



**Universidad de Guayaquil**

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL AGUA DE NEBLINA PARA  
ABASTECIMIENTO LOCAL EN EL SECTOR LAS CHINCHAS,  
CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA.**

**AUTOR: BRYAN EFRÉN SHINGRE TADAY**

**TUTOR: DAVID ELOY GARCÍA ASENCIO MSc.**

**GUAYAQUIL, MARZO DE 2021**



Universidad de Guayaquil

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

TEMA:

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL AGUA DE NEBLINA PARA  
ABASTECIMIENTO LOCAL EN EL SECTOR LAS CHINCHAS,  
CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA.**

**AUTOR: Bryan Efrén Shingre Taday.**

**TUTOR: David Eloy García Asencio, MSc.**

**GUAYAQUIL, MARZO 2021**



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL  
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO XI



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

|   |   |   |    |
|---|---|---|----|
| <b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>                            | ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL AGUA DE NEBLINA PARA ABASTECIMIENTO LOCAL EN EL SECTOR LAS CHINCAS, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA  |   |    |
| <b>AUTOR(ES)<br/>(apellidos/nombres):</b>             | SHINGRE TADAY BRYAN EFRÉN   |   |    |
| <b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)<br/>(apellidos/nombres):</b> | POZO GUERRERO WILSON<br>GARCÍA ASENCIO DAVID ELOY   |   |    |
| <b>INSTITUCIÓN:</b>                                   | UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  |   |    |
| <b>UNIDAD/FACULTAD:</b>                               | FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  |   |    |
| <b>TERCER NIVEL:</b>                                  | INGENIERÍA AMBIENTAL  |   |    |
| <b>GRADO OBTENIDO:</b>                                | INGENIERO AMBIENTAL   |   |    |
| <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>                          | MARZO 2020  | <b>No. DE PÁGINAS:</b>                    | 68 |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>                               | CIENCIAS AMBIENTALES  |   |    |
| <b>PALABRAS CLAVES/<br/>KEYWORDS:</b>                 | Niebla, neblina, sistema de captación de agua de niebla, volumen de agua, calidad de agua, consumo humano, uso agrícola.  |   |    |
| <b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>                              | <p>En el presente estudio se evaluó cuan factible es recolectar agua de niebla o neblina del sector Las Chinchas para abastecimiento de las familias habitantes. Para ello, se emplearon tres sistemas de captación de agua de niebla, cuya superficie de malla colectora es de 4 m<sup>2</sup> con 50 % de coeficiencia de sombra incluyendo un tanque de almacenamiento de 22L por cada SCAN implementado. A partir del 28 de diciembre de 2020 al 22 de febrero de 2021 se registraron datos cada cuatro días sobre el volumen de agua recolectada y se procedió a realizar análisis de calidad de agua, tanto de manera in situ como en laboratorio. El promedio de agua captada cada 4 días es de 17.64L por atrapaniebla, presentando variaciones por la presencia o ausencia de niebla y de eventos de precipitación. En los 56 días de estudio, se obtuvo un volumen total de 794.08 L, agua utilizada para satisfacer las necesidades de una familia local. A pesar de que el agua recolectada no pasa por un tratamiento, el estudio de las concentraciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, demostraron que cumplen con los criterios de calidad para consumo humano y uso agrícola estipulados en el Anexo 1 Libro VI del TULSMA. Posteriormente se determinó que, el uso apto para el agua recolectada es brindar soporte para el regadío de pequeños cultivos locales. Además se realizó una propuesta de uso y manejo de agua captada cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de las personas habitantes del sector.</p> |   |    |
| <b>ADJUNTO PDF:</b>                                   | <input checked="" type="checkbox"/> SI  | <input type="checkbox"/> NO               |    |
| <b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>                         | <b>Teléfono:</b><br>0990061364  | <b>E-mail:</b><br>Bryan-s1997@hotmail.com |    |
| <b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>                   | <b>Nombre:</b> Blga. Mónica Armas Soto<br><b>Teléfono:</b> 593 4 3080777<br><b>E-mail:</b> info@fccnugye.com monica.armass@ug.edu.ec  |   |    |



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
CARRERA **INGENIERIA AMBIENTAL**  
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO XII

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA  
OBRA CON FINES ACADÉMICOS**

Yo, **Bryan Efrén Shingre Taday**, con C.I. No. 1900483270, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL AGUA DE NEBLINA PARA ABASTECIMIENTO LOCAL EN EL SECTOR LAS CHINCHAS, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA**, son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del **CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\***, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

---

**BRYAN EFRÉN SHINGRE TADAY**  
C.I.: 1900483270



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL  
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO VII

## CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado *BLGO. DAVID ELOY GARCÍA ASECIO MSc.*, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por *BRYAN EFRÉN SHINGRE TADAY* con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de *INGENIERO AMBIENTAL*.

Se informa que el trabajo de titulación: *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL AGUA DE NEBLINA PARA ABASTECIMIENTO LOCAL EN EL SECTOR LAS CHINCHAS, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA*, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio Urkund, quedando el 4 % de coincidencia.

URKUND

### Document Information

|                   |  |
|-------------------|--|
| Analyzed document | TII 2020_2021_TESIS_BRYAN SHINGRE.docx (D97795185) |
| Submitted         | 3/10/2021 2:08:00 AM                               |
| Submitted by      |  |
| Submitter email   | bryan.shingret@ug.edu.ec                           |
| Similarity        | 4%   |
| Analysis address  | david.garciaa.ug@analysis.urkund.com               |

### Sources included in the report

|    |   |   |
|----|---|---|
| W  | URL: <a href="https://www.researchgate.net/publication/257199788_TECNOLOGIA_PARA_LA_RECOLECCION_...">https://www.researchgate.net/publication/257199788_TECNOLOGIA_PARA_LA_RECOLECCION_...</a><br>Fetched: 3/10/2021 2:09:00 AM | 3 |
| SA | TESIS_CRISTHIAN ANIBAL MINGA PONGO.pdf<br>Document TESIS_CRISTHIAN ANIBAL MINGA PONGO.pdf (D60269812)   | 1 |
| W  | URL: <a href="https://www.researchgate.net/publication/337951296_POTABILIZACION_AGUA">https://www.researchgate.net/publication/337951296_POTABILIZACION_AGUA</a><br>Fetched: 12/1/2020 5:46:25 PM                               | 1 |

<https://secure.urkund.com/view/93324911-896421-296461>



Firmado electrónicamente por:  
**DAVID ELOY  
GARCIA**

*Blgo. David Eloy García Asencio, MSc.*  
C.I. 0920826302  
Fecha: 10 de marzo del 2021



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL  
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO VI

Guayaquil, 10 de marzo de 2021

Señor Ingeniero

**Vinicio Macas Espinosa. MSc.**

**DIRECTOR (E) DE LA CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL**

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad.-

*De mis consideraciones:*

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **Estudio de factibilidad del agua de neblina para abastecimiento local en el sector Las Chinchas, cantón Catamayo, provincia de Loja** del (los) estudiante (s) **Bryan Efrén Shingre Taday**, indicando que ha (n) cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**DAVID ELOY  
GARCIA**

*Blgo. David Eloy García Asencio, MSc.*

C.I. 0920826302

Fecha: 10 de marzo del 2021



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL  
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO VIII

INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Guayaquil, 22 de marzo de 2021

Señor Ingeniero

Vinicio Xavier Macas Espinosa, MSc.

**DIRECTOR (E) DE LA CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL AGUA DE NEBLINA PARA ABASTECIMIENTO LOCAL EN EL SECTOR LAS CHINCHAS, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA** del estudiante **SHINGRE TADAY BRYAN EFRÉN**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

- El título tiene un máximo de 20 palabras.
- La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
- El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
- La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
- Los soportes teóricos son de máximo 12 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el/la estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
WILSON ORLANDO  
POZO GUERRERO

Wilson Orlando Pozo Guerrero, PhD.

C.I.: 0400440590

Fecha: 22 de marzo de 2021



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL  
UNIDAD DE TITULACIÓN



**RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)**

**ANEXO XIII**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL AGUA DE NEBLINA PARA ABASTECIMIENTO LOCAL  
EN EL SECTOR LAS CHINCAS, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA.**

**Autor:** Bryan Efrén Shingre Taday

**Tutor:** Blgo. David García Asencio, MSc

**Resumen**

*En el presente estudio se evaluó cuan factible es recolectar agua de niebla o neblina del sector Las Chinchas para abastecimiento de las familias habitantes. Para ello, se emplearon tres sistemas de captación de agua de niebla, cuya superficie de malla colectora es de 4 m<sup>2</sup> con 50 % de coeficiencia de sombra incluyendo un tanque de almacenamiento de 22L por cada SCAN implementado. A partir del 28 de diciembre de 2020 al 22 de febrero de 2021 se registraron datos cada cuatro días sobre el volumen de agua recolectada y se procedió a realizar análisis de calidad de agua, tanto de manera in situ como en laboratorio. El promedio de agua captada cada 4 días es de 17.64L por atrapaniebla, presentando variaciones por la presencia o ausencia de niebla y de eventos de precipitación. En los 56 días de estudio, se obtuvo un volumen total de 794.08 L, agua utilizada para satisfacer las necesidades de una familia local. A pesar de que el agua recolectada no pasa por un tratamiento, el estudio de las concentraciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, demostraron que cumplen con los criterios de calidad para consumo humano y uso agrícola estipulados en el Anexo 1 Libro VI del TULSMA. Posteriormente se determinó que, el uso apto para el agua recolectada es brindar soporte para el regadío de pequeños cultivos locales. Además se realizó una propuesta de uso y manejo de agua captada cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de las personas habitantes del sector.*

**Palabras Claves:** Niebla, neblina, sistema de captación de agua de niebla, volumen de agua, calidad de agua, consumo humano.



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD CIENCIAS NATURALES  
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL  
UNIDAD DE TITULACIÓN



*RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLES)*

ANEXO XIV

***MIST WATER FEASIBILITY STUDY FOR LOCAL SUPPLY IN THE LAS  
CHINCHAS SECTOR, CATAMAYO CANTON, LOJA PROVINCE***

***Author:*** Bryan Efrén Shingre Taday

***Advisor:*** Blgo. David García Ascencio, MSc.

***Abstract***

*In this present study, it was evaluated how feasible it is to collect water from the fog or mist of the Las Chinchas sector to supply the families of the inhabitants. For this, three fog water capture systems (SCAN) were used, whose surface of the collecting mesh is 4m<sup>2</sup> with a 50% shadow coefficient, including a 22 L storage tank for each SCAN implemented. From December 28, 2020 to February 22, 2021, data was recorded every four days on the volume of water collected and water quality analyzes were carried out, both in situ and in the laboratory. The average amount of water collected every 4 days is 17.64 L per water collector, however, this amount presents variations related to the presence or absence of fog and precipitation events. Regarding the study period of 56 days, a total volume of 794.08 L was obtained, water that was used to satisfy the needs of a local family. Despite the fact that the collected water does not go through a treatment, the study of the concentrations of physical, chemical and microbiological parameters showed that they meet the quality criteria for human consumption and agricultural use stipulated in Annex 1 Book VI of TULSMA. Later it was determined that the suitable use for the collected water is to provide support for the irrigation of small local crops. In addition, a proposal for the use and management of captured water was made whose objective is to satisfy the needs of the inhabitants of the sector.*

***Keywords:*** Fog / mist, fog water collection system, water volume, water quality, supply, human consumption

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Vinicio y Nancy, por motivarme a ser una gran persona, por enseñarme que con paciencia, constancia y esfuerzo podré cumplir todas las mis meta y sobre todo porque siempre me han brindado amor y apoyo para nunca rendirme.

A mi hermana Naydelin por ser una mi amiga incondicional y darme valor para afrontar todos mis retos y miedos.

A mis abuelos y tías, que siempre me han motivado a seguir adelante, porque me han apoyado incondicionalmente y me han demostrado que todo es posible si tengo confianza en mí mismo.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente a Dios que me ha bendecido siempre para poder cumplir con mis metas propuestas.

A mis padres y abuelos por apoyarme en todo lo que he necesitado.

A mis maestros y maestras por haber dedicado su tiempo con sus enseñanzas y buenos consejos.

A mi tutor, David García, por guiarme constantemente en la elaboración de mi trabajo de titulación, por darme valor para no rendirme y por ser paciente conmigo.

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN .....   | 1  |
| CAPITULO I .....   | 3  |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                               | 3  |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN .....  | 4  |
| 1.3 OBJETIVOS .....  | 6  |
| 1.3.1 General.....   | 6  |
| 1.3.2 Específicos .....  | 6  |
| 1.4 HIPÓTESIS .....  | 6  |
| CAPITULO II .....  | 7  |
| 2.1 ANTECEDENTES .....   | 7  |
| 2.2 MARCO TEÓRICO.....   | 11 |
| 2.2.1 La niebla .....  | 11 |
| 2.2.2 Tipos de niebla .....  | 12 |
| 2.2.3 Factores Incidentes en la niebla .....                       | 14 |
| 2.2.4 Captación de agua de niebla .....                            | 17 |
| 2.2.5 Sistemas de captación.....                                   | 18 |
| 2.2.6 Atrapanieblas o neblinómetros .....                          | 19 |
| 2.2.7 Elementos constituyentes de un Atrapaniebla.....             | 19 |
| 2.2.8 Calidad de agua.....   | 21 |
| CAPITULO III .....   | 22 |
| 3.1 METODOLOGÍA.....   | 22 |
| 3.1.1 Área de estudio.....   | 22 |
| 3.1.2 Ubicación de Sistema de Recolección de Agua de Neblina ..... | 25 |
| 3.1.3 Diseño experimental .....                                    | 26 |
| 3.1.4 Construcción de los captadores de agua de niebla .....       | 27 |
| 3.1.5 Estructura de los captadores de agua de niebla .....         | 28 |
| 3.1.6 Cuantificación de agua de niebla.....                        | 29 |
| 3.1.7 Análisis y caracterización de calidad de agua de niebla..... | 29 |
| 3.1.8 Análisis Estadístico.....                                    | 35 |
| CAPÍTULO IV .....  | 37 |
| 4.1 RESULTADOS .....   | 37 |

|                                  |   |    |
|----------------------------------|---|----|
| 4.1.1                            | Análisis e interpretación de cuantificación de agua niebla recolectada..... | 37 |
| 4.1.2                            | Análisis e interpretación de medición in situ .....                         | 39 |
| 4.1.3                            | Análisis e interpretación de Informe de Laboratorio.....                    | 43 |
| CAPITULO V .....                 |   | 45 |
| 5.1                              | PROPUESTA .....   | 45 |
| CAPITULO VI.....                 |   | 49 |
| 6.1                              | DISCUSIÓN .....   | 49 |
| 6.2                              | CONCLUSIONES.....   | 52 |
| 6.3                              | RECOMENDACIONES .....   | 53 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... |   | 54 |
| ANEXOS .....                     |   | 61 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| <b>Tabla 1</b>  | Volúmenes de agua de neblina captados en diversos estudios.....   | 18 |
| <b>Tabla 2</b>  | Ubicación de los SCANs por coordenadas .....                      | 25 |
| <b>Tabla 3.</b> | Resultados de Análisis de Laboratorio y Legislacion Vigente ..... | 31 |
| <b>Tabla 4</b>  | Cantidad de agua recolectada por SCAN cada cuatro días.....       | 37 |
| <b>Tabla 5.</b> | Resultados de análisis de laboratorio y Legislación Vigente.....  | 44 |
| <b>Tabla 6</b>  | Programa de implementación de SCANs.....                          | 46 |
| <b>Tabla 7</b>  | Programa de manejo y uso de agua para riego de huertos .....      | 47 |
| <b>Tabla 8</b>  | Programa de mantenimiento y control de SCANs.....                 | 48 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Figura 1</b>  | Esquema de comportamiento de la niebla .....                         | 11 |
| <b>Figura 2</b>  | Esquema de evaporación por aire frío.....                            | 12 |
| <b>Figura 3</b>  | Esquema de niebla por enfriamiento .....                             | 12 |
| <b>Figura 4</b>  | Esquema de niebla Orográfica .....                                   | 13 |
| <b>Figura 5</b>  | Esquema de Niebla por Advección.....                                 | 13 |
| <b>Figura 6</b>  | Esquema de Niebla por Radiación .....                                | 14 |
| <b>Figura 7</b>  | Esquema Mapa Político de Cantón Catamayo .....                       | 22 |
| <b>Figura 8</b>  | Esquema de Formaciones Vegetales del cantón Catamayo .....           | 23 |
| <b>Figura 9</b>  | Esquema de ubicación del área de estudio.....                        | 24 |
| <b>Figura 10</b> | Esquema de Ubicación de Sistema de Captación de Agua de Niebla ..... | 25 |
| <b>Figura 11</b> | Esquema de Diseño Experimental de un SCAN.....                       | 27 |
| <b>Figura 12</b> | Promedio de la cantidad de agua recolectada por 4 días.....          | 38 |
| <b>Figura 13</b> | Grafico de cajas sobre Volumen y sus límites máximos y mínimos       | 38 |
| <b>Figura 14</b> | Promedio de pH por SCAN.....   | 40 |
| <b>Figura 15</b> | Diagrama de cajas y bigotes de valores de pH por SCAN .....          | 40 |
| <b>Figura 16</b> | Promedio de Conductividad Eléctrica por SCAN.....                    | 41 |
| <b>Figura 17</b> | Diagrama de cajas de C.E. por SCAN y límites máximos y mínimos.....  | 41 |
| <b>Figura 18</b> | Promedio de Sólidos Totales Disueltos por SCAN .....                 | 42 |
| <b>Figura 19</b> | Diagrama de Cajas de STD por SCAN y límites mínimos y máximos .....  | 43 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| <b>Anexo 1</b>  | Colocación de la malla captadora a los pilares de soporte.....  | 61 |
| <b>Anexo 2</b>  | Instalación de los Sistemas de Captación de Agua de Niebla..... | 61 |
| <b>Anexo 3</b>  | Agua Captada por Atrapaniebla .....                             | 62 |
| <b>Anexo 4</b>  | Presencia de neblina y aprovechamiento de los SCAN .....        | 63 |
| <b>Anexo 5</b>  | Calibración de Multiparámetro PC060 .....                       | 64 |
| <b>Anexo 6</b>  | Medición in situ de parámetros.....                             | 64 |
| <b>Anexo 7</b>  | Reservorio de agua, capacidad de 300 L .....                    | 65 |
| <b>Anexo 8</b>  | Cuantificación de agua en los puntos de medición.....           | 65 |
| <b>Anexo 9</b>  | Recolección de muestra para análisis físicos .....              | 66 |
| <b>Anexo 10</b> | Toma de muestra para análisis para DBO .....                    | 66 |
| <b>Anexo 11</b> | Toma de muestra para análisis microbiológico.....               | 67 |
| <b>Anexo 12</b> | Conservación y refrigeración de muestras .....                  | 67 |
| <b>Anexo 13</b> | Informe de Resultado de Análisis de Laboratorio .....           | 68 |

## INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento más frecuente en la Tierra, únicamente 2,53% del total es agua dulce y el resto es agua salada. Aproximadamente las dos terceras partes del agua dulce se encuentran inmobilizadas en glaciares y al abrigo de nieves perpetuas. El agua dulce disponible se distribuye regionalmente. A la cantidad natural de agua dulce existente en lagos, ríos y acuíferos se agregan los 8.000 kilómetros cúbicos almacenados en embalses (UNESCO, 2015).

