

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DIRECCIÓN DE POSGRADO MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE

**Tema:**

---

**“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”.**

---

**Trabajo de Titulación**

**Previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en Agroecología y Ambiente.**

**Autor:** Ing. David Aníbal Guerrero Cando

**Director:** Ing. Giovanny Patricio Velástegui Espín, Mg.

**AMBATO – ECUADOR**

**2014**

## **Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato**

El Tribunal de Defensa del trabajo de titulación presidido por el Ingeniero José Hernán Zurita Vásquez Magíster, Presidente del Tribunal e integrado por los señores: Ingeniero Jorge Enrique Dobronski Arcos Magíster, Ingeniero Alberto Cristóbal Gutierrez Albán Magíster, Ingeniero Luís Alfredo Villacís Aldaz Magíster, Miembros del Tribunal de Defensa, designados por el Consejo Académico de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar la defensa oral del trabajo de titulación con el tema: “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”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero David Aníbal Guerrero Cando, para optar por el Grado Académico de Magíster en Agroecología y Ambiente.

Una vez escuchada la defensa oral el Tribunal aprueba y remite el trabajo de titulación para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

-----  
Ing. José Hernán Zurita Vásquez, Mg.  
Presidente del Tribunal de Defensa

-----  
Ing. Alberto Cristóbal Gutierrez Albán, Mg.  
Miembro del Tribunal

-----  
Ing. Jorge Enrique Dobronski Arcos, Mg.  
Miembro del Tribunal

-----  
Ing. Luís Alfredo Villacís Aldaz, Mg.  
Miembro del Tribunal

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de titulación con el tema: **“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”**, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero David Aníbal Guerrero Cando, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Giovanny Patricio Velástegui Espín Magister, Director del trabajo de titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
Ing. David Aníbal Guerrero Cando

Autor

-----  
Ing. Giovanny Patricio Velástegui Espín, Mg.

Director

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este trabajo de titulación como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los Derechos de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

-----  
Ing. David Aníbal Guerrero Cando  
C.C. 180324632-9

## **DEDICATORIA**

Este Trabajo de Investigación se la dedico en primer lugar a nuestro Padre Dios, que me ha bendecido grandemente.

A mis Padres: María y Carlos, a mis Hermanas Mariana y Margarita y a mis Hermanos Luis y Carlos, por su Amor y Concejos.

Y a mi esposa Blanquy, a mis hijos: David, Daniela y Liz, por su Amor, Apoyo y Comprensión.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento muy especial a la Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencias Agropecuarias.

A mis Maestros y Maestras de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por haberme acogido y orientado como profesional al servicio del pueblo Ecuatoriano.

Al Director de la Investigación Ing. Giovanni Velástegui, al Ing. Luciano Valle y demás miembros del Tribunal, quienes con sus oportunas sugerencias me guiaron para llegar a concluir con satisfacción el presente trabajo.

A los Directivos y familias de la comunidad de Shaushi, que participaron en el desarrollo de la presente investigación.

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA .....	i
AL CONSEJO DE POSGRADO DE LA UTA .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv
EXECUTIVE SUMMARY .....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1.1. Tema de Investigación.....	3
1.2. Planteamiento del Problema. ....	3
1.2.1. Contextualización.....	3
1.2.1.1. Contexto Macro.....	3
1.2.1.2. Contexto Meso. ....	4
1.2.1.3. Contexto Micro. ....	6
1.2.2. Análisis crítico del problema. ....	6
1.2.3. Árbol de Problemas.....	7
1.2.4. Formulación del problema. ....	8
1.2.5. Interrogantes (sub problemas).....	8
1.2.6. Delimitación del objetivo de investigación. ....	8
1.2.6.1. Delimitación de la investigación.....	8
1.2.6.2. Delimitación espacial: .....	9

1.2.6.3. Delimitación temporal. ....	9
1.2.6.4. Unidades de observación: .....	9
1.3. Justificación. ....	9
1.4. Objetivos.....	10
1.4.1. General .....	10
1.4.2 Específicos.....	10
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Antecedentes investigativos .....	11
2.1.2. Importancia. ....	15
2.2. Fundamentaciones.....	17
2.2.1. Fundamentación Filosófica.....	17
2.3. Fundamentación legal. ....	17
2.4. Categorías fundamentales.....	17
2.4.1. La Neblina. ....	17
2.4.2. El Viento.....	18
2.4.3. Colectores. ....	19
2.4.4. El sarán. ....	20
2.4.5. Mecanismo de captura de agua de la neblina. ....	20
2.5. Hipótesis. ....	21
2.6. Señalamiento de variables de la hipótesis. ....	21
2.6.1. Variable Independiente.....	21
2.6.2. Variable Dependiente. ....	21
2.7. Factores en estudio.....	21
2.7.1. Porcentaje de sarán.....	21
2.7.2. Altitud de colocación de colectores. ....	22
2.8. Datos a tomarse.....	22
2.8.1. Cantidad de agua capturada por 30 días. ....	22
2.9. Tratamientos .....	22
CAPÍTULO III .....	23
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.1. Modalidad básica de la investigación .....	23



3.2. Nivel o tipo de investigación .....	23
3.3. Población y muestra .....	23
3.4. Operacionalización de variables .....	23
3.4.1. Operación de variables .....	23
3.4.2. Variable independiente.....	24
3.4.3. Matriz de operacionalización de variable independiente .....	24
3.4.4. Variable dependiente.....	24
3.4.5. Matriz de operacionalización de variable dependiente .....	25
3.5. Plan de recolección de la información .....	25
3.6. Manejo del ensayo .....	26
3.6.1. Socialización del proyecto con los Directivos de la Comunidad.....	26
3.6.2. Identificación de la Institución que financiará el Proyecto .....	26
3.6.3 Construcción de los colectores .....	27
3.6.4 Prueba de los colectores .....	27
3.6.5 Transporte de los colectores .....	27
3.6.6 Colación de la malla de sarán en los colectores.....	27
3.6.7 Distribución de las unidades experimentales.....	28
3.6.8 Colocación de los colectores de evaluación. ....	28
3.6.9 Ubicación del material para recolectar el agua capturada. ....	28
3.7 Datos tomados .....	28
3.7.1 Cantidad de agua capturada.....	28
3.7.2 Altitud de ubicación de los colectores de evaluación. ....	29
3.7.3 Velocidad del viento.....	29
3.8 Plan de procesamiento de la información.....	29
3.9 Procesamiento y análisis .....	29
3.10 Diseño experimental.....	30
3.11 Esquema del experimento.....	30
3.12. Análisis de Varianza.....	31
3.13 Mediciones Experimentales.....	31
3.13.1 Volumen de agua capturada de la neblina.....	31
3.13.2 Costo por litro de agua capturada.....	32
3.13.3 Cálculo del área de colector.....	32

CAPÍTULO IV .....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
4.1. Volúmenes de agua capturados.....	33
4.1.1 Volumen 1 (Dato tomado día 1 de la evaluación) .....	33
4.1.2. Volumen 2 (Dato tomado el día 3).....	34
4.1.3. Volumen 3 (Dato tomado el día 5 de la evaluación).....	35
4.1.4. Volumen 4 (Dato tomado el día 7 de la evaluación).....	36
4.1.5. Volumen 5 (Dato tomado el día 9 de la evaluación).....	37
4.1.6. Volumen 6 (Dato tomado el día 11 de la evaluación).....	38
4.1.7 Volumen 7 (Dato tomado el día 13 de la evaluación).....	39
4.1.8. Volumen 8. (Dato tomado el día 15 de la evaluación).....	40
4.1.9 Volumen 9 (Dato tomado el día 17 de la Evaluación) .....	40
4.1.10 Volumen 10 (Dato tomado el día 19 de la Evaluación) .....	41
4.1.11 Volumen 11 (Dato tomado el día 21 de la evaluación).....	42
4.1.12 Volumen 12 (Dato tomado el día 23 de la evaluación).....	43
4.1.13 Volumen 13 (Dato tomado el día 25 de la evaluación).....	44
4.1.4. Volumen 14 (Dato tomado el día 27 de la evaluación).....	44
4.1.15 Volumen 15 (Dato tomado el día 29 de la evaluación).....	45
4.2. Promedio de agua capturada de la neblina .....	46
4.3. Precipitación presente en las zonas cercanas a la evaluación.....	47
4.3. Comprobación de la Hipótesis.....	50
4.4. Evaluación Económica.....	51
4.2.1. Costos del Colector de Evaluación de agua de neblina.....	51
4.2.2 Costos de Mano de Obra .....	51
4.2.3. Cantidad promedio de agua capturada de la neblina.....	52
4.2.4. Resumen de costos de agua capturada en un colector de 1 m <sup>2</sup> por año.....	52
CAPÍTULO V.....	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	53
5.1 Conclusiones.....	53
5.2 Recomendaciones.....	55
CAPÍTULO VI .....	56
PROPUESTA .....	56

6.1. Datos Informativos:.....	56
6.2. Antecedentes de la propuesta.....	56
6.3. Justificación. ....	58
6.4. Objetivos.....	58
6.5. Análisis de factibilidad.....	59
6.5.1. Cálculo de la dimensión del colector de agua de neblina.....	59
6.5.2. Cálculo de costos de construcción e instalación del colector de agua. ....	60
6.6. Fundamentación.....	60
6.7 Metodología, Modelo operativo.....	61
6.8. Administración.....	62
6.9. Previsión de la evaluación. ....	62
BIBLIOGRAFÍA .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arbol de Problemas.....	7
Figura 2. Estructura del colector de evaluación .....	13
Figura 3. Esquema del ensayo .....	30

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1.</b> Promedio de agua capturada de la neblina en la evaluación.....	47
<b>GRÁFICO 2.</b> Precipitación de la estación meteorológica Bolívar-2013.....	49
<b>GRÁFICO 3</b> Precipitación de la estación meteorológica Querochaca 2013 .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos .....	22
Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente .....	24
Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente .....	25
Tabla 4. Esquema del análisis de varianza.....	31
Tabla 5. Análisis de varianza / volumen No. 1 .....	33
Tabla 6. Prueba de tukey al 5%/volumen 1/Altitud.....	34
Tabla 7. Análisis de varianza / volumen No. 2.....	34
Tabla 8. Análisis de varianza / volumen No. 3.....	35
Tabla 9. Prueba de tukey al 5%/volumen 3/Altitud.....	36
Tabla 10. Análisis de varianza / volumen No. 4.....	36
Tabla 11. Análisis de varianza / volumen No. 5.....	37
Tabla 12. Prueba de tukey al 5%/volumen 5/Altitud.....	37
Tabla 13. Análisis de varianza / volumen No. 6.....	38
Tabla 14. Análisis de varianza / volumen No. 7.....	39
Tabla 15. Prueba de tukey al 5%/volumen 7/Altitud.....	39
Tabla 16. Análisis de varianza / volumen No. 8.....	40

Tabla 17. Análisis de varianza / volumen No. 9.....	40
Tabla 18. Análisis de varianza / volumen No. 10.....	41
Tabla 19. Análisis de varianza / volumen No. 11.....	42
Tabla 20. Prueba de tukey al 5%/volumen 11/Altitud.....	42
Tabla 21. Análisis de varianza / volumen No. 12.....	43
Tabla 22. Análisis de varianza / volumen No. 13.....	44
Tabla 23. Análisis de varianza / volumen No. 14.....	44
Tabla 24. Análisis de varianza / volumen No. 15.....	45
Tabla 25. Promedio de agua capturada de la neblina durante la evaluación .....	46
Tabla 26. Precipitación estación meteorológica de Bolívar.....	48
Tabla 27. Precipitación estación meteorológica de Querochaca.....	49
Tabla 28. Costos del colector de evaluación.....	51
Tabla 29. Costos de mano de obra en la instalación del colector de evaluación .....	51
Tabla 30. Cantidad promedio de agua capturada en el colector de evaluación .....	52
Tabla 31. Resumen de costos de agua captursda en 1 m <sup>2</sup> /año .....	52
Tabla 32. Costo del agua capturada por año .....	52
Tabla 33. Cálculo de la dimención del colector de agua de neblina .....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Registro de datos de agua capturada de la neblina en la evaluación.....	66
<b>ANEXO 2.</b> Costos de construcción e instalación de colector de 50 m <sup>2</sup> de área.....	67
<b>ANEXO 3.</b> Fotografías de la investigación.....	69
<b>ANEXO 4.</b> Fotografías de instalación de un colector de agua de neblina.....	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
DIRECCION DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE

**Tema: “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”**

Autor: Ing. David Aníbal Guerrero Cando

Tutor: Ing. Giovanni Patricio Velástegui Espín Mg.

Fecha: 16 de octubre 2013

**RESUMEN EJECUTIVO**

En la comunidad de Shaushi del cantón Quero, provincia de Tungurahua, se evaluó la tecnología de captura de agua de neblina. Se estudio el factor A (Altitud de ubicación de colectores de evaluación) y el factor B (Porcentaje de sarán), se utilizaron 12 Colectores de evaluación de 1 metro cuadrado cada uno, los mismos fueron distribuidos mediante el diseño de Parcelas Divididas, con 3 repeticiones por tratamiento. Evalué la cantidad de agua capturada cada 48 horas por un periodo de treinta días. Las mejores respuestas numéricas en la cantidad de agua capturada de la neblina se observaron en la Altitud No. 2 (situada a 3770 msnm), con una velocidad del viento promedia de 5 a 10 m/sg; En el factor B no se registraron diferencias estadísticas. Mientras que para la interacción de la Altitud por el Porcentaje de sarán se determinó diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ), para el tratamiento 3 (A2 P1) Altitud N° 2 y porcentaje de zarán N°1.

**Descriptor:** agua, altitud, captura, colectores, evaluación, indicadores, neblina, porcentaje, sarán, tecnología, viento.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
DIRECCION DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA Y AMBIENTE

**Theme: “EVALUATION THE TECHNOLOGY OF CAPTURE FOG WATER AS AN ALTERNATIVE TO THE SHORTAGE OF WATER FOR HUMAN CONSUMPTION OF THE COMMUNITY DE SHAUSHI DEL CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Author: Ing. David Aníbal Guerrero Cando

Directed by: Ing. Giovanni Patricio Velástegui Espín Mg.

Date: 16 October 2013

**EXECUTIVE SUMMARY**

I evaluated the technology of capture fog water as an alternative to the shortage of water for human consumption. I evaluated two factors: a) The factor altitude location of the Collectors evaluation, b) The percentage of saran. Was used twelve collectors evaluation of one square meter each, they were distributed by the split plot design with three replicates per treatment. Was evaluated the amount of water captured each forty-eight hours for a period of thirty days. In the factor A the best numerical answers in the amount of fog water captured were observed in the altitude No. 2 (located at 3770 meters above sea level), with an average wind speed of 5 to 10 m / sec. The factor B are not recorded statistical differences. While for the interaction of altitude by the percentage of saran was determined statistical differences ( $P > 0.05$ ), for treatment 3. (A2 P1) Altitude N° 2, percentage of saran N°1.

