajo
Edén del Manantial	Categoría 3	Riego de vegetales de tallo bajo

Fuente. Elaboración propia con información del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, 2009.

3.2.3. Cálculo del aporte de los atrapanieblas a la disminución de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo



Figura N° 18. Cálculo de la disminución de la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo (Elaboración propia).

El distrito de Villa María del Triunfo tiene una huella hídrica de 48'400.000 MC, de la cual 13'200.000 MC pertenecen a la fracción azul y 35'200.000 MC pertenecen a la fracción gris, correspondientes al año 2016, cuyos datos fueron tomados de AQUAFONDO, 2018.

Se tiene también el cálculo del aporte de los atrapanieblas a la huella hídrica azul, en las zonas del distrito de Villa María del Triunfo, como $-1.482,25 \text{ m}^3/\text{año}$, además se debe considerar que cada atrapaniebla ocupa 15 m^2 de superficie, por lo tanto, todos los atrapanieblas ocupan un total de 480 m^2 en el distrito de Villa María del Triunfo, teniendo en cuenta que existen en total 32 atrapanieblas.

Calculando que el aporte a la disminución de la huella hídrica de los atrapanieblas es $-1.482,25 \text{ m}^3/\text{año}$, entonces la huella hídrica total del distrito de Villa María del Triunfo queda disminuida en $13'198.517,75 \text{ MC}$, que es el aporte solamente a la fracción azul.

No se realizó análisis estadístico, ya que se carece de datos precisos de producción de agua de cada atrapaniebla en los distintos asentamientos humanos, sin embargo, se utilizó la información secundaria recolectada de las entrevistas a los responsables de su implementación.

Villa María del Triunfo	Uso de atrapanieblas	
Huella hídrica verde 0 MMC	Huella hídrica verde 0 MMC	Consumición de agua
Huella hídrica azul 13,2 MMC	Huella hídrica azul $-1.482,25 \times 10^{-6} \text{ MMC}$	
Huella hídrica gris 35,2 MMC	Huella hídrica gris 0 MMC	Polución de agua

Figura N° 19. Resultados de la huella hídrica (por fracción) de Villa María del Triunfo y de los atrapanieblas.

Proyecciones

- ✓ Si se tiene en el distrito de Villa María del Triunfo un área total de lomas de 2'044.509,64 m², entonces en teoría esta área tiene un potencial de instalar 102.225 atrapanieblas, teniendo en cuenta que para la instalación de cada atrapaniebla se necesita un área de 20 m² en promedio. Estos atrapanieblas podrían lograr un aporte máximo de 5'009.048,618 MC de agua por año. Teniendo en cuenta que cada atrapaniebla captura en promedio 200 litros por día.
- ✓ Actualmente, según la entrevista realizada a los vecinos de los asentamientos humanos antes mencionados, el precio del metro cúbico del agua por los camiones cisternas en promedio es de 25 soles, por lo que nos permite valorizar el aporte de agua de los atrapanieblas en un ahorro total de 37.056,25 soles al año, teniendo en cuenta que existen 32 atrapanieblas en total, con un aporte total de 1.482,25 m³/año, cabe mencionar que los atrapanieblas aportan agua, solo los meses de presencia de niebla, es decir los meses comprendidos entre mayo a diciembre, ya que los meses de verano el aporte es de cero metros cúbicos.
- ✓ En una proyección con el potencial de atrapanieblas total de Villa María del Triunfo, aparte del aporte de agua, se lograría un ahorro de 125'226.215,5 soles total por año, ya que cada metro cúbico de agua equivale a 25 soles, precio vendido por los camiones cisternas.
- ✓ La demanda poblacional del distrito de Villa María del Triunfo es de 13'195.204,02 m³ de agua al año, teniendo en cuenta que la población total de dicho distrito es de 465.735 habitantes (INEI, 2017) y que el consumo de agua por habitante al año es de 28,332 m³ (SEDAPAL, 2016).

*Demanda poblacional = Población total de VMT * Consumo por habitante*

*Demanda poblacional = 465.735 habitantes * 28,332 m³ al año*

Demanda poblacional = 13'195.204,02 m³ al año por el total de habitantes

A continuación, se muestra las áreas y perímetros de las zonas potenciales para la implementación de atrapanieblas.