La escasez de agua dulce ha aumentado con el tiempo y se espera que se intensifique aún más, debido a la distribución desigual de los recursos hídricos y la densidad de población que han sido inherentes en la demanda de agua, como consecuencia de la movilidad de la población (Rijsberman, 2006; Djuma et al., 2016). En tanto, los impactos sociales, económicos y meteorológicos han sido determinantes en las preferencias de consumo y estilos de vida (Falkenmark et al., 1989; White, 2014). Existen múltiples opciones disponibles para mejorar la calidad y rendimiento eficaz del agua, pero pueden no ser suficientes para hacer que los recursos hídricos convencionales (agua superficial en ríos y lagos, embalses y acuíferos) satisfagan las necesidades humanas en muchas zonas con escasez de agua (Unver et al., 2017).

Por lo tanto, países, regiones y comunidades con escasez de agua deben considerar cada vez más los recursos hídricos alternativos o no convencionales para reducir la brecha entre la oferta y la demanda de agua, ya que la escasez de este recurso constituye un riesgo para la economía mundial y a su vez este elemento sea cada vez más considerado como un instrumento de cooperación internacional para lograr el desarrollo sostenible (Qadir et al., 2018).

Entre los diversos recursos hídricos no convencionales, se ha descrito la manera para recuperar agua del aire. Sin embargo, no ha sido ampliamente estudiado a nivel mundial. Teniendo en cuenta que como parte del ciclo natural del agua global, en un momento dado, su cantidad en la atmósfera es de 12.900 km<sup>3</sup>, lo que representa el 0,001% del agua total y el 0,04% del agua dulce existente en el planeta (Qadir et al., 2018). En condiciones específicas, el aire a nivel del suelo puede contener niebla, lo que se refiere a la presencia de gotas

de agua líquida en suspensión con diámetros típicamente de 1 a 50 micras. La niebla se origina por la acumulación y suspensión de diminutas gotas de agua en el aire, creando masas de aire húmedo sobre la tierra o el mar (Ritter et al., 2015; Qadir et al., 2018).

El agua presente en la neblina es una fuente potencial de agua poco estudiada que podría explotarse utilizando una tecnología innovadora y de bajo costo. EL proceso de la recolección de agua de niebla se enfoca en capturar las gotas microscópicas en una malla ubicada perpendicularmente a la dirección del viento, haciendo que las gotas se unan unas con otras aumentando su tamaño para luego caer por efecto de la gravedad. Al caer las gotas de agua de la malla serán recogidas y trasportadas por una canaleta hacia un tanque, lugar donde se almacenará todo el recurso recolectado (Pérez, 2019).

Pues, dentro de la presente investigación, se evidencia la factibilidad de captar agua proveniente de la neblina para satisfacer las necesidades de las personas, optando por datos registrados y evaluados en relación a la cantidad y calidad del recurso hídrico.

# CAPITULO I

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el último siglo, la demanda de agua se ha incrementado de forma más rápida que la tasa de crecimiento demográfico. Si bien todavía no existe escasez global de agua, sí son latentes los desequilibrios entre la disponibilidad de agua dulce y la población. Además, las irregularidades de lluvia se asocian directamente a los cambios en la temperatura y también en la disponibilidad del recurso agua (Guerrero, 2014).

A su vez, los problemas de calidad del agua persisten tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo, e incluyen la pérdida de cuerpos de agua con calidad óptima y el aumento de contaminantes emergentes (ONU, 2018). A esto, se suma el problema de distribución de agua, que, teniendo buena disponibilidad de agua en el entorno, no se poseen sistemas de aprovechamiento adecuados. (Pérez, 2019).

A nivel general, Ecuador posee agua abundante con relación a los requerimientos presentes y futuros. No obstante, la disponibilidad del agua varía en un promedio de 430.000 Hm<sup>3</sup> durante las épocas de invierno, y 146.000 Hm<sup>3</sup> en las épocas más secas del año (INERHI, 1989). Asegurando así que, el agua no está equitativamente distribuida en el país, por lo que se enfrenta problemas críticos de abastecimiento en las áreas más secas de la Costa y de la Sierra (Chamorro et al., 2005).

Dentro del país hay zonas donde los niveles de precipitación son en general bajos, con una escasa capacidad de regulación anual del agua disponible que da como resultado escasez de agua. Dentro de las regiones donde las precipitaciones son mínimas y que a su vez presentan zonas de sequía se encuentran las provincias de Loja, Manabí, y partes de las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Carchi, entre otras. (Chamorro et al., 2005).

Dentro de la provincia de Loja, la Parroquia Zambí cuenta con aproximadamente varios tipos de ecosistemas, los cuales dan origen a distintas zonas que van de medios cálidos, dando lugar a sectores de sequía, a medios fríos con sectores de frecuentes lluvias y alta humedad. Por lo tanto, es aquí

donde la disponibilidad de agua para los habitantes de la parroquia varía según su respectiva zonificación (GAD Parroquial Zambí, 2012).

Según datos del Censo poblacional 2010, la procedencia del agua que reciben los habitantes para su respectivo abastecimiento, son mediante: red pública, de pozo, de río, vertiente o acequia y de aguas lluvias. Por lo tanto del total de la población, el 36,5% tienen acceso al servicio mediante red pública, el 15,3% acceden a agua de pozo, el 45,3% acceden al agua de vertientes o quebradas, y solo el 6% acceden al agua procedente de lluvias (GAD Parroquial Zambí, 2012).

En el sector Las Chinchas, la distribución principal de agua procede de quebradas y vertientes irregulares más cercanas; a pesar de que su disponibilidad es permanente, existe escases en época de verano por disminución del caudal, lo que resulta en un abastecimiento semanal o quincenal por cada familia que habita en la zona, ocasionando problemas para la producción agrícola y consumo de agua local (GAD Parroquial Zambí, 2012).

El agua es imprescindible para la vida, pero la cantidad disponible es escasa y su distribución desigual. Además, varía a lo largo del año y está sujeta a cambios provocados por la actividad humana. Los usos más importantes están relacionados con la agricultura y el consumo industrial y doméstico (Franco & Rodríguez, 2016). Sin embargo, dentro del sector Las Chinchas, no existen datos que demuestren su distribución del recurso, lo que conlleva a una obtención de información empírica e imprecisa.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Como es de conocimiento común, el agua es elemento vital para los seres vivos por lo que su calidad y cantidad para la vida humana son los que más preocupan. Ya que la contaminación, el desgaste de fuentes hídricas y en general un mal manejo del recurso natural constituyen problemas comunes que afectan principalmente a la cantidad del agua disponible (López, 2018). Actualmente, es necesario contar con agua de óptima calidad, suficiente para satisfacer las necesidades básicas; sin embargo, las fuentes de abastecimiento hídrico cada vez están en constante escasez y/o declive, aportando así que la

calidad de la misma cambia de manera progresiva y negativa (ONU, 2019).

En el Ecuador, según los datos de la Organización Mundial de la Salud del 2015 (WHO), el porcentaje de población que cuenta con servicio de agua para consumo es del 86.0% (Zona Urbana: 93.4% y Rural: 75.5%), mientras que el porcentaje de población que cuenta con servicios de saneamiento es del 84.7% (Zona Urbana: 87% y Rural: 80,7%). Sin embargo, estas cifras pueden variar, por la ubicación y por la mala administración y distribución de los recursos hídricos. A su vez, dicho panorama se agrava con la presencia de regiones con escasas precipitaciones y sequías, dando como resultado escasez de agua (Gutierrez & Vásquez, 2017).

El abastecimiento de agua tanto para consumo humano y para las actividades agropecuarias del sector Las Chinchas es limitado. Dentro del área de estudio, el principal abastecimiento de agua se da por medio de la Vertiente S/N que se conecta con la Quebrada; sin embargo, el caudal y la cantidad del recurso hídrico es irregular. La vertiente varía en los periodos de lluvia, donde la cantidad de agua satisface las necesidades de los habitantes del sector, pero en los meses correspondientes a la estación de sequía o donde no presentan lluvias, la cantidad de agua disminuye resultando en un problema para el abastecimiento local, que se da cada 7 a 15 días.

Los habitantes del sector Chinchas, conducen el agua de la vertiente hacia un tanque de almacenamiento, que en época seca, el tanque se llena cada 15 días, por ende, la demanda de agua para consumo humano es mayor a la disponibilidad de agua que presenta el sector por medio de la Vertiente y el tanque.

El tema sobre la disponibilidad y distribución del agua, ha dado paso a distintas alternativas de abastecimiento del agua, una de ellas es la obtención de agua mediante la niebla o neblina. En Ecuador, el potencial de la niebla como recurso hídrico se ha estudiado desde la década de 1990, donde se identificaron eficiencias de recolección muy grandes de hasta 12 L por día para las regiones de alta montaña (Klemm et al., 2012).

Es por eso que, el presente proyecto de investigación se enfoca en buscar una alternativa factible y viable con relación a la obtención y abastecimiento de recurso agua para los habitantes de la zona de neblina del sector Las Chinchas, los cuales no disponen de una cantidad regular y suficiente para su respectivo consumo. Así mismo, se realizará la evaluación de calidad al agua niebla captada para determinar el tipo de uso que le pueden dar los habitantes del sector. Siendo, Las Chinchas, una zona de neblina, la alternativa a emplearse es un sistema de captura de agua de neblina, conocido como atrapaniebla.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 General**

- Determinar la factibilidad del agua de neblina captada para uso de abastecimiento local en el sector Las Chinchas, cantón Catamayo.

#### **1.3.2 Específicos**

- Implementar un adecuado sistema de captación de agua de neblina considerando los factores climáticos y topográficos del sector las Chinchas.
- Registrar la cantidad de volumen de agua captado de la neblina dentro del periodo de Diciembre – Febrero, cada 4 días.
- Analizar los criterios de calidad de agua de neblina para consumo humano y abastecimiento local en función al Acuerdo Ministerial 097<sup>a</sup>.
- Establecer una propuesta de aprovechamiento de agua de neblina captado para uso doméstico dentro de la localidad Las Chinchas.

### **1.4 HIPÓTESIS**

- Los atrapanieblas implementados presentan una eficiencia óptima en la captación de agua de niebla, donde la cantidad de agua recolectada satisface todas las necesidades de los pobladores del sector Las Chinchas y su calidad es adecuada para consumo humano y uso doméstico en general.

## CAPITULO II

### 2.1 ANTECEDENTES

Desde la antigüedad, el hombre se ha enfocado en analizar la naturaleza, con el objetivo de desarrollar sistemas ingenieriles para obtener una vida más cómoda y sencilla (ZABALKETA, 2013). Parte de la disponibilidad de agua dulce en nuestro planeta ha estado relacionada directamente con el ciclo hidrológico, el cual describe el proceso natural de circulación del agua en nuestro planeta, el cual se basa en el constante movimiento o transferencias de masas de agua, tanto de un punto a otro, como entre sus diferentes estados (Rivera, 2017).

La neblina se encuentra disponible en el proceso de evaporación y condensación, es decir, que el volumen de agua que se puede aprovechar, se encuentra en una fracción del 10% del volumen total generado por la fase del ciclo hidrológico. Esto debido a que la evaporación se genera con mayor potencial en los mares y océanos, debido a la gran humedad que estos proveen, sin embargo, también se puede producir en zonas costeras y en bosques nubosos (Rivera, 2017).

Este fenómeno natural llamado neblina, se compone de pequeñas gotas de agua de diámetro alrededor de 1  $\mu\text{m}$  hasta 40  $\mu\text{m}$ . Las gotas de agua neblina tienen el mismo tamaño de las gotas de agua de las nubes y de hecho, la neblina es simplemente una nube con la base en la tierra. Debido a que las gotas tienen un tamaño pequeño, tienen una velocidad de descenso muy lento y por esto se mueven de forma horizontal con el viento. En lugares donde la neblina es frecuente, las gotas se mueven con el viento y la vegetación colecta el agua de la neblina en enormes cantidades. Esta colección de neblina natural conserva bosques en los trópicos (bosque de neblina) y también son una contribución de agua importante para los bosques en la costa en latitudes moderadas y es la fuente de agua más importante para árboles y plantas en las regiones desérticas en el mundo (Guerrero, 2014).

El aprovechamiento de la niebla está directamente relacionada a las características geográficas y climatológicas de la zona. La presencia o ausencia de la niebla se da por los principales factores de humedad relativa, temperatura,

velocidad y dirección de los vientos y también de la altitud y tipo de relieve local; donde estas características definen el comportamiento de la niebla en el transcurso del día. (Soriano, 2015). El reconocimiento de los sistemas de captación de agua de niebla ha ido aumentando, debido a que la niebla es una fuente alternativa para la obtención de agua y que al ser aprovechada generará un bien y servicio a la comunidad, además de que son sistemas sostenibles y autogestionables (J. Pascual et al., 2011).

Históricamente Chile ha sido el país pionero en la aplicación y desarrollo de la misma dentro de Sudamérica, aunque también, ha sido implementada en otras partes del mundo, como en las Islas Canarias, Perú, Ecuador, República Dominicana, Sudáfrica, Nepal, Cabo Verde, Namibia, México, Israel, Arabia Saudita, Yemen y en el Sultanato de Omán donde se está usando el sistema de captación adecuada, con un resultado muy exitoso (J. Pascual et al., 2011).

A lo largo del tiempo se han documentado diversos métodos de recolección de agua de niebla y rocío que se practicaban principalmente en áreas áridas y semiáridas, donde se incluyeron tanto la utilización directa de agua de niebla que goteaba debajo de los árboles como la construcción de estructuras artificiales en forma de montículos para interceptar la niebla (Fessehaye et al., 2014). El agua de niebla que es naturalmente interceptada por las hojas de los árboles se ha utilizado como fuente de agua durante muchos años en diferentes áreas. Por ejemplo, los antiguos indígenas del siglo XVI de las Islas Canarias durante décadas utilizaron árboles “fuente” (laureles, enebros, pinos) como única fuente de agua para humanos y animales (Domen et al., 2014).

En Omán, los habitantes de las zonas montañosas, que no presentaban disponibilidad alguna de agua, construyeron cisternas debajo de los árboles para recoger el agua de la neblina, con el fin de beneficiarse con el uso doméstico del mismo (Domen et al., 2014).

La viabilidad de utilizar la recolección de niebla para complementar los suministros de agua domésticos en Sudáfrica se investigó a fines de la década de 1960 y nuevamente en 1995. Se instalaron sistemas de captación de neblina en varias partes de Sudáfrica y se monitorearon las tasas de recolección de agua

durante un período de 3 años. Los rendimientos variaron de 1 a 5 L y excedieron los 10 L por día en las regiones montañosas a elevaciones superiores a 1700 m sobre el nivel del mar. Además, se instalaron siete colectores de neblina entre 2001 y 2008 para proporcionar agua potable en dos escuelas en las montañas Soutpansberg en Limpopo, en cinco escuelas en Eastern Cape y en una pequeña aldea de la costa oeste (Olivier, 2004).

En Namibia, Seely y Henschel (1998) estudiaron las características climáticas del Desierto del Namib, enfocándose y discutiendo sobre el comportamiento de la neblina, con el propósito de ofrecer alguna oportunidad para llevar a cabo la recolección de agua de neblina. Posterior a dicho estudio, Mtuleni et al. (1998) llevaron a cabo el estudio de recolección de agua por medio de 14 sistemas de captación de neblina, donde se demostró que la cantidad y la calidad de la niebla en el Desierto del Namib eran suficientes para justificar el proyecto de recolección de niebla (Klemm et al., 2012).

Según Cho, R (2011), en Israel se han encontrado evidencia de construcción de muros circulares bajos alrededor de arbustos y enredaderas para recolectar la humedad presente en la atmosfera y así obtener agua. Debido a que la disponibilidad de agua en Israel es limitada, las precipitaciones son escasas pero el rocío y la niebla son frecuentes; en 2002 se inició un proyecto para establecer una pequeña red de recolectores de niebla y rocío en el árido Negev y la parte norte subhúmeda / húmeda del país que normalmente presenta una humedad relativa del 64%, captando y produciendo 1 L de agua por día (FogQuest, 2009). Uno de los sistemas de captación de agua implementado es Airdrop que comprende un tubo en forma de mástil sobre el suelo a través del cual el aire húmedo es aspirado y conducido a una bobina de metal subterránea por una turbina impulsada por viento. Este tipo de sistema puede recolectar 11,5 ml de agua por cada metro cúbico de aire en los desiertos como el Negev (Moses, 2011; Jarimi et al., 2020).

En Sudamérica, históricamente en el desierto de Atacama, Chile se aprovechaba el agua presente en la niebla recolectándose mediante un pilar de piedras, donde la niebla al pasar por esta estructura, las gotas de agua se condensaban y caían hacia la base inferior almacenándose y evitando la

evaporación del mismo en el transcurso del día. Existen evidencias históricas que demuestran que este método de captación de agua también se realizaron en la región del Medio Oriente y que su almacenamiento de agua se llevaba por acueductos subterráneos (J. Pascual et al., 2011).

En un estudio realizado en la Universidad del Norte en Chile por Saa, G et al. (1958), se estudió el comportamiento de la niebla y su incidencia en el crecimiento de especies arbóreas en sectores áridos. Esto motivó a que los autores diseñaran, fabricaran y experimentaran los primeros captadores de agua de niebla abriendo paso a una serie de estudios posteriores sobre el mismo interés. (J. Pascual et al., 2011).

Perú tiene una larga tradición de recolección de niebla donde numerosos proyectos han sido desarrollados por las comunidades, con diversos grados de éxito, desde Trujillo en el norte del país hasta Tacna en el sur. Un importante proyecto entre 1995 y 1999 cerca de la ciudad de Mejía en la costa sur de Perú demostró la viabilidad de recolectores de niebla para proporcionar agua para la forestación y restauración de los ecosistemas costeros degradados (Schemenauer & Cereceda, 1993; Cereceda et al., 1998; Salbitano et al., 2010). Las leyes peruanas resultaron ser factores de apoyo para la recolección de niebla porque exigen un área de reforestación por encima de los "pueblos jóvenes" en las afueras de Lima como requisito para obtener el título de propiedad legal (Tiedemann & Lummerich, 2010). En proyectos actuales, el agua recolectada se utiliza para cultivar frutas y proporcionar agua dulce para la población. Además, el apoyo local para la reforestación es fuerte (Klemm et al., 2012).

En Ecuador también se han aplicado estos sistemas como en el caso de la comunidad de Caspigasí al norte de Quito, que, con apoyo de la Corporación para el Desarrollo de la Zona Equinoccial y el Consejo Provincial de Pichincha, obtuvieron resultados beneficiosos para la activación de la agricultura de la zona (Klemm et al., 2012). En la ciudad de Loja se han aplicado conocimientos de sistemas alternativos que permitan abastecer de agua con calidad a pequeñas poblaciones, en un estudio que se llevó a cabo en una comunidad de la misma ciudad, se realizaron monitoreos de neblina y velocidad del viento, para analizar

la factibilidad de la implementación de atrapanieblas, dando como resultado sistemas eficientes que brindaron agua de calidad con un nivel físico y bacteriológico óptimo para su consumo (Klemm et al., 2012).

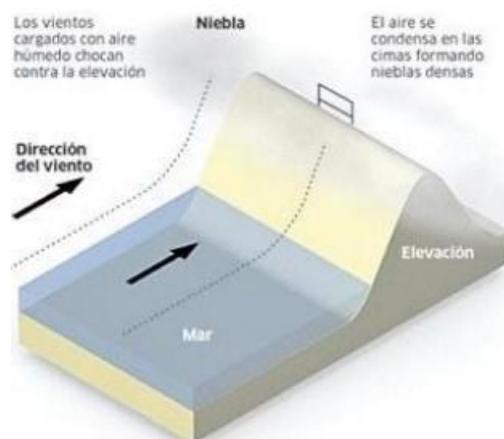
## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 La niebla

La niebla es un fenómeno meteorológico formado por gotas de agua o hielo de tamaño microscópico que, por su bajo peso se mantienen suspendidas en el aire y son transportadas con los vientos. Debido a la suspensión de gotas, la niebla posee un rango de visión menor a 1 km, si el rango de visión es mayor 1km a 4 km se conoce como neblina (Bolaños, 2006).