**Keywords:** water, altitude, capture, collectors, evaluation, indicators, mist, percentage, saran, technology, wind.

## INTRODUCCIÓN

El agua constituye el elemento esencial para la vida en nuestro planeta, del cual el 70% es agua, pero apenas el 2,5 % corresponde a agua dulce. Se la utiliza casi en todos los procesos de nuestra vida diaria. En especial para el uso doméstico, riego para la producción agrícola y alimentación animal.

En la Sierra Ecuatoriana la mayor parte de fuentes de agua dulce se encuentran en el ecosistema páramo, este a su vez es considerado un tipo de humedal.

ASTUDILLO, D et al, 2001, manifiesta que los humedales son uno de los ecosistemas más valiosos de nuestro planeta debido a que son medios muy productivos que proveen varios servicios ambientales y cumplen funciones esenciales dentro de nuestra biosfera.

Los páramos garantizan la permanencia de factores y procesos, tales como el almacenamiento, regulación, filtración y distribución del agua, materia orgánica y sedimentos; además albergan una gran cantidad de especies de flora y fauna de alto endemismo; se estima que al menos la mitad de las especies que viven aquí no existen en ningún otro lugar del mundo (Barrera y Peñarreta. 2009).

Los humedales se cuentan entre los ecosistemas más productivos del planeta y brindan importantes beneficios económicos y sociales. Es por ello que los humedales han jugado un papel primordial en el desarrollo y sostén de las sociedades en todas partes del mundo desde tiempos inmemoriales. (Stolk et al, 2006).

Los capturadores de neblina son sistemas que funcionan mediante la utilización del proceso de formación de rocío, capturando el agua atmosférica que está presente en las nubes de baja altura o el rocío como se le conoce comúnmente. Las pequeñas gotas de agua presentes en la neblina se fijan en cualquier superficie a su paso, lo que se aprecia a simple vista en la vegetación y en laderas de cerros.



El principio de los atrapa neblinas consiste básicamente en construir estructuras de metal o madera, denominados también bastidores de una gran superficie cubierta con malla raschel de 35%, expuesta a la neblina. De esta manera, el viento pasa pero las gotas de agua quedan retenidas en la superficie y precipitan a un sistema colector – compuesto por una canaleta de PVC y un tanque acumulador. La condensación natural libera de sal el agua captada, transformándose en agua dulce que puede ser aprovechada de forma agrícola o potabilizada para consumo humano. (AVINA, 2013).

En el capítulo I, se presenta el PROBLEMA, contextualización, análisis crítico, pronosis, formulación del problema, interrogantes de la investigación, delimitación del objetivo de investigación, justificación y objetivos.

En el capítulo II, se aborda el MARCO TEÓRICO, antecedentes de la investigación, fundamentaciones, categorías fundamentales, hipótesis y señalamiento de variables.

En el capítulo III, se enfoca la METODOLOGÍA, considerando la localización y duración del experimento, condiciones ambientales, condiciones edáficas, materiales y equipos, tratamientos, unidad experimental, diseño experimental, esquema del experimento, análisis estadístico, mediciones experimentales, métodos específicos del experimento y manejo del experimento.

En el capítulo IV, se presentan los RESULTADOS Y DISCUSIÓN, en consideración a los factores de estudio, el factor A (Altitud de ubicación de los colectores) y el factor B (Porcentaje de sarán).

En el capítulo V, se plantean CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES en consideración a los resultados experimentales obtenidos en la captura de agua de la neblina.

Capítulo VI, propuesta de Implementación de un Sistema de Captura de agua de neblina para consumo humano, en la zona alta de la comunidad de Shaushi del cantón Quero.

Finalmente se adjunta la bibliografía y anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Tema de Investigación.**

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.

#### **1.2 Planteamiento del Problema.**

##### **1.2.1 Contextualización.**

###### **1.2.1.1 Contexto Macro.**

La escasa agua apta para consumo humano es una problemática a nivel mundial. En el Ecuador no es la excepción, pues algunas poblaciones no disponen de la suficiente cantidad y calidad de agua para satisfacer sus necesidades básicas.

La pérdida de la biodiversidad y de los recursos genéticos, que se refiere al proceso de extinción de poblaciones tanto vegetales como animales es una amenaza a nivel mundial.

El ecosistema páramo es fruto de las transformaciones geológicas del planeta que han ocurrido a lo largo de los milenios; pero a la vez de la presencia milenaria de poblaciones y de sus estructuras sociales; por lo tanto su actual conformación solo puede explicarse a partir de la comprensión de las relaciones pasadas y presentes,

que han establecido las distintas formaciones sociales con la naturaleza. (Foro Nacional de los Recursos Hídricos, 2013).

En la actualidad se registran importantes modificaciones antrópicas en la mayor parte de las cuencas hídricas que afectan a los humedales y a las poblaciones que de ellos dependen. La incontrolada expansión de la agricultura, el sobrepastoreo, la deforestación, la sobrepesca, uso de la tecnología inadecuada y desecación de humedales conducen a la degradación de los ecosistemas naturales. (ASTUDILLO, D et al, 2001).

La pérdida de la cubierta vegetal (humedales, bosques, pasturas, suelos fértiles), ligada a incendios intencionales y a la agricultura no sustentable aumentan la erosión y la sedimentación. Actividades agropecuarias, industriales y mineras inapropiadas incrementan los problemas de efluentes y agro tóxicos.

Adicionalmente existen amenazas de carácter global sobre los humedales las cuales incluyen el cambio climático y sus impactos (como la ocurrencia más frecuente de sequías, tormentas, inundaciones, etc.), la globalización del comercio pesquero, la privatización de servicios de agua y la falta de voluntad política de los gobiernos nacionales en materia de conservación de los recursos naturales. (STOLK et al, 2006).

#### 1.2.1.2 Contexto Meso.

En Ecuador hay 256 especies de plantas amenazadas (cascarilla, guayacán, quichua, polilepis, pumamaqui, entre otras). En Galápagos están amenazadas 148 plantas endémicas, en relación a la fauna, la destrucción de los hábitats, tráfico de especies, introducción de especies exóticas, deterioro de las áreas de reserva, caza y pesca indiscriminada lleva a que varias de las especies entre mamíferos, aves y reptiles del Ecuador se encuentren constantemente amenazadas en un 21%, 64%, 8%; respectivamente. (TOBAR, A. 2000).

Los dos principales problemas ambientales que se dan en el país son: la desordenada sobrexplotación de recursos naturales; la contaminación de los recursos agua, suelo y aire por emanación de residuos tóxicos, sean estos sólidos, líquidos y gaseosos. La desmedida explotación de los recursos naturales como el petróleo ha desencadenado una serie de problemas ambientales como la contaminación de ríos por derrames de crudo, destrucción de flora y fauna endémica en la Amazonía, desplazamiento de etnias autóctonas, enfermedades causadas por las aguas contaminadas de los ríos, todo esto ocasionado por la pasividad de las empresa petroleras que poco o nada hacen por tener una producción con bajo impacto ambiental o por tener planes de acción para remediar y resarcir los daños ambientales causados, porque hay que reconocer que es imposible tener una explotación petrolera con cero impacto ambiental, pero lo que es posible y se debe realizar es reducir al mínimo ese impacto en el ecosistema para que este no se altere, manifiesta VARA. A 2010.

Un estudio realizado por la Asesoría de Salud demuestra que el grado de contaminación por residuos químicos de las aguas de los sistemas hídricos y los cauces de los ríos, está relacionado con la proximidad a los diferentes tipos de zonas de producción agrícola. La producción florícola es altamente contaminante, evidencia gran cantidad de residuos químicos y tóxicos. “El proceso que está siguiendo Ecuador es un proceso de incremento de la ganancia del capital a costa de un deterioro creciente de los recursos naturales”, afirma GAIBOR 2013.

VARA, A 2010, manifiesta que la mayoría de los ríos, por debajo de los 2000 metros de altura ya están contaminados.

El deterioro del agua ya está trayendo consigo consecuencias en la salud de muchas personas. Un informe realizado en 2003 llamado “Ecuador ni es ni será país Amazónico. Inventario de impactos petroleros”, señala a las petroleras como contaminadoras frecuentes de la tierra y el agua. Según el informe el 82,4% de la población se ha enfermado en alguna ocasión por la contaminación ya que la mayoría de la población utiliza el agua contaminada para beber, ducharse y

cocinar. Los problemas de salud más frecuentes en el estudio son enfermedades digestivas, de la piel, enfermedades oculares y problemas respiratorios. (VARA. A 2010).

### 1.2.1.3 Contexto Micro.

El Foro Nacional de los recursos Hídricos, 2013, manifiesta que los mecanismos de acceso a la propiedad de los páramos han variado de un momento histórico a otro. Si, por un lado, las necesidades de ocupación del páramo han sido diversas en cada uno de los momentos; también, por otro lado, han sido diversos los instrumentos normativos que han permitido formalizar la ocupación de los páramos.

En el cantón Quero, el avance de la frontera agrícola a los páramos es una dura realidad que ha provocado la pérdida de la flora, como el mortiño y el pajonal; fauna en la que se destaca el anfibio denominado Hambato. Este fenómeno se ha producido a causa del deterioro de las tierras de las zonas bajas producto del mal manejo y sobre explotación de las mismas.

### 1.2.2 Análisis crítico del problema.

TOBAR, A. 2000, manifiesta que, en la región de los Andes ecuatorianos, sobre la cota de 1200 msnm quedan: 2`980 673 ha de bosques naturales, 2`726 490 ha de pasto-cultivos, 1`336 690 ha de páramos y 59`404 ha con plantaciones forestales, rocas y piedras.

PLAN TEL-PPA PROYECTO PÁRAMO ANDINO. 2009, menciona que, la Mancomunidad de municipios del FSO (Frente Sur Occidental, integrada por los municipios de Quero, Tisaleo, Cevallos y Mocha, ha identificado como uno de los grandes problemas de la zona la escases y la contaminación de sus recursos hídricos. En las zona altas de las jurisdicciones municipales de los cantones: Mocha, Quero y Tisaleo, se ubican grandes áreas de páramo que son fuentes de

agua fundamental para la zona. En este sentido, uno de los ejes de desarrollo que se ha planteado la Mancomunidad es el “Mejorar la disponibilidad y el servicio de agua en cantidad y calidad, a través de un manejo sustentable de la zona de páramos y de las fuentes de captación de agua”.

### 1.2.3 Árbol de Problemas.

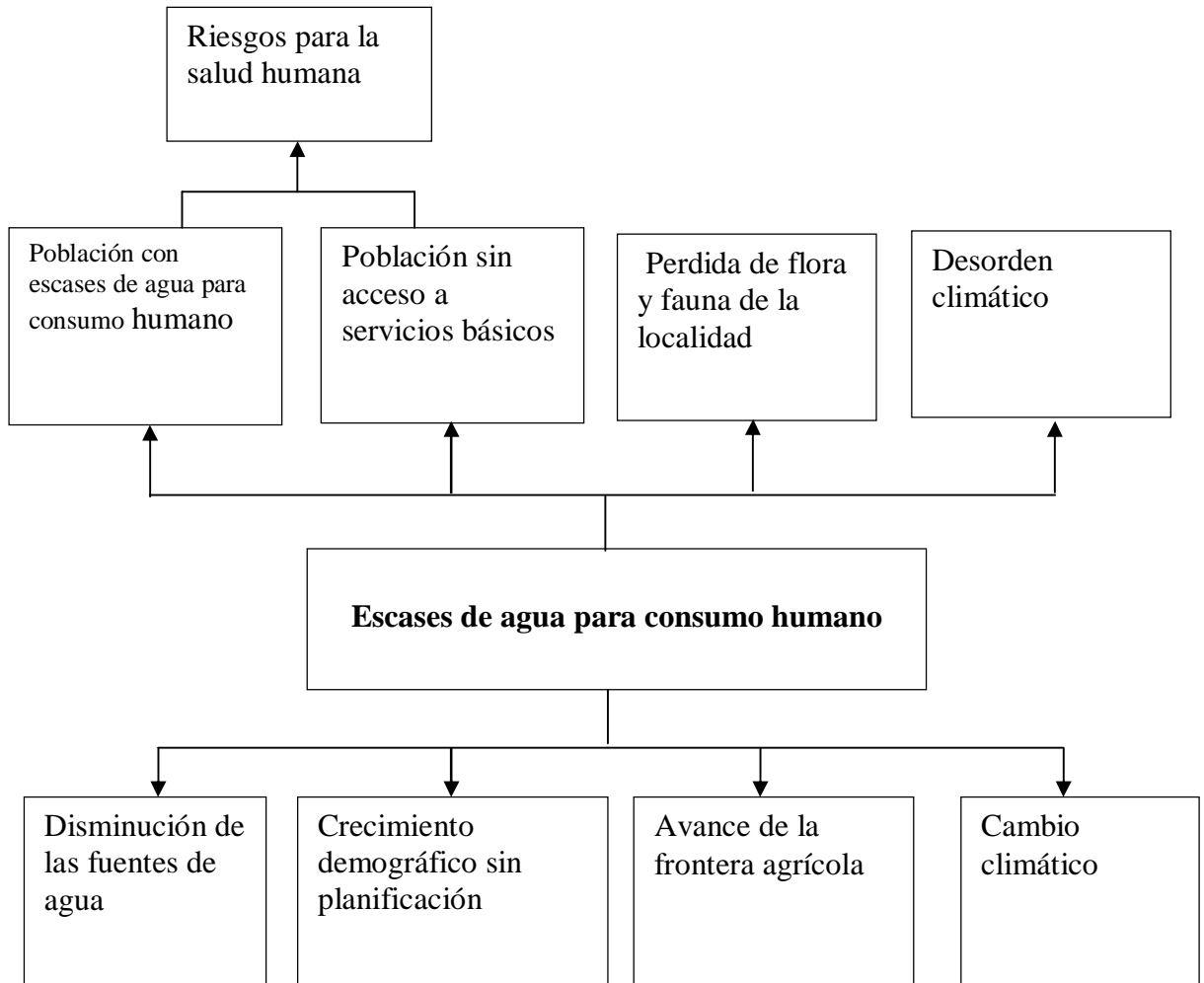


Figura 1. Árbol de Problemas.