Tabla 26. *Zonas potenciales para la implementación de atrapanieblas.*

Zona	Área (m²)	Perímetro (m)
A	991.927,27	11.363,50
B	573.666,02	4.777,05
C	478.916,35	3.534,19
Total	2'044.509,64	19.674,74

Fuente. Elaboración propia con datos de Google Earth, 2017.



Figura N° 20. Mapa de áreas potenciales para la implementación de atrapanieblas. (Google Earth, 2017).

Como se puede observar en la figura 20, existen 3 zonas con potencial para la implementación de atrapanieblas dentro del distrito de Villa María del Triunfo.

A continuación, se procedió a usar la tabla de la metodología con los datos encontrados. Teniendo en cuenta que los pobladores de los asentamientos humanos consumen 2.500 litros de agua por semana.

Tabla 27. *Impacto potencial actual.*

Lugar	Precio por m³ de agua (soles)	Periodicidad	Gasto mensual (soles)*	Gasto anual (soles)
Villa Lourdes Ecológico II Etapa	25 soles	semanalmente	250	3.000
Quebrada Alta	25 soles	Semanalmente	250	3.000
Mina de Agua	25 soles	Semanalmente	250	3.000
Edén del Manantial	25 soles	Semanalmente	250	3.000

* El volumen de agua consumido por familia es de 2500 litros semanalmente.

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 27 se puede apreciar, el gasto anual por familia de los asentamientos humanos mencionados, es de aproximadamente 3.000 soles al año.

Echeverría (2018) señala que el volumen de captura de agua por el uso de 2 atrapanieblas (50% de sombra, 35% de sombra) y un colector cilíndrico, instalados en la Isla de Galápagos, Ecuador y San Cristóbal, podría satisfacer el 25% del déficit hídrico de 249.291,70 m³ al año. A comparación con la presente investigación con la proyección de los 102.225 atrapanieblas instalados en los espacios disponibles del distrito de Villa María del Triunfo se podría disminuir la huella hídrica hasta en un 38.53% de 13,2 MMC al año.

Los resultados que se obtuvieron en la investigación, guardan relación con lo que sostiene Cuellar (2018), que señala que el volumen captado por cada atrapaniebla está comprendido entre 96 litros por día y 640 litros por día en Chincha. El autor considera además que los meses con captación nula de agua por el uso de los atrapanieblas son: enero, febrero, marzo y abril. Ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

Madariaga (2017) señala que el volumen de agua captado por cada atrapaniebla instalados en Lomas de Ancón en los meses de verano, es de 0.94 litros/m²/día, dicho resultado no guarda relación el volumen estimado en la presente investigación, ya que en dichos meses se está considerando un aporte de agua nula.

Sánchez (2018) señala que la captación de agua por el uso de los atrapanieblas instalados en el AAHH Edén de Manantial, se ha transformado en una opción para la supervivencia de los habitantes de dicho asentamiento. En cuanto a lo económico el autor considera que los atrapanieblas son una de las opciones que menos gasto ha generado en el AAHH Edén de Manantial. Dichos resultados concuerdan con lo afirmado en la presente investigación.

CONCLUSIONES

Fue posible evaluar el aporte a la disminución de la huella hídrica por el uso de los atrapanieblas ubicados en los asentamientos humanos Quebrada Alta, Villa Lourdes Ecológico II Etapa, Mina de Agua y Edén del Manantial del distrito de Villa María del Triunfo, como se puede observar en el resultado del capítulo III del presente trabajo, se logra la disminución en 13'198.517,75 MC por año.

Si fue posible identificar la huella hídrica del distrito de Villa María del Triunfo por revisión bibliográfica. Después de las consultas a las instituciones delegadas de manejar información de la huella hídrica, la única información publicada válida es la de AQUAFONDO, 2018, que nos da 48,4 MMC correspondiente al año 2016, de los cuales 13,2 MMC pertenecen a la huella hídrica azul.

La disminución a la huella hídrica del distrito si es un aporte importante de 1.482,25 MC de agua total al año, ya que se logra ahorrar 37.056,25 soles por año, para los pobladores de los asentamientos humanos Quebrada Alta, Villa Lourdes Ecológico II Etapa, Mina de Agua y Edén del Manantial del distrito de Villa María del Triunfo.

Además, se logró calcular el impacto potencial futuro del volumen de agua recolectada por los atrapanieblas, si es que todas las zonas disponibles se pudieran implementar la tecnología de atrapanieblas, en la extrapolación realizada, se pudo lograr un volumen de 5'009.048,618 MC por año.