Según Cereceda (1994), son nubes estratocúmulos o a nivel de la superficie que se constituyen por gotitas que tienen un diámetro entre 1 a 40 $\mu$ m.

La presencia de la niebla se da por la evaporación de la humedad presente en la superficie, produciendo aire cálido que al ascender va perdiendo temperatura y a su vez se va condensando provocando la formación de nubes a nivel del suelo (Aranguiz et al., 2009). Cuando el aire se satura de vapor de agua, éste pasa a formar gotas de rocío, más conocido como neblina, es decir que, en ambientes muy húmedos amanecerá con rocío o neblina debido a que la humedad relativa ha alcanzado su máximo y no puede absorber más agua, pasa lo mismo cuando se suministra aire caliente en un cuarto cerrado, apareciendo vapor de agua en las ventanas (Meruane y Garreaud, 2006).



**Figura 1** Esquema de comportamiento de la niebla  
**Fuente:** (Aranguiz et al., 2009)

## 2.2.2 Tipos de niebla

### 2.2.2.1 Nieblas de Evaporación

Este tipo de niebla se forma cuando un cuerpo de agua o humedad de la superficie se evapora en presencia de aires fríos. Se puede dar por medio de dos procesos, el primero es cuando el aire frío de la atmosfera para por un cuerpo de agua con temperaturas más altas y, el segundo se da cuando el agua de lluvia que posee una temperatura más alta entra en contacto con el aire atmosférico de menor temperatura. (Contreras, 2012).



**Figura 2** Esquema de evaporación por aire frío

**Fuente:** (Aranguiz et al., 2009)

### 2.2.2.2 Niebla por enfriamiento

En términos generales, se da mediante la disminución de la temperatura del aire, provocando que la capacidad de retención de vapor de agua se pierda, esta relación de vapor de agua con la temperatura se la conoce como humedad relativa.(Contreras, 2012)



**Figura 3** Esquema de niebla por enfriamiento

**Fuente:** (Aranguiz et al., 2009)

### 2.2.2.3 Niebla Orográfica

Comúnmente son conocidas como nubes que están frecuentemente presentes en las partes altas o zonas montañosas. Su formación se produce debido a que el aire húmedo saturado de vapor de agua asciende por los relieves montañosos, perdiendo temperatura, condensando el vapor de agua que forman gotas de aguas pequeñas y a su vez la niebla misma. (P. Cereceda et al., 2002; Pérez, 2019)

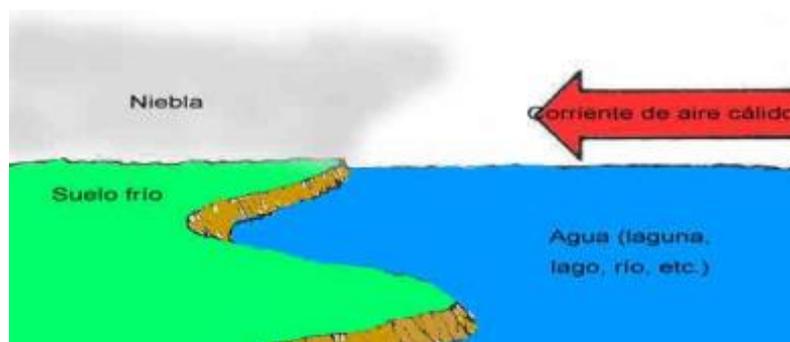


**Figura 4** Esquema de niebla Orográfica

**Fuente:** (Aranguiz et al., 2009)

### 2.2.2.4 Niebla de Advección

La formación de este tipo de niebla se produce cuando una masa de aire cálida se desplaza por encima de una superficie que posee menor temperatura, provocando el enfriamiento de la masa de aire y provocando la presencia de vapor de agua más denso y por ende la niebla. Este tipo de nieblas es más frecuentes en los océanos, debido a que existe una relación térmica entre el cuerpo de masa oceánica y las masas de aire sobre la superficie oceánica. (Pérez, 2019).



**Figura 5** Esquema de Niebla por Advección

**Fuente:** (Aranguiz et al., 2009)

### **2.2.2.5 Niebla por Radiación**

Se forman generalmente en invierno en noches claras cuando la irradiación es intensa. Es necesario un ligero viento del orden de dos a cinco nudos, con el fin de que haya suficiente turbulencia para que el enfriamiento y la humedad se extiendan hacia arriba (Contreras, 2012).

Un momento crítico es precisamente a la salida del Sol. También es importante que el suelo esté húmedo. Las neblinas por radiación se forman exclusivamente en tierra y nunca en mar ya que el agua por la noche está relativamente caliente. En general se forman principalmente en las zonas bajas, sin embargo no quiere decir que no se formen en partes altas de las neblinas se produce por calentamiento del sol el cual sucede alrededor del mediodía (Vistin, 2014).



**Figura 6** Esquema de Niebla por Radiación  
**Fuente:** (Aranguiz et al., 2009)

## **2.2.3 Factores Incidentes en la niebla**

### **2.2.3.1 Vientos**

El viento es uno de los principales factores climáticos de los que depende la presencia o ausencia de la niebla. La temperatura del aire incide directamente en la formación de los vientos, debido a las diferencias de temperaturas presentes en las zonas terrestres y oceánicas (Vistin, 2014).

Los cambios de temperatura que están sujetos a las distintas horas del día y las zonas geográficas producen cambios en la presencia de vientos, generando así variaciones en el sentido y velocidad del mismo (Aranguiz et al., 2009).

Los movimientos de la tierra, rotación y traslación, son procesos necesarios para que existan diferencias en el gradiente térmico del planeta, provocando que las superficies oceánicas y terrestres absorban la radiación solar produciendo cambios en la presión atmosférica y la temperatura, ocasionando la formación de los vientos. (Vistin, 2014).

#### **2.2.3.2 Variación diurna**

Esta característica se origina del movimiento de rotación de la tierra, ocasionando cambios en las temperaturas del día y la noche; Las temperaturas en el día son más cálidas debido a la presencia de radiación solar que incide en la superficie terrestre, mientras que las temperaturas de la noche son más bajas debido a que ausencia de radiación solar (Aranguiz et al., 2009).

#### **2.2.3.3 Variación estacional**

Se basa en la incidencia de los rayos solares que penetran al planeta mediante el movimiento de traslación sobre los ejes de inclinación, provocando que las estaciones del año sean distintas para cada hemisferio del planeta (Vistin, 2014).

#### **2.2.3.4 Variación Latitudinal**

Se basa en el grado de inclinación que tienen los rayos solares sobre superficie de la tierra. En otras palabras, si los rayos solares inciden en los polos, estos rayos tendrán un grado de inclinación mayor, lo que provoca que estas zonas tengan una temperatura baja; sin embargo, cuando la radiación solar incide sobre la zona ecuatorial, su grado de inclinación es nula casi perpendicular, lo que produce temperaturas más cálidas. (Aranguiz et al., 2009; Vistin, 2014).

#### **2.2.3.5 Variación con el tipo de superficie**

Existe una variación térmica entre las superficies oceánicas y continentales, debido a que en los océanos, el agua tiene a regular y minimizar la gradiente térmica, mientras que la superficie terrestre, debido a sus características físicas tiene a presentar variaciones en la gradiente térmica (Aranguiz et al., 2009).

Las variaciones térmicas presentes en las superficies terrestres o continentales, están sujetas a las diferentes características y tipos de suelo. Los terrenos húmedos o con cobertura vegetal presentan temperaturas ajustadas al medio, en cambio las zonas áridas y sin cobertura vegetal presentan variación extremas de temperatura (Vistin, 2014).

#### **2.2.3.6 Variación con la altura**

Se conoce que a mayor altura la temperatura presente en el aire desciende, y eso por ello que las zonas costeras poseen temperaturas más cálidas que las regiones montañosas. En las zonas costeras las temperaturas presentan variaciones no significativas debido a que normalmente la masa de aire local o ya sea por incidencia de lluvia posee una temperatura ligeramente diferente a la temperatura de la capa oceánica superficial; en cambio en las zonas montañosas las masas de aire cálidos variarían gradualmente mientras asciendan por las laderas montañosas perdiendo temperatura (Aranguiz et al., 2009).

#### **2.2.3.7 Relieves**

La incidencia de este factor geográfico se basa en abrir paso para que la neblina se traslade mediante influencia del viento a lugares más extensos, permitiendo que las masas de aire provenientes de las zonas cálidas se lleguen a desplazar a zonas más frías (Aranguiz et al., 2009; Vistin, 2014).

Las zonas montañosas que forman parte del relieve terrestre son de gran importancia, debido a que esta zonas interceptan las masas de aire cálidas haciendo que dichas masas de aire ascienda y pierdan temperatura o se mezclen con masas de aire fría provocando mayor humedad en el aire condensando el vapor de agua para formar la niebla o nubes estratocúmulos (Aranguiz et al., 2009; Vistin, 2014).

#### **2.2.3.8 Capacidad hídrica de la niebla**

La capacidad hídrica que tiene la niebla o neblina varía según las características geográficas del área y de las condiciones climatológicas y meteorológicas a las que se encuentra sometida la zona de neblina. No obstante, llevar a cabo el aprovechamiento de agua presente en la atmosfera por

este fenómeno ha provocado que se determine en diversos estudios que lugares con mayor humedad y temperaturas relativamente poseen una mayor capacidad hídrica que en regiones más cálidas como lo es en las zonas costeras (Vistin, 2014).

El rendimiento de la captura de agua de niebla tiene a ser mayor a comparación con la de lluvia; sin embargo se debe estimar que la recolección de agua será más eficiente en horas nocturnas, donde se evita la pérdida de agua por evaporación, y por las características geo climáticas del sector. Además, este tipo de recurso es categorizada como una fuente alternativa y complementaria capaz de satisfacer las distintas necesidades de los seres humanos (Aranguiz et al., 2009).

#### **2.2.4 Captación de agua de niebla**

La captación de agua de la niebla es un método antiguo y popular que consiste en extraer agua del aire. Este método es utilizado en Chile desde hace más de 30 años, donde la gente de los pueblos usa mallas para atrapar la niebla, y así poder abastecerse de agua pura (Theobald et al., 2011).

Según Martos (2009), para que la niebla pueda ser usada como recurso hídrico, las pequeñas partículas de agua que las componen deben ser recolectadas mediante un sistema de captación de agua. Para captar agua de la niebla no se está haciendo uso del agua de otro sistema, como por ejemplo los ríos. Al contrario, si no usamos el agua captada de la niebla, cuando las condiciones atmosféricas varíen ésta se evaporará; por ello es una captación útil y renovable (Pérez, 2019).

Debido a esta fuente alternativa de aprovechar la niebla para obtener agua, algunos países han desarrollado tecnologías para abastecerse de este recurso, existiendo variedades en los volúmenes captados que están directamente relacionados con su ubicación geográfica y las condiciones meteorológicas y climáticas locales. En la Tabla 1 que se observa a continuación se tiene los datos de volumen promedio de agua de niebla que se han desarrollado en todo el mundo utilizando la tecnología de captación de agua de la niebla, teniendo una captación variable en cada uno de ellos (Vistin, 2014).

**Tabla 1** Volúmenes de agua de neblina captados en diversos estudios

| País                 | Localización                             | Captación promedio de agua de niebla (l/m <sup>2</sup> /día) |
|----------------------|--|--|
| Chile                | Cerro Moreno                             | 8,26   |
|                      | El Tofo                                  | 2,98   |
|                      | Parque Nacional del Bosque de Fray Jorge | 3  |
|                      | Santuario de Padre Hurtado               | 5,4  |
|                      | Falda Verde                              | 1,43   |
|                      | Iquique (Alto Patache)                   | 7,81   |
| Perú                 | Cerro Orara                              | 4,6 – 5,8  |
| Ecuador              | Comunidad Pachamama Grande               | 4  |
| Guatemala            | Lago Atitlan                             | 6,51   |
| Colombia             | Desierto de Guajira                      | 1,4  |
| República Dominicana | -  | 3,58   |
| México               | Chiapas                                  | 0,5  |
| Sudáfrica            | Lepelfontein                             | 5,3 – 5,9 (88% agua niebla)                                  |
|                      | Soutpansberg                             | 2 (25% agua de niebla)                                       |
| Namibia              | Swartbank, Klipneus, Soutrivier          | 0,5 -2   |
| Islas de Cabo Verde  | -  | 11,5   |
| República de Yemen   | Hajja                                    | 9,5  |
| Omán                 | -  | 30 (Monzón)  |
| Croacia              | -  | < 27,8   |
| España               | Islas Canarias (El Gaitero)              | 1,8  |
|                      | Islas Canarias (Erjos)                   | 0,2  |
|                      | Islas Canarias (Cumbres de Anaga)        | 4,5  |
|                      | Islas Canarias (El pulpito)              | 0,2  |
|                      | Islas Canarias (Parque Rural de Teno)    | 4,1 – 5,5  |
|                      | Alicante (El Montgó)                     | 5,6  |

Fuente: Simón (2009)

### 2.2.5 Sistemas de captación

Los sistemas de captación, son los modelos estructurales que se realizan para obtener el agua de la fuente y mantener el flujo del recurso; el diseño de un sistema de captación, dependerá de diversos factores, sean ambientales (clima, relieve, precipitaciones, etc.), sean económicos, como también culturales (sistemas nativos de captación); es decir que, para la instalación de un sistema de captación de aguas, se verifica varios aspectos que van a influir directamente en su instalación y funcionamiento, con la finalidad de satisfacer la necesidad básica de los consumidores, procurando su salud y bienestar (Garavito, 2012).

Un sistema adecuado de captación de agua de niebla se encuentra compuesto por atrapanieblas debido a su costo y facilidad de implementación. Los atrapanieblas son redes rectangulares de gran tamaño formados principalmente por una malla (generalmente plástica) tejida en diagonal, lo que beneficia el transporte de las gotas de agua (Godínez, 2013).

### **2.2.6 Atrapanieblas o neblinómetros**

Es un prototipo o modelo estructural que se ubica perpendicularmente a la dirección de los vientos, conformado de dos pilares que sostienen una malla captadora de agua que incluye en la parte interior una canaleta y un tanque para el almacenamiento del recurso captado (Aranguiz et al., 2009).

La función de esta estructura se basa en que las gotas de la niebla se adhieran en la malla y se unan con otras formando gotas más grandes que por su mayor tamaño y masa, caerán por efecto de la gravedad. Las gotas caerán por el sistema de drenaje, llevando transportando el agua captada hacia los tanques de almacenamiento (Montecinos et al., 2018).

Para que exista un mejor rendimiento sobre la captura de agua de niebla, es necesario que los SCANS o captadores de agua se encuentren ubicados perpendicularmente a la dirección de los vientos predominantes, debido a que la niebla será transportada por estos vientos; además de que la eficiencia de los SCANS también está en función de la cantidad de agua que recolecta y el tiempo o frecuencia de recolección (Pascual, 2019). Dentro de los captadores de niebla, es necesario que la malla este totalmente extendida para que las gotas caigan directamente al sistema de drenaje y por ende no haya pérdidas (Santana, 2015).

### **2.2.7 Elementos constituyentes de un Atrapaniebla**

#### **2.2.7.1 La malla**

Las mallas captadoras de agua normalmente empleadas son de polipropileno, sin embargo se han demostrado en diversos casos donde se han usado malla de distintos tipos de plástico y de acero o alambre. Comúnmente las mallas más usadas para estas estructuras son las Sarán o Rashel debido a sus características y fácil manejo; sin embargo es necesario seleccionar una malla

resistente a la incidencia solar y los vientos fuertes, debido a que estos pueden deteriorar el estado de la malla y acortar su ciclo de vida (Cereceda et al., 2015).

Para la selección de mallas captadora de agua de la niebla, se toma en consideración su coeficiencia de sombra. El porcentaje de coeficiencia de sombra va de la mano con el diámetro de los filamentos de la malla, es decir, si la malla tiene un coeficiente de sombra muy alto o muy bajo la cantidad de agua recolectada será baja; por eso es recomendable emplear una malla con coeficiencia de sombra de 45% o 50% donde los orificios de la malla harán que la niebla pase sobre ellos y el sus filamentos se adhieran las gotas de agua. (Rivera, 2017).

### **2.2.7.2 Soportes**

Son pilares lo cuales son necesarios para colocar la malla captadora y brindar rigidez para todo el sistema de captación de agua de niebla, estos deben ser adecuados para resistir condiciones climáticas fuerte como vientos fuertes, corrosión de las lluvias, radiación solar y la humedad. Estos postes pueden ser de maderas, cañas, metal o cemento, pero su aplicación variará con las características físicas de la zona (Rivera, 2017).

### **2.2.7.3 Almacenamiento y distribución**

Para el transporte y distribución del agua es necesario aplicar un sistema de drenaje o canaletas, lo cuales recolectaran el agua que cae de la malla por efecto de la gravedad y que posteriormente lo trasladará a su almacenamiento. (Mendoza & Castañeda, 2014)

Para el almacenamiento del agua que recolecta el sistema, es necesario utilizar tanque totalmente cerrados, con abertura donde pueda pasar el agua a almacenarse y sobre todo para que el agua no se contamine con polvo o cualquier partícula que pueda afectar la apariencia y calidad del agua. Los tanques de agua y su capacidad de almacenamiento estarán en función del diseño experimental a aplicarse y la frecuencia de recolección, es decir, la capacidad del tanque se seleccionara de acuerdo a la superficie de la malla colectora y al tiempo que se toma el sistema en capturar el agua presente en la atmosfera. (Godinez, 2013).

### **2.2.8 Calidad de agua**

Se refiere a aquella agua libre de elementos que la puedan contaminar y que no sirva de medio para la transmisión de diferentes enfermedades; además, se define según el uso que se le dará, por lo tanto su importancia universal está directamente relacionada con las necesidades de los seres vivos (Mendoza & Castañeda, 2014; Pérez, 2019).

Para saber si la calidad del agua ha sido alterada, es necesario evaluarla, para lo cual se miden sus características físicas, químicas y microbiológicas (Ffolliott et al., 2001). Para la Organización de las Naciones Unidas, la calidad del agua se puede determinar al comparar las particularidades físicas, químicas y microbiológicas de una determinada muestra de agua con las llamadas directrices (ONU, 2014).

La importancia de conocer los requisitos de calidad según el uso es poder determinar si dicha agua necesita algún tratamiento previo. La calidad del agua se evalúa haciendo ensayos que tengan aceptación universal para que sea posible compararlos con los estándares de calidad (Pérez, 2019). La alteración de la calidad del agua, se puede diagnosticar realizando diferentes mediciones específicas, como medir los metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos, bacterias y algunas características físicas (Pérez, 2019; Tchobanoglous & Schroeder, 1985).