La escases de agua en la comunidad de Shaushi del cantón Quero, es la consecuencia del avance de la frontera agrícola, que a su vez ha ocasionado la pérdida de la flora y fauna del ecosistema páramo y la disminución de los caudales de agua que alimentan al sistema de agua potable que abastece a 750 familias de las comunidades de Pueblo Viejo, San Vicente y Shaushi.

El crecimiento demográfico y áreas de cultivos sin planificación han ocasionado que los humedales de la comunidad de Shaushi disminuyan drásticamente. Pues los habitantes de esta comunidad han parcelado el territorio hasta la cima de la montaña. El avance de la frontera agrícola nos ha traído como consecuencia la disminución del ecosistema páramo, sitio donde se almacena el agua de lluvia, la misma que es fuente de vida para toda la población que dependen directamente de este ecosistema. La utilidad que tiene el agua es diversa principalmente para consumo humano, riego, alimentación animal, recreación, etc.

Finalmente las actividades humanas relacionadas al uso inadecuado de la energía, la combustión de los derivados del petróleo, los procesos industriales, el manejo inadecuado de la basura y los cambios en el uso del suelo, como por ejemplo la deforestación, son las principales causas de la mayor acumulación de gases de efecto invernadero que están causando el cambio climático.

#### **1.2.4 Formulación del problema.**

¿Cómo la escases de agua apta para consumo humano afecta a la salud de los habitantes de la zona alta de la comunidad de Shaushi del cantón Quero, provincia de Tungurahua?

#### **1.2.5 Interrogantes (sub problemas).**

¿Qué cantidad de agua procedente de la neblina se puede capturar en un metro cuadrado de malla de sarán?

¿Cuál es el costo de un litro de agua que se captura de la neblina?

#### **1.2.6 Delimitación del objetivo de investigación.**

##### **1.2.6.1 Delimitación de la investigación.**

**Campo:** Agroecología y Ambiente.

<b>Área:</b>	Captura de agua de la neblina.
<b>Aspecto:</b>	Evaluación de la tecnología de Captura de Agua

#### **1.2.6.2 Delimitación espacial:**

La investigación se realizó en el cantón Quero, provincia de Tungurahua. Teniendo como unidades de investigación dos zonas de páramo de la comunidad de Shaushi.

#### **1.2.6.3. Delimitación temporal.**

Esta investigación se ejecutó en el periodo comprendido entre los meses de diciembre 2012 a agosto del 2013.

#### **1.2.6.4. Unidades de observación:**

- Doce colectores de agua procedente de la neblina.
- Dos diámetros de sarán.
- Dos localidades en la cima del monte de la comunidad de Shaushi.

### **1.3 Justificación.**

El Foro Nacional de los recursos Hídricos, 2013, señala que el ser humano utiliza el agua para absolutamente todas las actividades. Sin agua no se puede sobrevivir, tanto por el consumo directo en el hogar como por su importancia en absolutamente todos los procesos productivos (agricultura, transporte, generación de energía, pesca, procesamiento de alimentos, industria, turismo y más), así como por sus usos en las actividades médicas, recreativas y culturales de la sociedad humana. Incluso, las dos terceras partes del cuerpo humano están constituidas básicamente de agua.



La demanda de agua para consumo humano ha escalado en los últimos cien años debido al crecimiento poblacional de una sociedad principalmente industrial y capitalista. Como indica el informe sobre Desarrollo Humano del 2006, hay más de 1.100 millones de habitantes de los países en desarrollo, que no tienen un acceso adecuado al agua y más de 2.600 millones de personas no disponen de servicios básicos de saneamiento. (Foro Nacional de los recursos Hídricos, 2013). Al realizar este proyecto de investigación se buscó identificar una alternativa viable y de bajo costo para los habitantes de la zona alta de la comunidad de Shaushi, los mismos que no disponen de la cantidad suficiente de agua para consumo humano.

Utilizando la tecnología de captura de agua de la neblina, la población del área de influencia del proyecto tendrá acceso a agua de calidad y a un bajo costo, que le permitirá satisfacer sus necesidades básicas de alimentación y aseo. Además se disminuye el riesgo para la salud de los habitantes de la zona alta de la comunidad de Shaushi.

## **1.4 Objetivos.**

### **1.4.1. General**

Contribuir a la dotación de agua para consumo humano para las familias de la zona alta de la comunidad de Shaushi, mediante la evaluación de la tecnología de captura de agua de la neblina.

### **1.4.2 Específicos**

- Determinar la cantidad de agua que se puede capturar de la neblina en un metro cuadrado de colector.
- Determinar los costos de captura por cada litro de agua capturado de la neblina.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

La colección de agua no es una solución para todos los problemas de agua en países en vías de desarrollo; en lugar de eso es más bien una herramienta que trabaja eficientemente en movilizar agua potable en los lugares bien seleccionados. Los sitios seleccionados no dependen solo de la presencia de neblina sino también de la necesidad de una fuente de agua aprovechable por un pueblo y la carencia de fuentes de agua comunales; si hay muchos de estos lugares en el mundo. Desde las áridas costas de Chile y Perú, las Islas Caribeño, las Montañas de Himalaya, Oriente Medio, hasta África del Sur. En países en vías de desarrollo con recursos limitados, los asentamientos rurales, frecuentemente tienen problemas de encontrar una fuente de agua fiable para la gente, los animales y la agricultura. Estos son los lugares donde un abastecimiento de agua simple con pertenencia y manejados por los lugareños determinan el éxito de la selección del lugar y del proyecto. SCHEMENAUR, R. 2001.

No es necesario recordar que el agua es esencial para la vida; como estamos en un nuevo milenio, la disponibilidad y el uso de este recurso es el foco de atención actual. La variabilidad o la baja de la cantidad de precipitación, la creciente población y contaminación de agua subterránea, carga a los gobiernos de una enorme presión para encontrar las soluciones sostenibles. Los problemas son demasiado acentuados en los países con las regiones semiáridas o áridas, recursos limitados y el aumento rápido de la población; estas condiciones existen en muchos países en vías de desarrollo y las opciones disponibles para estos países son limitadas. Negocios sobre la cantidad de agua en los ríos que vienen de los

países fronterizos es casi imposible. Bombear el agua fósil es solo una solución cara a corto plazo. La desalación de agua oceánica es también cara y se necesita considerable energía para su producción y el transporte de la planta al lugar de uso. SCHEMENAUR, R. 2001.

TOBAR, A. 2000, manifiesta que, existen regiones en la tierra de alta y baja precipitación que determina el tipo de vegetación, junto con la temperatura. Su importancia radica en la distribución de las plantas en el planeta, sin que se llegue a clarificar plenamente que grupo de árboles tienen influencia directa sobre la precipitación; se considera, que las grandes extensiones de bosques tropicales de la Amazonía, sí ejercen influencia. No menos importantes son los vientos procedentes del mar que llegan cargados de humedad, que al chocar con el frío de las altas montañas, se condensan y forman gotitas de agua, luego caen como lluvia. En las zonas donde predomina el bosque andino, las lluvias son más copiosas y abundantes que en las regiones desérticas, donde no existe vegetación.

SÁNCHEZ, C. S/F, manifiesta que la neblina se compone de pequeñas gotas de agua. El diámetro es 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. Porque 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. Grandes gotas se forman en el follaje y estas bajan al suelo. 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.

La cantidad de agua que se va a coleccionar depende del agua en la neblina, del tamaño de las gotas, velocidad del viento, la eficiencia de las redes utilizadas en los colectores de neblina y el área donde se instalan las redes. Se tiene que apuntar

que el viento tiene un rol principal para determinar la ganancia de un colector de neblina. El viento tiene gran influencia en cuanto a la cantidad de agua que puede coleccionar un sistema que recoge agua de la precipitación. SCHEMENAUR, R. 2001.

El mismo autor, manifiesta que el colector de evaluación (CDE) es una estructura, con un panel de malla en el interior de un marco. El área de malla mide un metro por un metro (1,00 m x 1,00 m en el interior) y se utiliza para interceptar las gotitas de agua de neblina. El marco mide un centímetro de diámetro o ancho, y debe estar hecho de metal, a fin de mantener la rigidez; puede ser galvanizado, pintado o de aluminio para evitar la oxidación. Este panel está soportado sobre una base, 2 metros desde el suelo. Es importante normalizar la altura del marco del suelo, porque la recogida de neblina varía con la altura.

Los detalles de la construcción y la instalación de la CDE se observan en el siguiente gráfico:

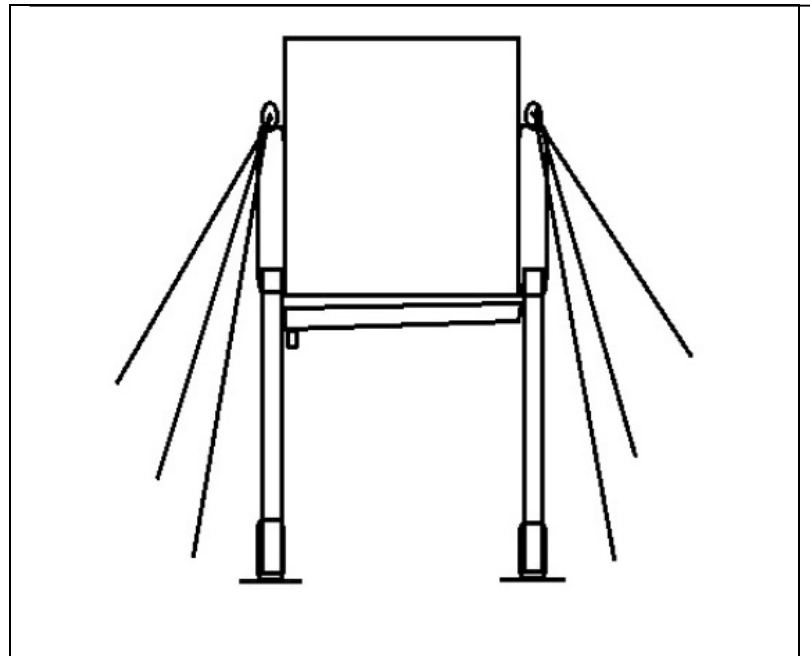


Figura No. 2. Estructura del colector de evaluación.

Debajo del panel se ha instalado un canal de recolección para recoger el agua de neblina. El canal mide 1,04 m de longitud, y puede ser cuadrado, triangular o semicircular en su sección transversal. La profundidad de la cubeta sugerida es de 10 cm. La cara orientada hacia el viento debe ser de 2 cm delante de la trama y a la misma altura que la base del bastidor. La parte de la cubeta que se encuentra detrás del panel de malla debe extenderse 12 cm detrás del marco, con el fin de recoger las gotas de agua que pueden caer fuera de la estructura en ángulo cuando hay vientos fuertes. Este diseño asegura que el canal recoja toda el agua de la neblina y la llovizna que incide en el Colector de Evaluación. Canaletas de recogida con un área frontal excesiva no se deben hacer, ya que estos recogen lluvia y llovizna directamente, distorsionando así la información sobre la neblina mediante la incorporación de agua que no es recogida por la malla. Además esta estructura produce turbulencia. SCHEMENAUR, R. 2001.

La malla utilizada en el Colector de Evaluación siempre debe ser del mismo material. Esto es muy importante ya que permite al observador hacer comparaciones entre sus mediciones y los obtenidos en otros lugares en el mundo, con lo que la utilización de los materiales bibliográficos existentes y tomar ventaja de la investigación científica que se ha llevado a cabo en una amplia variedad de condiciones. Su eficacia se ha estudiado mediante el uso de instrumentos ópticos de láser para medir los tamaños de gotitas de neblina y las concentraciones antes de que el aire pase a través de la malla, y después de que se ha depositado algo de su agua en la malla. La eficiencia de la recolección de agua es del 40% a la sombra, si instalamos como una doble capa, es aproximadamente 50 a 55%. Una sola capa de polietileno de la malla o fibras de polipropileno cubren el 35 a 40% de la superficie total. Esto depende en un grado pequeño por la cantidad de la malla que se estira. En el Colector de Evaluación una doble capa de malla se utiliza, lo que da un rendimiento más alto. La anchura de la fibra plana puede variar desde 0,5 hasta 1,5 mm pero es generalmente 1 mm. La red se teje en un patrón triangular y tiene 1,3 cm los espacios entre las líneas horizontales. Esta red es barata y está protegida contra los rayos ultravioletas, los fabricantes dan un producto con 10 años de duración. Viene en una variedad de colores, pero el

negro siempre ha sido utilizado para colectores de neblina en el pasado, principalmente porque este es el color que protege de los rayos U.V. SCHEMENAUR, R. 2001.

La malla debe ser instalada de tal manera que las costuras se encuentran en posición horizontal. De esta manera, el agua corre sobre las fibras triangulares a un punto, de tal manera que permita que varias pequeñas gotas se unan; y estas, a su vez, a continuación, se drenen rápidamente hacia el canal colector. La malla debe ser estirada firmemente hacia el marco durante la construcción y después se cose con hilo de polietileno o polipropileno, el último también protegido contra la radiación de los rayos ultravioleta. Las dos capas de malla deben estar en contacto entre sí y estar libres de cualquier bulto o protuberancia. Las líneas deben ser rectas, y todos los hilos no utilizados deben ser cortar con tijeras. La capa doble de las mallas debe cubrir aproximadamente el 60% de la superficie del colector. Eso deja un 40% de la zona libre para el viento que lleva las gotas de agua. La selección de un malla consiste en lograr un equilibrio entre la más alta eficiencia de recolección de gotitas de neblina y causando la menor interferencia con el viento que lleva las gotitas. Si la proporción de la superficie cubierta es demasiado alta, el colector actuará como una barrera y el viento irá en torno a sus lados. Otras consideraciones son que el material debe ser de bajo costo y duradero, por lo que la información recopilada posteriormente se puede repetir en una gran escala, en grandes colectores de neblina, lo que debería igualmente ser de bajo costo. SCHEMENAUR, R. 2001.

### **2.1.2. Importancia.**

Wikipedia, 2013. Señala que la neblina es un fenómeno meteorológico, concretamente un hidrometeoro, que consiste en la suspensión de muy pequeñas gotas de agua en la atmósfera, de un tamaño entre 50 y 200 micrómetros de diámetro, o de partículas higroscópicas húmedas, que reducen la visibilidad horizontal a una distancia de un kilómetro o más. Ocurre naturalmente como parte del tiempo o de la actividad volcánica. Es común en atmósfera fría debajo de aire

templado. La única diferencia entre neblina y neblina es la intensidad de las partículas, que se expresa en términos de visibilidad: Si el fenómeno meteorológico da una visión de 1 km o menos, es considerado como neblina; y si permite ver a más de 1 km, el fenómeno es considerado como neblina. Visto a la distancia, la neblina toma más la tonalidad del aire (grisáceo/azulino), mientras que la neblina es más blanquecina. La neblina como la bruma hace visibles los rayos solares, por el contrario, la neblina debido a su alta densidad de partículas no hace visibles los rayos solares.