Por otro lado, también se logró calcular el impacto potencial económico futuro por el uso de los atrapanieblas, se ha extrapolado un ahorro total de 125'226.215,5 soles por año.

Con respecto a los atrapanieblas, se puede concluir que no existe un mantenimiento periódico por parte de los pobladores de los asentamientos humanos, ni por parte de la ONG Peruanos sin Agua y de la ONG ALEV. Esto debido a que los pobladores de la zona no se encuentran organizados con las ONGs antes mencionadas. Es por este motivo que algunos atrapanieblas se encuentran deteriorados, disminuyendo así su vida útil esperada (5 años).

RECOMENDACIONES

Con respecto a la metodología, se recomienda tener en cuenta un factor de ajuste por la eficiencia de los atrapanieblas, esto con el fin de obtener datos más exactos para la recolección de agua de cada atrapaniebla, porque en este caso la información se extrajo de las entrevistas a los técnicos responsables de la implementación de los mismos. Este factor de ajuste, es para tener en cuenta la recolección de agua de los atrapanieblas con respecto al envejecimiento de los mismos por el paso del tiempo, ya que no es lo mismo la eficiencia de un atrapaniebla nuevo y un atrapaniebla deteriorado por el tiempo.

Entrevistar primero a los dirigentes de los diferentes asentamientos humanos para el permiso correspondiente del recorrido por las lomas de los asentamientos, para la identificación de los atrapanieblas existentes, para así evitar inconvenientes o malos entendidos con los pobladores de la zona.

Realizar mantenimientos periódicos de los atrapanieblas para evitar el deterioro de los mismos, como también el retiro en épocas de verano para evitar el desgaste de los materiales que lo componen, como son: la malla raschel y los sujetadores.

Acompañamiento técnico a las visitas de campo con el uso de zapatos de seguridad debido a la zona agreste, chaleco de seguridad y casco de seguridad.

Debido a las invasiones recientes, fue dificultosa la identificación de los atrapanieblas en los asentamientos humanos, por ende, se recomienda hacer las visitas de campo en horas de la mañana ya que en las tardes puede convertirse en una zona insegura.

Además, se recomienda la instalación de más atrapanieblas para lograr un mayor ahorro de agua y así poder aliviar el estrés hídrico en el distrito de Villa María del Triunfo y con ello también un ahorro económico, promoviendo así, el desarrollo sostenible de los asentamiento humanos en las que se encuentren dichos atrapanieblas.

Se recomienda validar los datos del aporte de agua de los atrapanieblas en épocas de otoño e invierno, para así poder obtener datos más exactos.

BIBLIOGRAFÍA

- ANA (2010). Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac: Estudio Hidrológico de la red de estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac. Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos. Volumen I, Lima, Perú.
- ANA (2016). Huella Hídrica del Perú: Sector agropecuario. Lima, Perú: Novaprint S.A.C.
- Águeda G. (1 de setiembre de 2014). ¿Cuáles son las ciudades con mayor estrés hídrico del mundo?. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/aguada-garcia-durango/cuales-son-ciudades-mayor-estres-hidrico-mundo>.
- AQUAFONDO (2018). Huella Hídrica de los usuarios de agua en Lima Metropolitana. Lima, Perú.
- AQUASTAT (2015). Recursos mundiales del agua por país. Recuperado de <http://www.fao.org/3/Y4473E/y4473e0g.gif>
- Avila P. (2002). Cambio global y recursos hídricos en México: Hidropolítica y conflictos contemporáneos por el agua. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Bompan E., Fragmane F., Iannelli M. y Pravettoni R. (2017). Watergrabbing. Un atlas sobre el recurso agua. Recuperado de <https://socialescepcor.wordpress.com/2017/08/03/watergrabbing-un-atlas-sobre-el-recurso-agua/>
- Constitución Política del Perú (1993). Congreso constituyente democrático, Lima, Perú, 29 de diciembre de 1993.
- Cuéllar M. (2018). Impacto económico de la implementación de mecanismos capturadores de agua atmosférica para uso agrícola. Villa María del Triunfo, Lima Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM. Ministerio del Ambiente. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 19 de diciembre de 2009.