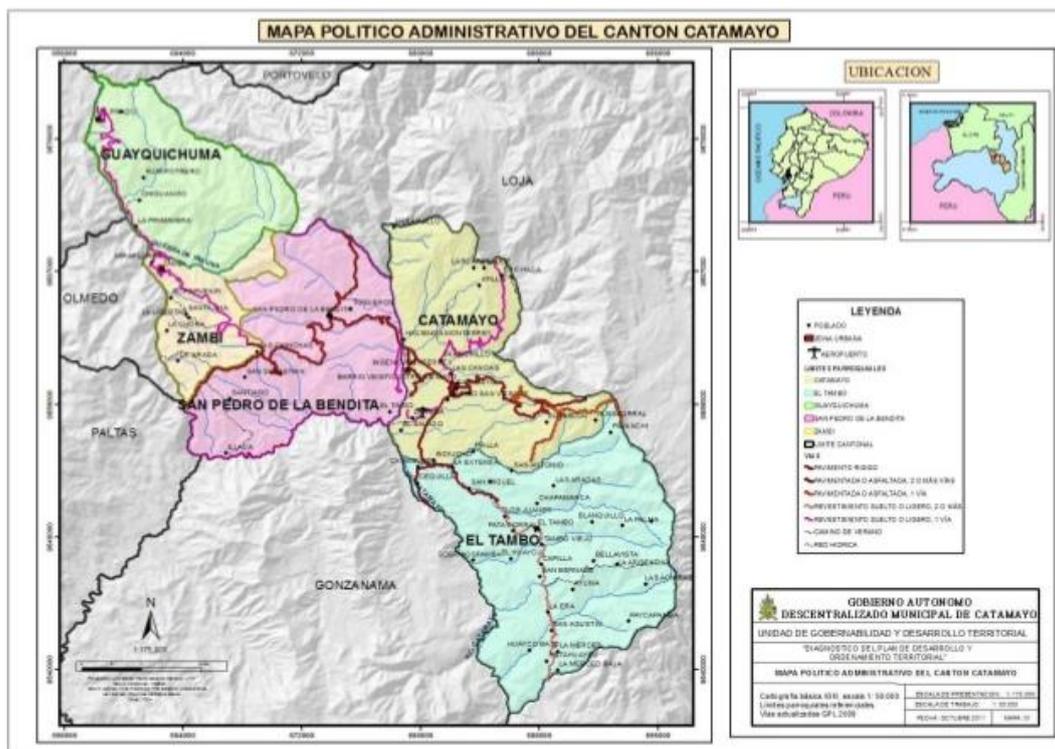
Es de suma importancia salvaguardar la calidad del agua dulce, ya que sólo así se puede asegurar el uso del agua. La calidad del agua puede ser alterada por elementos externos, como por ejemplo los elementos químicos tóxicos y los infecciosos (ONU, 2015; Pérez, 2019).

## CAPITULO III

### 3.1 METODOLOGÍA

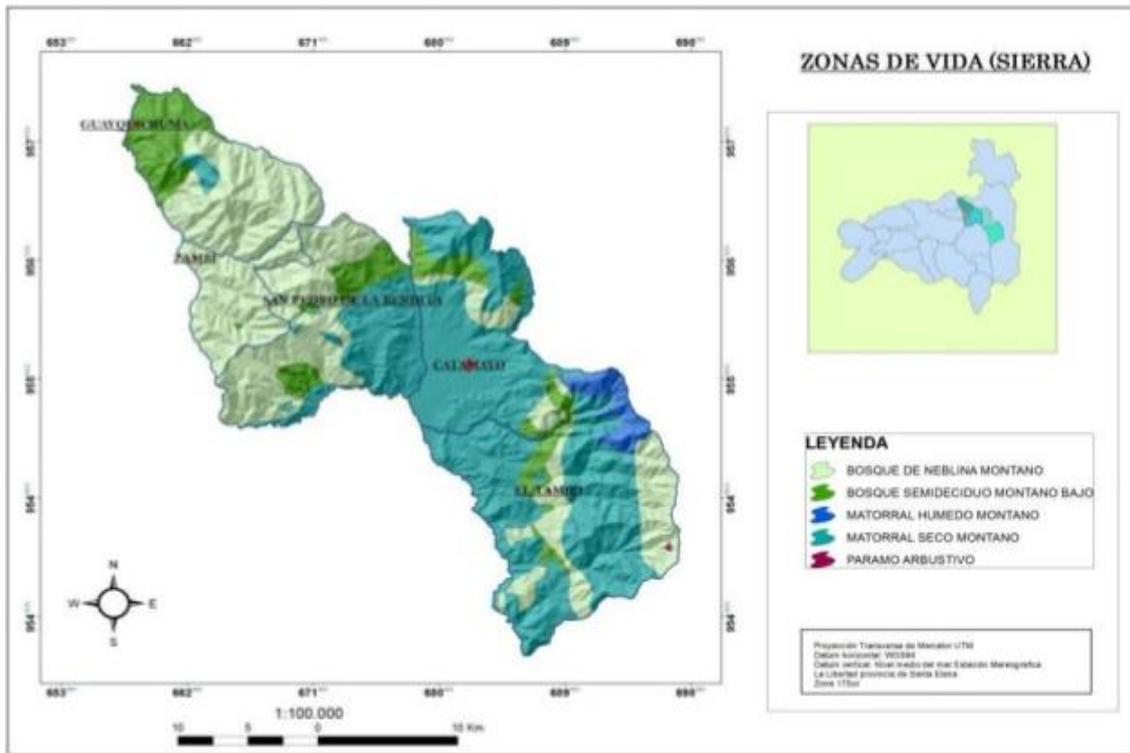
#### 3.1.1 Área de estudio

El cantón Catamayo se encuentra ubicado en la provincia de Loja, en el sur del Ecuador, limita al norte por la provincia de El Oro y el cantón Loja, al sur con los cantones de Gonzanamá y Loja, al este por el cantón Loja y al oeste con los cantones Chaguarpamba y Olmedo. Además, el cantón Catamayo posee una división política administrativa que está constituida por dos parroquias urbanas: Catamayo y San José; y, 4 parroquias rurales: Guayquichuma, Zambí, El Tambo y San Pedro de la Bendita (Figura 7).



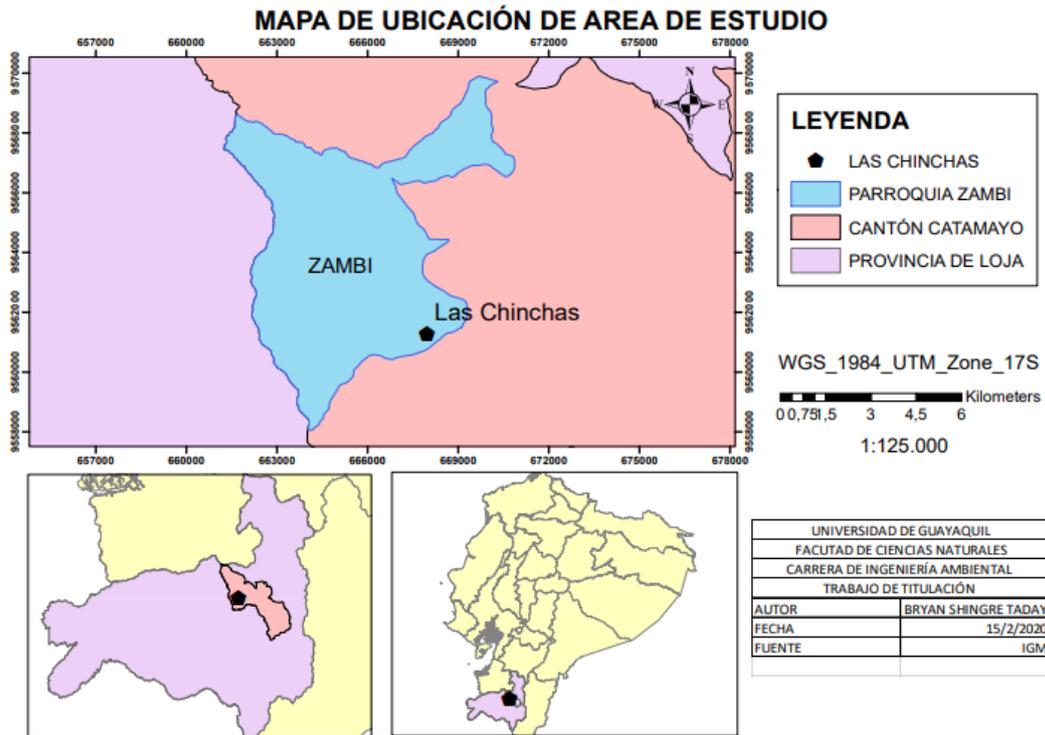
**Figura 7** Esquema Mapa Político de Cantón Catamayo  
**Fuente:**(GAD Parroquial Zambí, 2012)

Debido a que el cantón Catamayo posee diferentes climas, que son influenciados principalmente por el relieve, las precipitaciones y la topografía, ha permitido que exista múltiples formaciones vegetales que, según Sierra et al., 1999, dentro del cantón se encuentran ecosistemas como: Matorral húmedo montano, matorral seco montano, paramo arbustivo, bosque semidecidual montano bajo, bosque de neblina montano y espinar seco montano (Figura 8).



**Figura 8** Esquema de Formaciones Vegetales del cantón Catamayo según Sierra et al. 1999  
**Fuente:** (GAD Parroquial Zambí, 2012)

Mediante la información anterior, el área en el cual se desarrolló el estudio corresponde al sitio Las Chinchas, ubicado al sur este de la parroquia Zambí, aproximadamente a 15 km de la cabecera parroquial y a 25 km de la cabecera cantonal de Catamayo, con una altitud que va de 2000 a 2500 msnm (Figura 9).



**Figura 9** Esquema de ubicación del área de estudio  
**Fuente:** Autor.

Geomorfológicamente, se encuentra dentro del área de relieve montañoso que ocupa gran parte de la parroquia, además, presenta relieves accidentados, lo cual dificulta el acceso a la actividad agro productiva, observándose que son zonas con potencial de conservación ambiental (GAD Zambi, 2013).

Las Chinchas, debido a sus características climáticas y geomorfológicas, presenta un ecosistema de bosque húmedo de neblina o Bosque de neblina montano, donde la presencia de niebla o neblina es la característica principal de esta zona y a su vez el factor principal para la realización de esta investigación.

Para llevar a cabo la selección del área de estudio se realizó la identificación del escenario o área de influencia mediante datos climáticos locales, por recomendaciones de pobladores del lugar con relación a la frecuencia de presencia de niebla y finalmente por previa observación. Así también, para el reconocimiento del lugar, se emplearan cartas topográficas, mapas de elevaciones, GPS, y anemómetro para medir la dirección y velocidad de los vientos.

### 3.1.2 Ubicación de Sistema de Recolección de Agua de Neblina

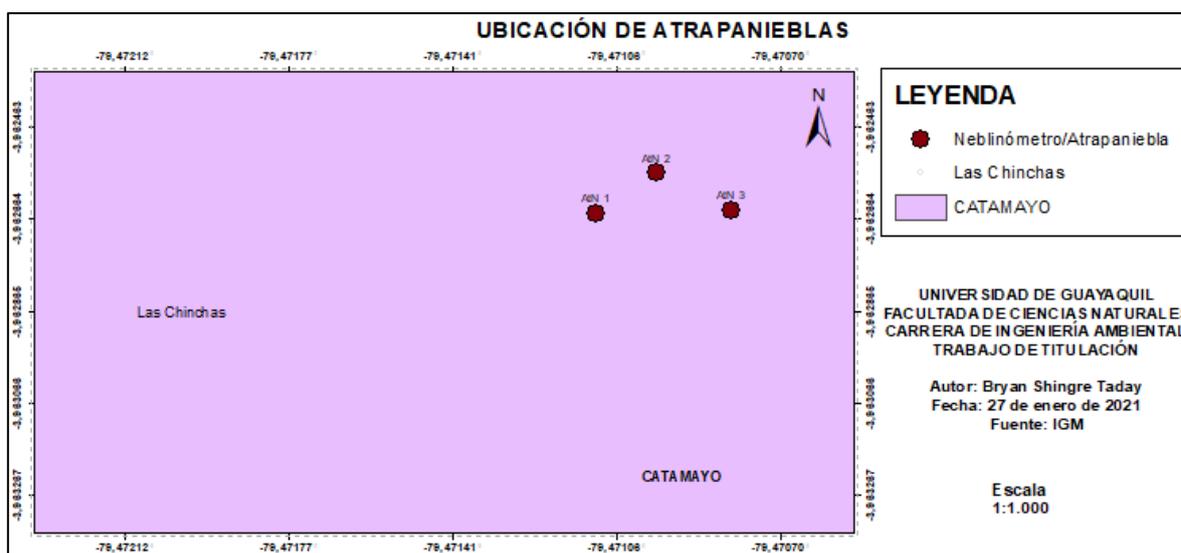
Una vez identificada la zona con mayor presencia de niebla o neblina del sector Las Chinchas, se determinó el área donde se instalará el sistema de captación de neblina; y, que con ayuda de un GPS se tomaron las coordenadas donde se instalarán los atrapanieblas.

En la Tabla 2 se registran los puntos geográficamente referenciados para la ubicación de los atrapanieblas:

**Tabla 2** Ubicación de los SCANs por coordenadas

| Sistema de captación de Niebla | Coordenada X | Coordenada Y |
|--------------------------------|--------------|--------------|
| AtN 01                         | -3,962653    | -79,471105   |
| AtN 02                         | -3,962565    | -79,470974   |
| AtN 03                         | -3,962646    | -79,47081    |

Fuente: Autor



**Figura 10** Esquema de Ubicación de Sistema de Captación de Agua de Niebla  
Fuente: Autor

#### 3.1.2.1 Consideraciones para establecer la ubicación de los neblinómetros

El área donde se instalaran los atrapanieblas debe estar ubicada en suelos regulares, con el fin de dar estabilidad a todo el sistema de captación de neblina. La dirección y velocidad de los vientos deben ser constantes, es decir, el área debe estar despejada y no presentar barreras ecológicas o antropológicas. Se

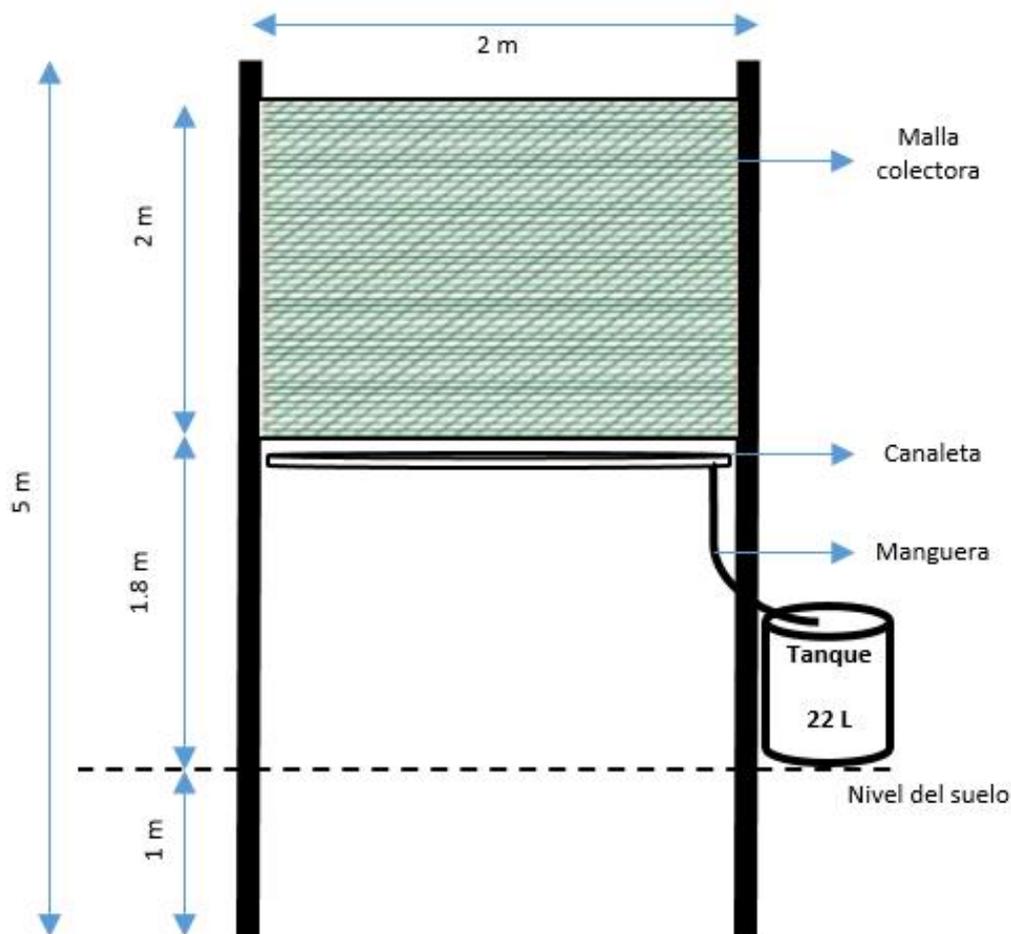
debe considerar que el sistema de captación de agua no se encuentre adyacente a alguna actividad humana (agricultura, ganadería y minería) que pueda alterar la cantidad y calidad de agua recolectada.

### **3.1.3 Diseño experimental**

Rivera (2017) asegura que, de entre todos los tipos de SCANs estudiados los más utilizados son los de modelos básicos que consisten en una superficie de malla no mayor a 5 metros cuadrados debido a su eficiencia de recolección. Sin embargo, para determinar el tipo de atrapanieblas o neblinómetros indicado para las condiciones biogeográficas, se toma como referencia las indicaciones dadas por Schemenauer y Cereceda en 1994.

El atrapaniebla o neblinómetro planificado es de tipo bidimensional básico compuesto principalmente de dos cañas de grosor medio distanciados entre sí y que entre estos postes va colocada una malla captadora de agua, ubicada en forma perpendicular a la dirección del viento predominante.

Para la captación de agua procedente de la niebla o neblina en este estudio, el diseño experimental implementado consta de 3 atrapanieblas. En cada ubicación de los atrapanieblas se colocaron con orientación a la dirección del viento. Para este proyecto se planificó diseñar, construir e implementar tres atrapanieblas básicos de 2m x 2m cuya finalidad es comparar los resultados obtenidos del registro diario entre cada uno de ellos e interpretar las posibles diferencias entre ellos. Los captadores de agua poseen las mismas dimensiones, las mismas que tienen una superficie de malla captadora de 4 metros cuadrados y un recipiente de almacenamiento de 22 litros; en la Figura 11 se muestra detalladamente el diseño empleado para los captadores de agua de niebla.



**Figura 11** Esquema de Diseño Experimental de un SCAN  
**Fuente:** Autor

### 3.1.4 Construcción de los captadores de agua de niebla

Debido a que el presente proyecto es de tipo experimental, se vio conveniente utilizar 3 neblinómetros de 2 metros cuadrados de superficie de malla, que permite una mayor captación de agua y eficiencia para brindar aprovechamiento y abastecimiento local. Además, permite comparar la eficiencia de tener una superficie de la malla mayor a la de las referencias bibliográficas, dando una comparación para conocer su grado de factibilidad.

Cada neblinómetro elaborado e implementado consiste en dos postes de caña guadua, enterrados aproximadamente 1 m para darle una estabilidad óptima, los cuales fueron recubiertos por una malla Raschel/Sarán en doble paño de 50% de coeficiente de sombra con una dimensión de 2 m de ancho por 2 m de largo, colocado a 1.8 m del nivel del suelo. En la parte inferior de la malla, se

colgó una canaleta de tubo PVC cuya función es recibir el agua interceptada por la malla. Además, se coloca una manguera que estará unida en la parte final de la canaleta transportando el agua hacia un balde de 22 litros de capacidad donde se almacena el agua recolectada temporalmente y que sirve para aprovechamiento humano.