SCHEMENAUR, R. 2001, señala que la niebla o neblina, tiene presencia en muchas y diferentes partes de las regiones tropicales, moderado y árido en el mundo. Igualmente la presencia de neblina en la altitud baja como neblina radiación del mar por ejemplo, pero es más corriente en las colinas y montañas. En esos lugares la neblina se produce por dos razones: advección (movimiento) de nubes sobre el terreno y los efectos topográficos que obliga el aire a subir y donde el vapor de agua se condensa para formar la neblina sobre las colinas.

En ausencia de precipitación significativa, muchas regiones tienen gran cantidad de agua disponible de neblina y también de rocío. Colección de neblina es una manera de captar agua de buena calidad aprovechable en muchas regiones áridas del mundo.

La neblina en las altitudes grandes se produce de nubes que son movidas por el viento sobre las colinas. Las gotas de agua en estas nubes se pueden colectar en grandes cantidades en redes adaptadas y se usa para preparar agua para pueblos o agricultura.

La neblina adecuada se puede encontrar en las dos regiones, muy áridas y en partes del mundo que tienen temporal seco. En regiones con precipitación adecuada durante algunos meses, por ejemplo la Caribeña y América Central, la colección de neblina puede movilizar agua potable adicional durante los meses secos. Las dos fuentes de agua, precipitación y neblina, se puede utilizar al mismo tiempo. SCHEMENAUR, R. 2001.

## **2.2. FUNDAMENTACIONES.**

### **2.2.1. Fundamentación Filosófica.**

Esta investigación se fundamenta en el paradigma crítico propositivo, por cuanto el objetivo de estudio es la comprensión, identificación y mejoramiento de las condiciones para acceder a una fuente de agua para consumo humano.

La presente evaluación de la tecnología de captura de agua de la neblina es de carácter cuantitativo, por cuanto midió variables.

### **2.3 Fundamentación legal.**

En el capítulo Primero de la Constitución vigente, referente a los Principios Fundamentales, en el artículo 3, sobre los Deberes primordiales del Estado, en el Literal 1, menciona textualmente “Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.

El Art. 66 No. 2, menciona “El Derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental”.

El Art. 12. “El Derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable”.

El Art. 14. “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”.

## **2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.**

### **2.4.1. La Neblina.**

Las propiedades fundamentales de las masas de aire son su temperatura, humedad y la distribución vertical de estos elementos dentro de la masa. De estas



propiedades primarias derivan un cierto número de características secundarias que afectan notablemente al estado atmosférico y que son de mucho valor en la identificación de las masas, como, por ejemplo el tipo de nubes y de precipitación (los hidrometeoros) y la visibilidad. (Miller, A. 1982).

El mismo autor manifiesta dos tipos de masas de aire. Las masas frías al pasar por superficies calientes aumentan su inestabilidad. En tanto que las masas calientes están a una temperatura superior a la superficie a la cual pasan y que por lo tanto se enfría en su parte inferior. Por lo tanto las masas calientes se denominan estables y las frías inestables.

Una masa de aire es una enorme porción de aire cuyas características físicas son homogéneas, especialmente la temperatura, humedad y el gradiente vertical de la temperatura. Pueden cubrir extensiones de varios cientos de kilómetros cuadrados. Las propiedades y uniformidad que presentan dependen del lugar de origen (naturaleza de las regiones de origen), de su trayectoria (cambian sus propiedades físicas al contactar con zonas o regiones diferentes) y su edad (tiempo de su residencia en un mismo lugar). (Castillo, F. 2001).

Es un fenómeno meteorológico que consiste en la suspensión de muy pequeñas gotas de agua en la atmósfera, de un tamaño entre 50 y 200 micrómetros de diámetro, o de partículas higroscópicas húmedas, que reducen la visibilidad horizontal a una distancia de un kilómetro o más. Ocurre naturalmente como parte del tiempo o de la actividad volcánica. Es común en atmósfera fría debajo de aire templado.

#### **2.4.2. El Viento.**

Es la variable de estado de movimiento del aire. En meteorología se estudia el viento como aire en movimiento tanto horizontal como verticalmente.

Los movimientos verticales del aire caracterizan los fenómenos atmosféricos locales, como la formación de nubes de tormenta. (NIMBUS, 2014)

El mismo autor manifiesta que el viento es causado por la diferencia de temperatura existente al producirse un desigual calentamiento de las diversas zonas de la tierra y de la atmósfera. Las masas de aire más caliente tienden a ascender y su lugar es ocupado por las masas de aire circundante, más frío y, por tanto, más denso. Se denomina propiamente “viento” a la corriente de aire que se desplaza en sentido horizontal, reservándose la denominación de “corriente de convección” para los movimientos de aire en sentido vertical.

La dirección del viento depende de la distribución y evolución de los centros isobáricos, se desplaza de los centros de alta presión (anticiclones) a los centros de baja presión (depresiones) y su fuerza es tanto mayor cuanto mayor es el gradiente de presiones. En su movimiento el viento se ve afectado por diversos factores tales como el relieve y la aceleración de Coriolis.

El viento tiene un rol principal para determinar la ganancia de un colector de agua de neblina.

### **2.4.3. Collectores.**

El Colector de evaluación (CDE) se compone de un bastidor, con el diámetro interior de un metro cuadrado, se colocar en su interior una red que recoja las gotas de agua de la niebla. El bastidor tiene un ancho de un centímetro y se debe de construir de metal para mayor rigidez. El material puede estar galvanizado, pintado o de aluminio para evitar la oxidación. Este panel se apoya con dos pilares de 2 metros longitud del suelo. Es importante estandarizar la altitud del bastidor del suelo porque la colección de niebla es variable con la altitud. Directamente a bajo de la red se instala un recipiente de interceptación para colectar el agua de niebla. El recipiente tiene las siguientes dimensiones, 1,04

metros de longitud de forma casi cuadrado, semicircular o triangular a corte a través. (SCHEMENAUR, R. 2001).

Colectores de neblina son superficies verticales que son instaladas en la dirección de viento. Normalmente, a velocidad de viento más alta, más agua se puede coleccionar. El rango ideal para la velocidad de viento es alrededor de  $10 \text{ ms}^{-1}$ . (SCHEMENAUR, R. 2001).

#### **2.4.4. El sarán.**

Es una malla de tejido Raschel proporciona diversos porcentajes de sombra, es flexible, fuerte, liviana y fácil de extender. Posee diversos usos en el campo agrícola, pecuario, recreacional y especialmente para capturar agua de la neblina. MALLAS RASCHEL, 2014.

AGROREDES, 2014. Menciona que la media sombra es utilizada por los productores en el sector hortícola. Es una malla flexible, fuerte, liviana, fácil de extender y puede colocarse en estructuras simples. Posee características físico mecánicas que permiten emplearla como cortaviento para la protección de cultivos. Este producto se fabrica con polietileno de alta densidad (HDPE) 100% virgen y posee tratamiento contra los rayos ultravioletas (UV). Posee resistencia mecánica. Su técnica de tejido raschel impide que se produzcan desmallamientos.

#### **2.4.5. Mecanismo de captura de agua de la neblina.**

Para capturar el agua de la neblina se construye colectores, los cuales consisten en una red, la misma que posee fibras (malla de polipropileno), que pueden coleccionar eficientemente las gotas de neblina y el tejido permite fluir rápidamente el agua a coleccionar. La red se instala de manera vertical con una altura de 4 m y una longitud de 10 a 12 m.

En estas categorías se pueden plantear alternativas como:

- Concientizar a los pobladores sobre la importancia del páramo que constituyen las zonas de almacenamiento natural de agua.
- Capacitar a los habitantes en la colocación y mantenimiento de los colectores de agua de la neblina.

## **2.5. HIPÓTESIS.**

Ho. La captura de agua de la neblina no se constituye como una alternativa viable para disminuir el déficit de agua para consumo de las familias de la zona alta de la comunidad de Shaushi.

H1. La captura de agua de la neblina se constituye en una alternativa viable para disminuir el déficit de agua para consumo de las familias de la zona alta de la comunidad de Shaushi.

## **2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.**

### **2.6.1. Variable Independiente.**

Tecnología de Captura de agua

### **2.6.2. Variable Dependiente.**

Agua capturada

## **2.7. Factores en estudio.**

### **2.7.1. Porcentaje de sarán.**

P1 (50%)

P2 (35%)

### 2.7.2. Altitud de colocación de colectores.

H1 (3767 msnm)

H2 (3770 msnm)

### 2.8. Datos a tomarse

#### 2.8.1. Cantidad de agua capturada por 30 días.

Este valor se tomo cada 48 horas, en horario que vario de 17H00 a 16 H00, respectivamente.

### 2.9. Tratamientos

Los tratamientos, producto de la combinación de los factores en estudio, se muestran en la tabla No. 1.

**Tabla 1. Tratamientos.**

---

NÚMERO	ALTITUD	PORCENTAJE DE SARÁN	SÍMBOLO
1	Altitud 1	Porcentaje 1	A1P1
2	Altitud 1	Porcentaje 2	A1P2
3	Altitud 2	Porcentaje 1	A2P1
4	Altitud 2	Porcentaje 2	A2P2

---

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación tiene la modalidad de investigación de campo. El ensayo se realizó en los páramos comunitarios de la comunidad de Shaushi del cantón Quero, donde la presencia de neblina es regular en casi todos los meses del año.

#### **3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental debido a que se manejaron variables dependientes e independientes al probar porcentajes de sarán y altitud de ubicación de los colectores para la captura de agua de la neblina.

#### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

En esta investigación obtuvimos una población de doce colectores de agua de neblina, cada uno de 1 m<sup>2</sup> de superficie.

#### **3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

##### **3.4.1. Operación de variables**

Se determinaran indicadores cuantitativos que se irán monitoreando durante el tiempo de ejecución y la investigación como la cantidad de agua capturada con su respectivo costo.

### 3.4.2. Variable independiente

Corresponde a términos de la tecnología de la captura de agua de la neblina que se presentan en las montañas y que generalmente los pobladores de estos sectores no la pueden utilizar.

### 3.4.3. Matriz de operacionalización de variable independiente

**Tabla 2. Variable independiente**

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	CATEGORÍAS	INDICADORES	ESCALAS	TÉCNICAS
Tecnología de Captura de agua	Es una tecnología para capturar el agua de la neblina y formar volúmenes mayores de agua	Tecnología	Capacitación	Número de participantes	Ordinales	Evaluación
		Presencia de Neblina	Se compone de pequeñas gotas de agua	Fotografías	Nominales	Observación
		Colector del agua contenida en la neblina	Construcción	Fotografías	Nominales	Observación
		Factores ambientales que inciden	Selección del sitio	Informe	Nominales	Observación

### 3.4.4. Variable dependiente

Es el agua capturada de la neblina, la misma que servirá para consumo humano de la población.

### 3.4.5. Matriz de operacionalización de variable dependiente

**Tabla 3. Variable dependiente**

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	CATEGORÍAS	INDICADOR	ESCALAS	TÉCNICAS
<b>Agua para consumo humano</b>	Líquido que puede ser consumido por las personas sin ninguna restricción	Volumen de agua recolectado	Evaluación	Registros de toma de datos	Nominales	Interpretación
		Costo de la captura de agua	Proyección del colector para servicio a la comunidad	Informe	Nominales	Interpretación
			Determinación del costo de instalación del colector general	Informe	Nominales	Interpretación

### 3.5. Plan de recolección de la información

La información de la presente investigación se obtuvo a través de bibliografías referente al tema y en base al trabajo de campo y toma de datos del mismo.

Se midió la cantidad de agua recolectada en un metro cuadrado de los doce colectores de agua de neblina cada 48 horas, por el periodo de treinta días.

Además se determinó la ubicación geográfica de las áreas de estudio, así como su altitud, utilizando un GPS y la velocidad del viento utilizando un anemómetro.



La presente investigación, se realizó en los páramos de la comunidad de Shaushi, en las coordenadas geográficas WGS 84: 0770134 - 9845303 ubicada a 3770 msnm.

Sector: Shaushi Alto  
Parroquia: La Matriz  
Cantón: Quero  
Provincia: Tungurahua.

### **3.6. Manejo del ensayo**

La investigación tuvo una duración de 4 meses, tiempo en el cual se diseñó y elaboró los colectores de agua de neblina, se realizó la colocación de los mismos y se tomó los datos por un lapso de tiempo de un mes.

En el desarrollo del ensayo, se realizaron las siguientes actividades, que se detalla a continuación:

#### **3.6.1. Socialización del proyecto con los Directivos de la Comunidad**

Para el planteamiento de esta investigación se conversó con los Directivos de la comunidad denominada Shaushi Alto, con los que se identificó la necesidad de agua para consumo humano que tenían 22 familias de esta localidad. A los mismos que se les planteó realizar las pruebas para ver si era factible capturar agua de la neblina y utilizarla para el fin antes mencionado.

#### **3.6.2. Identificación de la Institución que financiará el Proyecto**

Fue fundamental el acercamiento previo que hubo entre la comunidad de Shaushi y el Departamento de Recursos Hídricos del Gobierno Provincial de Tungurahua en un proyecto de creación de un Parque en los páramos de la comunidad, el mismo que no se ejecutó. Por lo que el Director de este

Departamento estaba consciente de la necesidad por una parte de agua para consumo humano de las 22 familias y la urgencia de empezar a conservar el ecosistema páramo de esta localidad. Producto de las conversaciones se creó el compromiso entre las partes para evaluar el Proyecto de captura de agua y si los resultados obtenidos eran satisfactorios construir los colectores grandes que abastezcan de agua para consumo humano a las 22 familias de la zona alta de la comunidad de Shaushi.

### **3.6.3 Construcción de los colectores**

Luego de haber identificado el modelo adecuado de colector se procedió a la construcción de los mismos. El material que se utilizó fue tubos metálicos galvanizados.

### **3.6.4 Prueba de los colectores**

Una vez contruidos los colectores se procedió a realizar la prueba de cada uno, especialmente la revisión en lo que respecta a la caída del colector del agua capturada.

### **3.6.5 Transporte de los colectores**

Previo a este trabajo se definió un día para realizar la minga, en la misma participaron 15 jefes/as de familia. Los colectores se transportaron en dos camionetas hasta donde hay la vía para circulación de carros. Posteriormente se trasladaron los colectores de prueba y demás materiales en burros y con ayuda de las personas que participaron en este trabajo, los mismos que se denominan mingueros.