- Dvorquez R., Paredes O., Julio G. y Alarcón B (s.f). Nieblas de atacama, cuidado y preservación de la flora y fauna de la región.
- De la Jara, Le Boeuf (2014). Agua de niebla: Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.
- Escusa G. y Rojas A. (2016). Costos de sistemas convencionales y no convencionales de abastecimiento de agua potable para el caserío de Magdalena de Puruchaga, 2016. Universidad Privada del Norte, Perú.
- Echeverría G. (2018). Potencial de la captura de niebla para uso doméstico rural y riego durante la época seca del año en la isla San Cristóbal, Galápagos. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- FAO (2016). Base de Datos Principal AQUASTAT, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO (2018). Progresos en el nivel de estrés hídrico: valores de referencia mundiales para el indicador 6. 4. 2 de los ODS. Roma. FAO y ONU-Agua. 58 pp.
- FAO (2014). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.
- Falkenmark, M. (1993). Landscape as Life Support Provider: Water-related Limitation, Population Summit of the World's Scientific Academies, Delhi, Octubre 1993, in Graham-Smith, F. (ed.) Population - the complex reality. London: Royal Society.
- García R., Miyashiro J., Orejón C. y Pizarro F. (2012). Crecimiento urbano, cambio climático y ecosistemas frágiles: el caso de las lomas de Villa María del Triunfo en Lima Sur. Artículo de Perú Hoy de Desco. Lima, Perú.
- Gonzales P. (2016). Recarga del acuífero de lima mediante el uso de aguas residuales tratadas. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. (2012). Ministerio del Ambiente, Lima, Perú.

- Hoekstra A., Chapagain A., Aldaya M. y Mekonnen M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Londres, Washington, DC: Water Footprint Network.
- Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 31 de marzo de 2009.
- Madariaga O. (2017). Evaluación del potencial de neblina Mediante el sistema de atrapanieblas en las Lomas de Ancón durante el evento del Niño, en el distrito de Ancón, provincia de Lima periodo 2015-2016. Universidad Nacional de Moquegua, Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2016). Problemas de Agua y Saneamiento. Recuperado el 24 de marzo del 2019 de: http://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/agua_saneamiento/agua_y_saneamiento.html
- Ministerio del Ambiente (2016). Glosario de términos. Sitios contaminados. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente (2016). *Objetivos del Desarrollo Sostenible e Indicadores*. Dirección General de Investigación e Información Ambiental. Lima, Perú.
- Ordenanza N° 042-92-MML. República del Perú. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 24 de diciembre de 2014.
- Pinto B. (2014). *Eulychnia iquiquensis* (Schumann) Britton & Rose: uso de atrapanieblas para la restauración y recuperación de poblaciones en peligro en el extremo norte de Chile. *Chloris Chilensis*, 17(2).
- Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú. (2013). Memoria 2013. Lima, Perú: Icono Perú S.A.C.
- Plan Local de Seguridad Ciudadana (2017). Municipalidad de Villa María del Triunfo, Lima, Perú.
- Pradillo B. (5 de enero de 2015). Estrés del agua. Iagua. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/estres-agua>

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2006). Informe sobre el desarrollo humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Madrid, España: Aedos S.A.
- Plan Estratégico Sectorial Multianual Ministerio de Agricultura y Riego (PESEM MINAGRI) (2015). Acrónimos y glosario de términos. Lima, Perú.
- Ramírez C., Vilches M., Lizano A., Pinzón C. y Sandoval M. (2017). Estimación de la Huella Hídrica y de Carbono en los cultivos comunitarios de Quínoa (*Chenopodium quinoa wild*) correspondientes a la zona central de los andes ecuatorianos. *Anales Científicos*, 78 (2), 173-182.
- Resolución Jefatural N° 180-2016-ANA. República del Perú. Diario Oficial El Peruano. Glosario de recursos hídricos. Lima, Perú, 7 de julio de 2016.
- Resolución Jefatural N° 246-2015-ANA. República del Perú. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 24 de setiembre de 2015.
- Resolución Directorial N° 007-2015-ANA. República del Perú. Estudio de Medición de la Huella Hídrica en el Perú en el Sector Agropecuario. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 23 de diciembre de 2015.
- Resolución Jefatural N° 126-2017-ANA. República del Perú. Norma que Promueve la Medición Voluntaria de la Huella Hídrica. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 25 de mayo de 2017.
- Rendón E. (2015). La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú.
- Ritter A., Regalado M. y Guerra J. (2015). Quantification of Fog Water Collection in Three Locations of Tenerife (Canary Islands). *Water*, 7(7), 3306-3319.
- Rivera J. y Holmes R. (Ed.). (2014). Diseño y eficiencia de los atrapanieblas. Coquimbo, Chile: La Discusión S.A.
- Sánchez J. (2018). Atrapanieblas tecnología para el atrapamiento de agua, una experiencia exitosa para las políticas públicas en el distrito de Villa María del Triunfo, Lima 2018. Universidad César Vallejo, Perú.