### **3.1.5 Estructura de los captadores de agua de niebla**

#### **3.1.5.1 Soportes**

Consta de 2 postes de caña guadua de 5 m cada una. Para brindar estabilidad al sistema de captación de agua de niebla, se enterró 1 m de la medida total de los postes. A 1.8 m a partir de la superficie del suelo, se coloca la malla Raschel o Sarán.

#### **3.1.5.2 Anclaje**

El sistema de anclaje utilizado está compuesto de estacas metálicas y cabos brindando firmeza a todo el sistema, dándole resistencia contra los vientos fuertes y a su vez manteniéndolo en todo momento perpendicular al suelo, es por esto que, para un neblinómetro se emplearon cuatro cuerdas tensionadas y amarradas a estacas clavadas al suelo.

#### **3.1.5.3 Malla**

Para la captación o captura de agua proveniente de la niebla o neblina, se empleó una malla tipo Raschel/Sarán con un coeficiente de sombra del 50% y con una superficie de 4 metros cuadrados (2m x 2m). Se le hicieron varios pliegues en los extremos, cosiendo estos con piola nylon para darle resistencia al momento de amarrarla con los soportes verticales.

#### **3.1.5.4 Sistema de conducción y almacenamiento de agua**

El sistema de captación de agua cuenta con un canal a base de un tubo PVC de 4" de diámetro, cortado a la mitad, que se encuentra en la parte inferior de la malla. Dicha canaleta debe tener un ligero grado de inclinación y un tapón para que evite la salida del agua captada.

En la parte del extremo inclinada del tubo, se encuentra unida una manguera que transporta el agua de la canaleta hacia un recipiente de almacenamiento de 22 L.

### **3.1.6 Cuantificación de agua de niebla**

Para cuantificar la cantidad de agua captada, se usó como referencia una metodología similar a la descrita por Cereceda, Schemenauer y Suit. El sistema de captación de agua de neblina implementado estará en funcionamiento entre los meses Diciembre a Febrero. La recopilación de datos sobre la cantidad de agua capturada es de manera independiente, es decir, por cada uno de los atrapanieblas instalados. Los datos se tomarán cada 4 días utilizando un balde y una probeta de 1000mL con el fin de cuantificar el volumen de agua recolectado con mayor precisión.

La unidad empleada para la recopilación de datos sobre el volumen de agua captada por la neblina es expresada en litros. Además, se empleó una bitácora donde se evidencia los datos sobre la cantidad de agua colectada dentro del tiempo que lleva el presente trabajo investigativo.

### **3.1.7 Análisis y caracterización de calidad de agua de niebla**

Para llevar a cabo una evaluación sobre los criterios de calidad de agua procedente de la captura de niebla o neblina, se tomó como referencia lo establecido en el TULSMA - Acuerdo Ministerial 097 A – Anexo 1, de los cuales nos centraremos en el estudio para uso agrícola y consumo humano.

Para la medición de los criterios de calidad de agua se realizaron de dos formas: in situ y de laboratorio.

#### ***3.1.7.1 Medición in situ de criterios de calidad***

Se determinó que se debía realizar una medición in situ de pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos para registrar valores de calidad que, posteriormente serán contrastados y comparados con los resultados de los análisis de laboratorio y los criterios de calidad de agua estipulados en la normativa ambiental vigente empleada para este estudio.

La medición in situ se tomó con la ayuda de un instrumento Multiparámetro Apera PC 060 con disco secchi y termómetro de vidrio. Los datos de cada parámetro fueron registrados en la base de datos que detalla la cantidad de agua recolectada por cada sistema de Captación.

### **3.1.7.2 Análisis de físico, químico y biológico**

El agua captada directamente de la neblina, considerada como agua natural, sirvió como base para determinar que parámetros de calidad se estudiarán con el fin de satisfacer un abastecimiento local.

Se usaron como referencia los criterios de calidad de agua para consumo humano, uso doméstico y uso agrícola o de riego para seleccionar los principales parámetros físicos químicos y microbiológicos que determinen el estado y composición del recurso hídrico estudiado. Los parámetros que fueron seleccionados son pH, turbidez, color, sulfato, nitrato, DBO5, fluoruro, cianuro, nitrito, Coliformes fecales, cobre, plomo y cadmio que están sujetos a criterio personal de quien realiza la investigación o muestreo.

Se determinó realizar dos muestreos entre Diciembre y Febrero, que posteriormente fueron trasladados al Laboratorio de Agua de la Universidad Técnica Particular de Loja, siguiendo los criterios de manejo y conservación dispuestos para los análisis.

- **Análisis físico-químico:** Envases plástico de 1Lt. Enjuagando 3 veces con la muestra antes de ser tomada.
- **Análisis de DBO5:** Envases de vidrio de 1Lt. Enjuagando 3 veces con la muestra antes de ser tomada, llenándola hasta el tope, evitando espacio con aire.
- **Coliformes fecales:** Envases de 25mL estériles, dos muestras por cada punto.

Las muestras deben preservarse manteniéndose en refrigeración dentro de una hielera, hasta la recepción de las mismas en el laboratorio. La metodología utilizada por el Laboratorio de Aguas de la UTP L se la describe a continuación (Tabla 3).

**Tabla 3.** Resultados de Análisis de Laboratorio y Legislación Vigente

| <b>PARÁMETROS</b>           | <b>UNIDADES</b>                           | <b>MÉTODO DE ENSAYO</b> | <b>TÉCNICA DE ENSAYO</b> |
|-----------------------------|---|-------------------------|--------------------------|
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidades de pH                            | AOAC 973.41             | Potenciométrico          |
| Turbidez                    | Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) | SM 2130 B               | Espectrofotométrico      |
| Color                       | Unidades de Platino Cobalto (UPt Co)      | SM 4500-C               | Espectrofotométrico      |
| Sulfato                     | mg/l                                      | SM 4500-SO4             | Espectrofotométrico      |
| Nitrato                     | mg/l                                      | SM 4500-NO3-B           | Espectrofotométrico      |
| DBO5                        | mgO2/l                                    | SM 5210 D               | Respirométrico           |
| Fluoruro                    | mg/l                                      | SM 4500F-B,D            | Espectrofotométrico      |
| Cianuro                     | mg/l                                      | SM 4500-CN-F            | Espectrofotométrico      |
| Nitrito                     | mg/l                                      | SM 4500 NO2 - B         | Espectrofotométrico      |
| Coliformes Fecales          | NPM/100 ml                                | ISO 9308-2:2012         | Conteo de placas         |
| Cobre                       | mg/l                                      | SM 3111 A               | Espectrofotométrico      |
| Plomo                       | mg/l                                      | SM 3111 A               | Espectrofotométrico      |
| Cadmio                      | mg/l                                      | SM 3111 A               | Espectrofotométrico      |

Fuente: Autor

**3.1.7.3 Metodología de laboratorio para análisis de parámetros****Potencial de hidrogeno (pH)**

**Principio:** El método es aplicable a aguas potables, superficiales y salinas, y desechos domésticos e industriales. Se determina mediante el cambio en el potencial de los electrodos saturados de calomelanos de vidrio, medidos con aparatos estandarizados contra soluciones buffer estándar cuyos valores de pH son asignados por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). El pH de la mayoría de H<sub>2</sub>O natural se encuentra entre 4-9 (NEMI, s/f.).

**Turbidez**

**Principio:** Se toma una muestra de agua donde se somete a un proceso luminiscencia en el cual intensidad de luz dispersada será comparada la intensidad de luz que posee otra muestra con suspensión estándar a condiciones definidas por el laboratorio. Entonces definimos que, cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersa, la turbidez será mayor. El polímero de formacina se utiliza como suspensión de referencia estándar primaria. La turbidez de una concentración específica de suspensión de formacina se define como 4000 NTU. Se utiliza para aguas superficiales, aguas residuales y agua potable. Su rango de concentración aplicable es de 0 a > 1000 NTU (NEMI, s/f).

## **Color**

**Principio:** Se puede expresar el color como color aparente o verdadero. El color aparente incluye el color de materias disueltas más el color de las sustancias en suspensión. Se puede determinar el color verdadero filtrando o centrifugando las sustancias en suspensión. El procedimiento describe el análisis del color verdadero. Si se desea el color aparente, éste se determina midiendo una muestra de agua sin filtrar. El programa almacenado se utiliza para los dos tipos de color. Se recomienda utilizar la celda de flujo continuo para realizar mediciones de bajo nivel de color. El color del programa almacenado se calibra a 455nm basándose en la norma recomendada por APHA de 1 unidad de color igual a 1 mg/l de platino como ion cloro-platinato (HACH, 2014).

## **Sulfato**

**Principio:** El ion sulfato ( $\text{SO}_4$ ) se precipita en un medio de ácido acético con cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) para obtener un tamaño equitativo de cristales de sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ ). Para determinar el valor de  $\text{SO}_4$  concentrado, se debe medir la absorción de luz  $\text{BaSO}_4$  suspendido en la muestra para luego obtener un valor será compararlo con una curva estándar y determinar la concentración de Sulfato. Para el muestreo y almacenamiento se debe acopiar muestras en botellas limpias plásticas o de vidrio (American Public Health Association, 1992). Las muestras pueden conservarse hasta 28 días enfriándolas a  $4^\circ\text{C}$  ( $39^\circ\text{F}$ ) o a menor temperatura para que ciertas bacterias no puedan reducir el  $\text{SO}_4^{2-}$  a  $\text{S}^{2-}$ . Caliente a temperatura ambiente antes de realizar el análisis (HACH, 2000).

## Nitrato

**Principio:** Se utiliza solo para seleccionar muestras que tengan un bajo contenido de materia orgánica, es decir, aguas naturales no contaminadas y suministros de agua potable. La medición de la absorción de UV a 220nm permite una rápida determinación de NO<sub>3</sub>. Debido a que la materia orgánica disuelta también puede absorber a 220nm, se puede usar una segunda medición hecha a 275nm para corregir el valor de NO<sub>3</sub>. El alcance de esta corrección empírica está relacionado con la naturaleza y concentración de la materia orgánica y puede variar de un agua a otra. Los factores de corrección para la absorbancia de materia orgánica se pueden establecer mediante el método de adiciones en combinación con el análisis del contenido original de NO<sub>3</sub> mediante otro método. La filtración de muestras está destinada a eliminar la posible interferencia de partículas en suspensión. La acidificación con HCl 1N está diseñada para evitar la interferencia de concentraciones de hidróxido o carbonato de hasta 1000 mg CaCO<sub>3</sub> / L. El cloruro no tiene ningún efecto sobre la determinación.

## DBO5

**Principio:** Se basa en un consumo gradual de oxígeno inducido de manera antrópica gracias a la presencia de materia orgánica, a través de microorganismos de origen animal, vegetal, etc. La prueba se encarga de medir el oxígeno molecular utilizado durante el periodo de incubación para la degradación bioquímica de la materia orgánica y el oxígeno necesario para oxidar material inorgánico como sulfuros y hierro ferroso. A su vez, puede medir valores de oxígeno requeridos para oxidar formas reducidas de nitrógeno, mientras no sea impedido por un inhibidor (Navarro, 2007; Macías, 2020).

El método consiste en llenar un recipiente hermético con la muestra hasta que este desborde, luego se deberá incubar a una temperatura específica durante 5 días. Al inicio del proceso se mide el oxígeno disuelto inicial y posteriormente se mide después de la incubación, por lo cual la DBO se expresa como la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y final. Como consecuencia, el oxígeno disuelto que se determina al poco tiempo de realizar la dilución, junto con toda la absorción de oxígeno que se produce después, se termina incluyendo

en la medición final de DBO ( Water Environment Federation & American Public Health Association, 2017; Macías, 2020).

### **Fluoruro**

**Principio:** Basado en la reacción entre el fluoruro y una laca de colorante de circonio. El fluoruro disocia una parte de la laca de tinte en un anión complejo incoloro y el tinte. A medida que aumenta la cantidad de fluoruro, el color producido se vuelve progresivamente más claro. Este método tiene un rango analítico lineal de 0 a 1,40 mg F/L. El uso de una calibración no lineal puede ampliar el rango a 3,5 mg F<sup>-</sup> / L. El desarrollo del color es prácticamente instantáneo. Las determinaciones de color se realizan fotométricamente, utilizando un fotómetro de filtro o un espectrofotómetro. Se utiliza una curva desarrollada a partir de estándares para determinar la concentración de fluoruro de una muestra (Water Environment Federation & American Public Health Association, 2017c).

### **Cianuro**

**Principio:** El cianuro en el destilado alcalino de los procedimientos de tratamiento preliminares se puede determinar potenciométricamente usando un electrodo selectivo de cianuro en combinación con un electrodo de referencia de doble unión y un medidor de pH que tiene una escala de milivoltios expandida, o un medidor de iones específico (Water Environment Federation & American Public Health Association, 2017b).

### **Nitrito**

**Principio:** El nitrito se determina mediante la formación de un tinte azo púrpura rojizo producido a un pH de 2,0 a 2,5 mediante un intervalo de acoplamiento de 5 a 50 µg N / L si se utiliza una trayectoria de luz de 5 cm y un filtro de color verde. El sistema de color obedece a la ley de Beer hasta 180 µg N / L con una trayectoria de luz de 1 cm a 543 nm (Water Environment Federation & American Public Health Association, 2017d).

### **Coliformes Fecales**

**Principio:** Se basa en el crecimiento de microorganismos diana en un medio líquido y en el cálculo del “Numero Más Probable” (NMP) de microorganismos por referencia a las tablas del NMP. Este método puede aplicarse a todo tipo de aguas, incluso las que contienen una gran cantidad apreciable de materias en suspensión y altos recuentos de bacterias heterótrofas acompañantes. Este método se relaciona con la detección de *E. coli* basada en la expresión del enzima  $\beta$ -D-glucuronidasa y, por tanto, no detecta muchas de las cepas enterohemorrágicas de *E. coli*, que no expresan típicamente esta enzima. Además, un pequeño número de otras cepas de *E. coli* no expresan la  $\beta$ -D-glucuronidasa (International Organization for Standardization, 2012).

La elección de las pruebas utilizadas en la detección y confirmación del grupo de bacterias coliformes, incluida la *E. coli*, puede considerarse parte de una secuencia continua. El grado de confirmación con una muestra particular depende en parte de la naturaleza del agua y en parte de las razones del examen (International Organization for Standardization, 2012).

### **Cobre, Plomo y Cadmio**

**Principio:** En la espectrometría de absorción atómica de llama, se aspira una muestra a la llama y se atomizan los metales. Un rayo de luz se dirige a través de la llama, hacia un monocromador y hacia un detector que mide la cantidad de luz absorbida por el metal atomizado en la llama. Para algunos metales, la absorción atómica presenta una sensibilidad superior a la emisión de llamas. Debido a que cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción característica, se utiliza una lámpara fuente compuesta por ese elemento. Esto hace que el método esté relativamente libre de interferencias espectrales o de radiación. La cantidad de energía en la longitud de onda característica absorbida en la llama es proporcional a la concentración del elemento en la muestra en un rango de concentración limitado (Water Environment Federation & American Public Health Association, 2017a).d

#### **3.1.8 Análisis Estadístico**

Para el procesamiento de los datos se usará softwares tales como Minitab v. 19 y Excel 2013. En Minitab, se procede a realizar una prueba de normalidad,

para observar si los datos están distribuidos normalmente y así determinar el tipo de estadística a aplicar, ya sea pruebas Paramétricas o No Paramétricas.

En este trabajo de investigación, todos los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva. Adicionalmente, se procedió a utilizar la función de ANOVA incluyendo la prueba de Tukey para constatar si existe diferencia significativa entre los datos. Probablemente los datos, volumen de agua captado y concentraciones de las mediciones in situ, no presenten una distribución normal; es conlleva a utilizar pruebas No Paramétricas como Kruskal-Wallis del cual se podrá obtener las medianas y el valor de  $p$ , donde este último dato verificara si entre los valores obtenidos estadísticamente son o no son significativamente diferentes.

Los resultados se muestran en tablas y gráficos, los cuales representan la cantidad recolectada y calidad de agua de neblina. Para este trabajo de investigación, se fija un nivel de significancia de 0.05 que corresponde a un intervalo de confianza del 95%.

## CAPÍTULO IV

### 4.1 RESULTADOS

#### 4.1.1 Análisis e interpretación de cuantificación de agua niebla recolectada

Mediante una base de datos tabulada, se procedió a registrar la cantidad de agua recolectada de la neblina por cada atrapaniebla o SCAN implementado. En la Tabla 4 se puede visualizar que la recolección se la realizó cada 4 días, comenzando de 28 de diciembre de 2020 hasta el 22 de febrero de 2021.

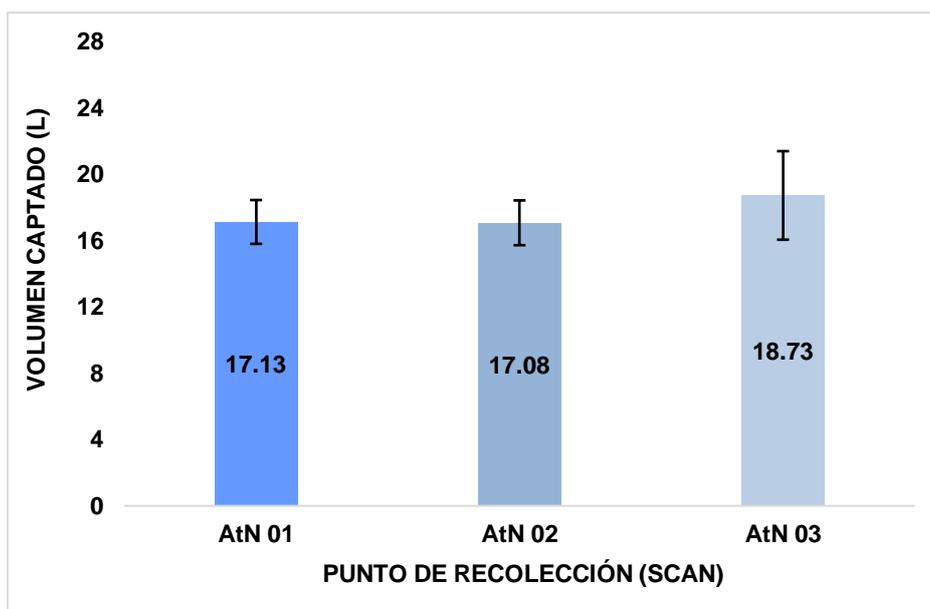
**Tabla 4** Cantidad de agua recolectada por SCAN cada cuatro días

| <b>REGISTRO DE VOLUMEN (L) DE AGUA CAPTADA POR SCAN</b> |                           |                           |                           |                                     |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| <b>FECHA</b>  | <b>VOL_CAP<br/>AtN 01</b> | <b>VOL_CAP<br/>AtN 02</b> | <b>VOL_CAP<br/>AtN 03</b> | <b>TOTAL<br/>VOLUMEN<br/>DIARIO</b> |
| 28/12/2020  | 21,32                     | 21,71                     | 22,10                     | 65,13                               |
| 1/1/2021  | 15,73                     | 16,45                     | 17,13                     | 49,31                               |
| 5/1/2021  | 20,44                     | 20,56                     | 21,39                     | 62,39                               |
| 9/1/2021  | 19,52                     | 19,05                     | 22,17                     | 60,74                               |
| 13/1/2021   | 19,68                     | 16,52                     | 21,90                     | 58,10                               |
| 17/1/2021   | 16,88                     | 20,46                     | 21,61                     | 58,95                               |
| 21/1/2021   | 20,06                     | 18,67                     | 21,15                     | 59,88                               |
| 25/1/2021   | 0,00                      | 0,00                      | 0,00                      | 0,00                                |
| 29/1/2021   | 20,21                     | 19,66                     | 20,92                     | 60,79                               |
| 2/2/2021  | 10,81                     | 11,96                     | 13,10                     | 35,87                               |
| 6/2/2021  | 13,89                     | 11,46                     | 13,96                     | 39,31                               |
| 10/2/2021   | 16,72                     | 20,47                     | 21,84                     | 59,03                               |
| 14/2/2021   | 21,12                     | 21,34                     | 21,75                     | 64,21                               |
| 18/2/2021   | 20,73                     | 19,58                     | 20,89                     | 61,20                               |
| 22/2/2021   | 19,87                     | 18,26                     | 21,04                     | 59,17                               |
| <b>VOLUMEN<br/>TOTAL</b>                                | <b>256,98</b>             | <b>256,15</b>             | <b>280,95</b>             | <b>794,08</b>                       |

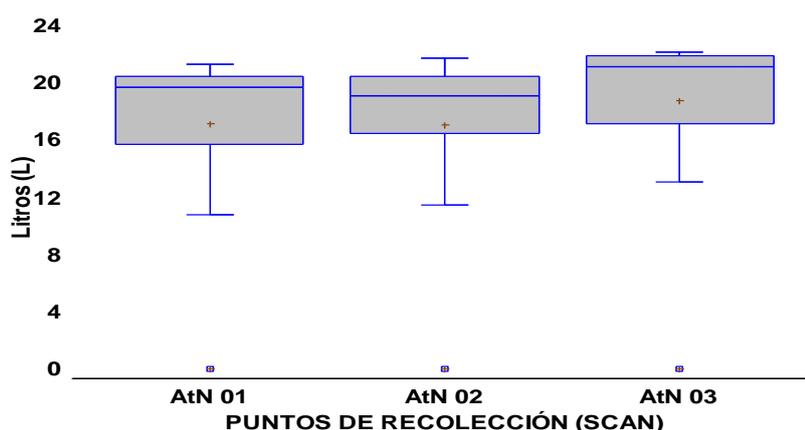
Fuente: Autor

Posteriormente se realizaron pruebas estadísticas para los datos relacionados con la cantidad o volumen registrado por cada SCAN con el fin de

obtener media, error estándar límites máximos y mínimos y medianas. Dentro del Gráfico 1 se muestran en las barras el promedio y en los bigotes el error estándar de cada uno de los puntos de recolección (SCAN); el valor más alto pertenece a AtN 03 con una media de  $18,73 \pm 2,67$  L, el valor intermedio de volumen captado pertenece a AtN 01 con una media de  $17,13 \pm 1,32$  L y el valor más bajo corresponde a AtN 02 con  $17,08 \pm 1,35$  L.