### **3.6.6 Colación de la malla de sarán en los colectores**

En esta etapa se procedió a colocar la malla del sarán en doble capa sobre el colector. Para sujetarle al mismo se procedió a coser la malla en los cuatro

lados del colector, con ayuda de una aguja e hilo plástico, cuidando que la malla quede bien templada.

### **3.6.7 Distribución de las unidades experimentales**

Luego de haber identificado las dos zonas de la cumbre de la montaña que presentaron las condiciones adecuadas, se procedió al sorteo de los tratamientos. Luego se codificó cada unidad experimental con la ayuda de un clavo, teniendo en cuenta el esquema del ensayo.

### **3.6.8 Colocación de los colectores de evaluación.**

Inicialmente se midió donde se colocarían las bases de cada colector para luego cavar los hoyos y enterrar estas bases. Luego se procedió a colocar los sensores en la parte superior de los colectores. Una vez realizado este trabajo se colocó el colector en las bases que ya estaban ubicadas en el suelo. Posteriormente se apisonaron las bases y se templaron los cuatro sensores para evitar que con la fuerza del viento el colector se vire.

### **3.6.9 Ubicación del material para recolectar el agua capturada.**

Para este efecto se colocó una manguera en la parte inferior del canal recolector. El otro extremo de esta manguera se ubicó en el galón, el mismo que cumple la función de almacenar el agua que es capturada por la malla del sarán, luego esta agua capturada se precipita al canal colector y finalmente se almacena en el galón ubicado a un costado del colector de evaluación.

## **3.7 Datos tomados**

### **3.7.1 Cantidad de agua capturada.**

Este valor se tomó cada 48 horas utilizando un balde y una probeta plástica. Este dato se tomaba en horario de 17H00 a 18H00.

### **3.7.2 Altitud de ubicación de los colectores de evaluación.**

Mediante la utilización de un equipo denominado GPS se determinó la altura de las dos zonas de ubicación de los colectores de evaluación y sus respectivas coordenadas geográficas.

### **3.7.3 Velocidad del viento.**

Con el objetivo de determinar la velocidad del viento en las dos altitudes evaluadas, se procedió a tomar este dato con un anemómetro.

### **3.8 Plan de procesamiento de la información.**

Luego de recolectada la información de campo (información primaria) se procedió a tabular y procesar utilizando el programa de computación “Infostat”. Luego se procedió a la interpretación de los resultados fundamentándose con información bibliográfica; los resultados se presentan en cuadros estadísticos.

El análisis se desarrolló de acuerdo a las hipótesis, a los objetivos y a la operacionalización de las variables, se tomó en consideración la cantidad de agua capturada de la neblina, lo que permitirá establecer el área del colector a ser construido para dotar de agua potable a 22 familias de la zona alta de la comunidad de Shaushi.

### **3.9 Procesamiento y análisis**

El ensayo constó de 12 colectores que comprendió un área de 12 m<sup>2</sup>. La superficie neta del ensayo fue de 12 m<sup>2</sup>. La unidad experimental fue de forma cuadrada, de 1 m de ancho por 1 m de largo con una superficie de parcela de 1 m<sup>2</sup>. El área neta por parcela fue de 1 m<sup>2</sup>.

### 3.10 DISEÑO EXPERIMENTAL

En el desarrollo de la investigación, se aplicó el Diseño Experimental de Parcelas Divididas, en arreglo factorial 2 x 2, con 3 repeticiones, en total 12 unidades experimentales.

Parcelas:	2
Tratamientos:	4
Tamaño Unidad Experimental:	colector de 1 m <sup>2</sup> de área
Total de parcelas:	12 unidades experimentales

### 3.11 ESQUEMA DEL EXPERIMENTO

En la figura No. 3, se representa el esquema del ensayo que se implementó en la ejecución de la investigación:

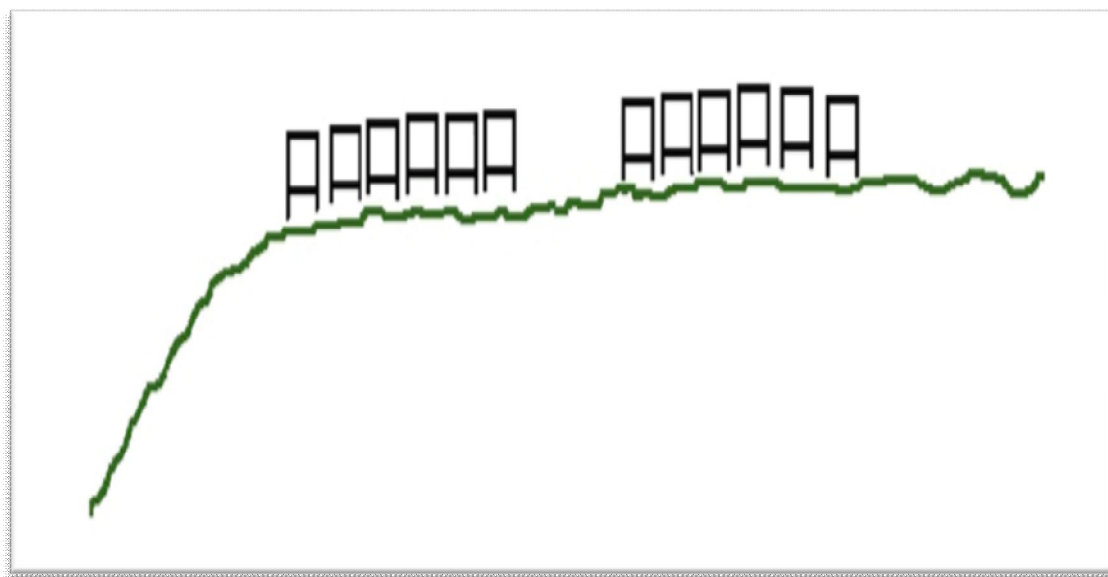


Figura 3. Esquema del ensayo.

### 3.12. ANÁLISIS DE VARIANZA

Las variables de estudio en la presente investigación fueron sometidas al siguiente análisis de varianza:

**Tabla. 4. Esquema del Análisis de Varianza (ADEVA)**

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Altitud	1
Error A	4
Porcentaje de sarán	1
A x P	1
Error B	4
<b>Total</b>	<b>11</b>

Elaborado por: Guerrero, D. (2013).

En la Tabla No. 4, se presenta el esquema del Análisis de Varianza que se utilizó en el respectivo análisis estadístico.

Para el cálculo de los resultados experimentales, se utilizó el programa InfoStat.

### 3.13 Mediciones Experimentales

Las variables de estudio en el desarrollo de la investigación, son las que se detallan a continuación:

#### 3.13.1 Volumen de agua capturada de la neblina

Este dato se registró cada 48 horas, en horario que fluctuaba entre las 15H00 y 17h00.

### **3.13.2 Costo por litro de agua capturada**

Este valor se determino al calcular el costo por litro de agua capturada.

### **3.13.3 Cálculo del área de colector**

Es el área del colector necesario para abastecer de agua para consumo humano a 22 familias de la zona alta de la comunidad de Shaushi.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y discusión de la 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 del Tungurahua se resumen en los siguientes datos obtenidos en los 15 días de evaluación realizada.

#### 4.1. Volúmenes de agua capturados

##### 4.1.1 Volumen 1 (Dato tomado día 1 de la evaluación)

En el cuadro No. 3, se resumen los resultados experimentales obtenidos en el volumen 1 (dato tomado el 26 de junio del presente año-día 1 de evaluación).

**Tabla 5. Análisis de la Varianza Volumen 1.**

F.V.	SC	Gl	CM	F	Ft
ALTITUD	165,76	1	165,76	15,44*	7,71 21,20
ERROR A	42,93	4	10,73	1,05	
PORCENTAJE SARAN	0,27	1	0,27	0,03 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	62,56	1	62,56	6,09 ns	
Error	41,07	4	10,27		
Total	312,60	11			

CV= 16,28

\*\*= Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo



En la cantidad de litros de agua capturados el primer día de evaluación, el análisis de varianza (ADEVA) registra diferencias estadísticas significativas para la altitud de ubicación de los colectores, con un valor de 15,44 litros de agua capturados. Mientras que para el factor B (Porcentaje de sarán) y la interacción de los dos factores no hay diferencias estadísticas. El coeficiente de variación tiene un valor de 16,28.

**Tabla 6. Prueba de Tukey V1. Altitud.**

<i>Error: 10,7333</i>		<i>GL: 4</i>	
ALTITUD	Medias	n	
2	23,40	6	A
1	15,97	6	B

Al realizar la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ), para el factor A (Altitud de ubicación de los colectores), hay diferencias significativas. En primer lugar se ubica la Altitud 2, con un valor promedio de 23,40 litros, mientras que la altitud 1 obtuvo un valor promedio de 15,97 litros de agua capturados. Es decir a la altitud de 3770 m.s.n.m. se captura mayor cantidad de agua de la neblina.

#### 4.1.2 Volumen 2 (Dato tomado el día 3)

**Tabla 7. Análisis de la Varianza Volumen 2.**

F.V.	SC	GL	CM	Fc	Ft
ALTITUD	67,69	1	67,69	1,07 ns	7,71 21,20
Error A	252,34	4	63,08	0,97	
PORCENTAJE SARAN	67,69	1	67,69	1,04 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	63,02	1	63,02	0,96 ns	
Error B	261,34	4	65,33		
Total	712,07	11			

CV= 181,30

\*\*= Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

En la cantidad de litros de agua capturados el tercer día de evaluación, el análisis de varianza (ADEVA) no registra diferencias estadísticas significativas para los tratamientos respectivos. Sin embargo se colectaron valores promedios de 6,83 y 2,08 litros de agua, correspondientes a los valores de Altitud y porcentaje de sarán. Mientras que para la interacción de los factores en estudio se colecto valores promedios de 11,50 para el tratamiento A2P1 y 2,00 litros de agua capturados en el tratamiento A1P2, respectivamente.

#### 4.1.3 Volumen 3 (Dato tomado el día 5 de la evaluación)

**Tabla 8. Análisis de la Varianza Volumen 3.**

F.V.	SC	GL	CM	Fc	Ft
ALTITUD	3,00	1	3,00	35,29 **	7,71 21,20
Error A	0,34	4	0,09	1,24	
PORCENTAJE SARAN	0,21	1	0,21	3,12 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	0,01	1	0,01	0,20 ns	
Error B	0,27	4	0,07		
Total	3,84	11			

CV= 17,43

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

Al realizar el ADEVA correspondiente a los datos obtenidos del V3, se registra diferencias estadísticas altamente significativas para el Factor A (Altitud de ubicación de los colectores), con un valor de 35,29 litros de agua capturados, mientras que para el factor B (Porcentaje de sarán) y la interacción de los dos factores no hay diferencias estadísticas.

**Tabla 9. Prueba de Tukey Volumen 3. Altitud.**

Error: 0,0850      gl: 4

ALTITUD	Medias	n	
2	2,00	6	A
1	1,00	6	B

Al realizar la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ), para el factor A (Altitud de ubicación de los colectores), se observa diferencias significativas. En primer lugar se ubica la Altitud 2, con un valor de 2,00 litros, mientras que la altitud 1 obtuvo un valor de 1,00 litro de agua capturados, en el transcurso de 48 horas, Esto se debe a la poca presencia de nubes observadas en este periodo de tiempo.

#### 4.1.4 Volumen 4 (Dato tomado el día 7 de la evaluación)

**Tabla 10. Análisis de la Varianza Volumen 4.**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	16,33	1	16,33	4,26 ns	7,71 21,20
Error A	15,33	4	3,83	2,71	
PORCENTAJE SARAN	0,75	1	0,75	0,53 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	2,08	1	2,08	1,47 ns	
Error B	5,67	4	1,42		
Total	40,17	11			

CV= 15,19

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

Analizando los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ADEVA), no se registra diferencias estadísticas significativas para los tratamientos respectivos. Se colecto una media de 9,00 en la Altitud 2 y 6,67 litros en la Altitud 1. Mientras que en el Porcentaje 1 de sarán se colectaron 8,08 litros y 7,58 litros en el Porcentaje 2.

#### 4.1.5 Volumen 5 (Dato tomado el día 9 de la evaluación)

**Tabla 11. Análisis de la Varianza Volumen 5.**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	31,20	1	31,20	19,20 *	7,71 21,20
Error A	6,50	4	1,62	0,62	
PORCENTAJE SARAN	5,40	1	5,40	2,06 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	5,27	1	5,27	2,00 ns	
Error B	10,51	4	2,63		
Total	58,8	11			

CV= 59,57

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

Como resultado del Análisis de Varianza, correspondiente a los datos del V5, se registran diferencias estadísticas significativas para el Factor A (Altitud de ubicación de los colectores), con un valor de 19,20. Mientras que para el factor B (Porcentaje de sarán) y la interacción de los dos factores no hay diferencias estadísticas significativas.

**Tabla 12. Prueba de Tukey Volumen 5. Altitud.**

Error: 1,6248      gl: 4

ALTITUD	Medias	n	
2	4,33	6	A
1	1,11	6	B

Según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ), para el factor A (Altitud de ubicación de los colectores), observo diferencias significativas. En primer lugar se ubica la Altitud 2, con un valor medio de 4,33 litros, mientras que la altitud 1 obtuvo un valor promedio de 1,11 litros de agua capturados, en el transcurso de 48 horas, Esto se debe a la poca presencia de nubes observadas en el sector.

#### 4.1.6. Volumen 6 (Dato tomado el día 11 de la evaluación)

**Tabla 13. Análisis de la Varianza Volumen 6.**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	249,34	1	249,34	3,02 ns	7,71 21,20
Error A	330,66	4	82,67	0,72	
PORCENTAJE SARAN	0,91	1	0,91	0,01 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	24,94	1	24,94	0,22 ns	
Error B	462,00	4	115,50		
<b>Total</b>	<b>1067,85</b>	<b>11</b>			

CV= 26,25

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

De acuerdo a los datos obtenidos del análisis de varianza, no se registran diferencias estadísticas significativas para los tratamientos respectivos, es decir los tratamientos son estadísticamente iguales para esta lectura. En la altitud 2 se colecto un valor medio de 45,50 litros de agua y en altitud 1 un valor medio de 36,38 litros, mientras que en relación al porcentaje de sarán, el porcentaje 2 (P2) colecto 41,22 litros y el porcentaje 1 (P1) 40,67 litros de agua.