Servicios Ambientales S.A. (2014). Huella de ciudades. Recuperado de www.huelladeciudades.com

SERVINDI (4 de octubre de 2016). Perú entre los países con mayor estrés hídrico al 2040. Comunicación intercultural para un mundo más humano y diverso. Recuperado de <https://www.servindi.org/04/10/2016/peru-se-ubica-entre-los-paises-con-mayor-probabilidad-de-escasez-de-agua-dulce-para-el>

SEDAPAL (diciembre de 2016) Consumo promedio de agua potable. Recuperado de http://www.sedapal.com.pe/noticias/-/asset_publisher/c20U/content/mayor-consumo-de-agua-potable-por-habitante-dia-se-registra-en-san-isidro;jsessionid=2E8649ED5B0EC30B7DF5434AE08CF0D9?redirect=http%3A%2F%2Fwww.sedapal.com.pe%2Fnoticias%3Bjsessionid%3D2E8649ED5B0EC30B7DF5434AE08CF0D9%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_c20U%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D2

SENAMHI (s.f). Influencia de los parámetros meteorológico en la calidad del aire. Dirección Regional de Tacna, Lima, Perú.

SPDA Actualidad Ambiental (2 de febrero de 2017). Debemos consumir 100 litros de agua al día por persona, pero consumimos hasta 250 litros. Recuperado de <http://www.actualidadambiental.pe/?p=42982>

Toledo H. (2017). Gestión de nieblas como recurso hídrico para proteger el ecosistema de Lomas en zonas áridas del distrito de Villa María del Triunfo en el año 2015. Universidad Nacional Hemilio Valdizan, Perú.

Vadillo J. (22 de agosto de 2016). Agua del cielo. El Peruano. Recuperado de <https://elperuano.pe/noticia-%C2%A1agua-del-cielo-44880.aspx>

Wheeler C. (2018). El déficit hídrico: Estado mundial del agua 2018. Water Aid. Recuperado de <https://washmatters.wateraid.org/sites/g/files/jkxoof256/files/The%20Water%20Gap%20State%20of%20Water%20report%20Sp%20lr%20pages.pdf>

Zegarra E. (2018). Estudios de riesgos hídricos del sector privado en Lima.
AQUAFONDO. Inversión en agua para Lima.

Lista de anexos

Anexo A. Países con mayores recursos hídricos	90
Anexo B. Cronograma de actividades	91
Anexo C. Presupuesto del proyecto de investigación	92
Anexo D. Tabla del período de las actividades de la presente investigación.	93
Anexo E. Panel fotográfico de la zona de estudio.	94
Anexo F. Entrevista al dirigente del asentamiento humano Quebrada Alta.	101
Anexo G. Entrevista al dirigente del asentamiento humano Villa Lourdes Ecológico II Etapa.	103
Anexo H. Entrevista telefónica con el Ing. Juan Ademir Villantoy Peralta, presidente de la ONG ALEV.....	104
Anexo I. Entrevista telefónica con el Ing. Abel Cruz. Presidente de la ONG Peruanos sin Agua.	105
Anexo J. Solicitud presentada a la municipalidad de Villa María del Triunfo sobre la información de los atrapanieblas instalados.	106

ANEXOS

Anexo A. Países con mayores recursos hídricos

Puesto	País	Precipitación media 1961-1990 (km ³ /año)	Agua superficial producida al interno del país (km ³ /año)	Agua subterránea producida al interno del país (km ³ /año)	Superposición O parte común entre aguas superficiales y subterráneas (km ³ /año)	Total de agua producida al interior del país (km ³ /año)	Recursos externos : natural (km ³ /año)	Recursos externos : actual (km ³ /año)	Total de recursos : natural (km ³ /año)	Total de recursos actual (km ³ /año)	IRWR/hab (m ³ /año)
1	Brasil	15.236	5.418	1.874	1.874	5.418	2.815	2.815	8.233	8.233	31.795
2	Rusia	7.855	4.037	788	512	4.313	195	195	4.507	4.507	29.642
3	Canadá	5.352	2.840	370	360	2.850	52	52	2.902	2.902	92.662
4	Indonesia	5.147	2.793	455	410	2.838	0	0	2.838	2.838	13.381
5	China	5.995	2.712	829	728	2.812	17	17	2.830	2.830	2.245
6	Colombia	2.975	2.112	510	510	2.112	20	20	2.132	2.132	50.160
7	Estados Unidos de América	5.800	1.862	1300	1.162	2.000	71	71	2.071	2.071	7.153
8	Perú	1.919	1.616	303	303	1.616	297	297	1.913	1.913	62.973
9	India	3.559	1.222	419	380	1.261	636	636	1.908	1.908	1.249