**Figura 12** Promedio de la cantidad de agua recolectada por un periodo de 4 días  
Fuente: Autor



**Figura 13** Grafico de cajas sobre Volumen de agua y sus límites máximos y mínimos  
Fuente: Autor

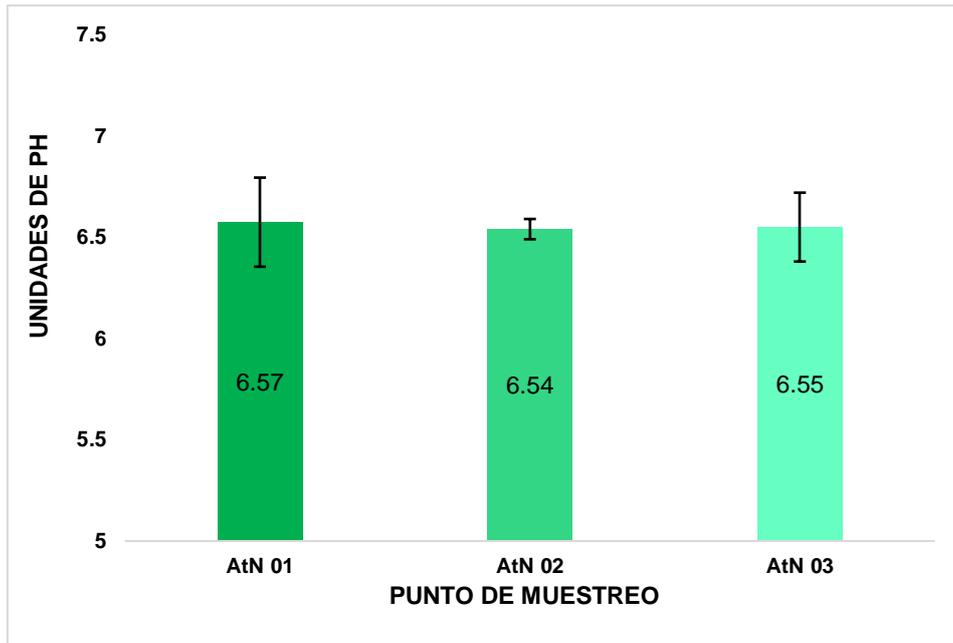
Además, se realizó una comparación de las pruebas de Tukey y Kruskal-Wallis determinando, que entre los promedios de volumen de agua captado por cada SCAN, no existen diferencias significativas entre dichos valores. Así mismo, se muestran otros datos como límites máximos y mínimos y la mediana que se pueden visualizar en el Grafico 2.

#### **4.1.2 Análisis e interpretación de medición in situ**

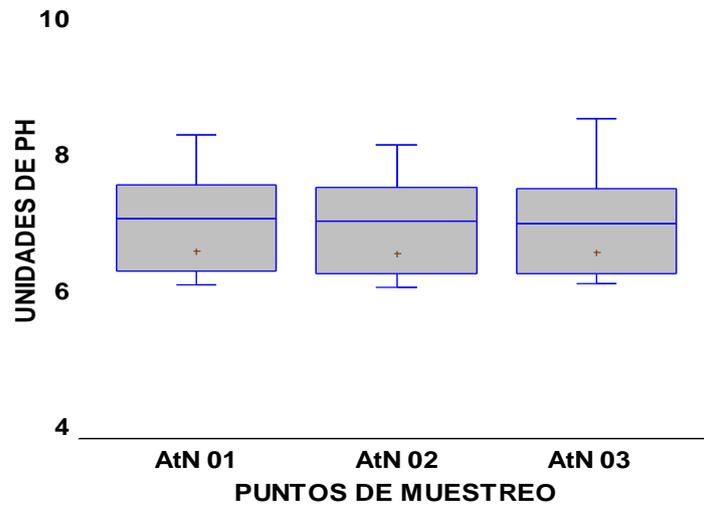
##### **4.1.2.1 PH**

La medición de pH se lo tomó en tres puntos de muestreo conocidos como sistema de captación de agua de niebla (SCAN), donde los intervalos mínimo y máximo son de 0 a 8,52 respectivamente.

En el Figura 14 se puede observar que, dentro de los puntos de muestreo, el valor de pH más alto corresponde a AtN 01 con una media de  $6.57 \pm 1.94$ , el valor intermedio de pH medido es de AtN 03 con  $6.55 \pm 1.95$  y, consecuentemente de los valores que han sido medidos en el agua captada, el pH más bajo presentó el AtN 02 con una media de  $6.54 \pm 1.92$ . El promedio de pH de estos 3 puntos de muestreo es de  $6.555 \pm 1.89$ . El Límite Máximo Permisible establecido en la normativa ambiental vigente seleccionada para este estudio (TULSMA Libro 6 Anexo 1) es de 6 a 9 unidades de pH, que al compararlo con los valores de los puntos de muestreo y/o su promedio, se determina que no sobrepasan los LMP y que cumplen con la norma.



**Figura 14** Promedio de pH por SCAN  
Fuente: Autor



**Figura 15** Diagrama de cajas y bigotes de valores de pH por SCAN  
Fuente: Autor

Ademas, mediante una prueba de Kruskal-Wallis se obtuvieron los valores de  $KW= 0.0518$  y  $p= 0.9744$ . Debido a que  $p$  es mayor a  $0.05$ , no existen diferencia significativas entre los puntos de muestreo con respecto a los valores de pH.

#### 4.1.2.2 Conductividad

Aplicando un análisis de varianza, se procedió a obtener el promedio de conductividad eléctrica y su respectivo error estándar para cada uno de los puntos de muestreo. En el Grafico 16 se puede apreciar que el valor de AtN 01 posee la media más alta con  $26.65 \pm 0.08 \mu\text{S}/\text{cm}$  y el valor con la media más baja pertenece a AtN 03 con  $22,37 \pm 0.18 \mu\text{S}/\text{cm}$ . El valor promedio de conductividad eléctrica para los tres puntos de muestreo es  $23.11 \pm 10.89 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

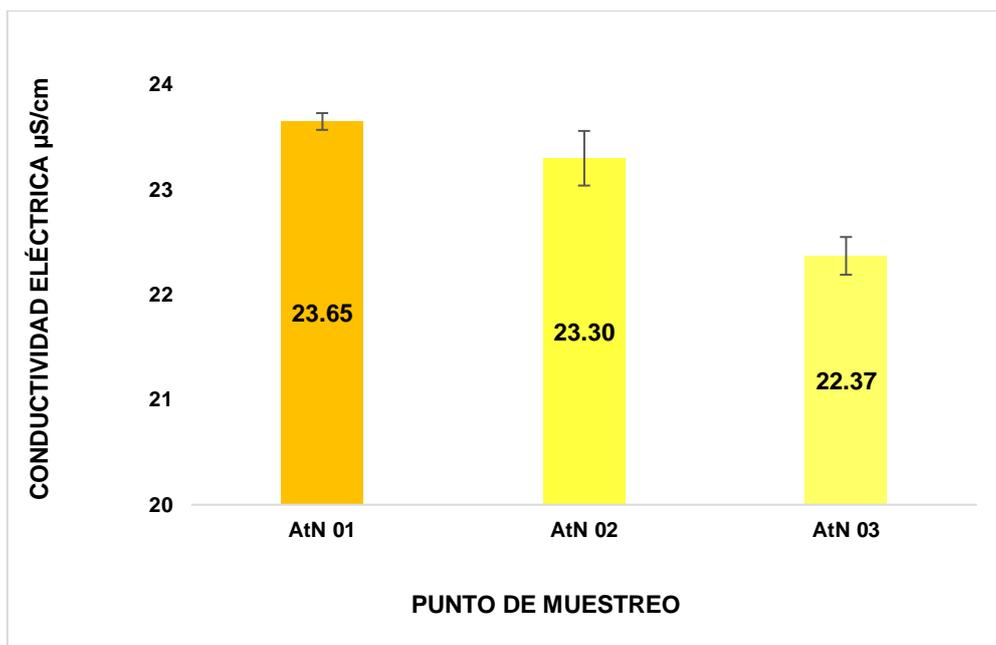


Figura 16 Promedio de Conductividad Eléctrica por SCAN  
Fuente: Autor

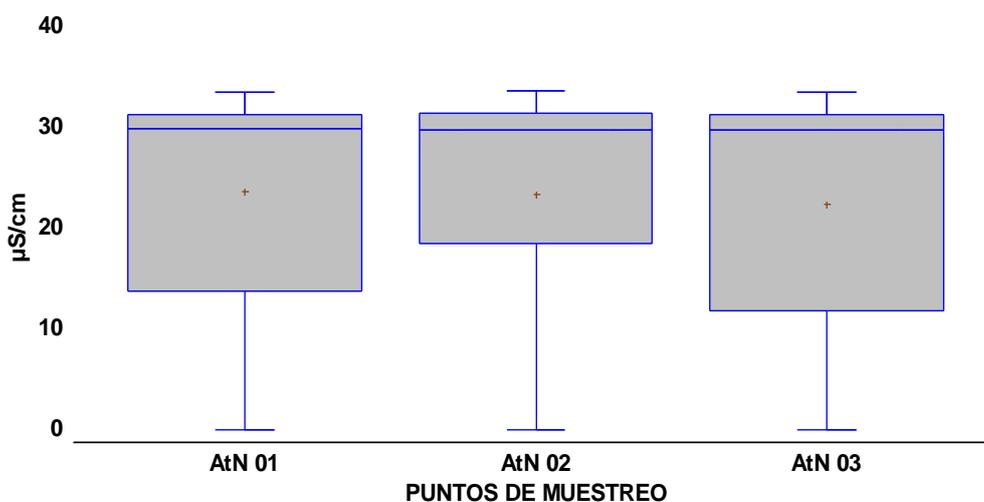
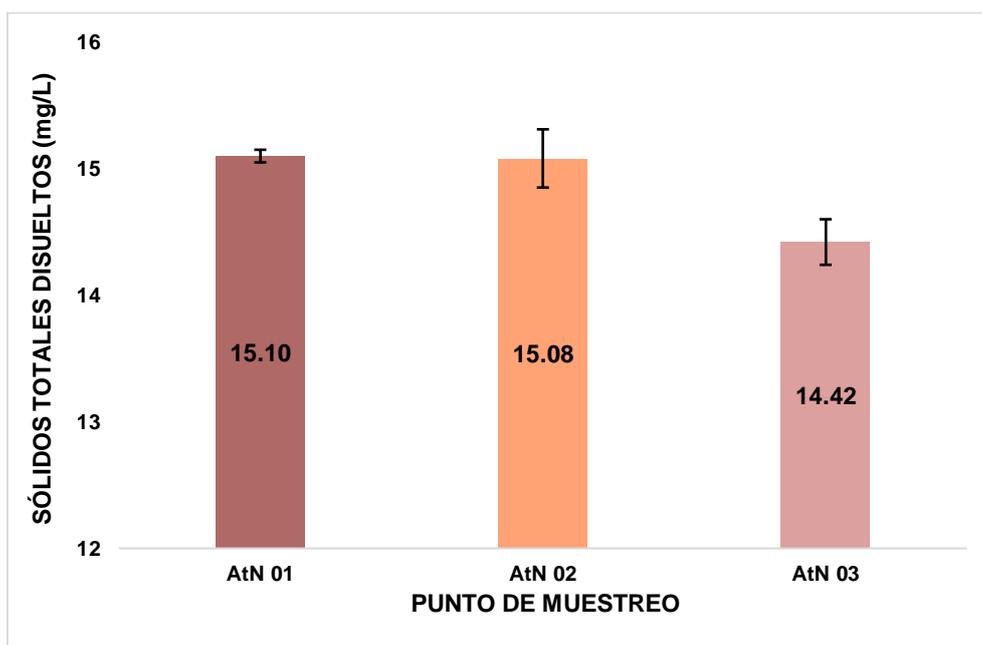


Figura 17 Diagrama de cajas de C.E. por SCAN y límites máximos y mínimos  
Fuente: Autor

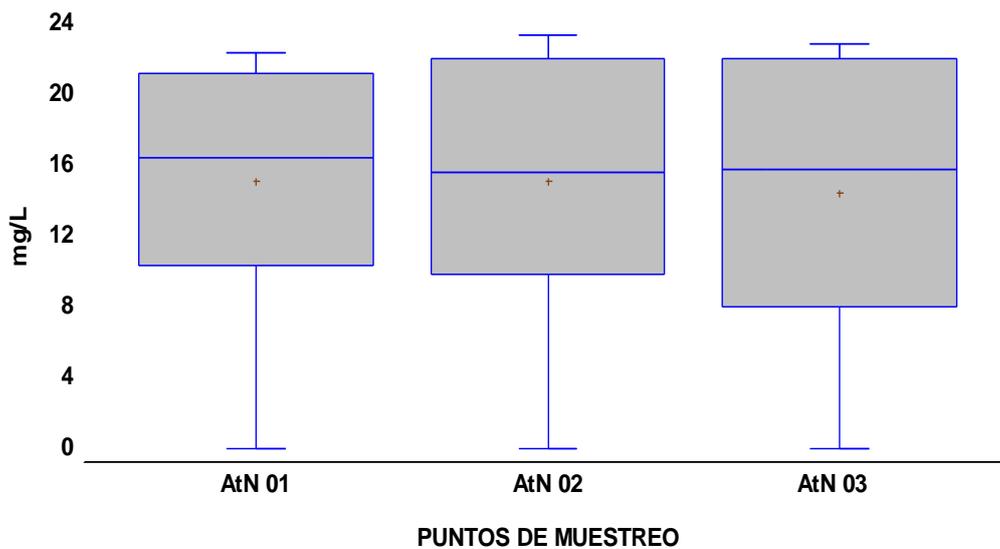
Así mismo, para este parámetro se aplicó una prueba Kruskal-Wallis donde se obtuvieron los valores de  $KW= 0,073$  y  $p= 0.964$  y, debido a que valor de  $p$  obtenido es mayor a  $0.05$  se afirmó que no existen diferencias significativas entre los puntos de muestreo. En el Grafico x se puede apreciar el diagrama de cajas, donde los puntos rojos son los promedios y los bigotes representan los valores mínimos y máximos de cada SCAN.

#### 4.1.2.3 Sólidos Totales Disueltos

De acuerdo con los datos obtenidos, los valores de STD determinaron un promedio de  $14.87 \text{ mg/l}$ , siendo AtN 01 donde se registró la mayor cantidad de concentración con  $15,10 \text{ mg/l}$  y su error estándar de  $\pm 0.05 \text{ mg/l}$ , mientras que AtN 03 registró la menor concentración con  $14,42 \text{ mg/L}$  y su error estándar de  $\pm 0,018 \text{ mg/l}$  (Figura 18). Además, mediante este análisis, se pudo determinar que las concentraciones de STD en el agua captada no presenta ningún grado de restricción en cuanto a los niveles guía de calidad de agua para riego.



**Figura 18** Promedio de Sólidos Totales Disueltos por SCAN  
**Fuente:** Autor



**Figura 19** Diagrama de Cajas de STD por SCAN y límites mínimos y máximos  
**Fuente:** Autor

Por otra parte, también se aplicó la prueba de Kruskal Wallis con el fin de determinar los errores estándar de cada punto de muestreo y sobre todo para calcular  $KW= 0,058$  y  $p= 0,97$ , donde el valor de  $p$  determina que no existen diferencias significativas entre los SCANS. Con respecto al Grafico x, se puede apreciar puntos de la media para cada SCAN y a su vez sus límites máximos y mínimos.

#### 4.1.3 Análisis e interpretación de Informe de Laboratorio

En la presente Tabla 5 que se visualiza a continuación, se muestran valores correspondientes a los análisis de los criterios de calidad para agua natural de niebla o neblina. Se muestra los datos de forma tabulada con el fin de demostrar una comparación de los resultados de cada parámetro analizado en laboratorio con los Límites Máximos Permisibles de la Normativa Ambiental Vigente. La legislación aplicable para esta comparación es el A.M. 097 A, Libro 6 Anexo 1, Tabla 1. Criterios de calidad de agua para consumo humano y Tabla 3. Criterios de Calidad de agua para uso agrícola.

**Tabla 5.** Resultados de análisis de laboratorio y Legislación Vigente

| Ítem de ensayo     | Unidades       | Resultado | LMP Consumo humano | LMP Uso agrícola |
|--------------------|----------------|-----------|--------------------|------------------|
| Ph                 | Unidades de pH | 7.038     | 6-9                | 6-9              |
| Turbiedad          | (NTU)          | 1.12      | 100                | -                |
| Color              | (UPt Co)       | 10.95     | 75                 | -                |
| Sulfatos           | mg/l           | <1        | 500                | 250              |
| Nitratos           | mg/l           | 1.46      | 50                 | -                |
| DBO5               | mgO2/l         | 1.4       | <2                 | -                |
| Fluoruros          | mg/l           | <0.01     | 1.5                | 1.0              |
| Cianuros           | mg/l           | 0.004     | 0.1                | -                |
| Nitritos           | mg/l           | 0.021     | 0.2                | 0.5              |
| Coliformes Fecales | NPM/100 ml     | 2         | 1000               | 1000             |
| Cobre              | mg/l           | 0.0165    | 2                  | 0.02             |
| Plomo              | mg/l           | <0.005    | 0.01               | 5                |
| Cadmio             | mg/l           | <0.001    | 0.02               | 0.05             |

Fuente: Autor

Los parámetros físicos químicos y microbiológicos analizados en el laboratorio de calidad de agua presentan resultados que están dentro del rango de los Límites Máximos Permisibles de la Normativa ambiental AM 097<sup>a</sup> Libro 6 Anexo 1. En otras palabras, las concentraciones de cada parámetro analizado, detalladas en la Tabla 5, demuestran que cumplen con los criterios de calidad de agua para consumo humano y uso agrícola, definiendo así que la carga contaminante presente en el agua de niebla/neblina no presenta amenaza alguna para que los habitantes del sector Las Chinchas puedan llevar a cabo su consumo de agua y su uso en cultivos.