#### 4.1.7 Volumen 7 (Dato tomado el día 13 de la evaluación)

**Tabla 14. Análisis de la Varianza Volumen 7.**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	124,81	1	124,81	19,20 *	7,71 21,20
Error A	26,00	4	6,50	0,62	
PORCENTAJE SARAN	21,60	1	21,60	2,06 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	21,07	1	21,07	2,00 ns	
Error B	42,04	4	10,51		
Total	235,51	11			

CV= 59,57

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

Como resultado del Análisis de Varianza, para el volumen No. 7, se registran diferencias estadísticas significativas para el Factor A (Altitud de ubicación de los colectores), con un valor de 19,20. Mientras que para el factor B (Porcentaje de sarán) y la interacción de los dos factores no hay diferencias estadísticas significativas.

**Tabla 15. Prueba de Tukey Volumen 7. Altitud.**

Error: 6,4992      gl: 4

ALTITUD	Medias	n	
2	8,67	6	A
1	2,22	6	B

Según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ), para el factor A (Altitud de ubicación de los colectores), se observa diferencias significativas. En primer lugar se ubica la Altitud 2, con un valor medio de 8,67 litros, mientras que la altitud 1 obtuvo un valor de 2,22 litros de agua capturados, en el transcurso de 48 horas.

En relación a la interacción de las variables, el mejor tratamiento es el A2P1 (Altitud 2, Porcentaje 1), con un valor medio de 11,33 litros de agua colectada.

#### 4.1.8 Volumen 8. (Dato tomado el día 15 de la evaluación)

**Tabla 16. Análisis de la Varianza Volumen 8.**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	9,54	1	9,54	1,58 ns	7,71 21,20
Error A	24,21	4	6,05	0,54	
PORCENTAJE SARAN	3,74	1	3,74	0,33 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	7,84	1	7,84	0,70 ns	
Error B	45,01	4	11,25		
Total	90,35	11			

CV= 34,03

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de varianza, para los datos del volumen No. 8, no se registran diferencias estadísticas significativas para los tratamientos respectivos, es decir los tratamientos son estadísticamente iguales para esta lectura. En la altitud 2 se obtuvo un valor medio de 10,75 litros y en la altitud 1 un valor de 8,97 litros colectados respectivamente. Y el mejor tratamiento vuelve a ser el Altitud 2, Porcentaje 1. (A2P1), con un valor medio de 11,00 litros colectados.

#### 4.1.9 Volumen 9 (Dato tomado el día 17 de la Evaluación)

**Tabla 17. Análisis de la Varianza Volumen 9.**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	0,75	1	0,75	0,28 ns	7,71 21,20
Error A	10,67	4	2,67	0,57	
PORCENTAJE SARAN	2,08	1	2,08	0,45 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	6,75	1	6,75	1,45 ns	
Error B	18,67	4	4,67		
Total	38,92	11			

CV= 20,74

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

De acuerdo a los datos obtenidos del análisis de varianza, para los datos del volumen No.9, no se registra diferencias estadísticas significativas para los tratamientos respectivos, es decir los tratamientos son estadísticamente iguales para esta lectura. En relación a la variable Altitud, con un valor de 10,67 se ubica la Altitud 2, mientras la altitud 1 reporto un valor de 10,17 litros colectados a las 48 horas.

#### 4.1.10 Volumen 10 (Dato tomado el día 19 de la Evaluación)

**Tabla 18. Análisis de la Varianza Volumen 10**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	30,08	1	30,08	4,20 ns	7,71 21,20
Error A	28,67	4	7,17	0,07	
PORCENTAJE SARAN	10,08	1	10,08	0,10 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	70,08	1	70,08	0,67 ns	
Error B	415,33	4	103,83		
Total	554,25	11			

CV=19,14

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

Una vez realizado el análisis de varianza, para los datos del volumen No.10, no se registran diferencias estadísticas significativas para los tratamientos respectivos, es decir los tratamientos son estadísticamente iguales para esta lectura. Sin embargo vuelve a presentar el mejor valor medio la Altitud 2 con 54,83 litros de agua colectados y la Altitud 1 con un valor de 51,67 litros de agua colectados. En



relación al Porcentaje de sarán el P1 colecto un valor medio de 54,17 litros de agua y el P2 52,33 litros de agua respectivamente.

#### 4.1.11 Volumen 11 (Dato tomado el día 21 de la evaluación)

**Tabla 19. Análisis de la Varianza Volumen 11.**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	176,33	1	176,33	68,26 **	7,71 21,20
Error A	10,33	4	2,58	0,76	
PORCENTAJE SARAN	0,00	1	0,00	0,00 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	5,33	1	5,33	1,56 ns	
Error B	13,67	4	3,42		
<b>Total</b>	<b>205,67</b>	<b>11</b>			

CV= 25,79

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

De acuerdo al análisis de varianza, correspondiente a los datos del V11, se registra diferencias estadísticas altamente significativas para el Factor A (Altitud de ubicación de los colectores), con un valor de 68,26. Mientras que para el factor B (Porcentaje de sarán) y la interacción de los dos factores no hay diferencias estadísticas significativas.

**Tabla 20. Prueba de Tukey Volumen 11. Altitud.**

Error: 2,5833      gl: 4

ALTITUD	Medias	n	
2	11,00	6	A
1	3,33	6	B

De acuerdo a la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ), para el factor A (Altitud de ubicación de los colectores), se observa diferencias significativas. En primer lugar se ubica la Altitud 2, con un valor medio de 11,00 litros de agua recolectados, mientras que la altitud 1 obtuvo un valor promedio de 3,33 litros de agua capturados, en el transcurso de 48 horas. En relación al Porcentaje de sarán, el P1 y P2 colectaron un valor medio de 7,17 litros de agua. Mientras el mejor tratamiento resulto la Altitud 2 y el Porcentaje 1, con valor de 11,67 litros de agua colectados.

#### 4.1.12 Volumen 12 (Dato tomado el día 23 de la evaluación)

**Tabla 21. Análisis de la Varianza Volumen 12.**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	391,02	1	391,02	7,03 ns	7,71 21,20
Error A	222,58	4	55,65	0,84	
PORCENTAJE SARAN	54,19	1	54,19	0,82 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	2,52	1	2,52	0,04 ns	
Error B	265,92	4	66,48		
Total	936,23	11			

CV= 20,24

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis de varianza (ADEVA), para los datos del volumen No.12, no se registra diferencias estadísticas significativas para los tratamientos respectivos, es decir los tratamientos son estadísticamente iguales. Sin embargo la Altitud 2 presenta el mejor valor medio con 46,00 litros de agua colectados y la Altitud 1 con 34,58 litros de agua colectados. En tanto que el Porcentaje de sarán 2 presento un valor de 42,42 litros de agua colectados y Porcentaje de sarán 1 con un valor medio de 38,17 litros de agua colectados.

#### 4.1.13 Volumen 13 (Dato tomado el día 25 de la evaluación)

**Tabla 22. Análisis de la Varianza Volumen 13.**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	1,33	1	1,33	0,17 ns	7,71 21,20
Error A	30,67	4	7,67	0,19	
PORCENTAJE SARAN	5,33	1	5,33	0,13 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	56,33	1	56,33	1,40 ns	
Error B	161,33	4	40,33		
<b>Total</b>	<b>255,00</b>	<b>11</b>			

CV= 13,96

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis de varianza (ADEVA), para los datos del volumen No.13, no se registra diferencias estadísticas significativas para los tratamientos respectivos, es decir los tratamientos son estadísticamente iguales. En la variable altitud presenta el mejor valor medio la Altitud 1 con 45,83 litros de agua colectada y la Altitud 2 con 45,17 litros de agua colectada.

#### 4.14 Volumen 14 (Dato tomado el día 27 de la evaluación)

**Tabla 23. Análisis de la Varianza Volumen 14.**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	3,00	1	3,00	0,71 ns	7,71 21,20
Error A	17,00	4	4,25	0,44	
PORCENTAJE SARAN	16,33	1	16,33	1,70 ns	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	8,33	1	8,33	0,87 ns	
Error	38,33	4	9,58		
<b>Total</b>	<b>83,00</b>	<b>11</b>			

CV= 15,10

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

De acuerdo a los datos obtenidos en el análisis de varianza (ADEVA), para los datos del volumen No.14, no se registra diferencias estadísticas significativas para los tratamientos respectivos, es decir los tratamientos son estadísticamente iguales. En relación a los litros de agua colectada, en la Altitud 2 se obtuvo un valor medio de 21 y la Altitud 1 un valor medio de 20 litros de agua respectivamente.

#### 4.1.15 Volumen 15 (Dato tomado el día 29 de la evaluación)

**Tabla 24. Análisis de la Varianza Volumen 15.**

F.V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft
ALTITUD	4,08	1	4,08	0,23 NS	7,71 21,20
Error A	71,33	4	17,83	0,45	
PORCENTAJE SARAN	6,75	1	6,75	0,17 NS	
ALTITUD*PORCENTAJE SARAN	60,75	1	60,75	1,52 NS	
Error B	160,00	4	40,00		
Total	302,92	11			

CV= 11,80

\*\* = Altamente significativo

\* = Significativo

ns = No significativo

Según los datos obtenidos en el análisis de varianza (ADEVA), para los datos del volumen No.15, no se registra diferencias estadísticas significativas para los tratamientos respectivos, es decir los tratamientos son estadísticamente iguales. Sin embargo se cuantifico un valor medio de 54,17 litros de agua colectada en la Altitud 2 y 53,00 litros en la Altitud 1.

#### 4.2. Promedio de agua capturada de la neblina

Durante el tiempo que se tomo los datos de captura de agua de la neblina en los colectores de evaluación, que corresponde del 26 de junio del año 2013 al 24 de julio del mismo año se obtuvieron los siguientes valores promedios de agua capturada de la neblina en litros y cada 48 horas.

**Tabla 25. Promedio de agua capturada de la neblina durante la evaluación.**

Promedio de agua capturada durante la evaluación	
Fecha	Litros
26/06/2013	19,68
27/06/2013	4,46
28/06/2013	1,5
29/06/2013	7,83
30/06/2013	2,72
01/07/2013	38,44
02/07/2013	5,44
03/07/2013	9,86
04/07/2013	10,42
05/07/2013	53,25
06/07/2013	7,17
07/07/2013	39,46
08/07/2013	45,5
09/07/2013	20,5
10/07/2013	53,58

En el siguiente gráfico se observa la cantidad promedia de agua capturada durante los treinta días de evaluación. En los días que hubo presencia de nubes bajas, la cantidad de agua capturada de la neblina es importante con valores promedios de hasta 53,58 litros de agua capturados cada 48 horas, mientras que en días de poca nubosidad la cantidad de agua capturada de la neblina disminuye con valores mínimos promedios de hasta 1,50 litros de agua capturados en el transcurso de 48 horas. Por la dinámica de los datos representados en el gráfico se debe aprovechar los días de alta presencia de nubes bajas o neblina para capturar el agua y

almacenarla para su posterior utilización por las familias de la zona alta de la comunidad de Shaushi.

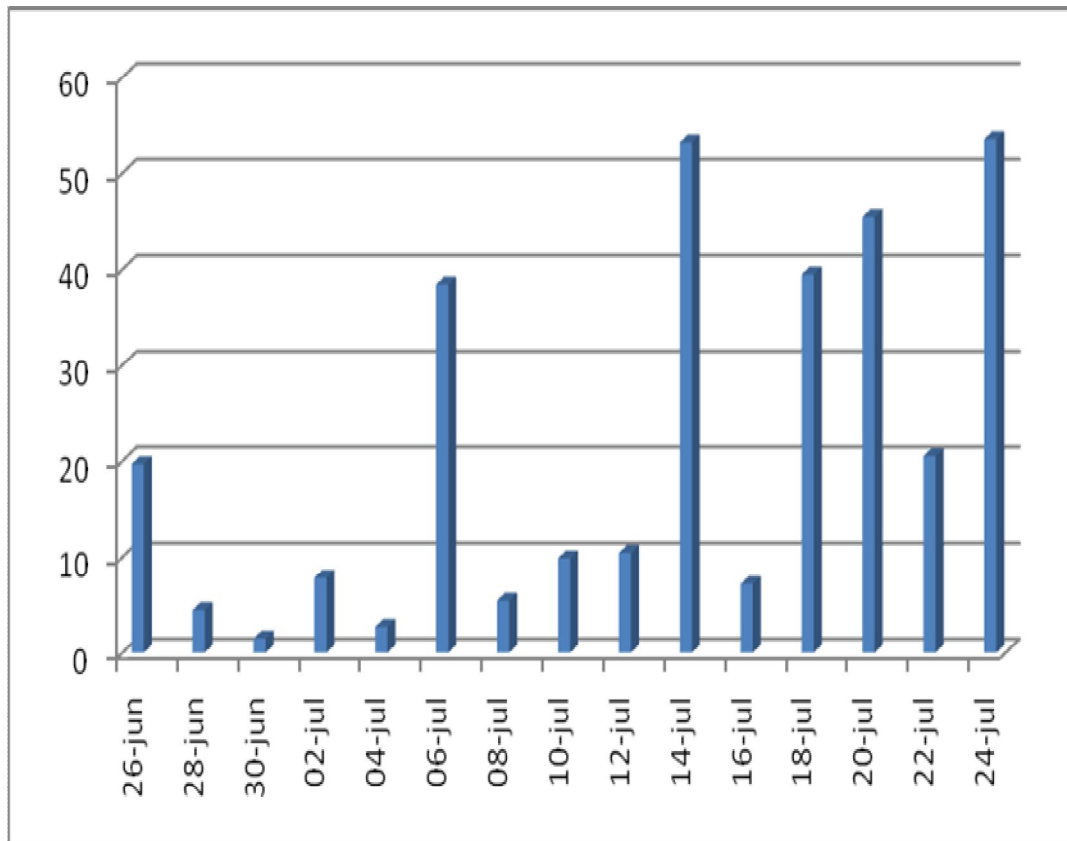


Grafico No.1. Promedio de agua capturada de la neblina en la evaluación.

#### 4.3. Precipitación presente en las zonas cercanas a la evaluación

La presencia de cierto tipo de nubes en una localidad está estrechamente ligada a la precipitación que ocurra en un área cercana a esta localidad.

RED HIDROMETEOROLÓGICA DE TUNGURAHUA, 2013. Señala los siguientes datos de precipitación registrados en las Estaciones Meteorológicas ubicadas en las localidades de; Bolívar del cantón Pelileo y Querochaca del cantón Cevallos que son las más cercanas a los páramos de la comunidad de Shaushi, sitio donde se realizó la evaluación de la tecnología de captura de agua de la neblina, nos muestran los siguientes datos de precipitación registrados en el año 2013.