Fuente. AQUASTAT, 2015.

Anexo B. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	SEMANAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisión de fuente bibliográfica	X	X	X									
Determinación de la huella hídrica azul de Villa María del Triunfo				X	X	X		X				
Determinación de la huella hídrica verde de Villa María del Triunfo				X	X	X	X	X				
Determinación de la huella hídrica gris de Villa María del Triunfo				X	X	X						
Colecta de datos									X	X		
Cálculo del aporte de los atrapanieblas en la huella hídrica											X	X
Acompañamiento técnico por el asesor designado	X	X	X	X	X	X				X	X	X
Entrevistas a los dirigentes de Villa María del Triunfo	X						X					

Anexo C. Presupuesto del proyecto de investigación

- ✓ Precio de los pasajes al distrito de Villa María del Triunfo es de 7 soles por día, por cinco días es un total de 35 soles.
- ✓ Precio de los equipos de protección personal (casco, de seguridad zapato de seguridad, chaleco de seguridad) es un total de 194,3 soles.
- ✓ Precio de los instrumentos (flexómetro de cinco metros, libreta de campo, lapicero, cámara, grabadora de voz) es un total de 1.054 soles

Presupuesto total es de 1.283,3 soles.

Anexo D. Tabla del período de las actividades de la presente investigación.

Etapas	Actividades	Fecha
Etapa de gabinete 1	Lluvia de ideas	1 al 11 de enero
	Desarrollo del tema a desarrollar	11 al 14 de enero
	Presentación de la propuesta del tema a desarrollar	15 de enero
Etapa de gabinete 2	Revisión de literatura	16 al 19 de enero
	Recolección de la información	20 al 23 de enero
	Redacción y revisión del Proyecto de Trabajo de Suficiencia Profesional	24 al 30 de enero
	Presentación del Proyecto de Trabajo de Suficiencia Profesional	31 de enero
Etapa de campo	Visita técnica y recolección de datos al Asentamiento Humano Villa Lourdes Ecológico II Etapa	1 al 2 de febrero
	Visita técnica y recolección de datos al Asentamiento Humano Quebrada Alta el Paraíso	7 al 8 de febrero
	Visita técnica y recolección de datos al Asentamiento Humano Mina de Agua	13 al 14 de febrero
	Visita técnica y recolección de datos al Asentamiento Humano Edén del Manantial	16 al 17 de febrero
	Visita técnica y recolección de datos a los alrededores	19 al 22 de febrero
Etapa de gabinete 3	Procesamiento de datos	23 al 25 de febrero
	Análisis e interpretación de datos	26 al 28 de febrero
	Redacción y revisión del Trabajo de Suficiencia Profesional	1 de marzo al 4 de abril
	Presentación del Trabajo de Suficiencia Profesional	5 de abril
Etapa de sustentación	Levantamiento de observaciones	29 de abril al 13 de mayo
	Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional	1 de mayo

Anexo E. Panel fotográfico de la zona de estudio.

Atrapanieblas ubicados en el asentamiento humano Quebrada Alta



Medición y anotación de las dimensiones atrapanieblas ubicados en el asentamiento humano Quebrada Alta con ayuda de una flexómetro.



Atrapaniebla ubicado en el asentamiento humano Edén del Manantial.



**Atrapanieblas ubicados en el asentamiento humano Villa Lourdes Ecológico
II Etapa.**



**Entrevista con el dirigente Hildebrando Loza del asentamiento humano
Quebrada Alta**



Medición y anotación de las dimensiones atrapanieblas ubicados en el asentamiento humano Villa Lourdes Ecológico II Etapa con ayuda de una flexómetro.



**Entrevista con los pobladores del asentamiento humano Villa Lourdes
Ecológico**



Anexo F. Entrevista al dirigente del asentamiento humano Quebrada Alta.