## **CAPITULO V**

### **5.1 PROPUESTA**

Una vez realizado los análisis de los criterios de calidad que hemos seleccionado para este estudio y la cantidad de agua captada por la neblina, se vio la necesidad de elaborar una propuesta que tiene como enfoque el desarrollo de sistemas de captación de agua de neblina para el abastecimiento de las familias del sector y la utilidad del recurso hídrico para cubrir sus necesidades.

Debido a que el agua recolectada no es apta para consumo humano porque no presenta un proceso de tratamiento para tal uso, se determinó que la propuesta debe estar encaminada a satisfacer las necesidades productivas, es decir, para uso agrícola o de riego a cultivos pequeños o huertos familiares. El objetivo principal de la propuesta es desarrollar actividades y técnicas que ayuden a mejorar la calidad de vida del sector Las Chinchas.

Por ello, los programas descritos a continuación están estructurados de tal manera que vayan desde una fase inicial, hasta la parte final de las actividades.

Los 4 programas presentados en la propuesta son los siguientes:

- Programa de implementación de sistema de captación de agua de neblina.
- Programa de manejo y uso de agua para riego y actividad agrícola local
- Programa de mantenimiento y control de los Sistemas de Captación de Agua de Neblina

**Tabla 6** Programa de implementación de SCANs

| <b>Programa de implementación de sistema de captación de agua de niebla</b>                            |   |  |  |                   |                    |
|--|---|--|--|-------------------|--------------------|
| <b>Objetivo General</b>  | Plantear técnicas encaminadas al aprovechamiento de agua captada de la neblina dentro de la localidad Las Chinchas    |  |  |                   |                    |
| <b>Objetivo específico</b>   | Implementar un modelo de sistema de captación de agua niebla capaz de afrontar las características locales del sector |  |  |                   |                    |
| <b>Alcance</b>   | Abastecimiento de agua para uso doméstico en el sector  |  |  |                   |                    |
| <b>Responsables</b>  | Habitantes del sector, personal encargado del proyecto. Comité administrativo del se                                  |  |  |                   |                    |
| <b>Actividades</b>   | <b>Estrategia</b>   | <b>Indicadores</b>                             | <b>Medios de verificación</b>  | <b>Frecuencia</b> | <b>Presupuesto</b> |
| Selección de áreas a implementar los SCANs por cada familia del sector Las Chinchas                    | Obtención y elaboración de mapas sobre dirección y velocidad del viento correspondientes al área de estudio.          | N° de mapas vs N° de SCANs planificados        | Fotografías<br>Datos climáticos locales (dirección y velocidad de viento). | 1 vez             | 500                |
| Implementación de SCANs que puedan satisfacer las necesidades de cada poblador del sector Las Chinchas | Construcción de SCANS con dimensiones de 2m x 2m para cada uno de los 17 habitantes del sector                        | N° de SCAN planeados vs N° de SCAN construidos | Fotografía de SCAN implementados<br>Facturación de materiales e insumos    | 1 vez             | 800                |

**Fuente:** Autor

**Tabla 7** Programa de manejo y uso de agua para riego de huertos

| <b>Programa de manejo y uso de agua para riego y actividad agrícola local</b>                           |  |   |  |                   |                    |
|---|--|---|--|-------------------|--------------------|
| <b>Objetivo General</b>   | Plantear técnicas encaminadas al aprovechamiento de agua captada de la neblina dentro de la localidad Las Chinchas   |   |  |                   |                    |
| <b>Objetivos específicos</b>  | Implementar un sistema de distribución de agua para satisfacer las actividades agrícolas locales y huertos familiares.<br>Aumentar la producción local de alimentos para abastecimiento familiar |   |  |                   |                    |
| <b>Alcance</b>  | Abastecimiento de agua para uso agrícola o de riego en el sector Las Chinchas  |   |  |                   |                    |
| <b>Responsables</b>   | Habitantes del sector, personal encargado del proyecto. Comité administrativo del sec  |   |  |                   |                    |
| <b>Actividades</b>  | <b>Estrategia</b>  | <b>Indicadores</b>  | <b>Medios de verificación</b>  | <b>Frecuencia</b> | <b>Presupuesto</b> |
| Implementación un sistema de riego que parta de los tanques de almacenamiento a las parcelas o huertos. | Desarrollo de un sistema de drenaje por goteo continuo   | N° de sistemas de drenajes planificados vs<br>N° de sistema de drenaje instalados | Facturación de materiales para el sistema de riego.<br><br>Fotografías   | 1 vez             | 200                |
| Selección de cultivos locales que posean bajos requerimientos hídricos                                  | Implementar el cultivo de maíz amarillo, cuya necesidad hídrica que es de 4 mm/día no afecte al abastecimiento continuo de agua de niebla  | Cantidad de agua recolectada vs requerimiento hídrico del cultivo                 | Registro de demande agua para cada cultivo de productos con bajos requerimientos hídricos<br><br>Numero de cultivos y huertos constantes | Constante         | 200                |

Fuente: Autor

**Tabla 8** Programa de mantenimiento y control de SCANs

| <b>Programa de mantenimiento y control de los Sistemas de Captación de Agua de Niebla</b>    |   |  |  |                   |                    |
|--|---|--|--|-------------------|--------------------|
| <b>Objetivo General</b>  | Plantear técnicas encaminadas al aprovechamiento de agua captada de la neblina dentro de la localidad Las Chinchas  |  |  |                   |                    |
| <b>Objetivos específicos</b>   | Revisión continua del estado de los SCANs<br>Realizar mantenimientos y controles periódicos a los SCANs   |  |  |                   |                    |
| <b>Alcance</b>   | Brindar agua de buena calidad, libre de contaminantes y de proliferación de agentes patógenos.  |  |  |                   |                    |
| <b>Responsables</b>  | Habitantes del sector, personal encargado del proyecto. Comité administrativo del se  |  |  |                   |                    |
| <b>Actividades</b>   | <b>Estrategias</b>  | <b>Indicadores</b>   | <b>Medios de verificación</b>  | <b>Frecuencia</b> | <b>Presupuesto</b> |
| Inspección y mantenimiento de cada uno de los SCAN implementado                              | Registrar las observaciones y controles de mantenimiento.<br><br>Reparar alguna parte del SCAN en mal estado, verificar el estado de la malla y si se requiere, realizar cambio de malla. | N° de mantenimientos aplicados vs N° de reparaciones o cambios | Fotografías.<br>Factura de productos de limpieza y desinfección<br><br>Registro mensual de mantenimiento | Mensual           | 100                |
| Mantenimiento de tanque de almacenamiento de agua o reservorio y control de calidad de agua. | Uso de detergentes neutros o básicos con el fin de no alterar la calidad de agua almacenada posteriormente.   | N° de familias que realizan mantenimiento                      | Fotografías.<br>Productos de limpieza y desinfección<br><br>Registro mensual de mantenimiento            | Bimensual         | 200                |

**Fuente:** Autor

## CAPITULO VI

### 6.1 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio demostraron que el volumen de agua captados por los SCAN no representó diferencias significativas, sin embargo enero fue el mes que colecto mayor cantidad de agua con relación a febrero con promedios 17,65 L durante todo el estudio.

Vistin, (2014) implemento sistema captadores de nieblas en las cuencas Ozogoche, Jubal y Zula cuyos pertenecientes a la provincia de Chimborazo, cuyos valores promedios varían entre cuencas: Ozogoche (6,32 L/semanal), lo que equivale a un promedio diario de 0,90 L/día; Jubal (4,02 L/semana) de volumen promedio equivalente a 0,57 L/día captados y Zula (2,58 L/semana) cuyos valores registrados fueron los más bajos con promedio diario fue de 0,37 L/día. Estos valores muestran un promedio de agua de niebla inferior lo presentado en este trabajo, posiblemente por la porosidad de la malla colectora que se utilizó en ambos estudios; ya que en el presente estudio se utilizó un 50 % coeficiencia de sombra y Vistin empleo un 30% de coeficiente de sombra.

El promedio diario de agua de niebla fue de 1,10 L/m<sup>2</sup>/día, mientras que en días con niebla constante la cantidad de agua puede llegar a ser a 6,5 L/m<sup>2</sup>/día y para días en los que no haya presencia de niebla el valor registrado será de 0 L/m<sup>2</sup>/día. Estas cantidades de volúmenes de agua muestran una pequeña diferencia en comparación con las cantidades obtenidas en el estudio realizado por Pérez (2018) en Ventanilla - Perú, donde el promedio de volumen de agua captado es de 0,77 L/m<sup>2</sup>/día, llegando a producir hasta 9 L/m<sup>2</sup>/día en periodos de niebla constante. Esto quiere decir que la cantidad de agua captada va a estar en función a las condiciones meteorológicas de la zona a evaluar.

A diferencia del estudio de Larrain et al., (2002), quien registro valores superiores en una zona norte de México, quienes evaluaron la captación de agua de niebla por un tiempo aproximadamente tres años, en seis lugares diferentes, encontraron un promedio diario de captación de agua de 8,26 L/m<sup>2</sup> en Cerro Moreno, 7,81 L/m<sup>2</sup> en Alto Patache, 3,36 L/m<sup>2</sup> en Paposo, 2,98 L/m<sup>2</sup> en El Tofo, 1,43 L/m<sup>2</sup> en Falda Verde y 0,93 L/m<sup>2</sup> en el Cerro Guatalaya. Promedios por

encima de lo registrado entre enero – febrero del 2021 a 2300 msnm del Ecuador.

En tanto el estudio realizado por Gonzáles et al., (2009), en Lomas de Mejía y Lomas de Atiquipa en Perú, los volúmenes de agua captada por los SCAN para Lomas de Mejía fue de 6,7 L/m<sup>2</sup>/día promedio entre los años de 1995 al 2003; mientras que en Lomas de Atiquipa, se determinó un promedio de 21,5 L/m<sup>2</sup>/día, en el periodo de 1996-97 y 2002- 2006 demostrando que estos valores son superiores a los registrados en el presente estudio ubicado en el sector Las Chinchas- provincia de Loja.

Para el desarrollo este tipo de estudio se puede notar los factores que influyen directamente en la eficiencia de los SCAN o colectores de agua son la niebla o neblina, la dirección y velocidad del viento y la humedad local. Al examinar los valores registrados, sobre la cantidad de agua colectada, se puede notar que existe una pequeña variabilidad en los valores obtenidos por cuatro días debido a que se registraban datos en los que la presencia de niebla no era constante o era ausente y por lo tanto el volumen de agua captada reducía.

Por lo tanto, al conocer que es necesario la presencia de niebla, humedad, dirección y velocidad del viento se determina que en el periodo lluvioso la eficiencia de cosecha de agua por medio de SCANS es mayor a la eficiencia de cosecha de agua que presenta el periodo de sequía, según comparaciones con estudios anteriores.

En cuanto a la calidad del agua, se determinó que los parámetros analizados, de forma in situ y en laboratorio, no exceden los límites máximos permisibles para consumo humano y uso agrícola establecidos en las Tablas 1 y 3 Anexo 1 Libro VI del TULSMA, debido a que presentan concentraciones muy bajas y que consideran a este tipo de agua como agua natural o agua de niebla natural.

En tanto Pérez, (2019) indico que hay diferencia significativa entre sus valores obtenidos debido a que casi todos los parámetros analizados, excedieron el límite máximo permisible para consumo humano, a excepción de la conductividad eléctrica, establecidos en el normativa ambiental peruana,

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA. Además este autor, interpreta que no es común que estos resultados aparezcan en el agua de la niebla y que este resultado se deba a la carga de distintos contaminantes en el aire que son arrastrados por los vientos y que a su vez influyen en la captación de niebla y la calidad de la misma (Pérez, L. 2016).

Otro estudio donde se presentaron diferencias en la calidad de agua de niebla es el que se llevó a cabo por Meléndez et al., (2015), donde al analizar la calidad de agua de niebla en Veracruz, México, se determinó que no es apta para consumo humana por lo que debe pasar por un tratamiento para ajustar las concentraciones que sobrepasan los límites máximos permisibles y así usar el recurso para uso humano.

Sin embargo, existen casos en donde el análisis de calidad de agua coincide definiendo al recurso captado como apto para diversos usos y aplicación. Por ejemplo, en el caso de García et al., (2013) evaluó el agua para consumo humano de la captación de agua de nieblas en Cundinamarca, Colombia, donde casi todos los factores físico-químicos y microbiológicos analizados, cumplen con los criterios de calidad fijados en su reglamento, con excepción del pH, donde recomiendan ajustar el valor de este parámetro para cumplir con la finalidad deseada.

## 6.2 CONCLUSIONES

- En este estudio se diseñaron y se implementaron tres atrapanieblas, los cuales tenían 4m<sup>2</sup> de superficie de malla colectora, dimensión válida para que la cantidad de agua atmosférica recolectada sea la adecuada para abastecer a las familias del sector Las Chinchas.
- En los tres puntos de recolección (atrapanieblas) se determinó que las cantidades de agua captada para cada punto no presentan diferencias significativas. En el punto AtN01 se obtuvo un promedio de 17,13 L, el AtN 02 registro un promedio de 17,08 L y el último punto AtN 03 presentó un volumen promedio de 18.73 L, valores registrados por una frecuencia de cada cuatro días. Por lo tanto el promedio del volumen total de agua captada es de 52,0 L por los cuatro días, cantidad adecuada para brindar soporte y abastecimiento a una familia habitante del sector Las Chinchas.
- La cantidad de agua recolectada por los sistemas de captación está en función de las características climáticas y meteorológicas locales, en otras palabras, para capturar el agua de la atmósfera es necesario que se presente humedad relativa mayor del 80%, temperaturas menores a 20 °C y presencia de vientos constantes sin presentar interferencia alguna. Es por esto que la cantidad de agua captada de la neblina es mayor en la época lluviosa en comparación con la época de sequía.
- Con respecto a la calidad de agua se demostró que, mediante los análisis in situ y de laboratorios, el recurso cumple con los criterios de calidad establecidos en la normativa ambiental estudiada demostrando que las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos están por debajo de los Límites Máximos Permisibles. Por ende, se define que el agua es apta para uso agrícola o de riego y para uso doméstico; sin embargo, aunque el agua captada cumpla con los requerimientos necesarios para consumo humano, este debe someterse a tratamientos de purificación o potabilización con la finalidad de ser consumida por los pobladores del sector.

### 6.3 RECOMENDACIONES

- Debido a la falta de datos meteorológicos de la zona de estudio, se recomienda instalar una estación meteorológica, para proporcionar datos de las variables climáticas que podrían afectar la eficiencia de los sistemas de captación de niebla/neblina.
- Se recomienda realizar más estudios sobre la recolección de agua de niebla aplicando otro tipo de sistema de captación de agua o atrapanieblas de diferentes dimensiones para medir su eficiencia y compararla con los demás estudios realizados.
- Es recomendable desarrollar un plan sobre el mantenimiento y control de los sistemas de captación con el fin de alargar la vida útil de estos y que a su vez el estado del captador de agua no afecte a la calidad del recurso.
- Debido a que muchas zonas rurales presentan escasez de agua, se recomienda realizar un proyecto de recolección de agua a mayor escala donde posteriormente el agua obtenida de estos sistemas pase por un tratamiento de potabilización o purificación con el fin de brindar un servicio a las personas vulnerables de la escasez.
- Es necesario mantener análisis continuos de parámetros físico, químico, biológico del agua para evitar la acumulación de contaminantes en el recurso captado y sobre todo para llevar un control de calidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranguiz, G., Morales, F., Nieto, J., & Silva, G. (2009). Diseño generativo aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de Chile. In *Universidad de Chile*. Universidad de Chile.
- Bolaños, J. (2006). *Reseña de "La captación del agua de la niebla en la isla de Tenerife" de Ma. Va. Marzol Jaén* [Investigaciones Geográficas (Esp)]. [https://doi.org/ISSN: 0213-4691](https://doi.org/ISSN:0213-4691)
- Cereceda, P., Osses, P., Larrain, H., Farías, M., Lagos, M., Pinto, R., & Schemenauer, R. S. (2002). Advective, orographic and radiation fog in the Tarapacá region, Chile. *Atmospheric Research*, 64(1–4), 261–271. [https://doi.org/10.1016/S0169-8095\(02\)00097-2](https://doi.org/10.1016/S0169-8095(02)00097-2)
- Cereceda, P., Villegas, L., Osses, P., & Schemenauer, R. (1998). *Evaluation of the use of fog water for regeneration of arid ecosystems. In Proceedings of the First International Conference on Fog and Fog Collection*.
- Cereceda, Pilar, Hernández, P., Leiva, J., & Dios, J. De. (2015). Agua de niebla, nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas. In *Dirección general de aguas*. <http://www.cda.uc.cl/wp-content/uploads/2015/12/Libro-Agua-de-Niebla-1.pdf>
- Chamorro, C., Heredia, E., & Pazmiño, D. (2005). *Análisis de Contexto para la Gestión Integrada del Agua en Ecuador. Informe Final*. [https://joinforwater.ngo/sites/default/files/2005-rapport\\_gire\\_ecuador.pdf](https://joinforwater.ngo/sites/default/files/2005-rapport_gire_ecuador.pdf)
- Cho, R. (2011, March 7). *The Fog Collectors: Harvesting Water From Thin Air*. State of the Planet. Earth Institute. Columbia University. <https://blogs.ei.columbia.edu/2011/03/07/the-fog-collectors-harvesting-water-from-thin-air/>
- Contreras, V. (2012). *DISEÑO. CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO MEJORADO DE ATRAPANIEBLAS EN EL DISTRITO DE VENTANILLA - CALLAO* [Universidad Nacional de Callao]. <https://www.yumpu.com/es/document/read/27527916/if-contreras-tito-fimepdf-universidad-nacional-del-callao>
- Djuma, H., Bruggeman, A., Eliades, M., & Lange, M. A. (2016). Non-conventional water resources research in semi-arid countries of the Middle East. *Desalination and Water Treatment*, 57(5), 2290–2303. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.984930>