**Tabla 26. Precipitación en la Estación Meteorológica Bolívar.**

<b>DATOS PROMEDIOS DE PRECIPITACIÓN</b>	
<b>Estación</b>	<b>Bolívar</b>
<b>Año:</b>	2013
<b>MES</b>	<b>VALOR (mm)</b>
Enero	121
Febrero	1108
Marzo	489,300
Abril	56,800
Mayo	84,000
Junio	74,900
Julio	123,300
Agosto	39,600
Septiembre	33,100
Octubre	68,300
Noviembre	80,600
Diciembre	38,800

Según la RED HIDROMETEOROLÓGICA DE TUNGURAHUA, 2013. En el mes de junio la precipitación en la Estación Meteorológica de Bolívar alcanzo los 74,90 mm, que coincide con la poca cantidad de agua capturada de la neblina que se registro en la investigación realizada, con valores entre 0,90 a 32 litros de agua capturada en 1 metro cuadrado en 48 horas. En cambio en el mes de julio se registra una precipitación de 123,30 mm, que indica una mayor presencia de nubosidad y por consecuencia de lluvia en el sector, que refleja una mayor cantidad de agua capturada de la neblina, con valores de 1,50 a 60 litros de agua capturada en 1 metro cuadrado en 48 horas.

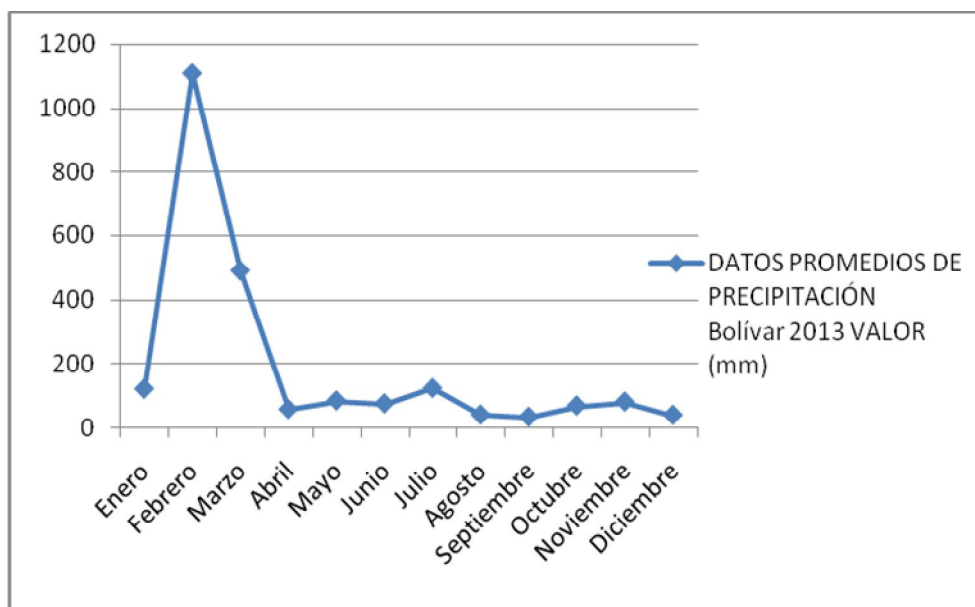


Grafico No.2. Precipitación en la Estación Meteorológica de Bolívar, año 2013.

**Tabla 27. Precipitación en la Estación Meteorológica de Querochaca.**

<b>DATOS PROMEDIOS DE PRECIPITACIÓN</b>	
<b>Estación</b>	<b>Querochaca</b>
<b>AÑO:</b>	2013
<b>MES</b>	<b>VALOR (mm)</b>
Enero	27,9
Febrero	102,1
Marzo	34,5
Abril	37,7
Mayo	61,2
Junio	40,7
Julio	78,5
Agosto	33,3
Septiembre	37,4
Octubre	54,2
Noviembre	44,6
Diciembre	19,4

Según la RED HIDROMETEOROLÓGICA DE TUNGURAHUA, 2013. En la Estación Meteorológica de Querochaca la precipitación en el mes de junio alcanzo los 40,70 mm, que coincide con la poca cantidad de agua capturada de la neblina



que se registro en la investigación realizada, con valores entre 0,90 a 32 litros de agua capturada en 1 metro cuadrado en 48 horas. En cambio en el mes de julio se registra una precipitación de 78,50 mm, que indica una mayor presencia de nubosidad y por consecuencia de lluvia en el sector, que refleja una mayor cantidad de agua capturada de la neblina, con valores de 1,50 a 60 litros de agua capturada en 1 metro cuadrado en 48 horas.

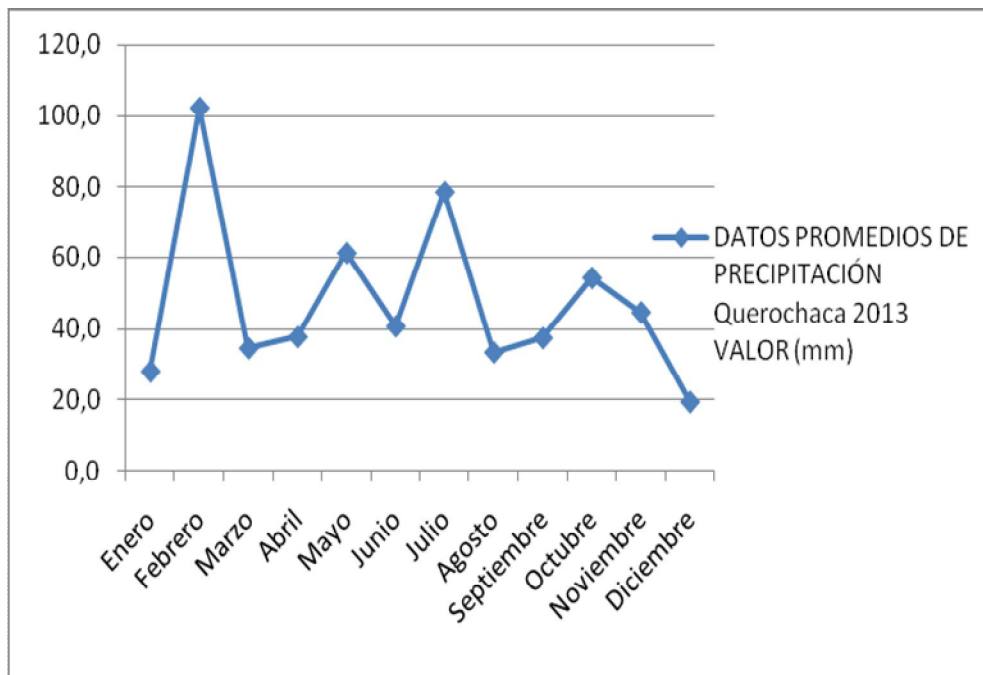


Grafico No.3. Precipitación en la Estación Meteorológica de Querochaca, año 2013.

#### 4.4. Comprobación de la Hipótesis

Con los datos obtenidos se comprueba que la captura de agua de la neblina se constituye en una alternativa viable para disminuir el déficit de agua para consumo de las familias de la zona alta de la comunidad de Shaushi. Pues hay cantidades significativas de agua que se puede capturar de la neblina y conducirla a los hogares de las 22 familias de la zona alta de la comunidad de Shaushi.

#### 4.5. Evaluación Económica

En la evaluación económica se definió el costo por litro de agua capturada de la neblina, para el efecto se establecieron los siguientes costos unitarios:

##### 4.5.1. Costos del Colector de Evaluación de agua de neblina

**Tabla 28. Costos del Colector de Evaluación de agua de neblina.**

<b>Colector de agua de la neblina</b>						
<b>Área:</b>	1 m <sup>2</sup>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario. USD</b>	<b>Costo Total. USD</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Costo. Año</b>
Colector	1	Colector	350	350	10	35
Malla	1	m <sup>2</sup>	0,8	0,8	4	0,2
<b>TOTAL</b>						35,2

##### 4.5.2 Costos de Mano de Obra

**Tabla 29. Costos de mano de obra, instalación del colector de evaluación.**

<b>Mano de obra de instalación de un Colector</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario. USD</b>	<b>Costo Total. USD</b>	<b>Vida Útil</b>	<b>Costo. Año</b>
Mano de obra	Jornal	3	15	45	10	4,5

#### 4.5.3 Cantidad promedio de agua capturada de la neblina

Tabla 30. Cantidad promedio de agua capturada en el colector de evaluación.

Agua Promedio Capturada de la Neblina por año			
Descripción	Litros/día	Días/año	Total litros de Agua Capturada
Agua capturada	17	365	6205

#### 4.5.4 Resumen de costos de agua capturada en un colector de 1 m<sup>2</sup> por año

Tabla 31. Resumen de costos de agua capturada en 1 m<sup>2</sup> de colector/año (USD).

Costos de Agua Capturada de la Neblina	
1. Costos de materiales	35,2
2. Costos de mano de obra	4,5
Total	39,7

#### 4.5.5. Determinación del costo del agua capturada por año.

Tabla 32. Costo del agua capturada por año.

Costo del agua capturada por año				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor. U. USD	Valor T. USD
Agua capturada	Litros	6205	0,006	39,7

## **CAPÍTULO V.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En consideración a los resultados obtenidos en la presente investigación, se establecen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

#### **5.1 CONCLUSIONES**

##### **5.1.1 Tecnología de captura de agua de la neblina**

Se define la tecnología de captura de agua de la neblina como una alternativa viable para suministrar agua para consumo humano a familias de un sector bien definido en la comunidad de Shaushi.

##### **5.1.2 Cantidad de agua capturada de la neblina en un metro cuadrado de colector.**

En lo referente a la cantidad de agua capturada de la neblina se evaluaron dos factores de estudio, que se analizan a continuación:

###### **5.1.2.1 Factor A (Altitud de ubicación de los colectores)**

En la evaluación de la Altitud de ubicación de los colectores se encontró diferencias estadísticas significativas para la Altitud 2 ubicada a 3770 msnm y una velocidad del viento promedio de 8 a 10 m/sg. A esta altitud se pudo capturar en un metro cuadrado de la neblina el mas alto valor promedio de agua, que fue de 29,33 litros de agua trascuridas 48 horas. A diferencia de la Altitud 1 que se ubica a 3694 msnm y una velocidad del viento promedio de 6 a 8 m/sg, en la cual

se capturo un valor promedio de 21,11 litros de agua transcurridas 48 horas en un metro cuadrado de colector de agua de neblina.

Estos resultados obtenidos nos permite establecer la relación directa que a una mayor velocidad del viento mayor volumen de agua capturada de la neblina.

#### **5.1.2.2 Factor B (Porcentaje de sarán)**

En el estudio del factor B (Porcentaje de sarán), no se registraron diferencias estadísticas entre los dos porcentajes de sarán evaluados, doble capa al 35 % y 50%. Es decir para capturar agua proveniente de la neblina podemos utilizar los dos porcentajes de sarán evaluados tanto la doble capa al 35% o 50%, con los que capturaremos similiares cantidades de agua.

#### **5.1.2.3 Interacción de los Factores (Altitud x Porcentaje de sarán)**

Analizando la interacción de los factores se determinó diferencias estadísticas para el tratamiento 3 (A2 P1), que corresponde a la Altitud No. 2 situada a una altitud de 3770 msnm y al Porcentaje de sarán No.1. ( doble capa al 50%).

#### **5.1.2.4 Costos del agua capturadas de la neblina**

Una vez establecido el costo de los colectores de evaluación de captura de agua de la neblina que corresponde a 39,70 USD por año. Con este colector de evaluación se capturaría un promedio de 10705,45 litros de agua, lo que corresponde a un valor por litro de agua de 0,004 USD.

#### **5.1.2.5 Viabilidad de la Alternativa**

La captura de agua de la neblina en la comunidad de Shaushi se constituye en una alternativa viable para disminuir el desabastecimiento de agua para

consumo humano de las 22 familias que participaron en este proyecto de investigación. Esta viabilidad de la alternativa se respalda en los datos de volúmenes de agua capturados de la neblina en esta localidad.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Como recomendaciones de esta investigación menciono las siguientes:

5.2.1. A los habitantes de la zona alta de la comunidad de Shaushi, se recomienda colocar colectores para capturar agua de la neblina y esta a la vez sea suministrada a las familias del sector para satisfacer las necesidades de alimentación y aseo.

5.2.2. Se recomienda ubicar los colectores en la altitud 2, es decir a 3770 msnm. Y utilizar el porcentaje 1 de sarán, correspondiente al 50 %.

5.2.3. Es necesario concientizar a los habitantes de la zona alta de la comunidad de Shaushi para que respeten el compromiso comunitario de frenar el avance de la frontera agrícola.

5.2.4. Se debe realizar el seguimiento a la gestión en el Departamento de Recursos Hídricos del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua para la ejecución de la construcción de los colectores para capturar agua de la neblina.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 Datos Informativos:**

Título: “Implementación de un Sistema de Captura de agua de neblina para consumo humano, en la zona alta de la comunidad de Shaushi del cantón Quero”

Provincia: Tungurahua

Cantón: Quero

Comunidad: Shaushi

No. de Familias beneficiarias: 22

#### **6.2 Antecedentes de la propuesta.**

La comunidad de Shaushi, se ubica al oriente del cantón Quero, limita al Norte con la comunidad de Pueblo Viejo, al sur con la comunidad de Puñachizag, al oriente con la parroquia Huambaló del cantón Pelileo y al occidente con la cabecera cantonal de Quero. Su población es de 195 familias. Su actividad económica principal es la agricultura, complementada con la crianza de ganado bovino y especies animales menores.

La comunidad de Shuashi está dividida en dos centros poblados, Shaushi Centro y Shaushi Alto.

Los habitantes de la comunidad de Shuashi cuentan con los servicios básicos de energía eléctrica en el 100% de hogares, agua potable el 90% y alcantarillado el 20% de hogares de esta comunidad.

La comunidad cuenta con terrenos comunitarios en los páramos, los mismos que han sido parcelados para el desarrollo de la agricultura y ganadería por los miembros de esta comunidad. Por este motivo el avance de la frontera agrícola ha llegado a la cumbre de la montaña. Ventajosamente por la necesidad del agua potable los Directivos de la Junta Administradora de Agua Potable de las comunidades de Shuashi, Pueblo Viejo y San Vicente, en coordinación con los Presidentes del Cabildo de las comunidades antes mencionadas decidieron detener el avance de la frontera agrícola.

Las fuentes de agua potable para la comunidad nacen del cerro denominado Homo Turco, el mismo que por suerte es de topografía irregular que no ha permitido el desarrollo de la agricultura, caso contrario la comunidad tendría fuertes problemas para el abastecimiento de agua potable.