Fecha	17 de febrero de 2019
Hora	10:00 am
Entrevistado	Hildebrando Loza
Modalidad	Presencial (asentamiento humano Quebrada Alta, Mz C, s/n)

- ¿Cuántos atrapanieblas existen en esta zona?
Existen tres atrapanieblas en la cima de la loma, de 4 metros de ancho por 4 metros de largo, las que fueron instalados por la fundación alemana Creating Water y UNACEM hace 10 años, los que previamente realizaron el estudio para ver el lugar óptimo para su instalación, con la ayuda de todos los pobladores, también existen cuatro atrapanieblas, de 4 metros de ancho por tres metros de largo, instalados por la ONG ALEV y con la ayuda de los pobladores. Pero hace dos o tres años existían veinte atrapanieblas, el motivo por que desaparecieron fue por el tráfico de terrenos, eso trajo consigo inseguridad al lugar.
- ¿Cuánta agua recolectan los atrapanieblas?
Los atrapanieblas llegaron a recolectar solo en época de invierno miles de litros de agua, por eso se mandó a construir 3 pozos de dimensiones, 11 metros de largo por 4.50 de ancho y una profundidad de 2.5 metros de agua para reservar el agua y que nos sirva en época de verano, donde la recolección es cero. El agua canaliza hacia los pozos por medio de canaletas y de mangueras. Cada atrapaniebla recolecta aproximadamente entre 150 a 200 litros de agua por día. En época de invierno la neblina puede llegar a un 90% de humedad.
- ¿Cuál es el uso del agua del atrapaniebla?
El agua se usaba para el riego de árboles que plantaron la ONG ALEV con la ayuda de los pobladores, también para el riego de especies de plantas como la tara, la flor de amancaes, la begonia, la ortiga, la flor trompeta, el mito, la nolana, entre otros, también para el riego de nuestros sembríos como la papa, calabaza, etc. También se le dio uso para el lavado de ropa y aseo básicamente. Anteriormente existía un manantial que nos abastecía de agua a

los asentamientos cercanos, pero debido a la construcción de pistas y casas, tuvieron que dinamitarlo, hasta que ese manantial desapareció.

- ¿Cuál es el precio del agua?
- Los camiones cisternas venden 2500 litros de agua a 40 soles que nos alcanza una semana.

Anexo G. Entrevista al dirigente del asentamiento humano Villa Lourdes Ecológico II Etapa.

Fecha	13 de febrero de 2019
Hora	13:00 pm
Entrevistado	Jhon Pumacahua.
Modalidad	Presencial (asentamiento humano Villa Lourdes Ecológico II Etapa, Mz M, s/n)

- ¿Cuántos atrapanieblas existen en esta zona?
- Hace dos años aproximadamente existían 50 atrapanieblas fueron instalados por la fundación alemana Creating Water y la ONG Peruanos sin Agua con la ayuda de los pobladores, pero debido a las invasiones desaparecieron la gran mayoría, ahora solo existen 6 atrapanieblas en funcionamiento.
- ¿Cuánta agua recolectan los atrapanieblas?
- Por cada atrapaniebla de 4 metros de ancho por 5 metros de largo, recolecta un promedio de 200 litros de agua por día, cada atrapaniebla tiene un tanque de agua de capacidad de 2500 litros.
- ¿Cuál es el uso del agua del atrapaniebla?
- El agua que se recolecta es para el riego de nuestros sembríos como la calabaza, papa, el camote, la sandía, entre otros. Además, se utiliza para el lavado de ropa, aseo.
- ¿Cuál es el precio del agua?
- Los camiones cisternas nos venden el agua por metro cúbico de 15 soles hasta 25 soles, dependiendo de la altura donde vives, ya que mientras más alta sea la vivienda más es el costo del agua por metro cúbico.

Anexo H. Entrevista telefónica con el Ing. Juan Ademir Villantoy Peralta, presidente de la ONG ALEV

Fecha	20 de febrero de 2019
Hora	9:00 am
Entrevistado	Ing. Juan Ademir Villantoy Peralta
Modalidad	Vía telefónica

- ¿Cuántos atrapanieblas existen en el distrito de Villa María del Triunfo?
- En el 2014 existían 14 atrapanieblas en el asentamiento humano Quebrada Alta, con dimensiones 4 metros por 3 metros de largo y 4 metros de ancho y 4 metros de largo, su eficiencia es de 85%, ya que están en ladera media de aproximadamente 650 metros sobre el nivel del mar.
- ¿Cuánta agua recolectan los atrapanieblas?
- Aproximadamente recolecta 12 litros por día por metro cuadrado de malla raschel. La malla raschel tiene 50% de sombra. La vida útil de los atrapanieblas de malla raschel es de 5 años aproximadamente.