- Domen, J. K., Stringfellow, W. T., Camarillo, M. K., & Gulati, S. (2014). Fog water as an alternative and sustainable water resource. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16(2), 235–249. <https://doi.org/10.1007/s10098-013-0645-z>
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. *Natural Resources Forum*, 13(4), 258–267. <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.1989.tb00348.x>
- Fessehaye, M., Abdul-Wahab, S. A., Savage, M. J., Kohler, T., Gherezghiher, T., & Hurni, H. (2014). Fog-water collection for community use. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.063>
- Ffolliott, P. F., Bojorquez-Tapia, L. A., & Hernandez-Narvaez, M. (2001). Natural resources management practices: a primer. In *Natural resources management practices: a primer*. Iowa State University Press. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20013002993>
- FogQuest. (2009). *Israel 2002-2010. Fog and Dew Evaluation Project*. FogQuest: Sustainable Water Solutions. <http://www.fogquest.org/project-information/pending-projects/israel/>
- Franco, P., & Rodríguez, M. (2016). *Formulación de líneas estratégicas para un proyecto participativo de conservación de un ojo de agua de la parroquia El Condado, Barrio Colinas del Norte, sector El Manantial y sector Rancho Bajo*. [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR]. [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11183/TESIS\\_OJO\\_DE\\_AGUA\\_30-05-2016\\_PRODUTO\\_FINAL\\_FINAL\\_GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11183/TESIS_OJO_DE_AGUA_30-05-2016_PRODUTO_FINAL_FINAL_GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- GAD Parroquial Zambí. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2022*. <https://issuu.com/nacalderon/docs/pdot-zambi>
- Garavito, J. (2012). *Diseño de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia*. <https://es.slideshare.net/SociedadJulioGaravito/diseo-de-sistemas-de-captacin-de-agua-de-lluvia-12213385>
- Godínez, T. (2013). *Recolección de agua por rocío y niebla* [Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptd2013/mayo/0694314/0694314.pdf>
- Guerrero, D. (2014). *Evaluación de la tecnología de captura de agua de neblina*

- como alternativa a la escases de agua para consumo humano en la comunidad de Shaushi del cantón Quero provincia de Tungurahua [Universidad Técnica de Ambato].  
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/7690>
- Gutierrez, V., & Vásquez, A. (2017). *INGENIERÍA DE SISTEMAS HIDROSANITARIOS DESCENTRALIZADOS Y SOSTENIBLES, CASO DE ESTUDIO PUERTO ROMA –PROVINCIA DEL GUAYAS* [Universidad de Cuenca].  
[https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27387/1/tesis pdf..pdf](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27387/1/tesis%20pdf..pdf)
- HACH. (2000). Manual de analisis de agua: Procedimientos Fotometricos, de titulacion y microbiologicos de HACH Company. *Cell*, 3(970), 220.
- HACH. (2014). Color , True and Apparent. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater and National Council for Air and Stream Improvement (NCASI) Methods*, 30(11), 2771–2775.
- International Organization for Standardization. (2012, July). *ISO - ISO 9308-2: 2012 - Calidad del agua - Enumeración de Escherichia coli y bacterias coliformes - Parte 2: Método del número más probable*.  
<https://www.iso.org/standard/52246.html>
- Jarimi, H., Powell, R., & Riffat, S. (2020). Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting. In *International Journal of Low-Carbon Technologies* (Vol. 15, Issue 2). Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.1093/ijlct/ctz072>
- Klemm, O., Schemenauer, R. S., Lummerich, A., Cereceda, P., Marzol, V., Corell, D., van Heerden, J., Reinhard, D., Gherezghiher, T., Olivier, J., Osses, P., Sarsour, J., Frost, E., Estrela, M. J., Valiente, J. A., & Fessehaye, G. M. (2012). Fog as a Fresh-Water Resource: Overview and Perspectives. *AMBIO*, 41(3), 221–234. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0247-8>
- López, P. A. (2018). *Mercado de servicios básicos: Oferta, Distribución y consumo doméstico del agua potable en el DMQ* [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR].  
[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15037/Mercado de servicios básicos Oferta%2C distribución y Consumo domestico del agua potable en el DMQ - Paola Alexandra Lopez Jacome.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15037/Mercado%20de%20servicios%20b%C3%A1sicos%20Oferta%2C%20distribuci%C3%B3n%20y%20Consumo%20domestico%20del%20agua%20potable%20en%20el%20DMQ%20-%20Paola%20Alexandra%20Lopez%20Jacome.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Macías, G. (2020). *ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DEL LABORATORIO CLÍNICO EN UN HOSPITAL DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL* [Universidad de Guayaquil]. [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49929/1/TESIS\\_FINAL\\_GEOV\\_ANNY MACIAS HERRERA.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49929/1/TESIS_FINAL_GEOV_ANNY_MACIAS_HERRERA.pdf)
- Mendoza, B., & Castañeda, F. (2014). *CRITERIOS METODOLÓGICOS PARA LA DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS CON BASE EN LLUVIA HORIZONTAL* [Universidad Católica de Colombia]. [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1748/1/Atrapanieblas B. Mendoza F. Castañeda.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1748/1/Atrapanieblas_B._Mendoza_F._Castañeda.pdf)
- Montecinos, S., Carvajal, D., Cereceda, P., & Concha, M. (2018). Collection efficiency of fog events. *Atmospheric Research*, 209, 163–169. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.04.004>
- Moses, A. (2011). Water from Thin Air: Aussie Ed's Airdrop an International Hit. Obtenido de: <http://www.smh.com.au/technology/sci-tech/water-from-thin-air-aussie-eds-airdrop-an-international-hit-20111110-1n8ks.html>
- Navarro, M. (2007). DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO 5 días, INCUBACIÓN Y ELECTROMETRÍA . In *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioquímica+de+Oxígeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>
- NEMI. (n.d.-a). *AOAC 973.41: pH del agua*. National Environmental Methods Index. Retrieved March 8, 2021, from [https://www.nemi.gov/methods/method\\_summary/4738/](https://www.nemi.gov/methods/method_summary/4738/)
- NEMI. (n.d.-b). *Standard Methods: 2130 B: Turbidity by Nephelometry*. National Environmental Methods Index. Retrieved March 8, 2021, from [https://www.nemi.gov/methods/method\\_summary/9645/](https://www.nemi.gov/methods/method_summary/9645/)
- Olivier, J. (2004). Fog harvesting: An alternative source of water supply on the West Coast of South Africa. *GeoJournal*, 61(2), 203–214. <https://doi.org/10.1007/s10708-004-2889-y>
- ONU. (2014). *“El agua, fuente de vida” 2005-2015*. . ONU-DAES. <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- ONU. (2015). *Implementación de mejoras para la calidad del agua y la protección de servicios ecosistémicos Nota informativa*.

- [https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/04\\_risk\\_water\\_quality\\_esp\\_web.pdf](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/04_risk_water_quality_esp_web.pdf)
- ONU. (2018). Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report on Water and Sanitation. In *United Nations*. [http://www.unwater.org/app/uploads/2018/07/SDG6\\_SR2018\\_web\\_v5.pdf](http://www.unwater.org/app/uploads/2018/07/SDG6_SR2018_web_v5.pdf)
- ONU. (2019). *NO DEJAR A NADIE ATRÁS. Objetivos de Desarrollo Sostenible agua y saneamiento*. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Pascual, J., Naranjo, M., Payano, R., & Medrano, O. (2011). Tecnología Para La Recolección De Agua De Niebla. *Researchgate, SEPTEMBER*, 21. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4806.7048>
- Pascual, M. (2019). *Eficiencia de la captación de agua por sistemas de atrapaniebla tridimensional y estándar en el “Cerro Verde” distrito de Lurigancho Chosica, Lima* [Universidad Peruana Unión]. [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3027/Matias\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3027/Matias_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pérez, L. (2019). “*Captación de agua de niebla y análisis de la calidad para consumo humano en el asentamiento humano Leandra Ortega, Pachacútec - Ventanilla, 2016.*” 1–123.
- Qadir, M., Jiménez, G. C., Farnum, R. L., Dodson, L. L., & Smakhtin, V. (2018). Fog water collection: Challenges beyond technology. *Water (Switzerland)*, 10(4), 1–10. <https://doi.org/10.3390/w10040372>
- Rijsberman, F. R. (2006). Water scarcity: Fact or fiction? *Agricultural Water Management*, 80(1-3 SPEC. ISS.), 5–22. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.001>
- Ritter, A., Regalado, C., & Guerra, J. (2015). Quantification of Fog Water Collection in Three Locations of Tenerife (Canary Islands). *Water*, 7(12), 3306–3319. <https://doi.org/10.3390/w7073306>
- Rivera, O. (2017). *IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS BÁSICOS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE NIEBLA, CASO DE ESTUDIO LAS VERAPACES* [Universidad de San Carlos de Guatemala]. [http://www.repositorio.usac.edu.gt/7516/1/Oscar\\_Alejandro\\_Rivera\\_Ayala.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/7516/1/Oscar_Alejandro_Rivera_Ayala.pdf)
- Salbitano, F., Calamini, G., Certini, G., Ortega, A., Pierguidi, A., Villasante, L., Caceres, R., Coaguila, D., & Delgado, M. (2010). *Dynamics and evolution of tree populations and soil-vegetation relationships in Fogscapes:*

- Observations over a period of 14 years at the experimental sites of Meija (Peru).*  
<https://meetingorganizer.copernicus.org/FOGDEW2010/FOGDEW2010-137.pdf>
- Santana, L. (2015). *Humedad del aire en la cumbre lanzaroteña Oportunidad de obtención de agua de niebla.*  
[http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/01Actualidad/documentos/atrapanieblas\\_altos\\_famara\\_vinas\\_0.pdf](http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/01Actualidad/documentos/atrapanieblas_altos_famara_vinas_0.pdf)
- Schemenauer, R. S., & Cereceda, P. (1993). Meteorological conditions at a coastal fog collection site in Peru. *Atmósfera*, 6(3), 175–188.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56506304>
- Soriano, M. (2015). *NIEBLA COMO FUENTE ALTERNATIVA PARA SUMINISTRO DE AGUA* [Escuela Colombiana de Ingeniería].  
<https://docplayer.es/12455050-Trabajo-de-grado-niebla-como-fuente-alternativa-para-suministro-de-agua-elaborado-por-manuel-antonio-soriano-mateus.html>
- Tchobanoglous, G., & Schroeder, E. E. (1985). *Water quality: Characteristics, modeling, modification.* Addison-Wesley Pub. Co., Reading, MA.  
<https://www.osti.gov/biblio/5887635>
- Theobald, M., Nierenberg, D., Styslinger, M., Kane, D., & Massey, A. (2011). *Innovations in actions: Nourishing People and the... - Google Académico.*  
*State of the World*, 13.  
[https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=innovations+in+actions%3A+Nourishing+People+and+the+Planet.+State+of+the++World&btnG=](https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=innovations+in+actions%3A+Nourishing+People+and+the+Planet.+State+of+the++World&btnG=)
- Tiedemann, K., & Lummerich, A. (2010). *Fog harvesting on the verge of economic competitiveness.*  
[https://www.researchgate.net/publication/253851023\\_Fog\\_harvesting\\_on\\_the\\_verge\\_of\\_economic\\_competitiveness](https://www.researchgate.net/publication/253851023_Fog_harvesting_on_the_verge_of_economic_competitiveness)
- Unver, O., Bhaduri, A., & Hoogeveen, J. (2017). Water-use efficiency and productivity improvements towards a sustainable pathway for meeting future water demand. *Water Security*, 1, 21–27.  
<https://doi.org/10.1016/j.wasec.2017.05.001>
- Vistin, D. (2014). *Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de agua por*

- medio de dos tipos de neblinómetros en las tres cuencas de la Parroquia Achupallas, cantón Alausi, provincia de Chimborazo.* 71. [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3595/1/33T0130 .pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3595/1/33T0130.pdf)
- Water Environment Federation & American Public Health Association. (2017a). 3111 METALS BY FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY. In *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23 RD EDITION, pp. 1–10). <https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.216>
- Water Environment Federation & American Public Health Association. (2017b). 4500-CN CYANIDE. In *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23RD EDITION, pp. 10–11). <https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.216>
- Water Environment Federation & American Public Health Association. (2017c). 4500-F FLUORIDE. In *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23RD EDITI, pp. 2–5). <https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.216>
- Water Environment Federation & American Public Health Association. (2017d). 4500-NO<sub>2</sub> NITROGEN (NITRITE). In *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23RD EDITION, p. 2). <https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.216>
- Water Environment Federation & American Public Health Association. (2017e). 5210 BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD). In *Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23RD Edition, pp. 9–12). <https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.216>
- White, C. (2014). Understanding water scarcity: Definitions and measurements. *Global Water: Issues and Insights*, 161–165. <https://doi.org/10.22459/gw.05.2014>
- ZABALKETA. (2013). *Captación de agua de niebla para Reforestación en Perú y Bolivia. Informe Técnico.* [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/B0F868A4B8BAE93705257CBC004FA71A/\\$FILE/1\\_INFORME\\_TECNICO\\_FINAL.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/B0F868A4B8BAE93705257CBC004FA71A/$FILE/1_INFORME_TECNICO_FINAL.pdf)

## ANEXOS



**Anexo 1** Colocación de la malla captadora a los pilares de soporte



**Anexo 2** Instalación de los Sistemas de Captación de Agua de Niebla



**Anexo 3** Agua Captada por Atrapaniebla



**Anexo 4** Presencia de neblina y aprovechamiento de los SCAN



**Anexo 5** Calibración de Multiparámetro PC060



**Anexo 6** Medición in situ de parámetros



**Anexo 7** Reservorio de agua, capacidad de 300 L



**Anexo 8** Cuantificación de agua en los puntos de medición



**Anexo 9** Recolección de muestra para análisis físicos



**Anexo 10** Toma de muestra para análisis para DBO



**Anexo 11** Toma de muestra para análisis microbiológico



**Anexo 12** Conservación y refrigeración de muestras a ser analizadas en laboratorio

|  |   |   |   |   |          |                         |
|--|---|---|---|---|----------|-------------------------|
|   | <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA</b><br><b>REGISTRO DE INFORME DE RESULTADOS</b> |   |  | Servicio de Acreditación Ecuatoriano<br>Acreditación N° OAE LE C 12-005<br>LABORATORIO DE ENSAYOS |          |                         |
|  | <b>LABORATORIOS UTPL</b>  |   |   |   |          |                         |
| CODIGO: R.7.8.2 VERSION: 1 FECHA: 13-01-2021 ELABORADO POR: Mercedes Villa Achupallas REVISADO Y APROBADO POR: José Miguel Guamán  |   |   |   |   |          |                         |
| <b>Informe de Resultados Nro:</b>  |   |   | <b>2004091488</b>   |   |          |                         |
| <b>Solicitud Nro:</b> 469  |   | <b>Fecha del Informe:</b> 2021-02-09  |   |   |          |                         |
| <b>Sitio de análisis:</b> Laboratorios UTPL  |   | <b>Dirección:</b> San Cayetano Alto s/n, Loja Ecuador   |   |   |          |                         |
| <b>Información Proporcionada por el Cliente:</b>   |   |   |   |   |          |                         |
| <b>Cliente:</b> Bryan Stalin Rodríguez Ordoñez   |   | <b>Muestreador:</b> Bryan Stalin Rodríguez Ordoñez  |   |   |          |                         |
| <b>Dirección:</b> Guayaquil  |   | <b>Descripción:</b> Agua de Niebla Natural  |   |   |          |                         |
| <b>Teléfono:</b>   |   | <b>Identificación:</b> Las Chinchas   |   |   |          |                         |
| <b>Email:</b> <a href="mailto:Bryan-s1997@hotmail.com">Bryan-s1997@hotmail.com</a>   |   | <b>Fecha de muestreo:</b> 2021-01-26  |   |   |          |                         |
| <b>Información general de muestra recibida:</b>  |   |   |   |   |          |                         |
| <b>Fecha de recepción:</b> 2021-01-26  |   | <b>Condiciones de recepción:</b> Las muestras son transportadas bajo cadena de frío, llegan al laboratorio a temperatura de 3-7 C |   |   |          |                         |
| <b>Resultados de análisis de muestra</b>   |   |   |   |   |          |                         |
| <b>Condiciones Ambientales durante el ensayo:</b>  |   | <b>Temperatura (°C):</b> 21.5   |   | <b>Humedad (%):</b> 66  |          |                         |
| <b>Fecha de análisis</b>   |   | <b>Ítem de ensayo</b>   | <b>Unidad</b>   | <b>Resultado</b>  | <b>U</b> | <b>Método de ensayo</b> |
| <b>Inicio</b>  | <b>Fin</b>  |   |   |   |          |                         |
| 2021-01-26   | 2021-01-26  | pH  | -   | 7.036   | 1.50%    | AOAC, 973.41            |
| 2021-01-26   | 2021-01-26  | Turbidez  | NTU   | <4 (1.12)   | 12.30%   | SM 2130 B               |
| 2021-01-26   | 2021-01-26  | Color   | UPTCo   | 10.95   | 14%      | SM 4500-C               |
| 2021-01-27   | 2021-01-27  | Sulfatos  | mg/l  | <1  | 19.20%   | SM 4500-SO4             |
| 2021-01-27   | 2021-01-27  | Nitratos  | mg/l  | <5 (1.46)   | 11.70%   | SM 4500-NO3-B           |
| 2021-01-26   | 2021-01-31  | DBO5  | mg/l  | <0.3 (1.4)  | 29.90%   | SM 5210 D               |
| 2021-01-27   | 2021-01-27  | Fluoruro  | * mg/l  | <0.01   | n/d      | SM 4500F-B.D            |
| 2021-01-27   | 2021-01-27  | Cianuros  | * mg/l  | 0.004   | n/d      | SM 4500-CN-F            |
| 2021-01-27   | 2021-01-27  | Nitritos  | * mg/l  | 0.021   | n/d      | SM 4500 NO2 - B         |
| 2021-01-26   | 2021-01-27  | Coliformes Fecales  | * NPM/100 ml  | 2   | n/d      | ISO 9308-2-2012         |
| 2021-01-29   | 2021-01-29  | Cobre   | mg/l  | 0.0165  | 13%      | SM 3111 A               |
| 2021-01-29   | 2021-02-01  | Plomo   | mg/l  | <0.005  | 12%      | SM 3111 A               |
| 2021-01-29   | 2021-02-01  | Cadmio  | * mg/l  | <0.001  | n/d      | SM 3111 A               |
| <b>Glosario:</b>   |   |   |   |   |          |                         |
| n/d: No disponible   |   |   | NPM/100 ml: Número más probable de bacterias por 100 mililitros                     |   |          |                         |
| U: Incertidumbre expandida con valor de k=2 y con un 95% de confianza.   |   |   | mg/l: miligramos por litro  |   |          |                         |
| <: Menor al límite de detección  |   |   | IS: In Situ (En el sitio de muestreo)   |   |          |                         |
| % Sat OD: Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto   |   |   | SM: siglas en Inglés de Método Estándar   |   |          |                         |
| UPTCo: Unidades de Platino Cobalto   |   |   | AOAC: siglas en Inglés de Asociación de Químicos Analíticos Oficiales               |   |          |                         |
| NTU: Unidades nefelométricas de turbidez   |   |   |   |   |          |                         |
| uS/cm: microsiemens por centímetro   |   |   |   |   |          |                         |
| <b>Observaciones:</b>  |   |   |   |   |          |                         |
| A) El informe de ensayo no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio.  |   |   |   |   |          |                         |
| B) Los resultados representan exclusivamente la muestra (s) analizada (s).   |   |   |   |   |          |                         |
| C) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE  |   |   |   |   |          |                         |
| validez de los resultados.   |   |   |   |   |          |                         |
| expresado entre paréntesis (0,016) corresponde a la concentración del parámetro en su muestra.   |   |   |   |   |          |                         |
| <b>Información Técnica:</b>  |   |   |   |   |          |                         |
| Los métodos de análisis para la determinación de cada uno de los parámetros, se basan en:  |   |   |   |   |          |                         |
| Edición 23th del Standar Methods, publicada en octubre de 2017.  |   |   |   |   |          |                         |
| Edición 18th del AOAC - Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, publicada en 2006. <i>Corresponde a una edición anterior, no a la última ya que no hay cambios en las metodologías.</i> |   |   |   |   |          |                         |