Anexo I. Entrevista telefónica con el Ing. Abel Cruz. Presidente de la ONG Peruanos sin Agua.

Fecha	24 de febrero de 2019
Hora	11:00 am
Entrevistado	Ing. Abel Cruz
Modalidad	Vía telefónica

- ¿Cuántos atrapanieblas existen en el distrito de Villa María del Triunfo?
- En el Asentamiento Humano Edén del Manantial se instaló 6 atrapanieblas, en el Asentamiento Humano Virgen de Fátima se instaló 8 atrapanieblas, en el Asentamiento Humano Virgen de Chapi se instaló 4 atrapanieblas, en el Asentamiento Humano Llanavilla se instaló 26 atrapanieblas, en el Asentamiento Humano Villa Lourdes Ecológico II Etapa se instaló 50 atrapanieblas y en el Asentamiento Humano Minas de Agua se instaló 16 atrapanieblas, pero este último se encontraba en una propiedad privada y que se tendría que entrar con autorización del dirigente de la zona, pero que aún se encontraba en funcionamiento, mientras que los demás se habían retirado por ser época de verano, para evitar el deterioro de los atrapanieblas, pero que se pretendía volver a instalarlos en la próxima época de invierno. Además, manifestó que la capacidad de recolección de agua de cada uno de los atrapanieblas es de 200 litros por día.
- ¿Cuánta agua recolectan los atrapanieblas?
- La capacidad de recolección de agua de cada uno de los atrapanieblas es de 200 litros por día. el porcentaje de malla raschel que se utilizó para la instalación de los atrapanieblas es de 50% de sombra.
- ¿Cuál es el uso del agua del atrapaniebla?
- Se utiliza para el riego de los sembríos de los pobladores como son: calabaza, papa, garbanzo, menta, entre otros, también se usaron para el aseo y limpieza.

Anexo J. Solicitud presentada a la municipalidad de Villa María del Triunfo sobre la información de los atrapanieblas instalados.



**Municipalidad de
VILLA MARIA
DEL TRIUNFO**

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Villa María del Triunfo, 23 de febrero de 2019.

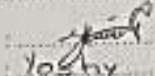
Sr.
ELOY CHAVEZ HERNANDEZ
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DE VILLA MARIA DEL TRIUNFO
Presente.-

SOLICITO información sobre los
atrapanieblas instalados en
Villa María del Triunfo

Yo Yoshy Yanelly Condori Albarnoz identificado(a) con D.N.I. N° 73976160 con domicilio
fiscal en Av. (X), Jr. (), Calle () Saenz Peña N°
Mz. C Lte. 14 Int. Sector Laderas de Pachacamac Zona
..... AA.HH. del distrito
de Villa María del Triunfo.

Por medio del presente solicito:
Información de los atrapanieblas instalados en el distrito
de Villa María del Triunfo

El motivo: Por la realización de investigación para la tesis
para obtener el título profesional de ingeniería ambiental

Firma: 

Nombres y Apellidos: Yoshy Yanelly Condori Albarnoz

y/o Representante:

Teléfonos: 962754889

Correo Electrónico: yanellylibra@hotmail.com

CUMPLO CON ADJUNTAR LOS REQUISITOS DE ADMISIBILIDAD (Ley de Procedimientos Administrativos - Ley 27444)

PERSONA NATURAL	PERSONA JURIDICA
* COPIA DNI TITULAR ()	* COPIA FEDATEADA DE PODER VIGENTE ()
* PAGO DERECHO ADMINISTRATIVO (TUPA) DE SER ()	* COPIA DEL DNI REPRESENTANTE LEGAL ()
* CARTA PODER Y COPIA DE DNI (EN CASO REPRESENTANTES) ()	* CARTA PODER EN CASO DE DELEGACION DE PODER ()
* OTROS

ASIMISMO (Opcional)
OTORGO PODER al Sr./Sra/ Srta., identificado(a) con DNI N°
..... para que, en mi representación realice el trámite y/o recoja los documentos que generan el mismo