Como consecuencia del crecimiento demográfico sin planificación y la presión agropecuaria, 22 familias de la zona alta de la comunidad de Shaushi, han construido sus viviendas arriba de la línea de abastecimiento de agua potable, por este motivo no disponen de agua potable. Actualmente estas 22 familias obtienen el agua para consumo humano de lo que recogen del techo de sus viviendas y en algunos casos disponen de una llave de agua potable ubicada en un lugar situado bajo la línea de conducción de agua potable, por lo que deben transportar el agua en vehículo o en animales de carga como burros o caballos. Pese a estos esfuerzos que realizan las 22 familias de la zona alta de la comunidad no disponen de la suficiente cantidad de agua potable, para consumo humano.

La tecnología de captura de agua de la neblina, consiste en interceptar las pequeñas gotas de agua que contiene la neblina con ayuda de una malla de sarán, luego estas gotas de agua se precipitan formando gotas más grandes y finalmente se las recoge en un colector. Esta tecnología tiene el principio básico que realiza la



vegetación nativa en los páramos, donde las estructuras foliares interceptan las pequeñas gotas de agua que transporta la neblina y la trasladan a la vegetación a nivel del suelo, formando cuerpos de agua y estos a su vez alimentan riachuelos.

Un sistema de captura de agua de neblina consta de cuatro partes fundamentales:

- a) Estructura del colector. Constituido por parantes, bases, marco y canal colector.
- b) Malla de sarán. De material plástico de polipropileno al 35%.
- c) Tensores. Constituidos por cables de acero y estacas metálicas.
- d) Sistema de conducción de agua y/o almacenamiento. Consta de mangueras y tanque de almacenamiento.

### **6.3 Justificación.**

La dotación de agua para consumo humano proveniente de la neblina, en la zona alta de la comunidad de Shaushi del cantón Quero se justifica por la necesidad real de 22 familias de esta localidad de agua para consumo humano, que les permitirá satisfacer sus necesidades básicas de alimentación y aseo.

### **6.4 Objetivos.**

#### **General.**

Dotar de agua para consumo humano a 22 familias de la zona alta de la comunidad de Shaushi.

#### **Específicos.**

- Diseñar e implementar un colector de agua de neblina de 50 m<sup>2</sup>.

- Capacitar a las familias participantes en el mantenimiento de los colectores de agua de neblina.

## 6.5 Análisis de factibilidad.

La construcción e instalación de un colector de agua de neblina en los páramos de la comunidad de Shaushi es factible, debido principalmente a la necesidad de agua para consumo humano que tienen las familias de esta localidad, además existe la participación activa de estas familias para instalar los colectores de validación. Lo más importante es que se comprobó que la tecnología funciona y según los datos obtenidos lo mínimo que se capturó fue 2,00 litros de agua en 48 horas y lo máximo que se capturó fue 60 litros de agua en 48 horas por metro cuadrado de malla de sarán. Además existe la predisposición del Gobierno Provincial de Tungurahua para financiar parte de este proyecto.

### 6.5.1 Cálculo de la dimensión del colector de agua de neblina.

**Tabla 33. Cálculo de la dimensión del colector de agua de neblina.**

No. de familias:	22	
Caudal:	29,33	l/48 h
	0,0002	l/sg
No. integrantes/familia:	5	
No. litros consumo/familia/día:	60	
No. litros requeridos/día:	1320	
Área del colector:	1	m <sup>2</sup>
Agua recogida/día	29,33	L
Agua requerida	1320	L
Área requerida del colector:	45,0051	m <sup>2</sup>
Área ajustada	50	m <sup>2</sup>

### **6.5.2 Cálculo de los costos de construcción e instalación del colector de agua de la neblina.**

**Área:** 50 m<sup>2</sup>

El costo del proyecto de construcción e instalación de un colector de agua de la neblina en la montaña de la comunidad de Shaushi, asciende a 3947,61 USD, como se muestra en el Anexo. 2.

### **6.6 Fundamentación.**

Los capturadores de neblina son sistemas que funcionan mediante la utilización del proceso de formación de rocío, capturando el agua atmosférica que está presente en las nubes de baja altura o el rocío como se le conoce comúnmente. Las pequeñas gotas de agua presentes en la neblina se fijan en cualquier superficie a su paso, lo que se aprecia a simple vista en la vegetación y en laderas de cerros.

La técnica de captura de agua se basa en forzar de manera artificial la precipitación de las minúsculas gotas constituyentes de las neblinas. Al ser arrastradas por los vientos dominantes, depositan parte de su contenido líquido sobre los obstáculos que encuentran a su paso siendo aprovechada por la vegetación de forma natural.

El principio de los atrapa neblinas consiste básicamente en construir estructuras de metal o madera –bastidores- de una gran superficie cubierta con malla Raschel de 35%, expuesta a la neblina. De esta manera, el viento pasa pero las gotas de agua quedan retenidas en la superficie y precipitan a un sistema colector – compuesto por una canaleta de PVC y un tanque acumulador. La condensación natural libera de sal el agua captada, transformándose en agua dulce que puede ser aprovechada de forma agrícola o potabilizada para consumo humano. (AVINA, 2013).

## **6.7 Metodología, Modelo operativo.**

Para la ejecución de esta propuesta es necesario realizar los siguientes pasos:

### **a) Diseño del colector.**

La propuesta consiste en construir un colector de agua de 50 m<sup>2</sup>, es decir 2,5 m de ancho por 20 m de largo. La estructura constará de tres tubos de acero inoxidable, con dos poleas soldadas en cada tubo, una en la parte inferior y otra en la parte superior. La malla de sarán ira sujeta a un cable de acero, recubierto con manguera y este sujeto a tensores que se utilizarán para mantener la malla bien firme y tensada.

En los tubos irán soldados tres tensores sujetos con cables de acero en los extremos y dos cables en los tubos intermedios que ayudarán a dar estabilidad a la estructura del colector, capaz que resista la fuerza del viento.

### **b) Construcción del colector.**

La construcción del colector esta prevista realizarla en los talleres del señor Celso Veloz, ubicada en la ciudad de Ambato, donde se construyeron los colectores de evaluación que se utilizaron en esta investigación.

### **c) Capacitación a las familias participantes en el proyecto.**

En este proceso se realizarán dos talleres de capacitación dirigida a las familias participantes de este proyecto antes y durante la colocación de los colectores de captura de agua de neblina.

### **d) Coordinación para las mingas de ubicación del colector.**

Con ocho días de anticipación se convocará a los veinte y dos jefes de familia para que asistan el día programado para la ubicación del colector.

#### **e) Colocación del colector.**

Este trabajo se lo realizará conjuntamente entre la persona que construya el colector y los jefes de familia de la localidad.

#### **f) Construcción del sistema de conducción y almacenamiento de agua capturada.**

Inicialmente se ubicará el tanque plástico de 2000 litros en un sitio previamente igualado el terreno. Luego se conectará la manguera de la canaleta del colector al tanque de almacenamiento y de este a un tanque de almacenamiento ubicado a 1 km más abajo con el que cuentan los habitantes de este sector y de aquí se repartirán a cada uno de los hogares por medio del sistema de conducción de agua.

### **6.8. Administración.**

La administración que se plantea, es trabajar con la Directiva de la comunidad de Shaushi, zona Alta, para que internamente los habitantes de esta localidad definan un Reglamento de Uso, Manejo y Mantenimiento del Sistema de Captura de Agua implementado. En este reglamento se debe fijar una cuota mensual de pago por la utilización de esta agua, con estos recursos se asegurará una correcta utilización del agua, se contará con un fondo económico para realizar el mantenimiento de todo el sistema, en especial la malla de sarán.

### **6.9. Previsión de la evaluación.**

El proyecto de Implementación de un Sistema de Captura de agua de neblina para consumo humano, en la zona alta de la comunidad de Shaushi del cantón Quero, será financiada y ejecutado por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua con participación activa del Directorio y Habitantes de la zona alta de la comunidad de Shaushi.

## BIBLIOGRAFÍA

AGROREDES, 2014. Redes de sombra. Consultado el 25 de marzo de 2014. Disponible en: [ww.agroredes.com.ar/index.php?acc=40&idP=151](http://ww.agroredes.com.ar/index.php?acc=40&idP=151)

ASTUDILLO, D. et al, 2010. Valoración Socioeconómica de Humedales Altoandinos. Guía Didáctica. 92 p.

AVINA, 2013. Iniciativas genera agua a partir de la neblina. Consultado el 05 de octubre de 2013. Disponible en: <http://www.avina.net/esp/5755/iniciativas-genera-agua-a-partir-de-la-neblina/>

FORO NACIONAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS ECUADOR (2013). Agua, Estado y Sociedad: Aportes para políticas públicas.

MALLAS RASCHEL, 2013. Consultado el 25 de marzo del 2014. Disponible en: [www.litecperu.com/productos/malla-raschel/](http://www.litecperu.com/productos/malla-raschel/).

NIMBUS, 2014. El viento. Consultado el 25 de enero. Disponible en: <http://200.58.146.28/nimbus/weather/pdf/cap7.pdf>

PLAN DE MANEJO DE PARAMOS. 2009. Frente Sur Occidental. 50-52p.

PLAN TEL-PPA (PROYECTO PÁRAMO ANDINO) 2009. Los Páramos de la mancomunidad del Frente Sur Occidental de Tungurahua. Ambato. 34 p.

RED HIDROMETEOROLÓGICA DE TUNGURAHUA. 2013. Administrador David Mantilla.

SANCHEZ, C. s/f. Captura de agua atmosférica. IX Congreso Nacional de Medio Ambiente. 18p.

SCHEMENAUR, R. 2001. Manual de colección de agua de neblina. 64p.

TERESA MOSQUERA (ED). Sistematización de la experiencia de manejo de recursos naturales de los páramos de Quisapincha. Serie Sistematizaciones. CESA. Quito, Ecuador. 2010.

TOBAR, A. 2000. Manejo forestal. Quito Camaren. 116 p.

WIKIPEDIA, 2013. Neblina. Consultado el 25 de septiembre de 2013. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Neblina>

## **ANEXOS**



**Anexo. 1. Registro de datos de agua capturada de la neblina en los colectores de evaluación.**

Repeticiones	Altitud	Porcentaje	Agua capturada en litros														
			Fechas														
			26-jun	28-jun	30-jun	02-jul	04-jul	06-jul	08-jul	10-jul	12-jul	14-jul	16-jul	18-jul	20-jul	22-jul	24-jul
1	H1	P1	14,00	2,20	1,00	6,00	1,50	34,00	3,00	8,00	10,00	60,00	3,00	30,00	50,00	20,00	55,00
2	H1	P1	14,00	2,10	0,80	5,00	1,10	38,00	2,20	7,80	9,00	45,00	2,00	34,00	42,00	18,00	55,00
3	H1	P1	13,50	2,20	1,50	7,00	0,75	32,00	1,50	7,00	8,00	60,00	3,00	32,00	50,00	16,00	58,00
1	H1	P2	14,80	2,00	1,00	6,50	1,00	45,00	2,00	12,00	12,00	40,00	3,00	29,00	45,00	22,00	45,00
2	H1	P2	18,50	2,00	0,90	6,50	1,30	39,30	2,60	9,00	10,00	60,00	4,00	34,50	48,00	20,00	60,00
3	H1	P2	21,00	2,00	0,80	9,00	1,00	0,00	2,00	10,00	12,00	45,00	5,00	48,00	40,00	24,00	45,00
1	H2	P1	22,00	2,50	2,00	7,50	4,00	40,00	8,00	8,50	10,00	50,00	10,00	41,00	42,00	20,00	50,00
2	H2	P1	23,50	2,00	2,00	8,00	5,00	40,00	10,00	8,00	9,00	55,00	10,00	40,00	40,00	18,00	50,00
3	H2	P1	32,00	30,00	2,50	12,00	8,00	60,00	16,00	16,50	14,00	55,00	15,00	52,00	45,00	24,00	58,00
1	H2	P2	22,40	2,50	2,00	9,50	5,00	60,00	10,00	14,00	13,00	60,00	12,00	49,00	50,00	25,00	55,00
2	H2	P2	19,00	2,00	1,50	7,50	1,00	33,00	2,00	8,50	9,00	59,00	9,00	40,00	54,00	20,00	60,00
3	H2	P2	21,50	2,00	2,00	9,50	3,00	40,00	6,00	9,00	9,00	50,00	10,00	44,00	40,00	19,00	52,00

**Anexo 2. Costos de construcción e instalación de un colector de agua de neblina de 50 m<sup>2</sup> de área.**

<b>CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo U. USD</b>	<b>Costo T. USD</b>
Tubo de acero 2 pulgadas (3 m)	Tubo	3	18,05	54,15
Alambre de acero 5/16 (8 mm)	M	50	1,02	51
Poleas de acero	Polea	8	19,76	158,08
Colector de acero (3 mm)	M	20	2,5	50
Malla 50%	m <sup>2</sup>	50	0,78	39
Cables para tensores 5/16 (8 mm)	M	40	1,02	40,8
Tubo de acero 3 pulgadas (3 m)	Tubo	1	26,45	26,45
Estacas de acero de 50 cm	Unidad	8	7,5	60
Templadores	Unidad	8	18,41	147,28
Abrazaderas	Unidad	16	0,6	9,6
Manguera	M	50	2,08	104
<b>Subtotal</b>				<b>740,36</b>

<b>CONDUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA CAPTURADA DE LA NEBLINA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo U. USD</b>	<b>Costo T. USD</b>
Tanque plástico de 2000 litros	Tanque	1	257,75	257,75
Manguera negra de 1 pulgada	M	1545	1,1	1699,5
Accesorios	Global	1	50	50
<b>Subtotal</b>				<b>2007,25</b>

<b>CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE UN COLECTOR DE AGUA DE NEBLINA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo U. USD</b>	<b>Costo T. USD</b>
Mano de obra especializada	Día	6	75	450

<b>INSTALACIÓN DE UN COLECTOR DE AGUA DE NEBLINA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo U. USD</b>	<b>Costo T. USD</b>
Mano de obra especializada/comunidad	Jornal	50	15	750

<b>RESUMEN DE COSTOS</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
1. Materiales para la construcción del colector	740,36
2. Materiales para conducción y almacenamiento de agua	2007,25
3. Construcción e instalación de colector	450,00
4. Costos de instalación del colector	750,00
<b>TOTAL</b>	<b>3947,61</b>

<b>APORTES INSTITUCIONALES</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>	<b>%</b>
1. H. Gobierno Provincial de Tungurahua	3197,61	81,00
2. Comunidad de Shaushi (zona alta)	750,00	19,00
<b>TOTAL</b>	<b>3947,61</b>	<b>100,00</b>

### Anexo. 3. Fotografías de la investigación.



Neblina presente en la montaña de la comunidad de Shaushi.



Transporte de los materiales a la cima de la montaña.



Cocido de la malla de sarán en el marco del colector de evaluación.



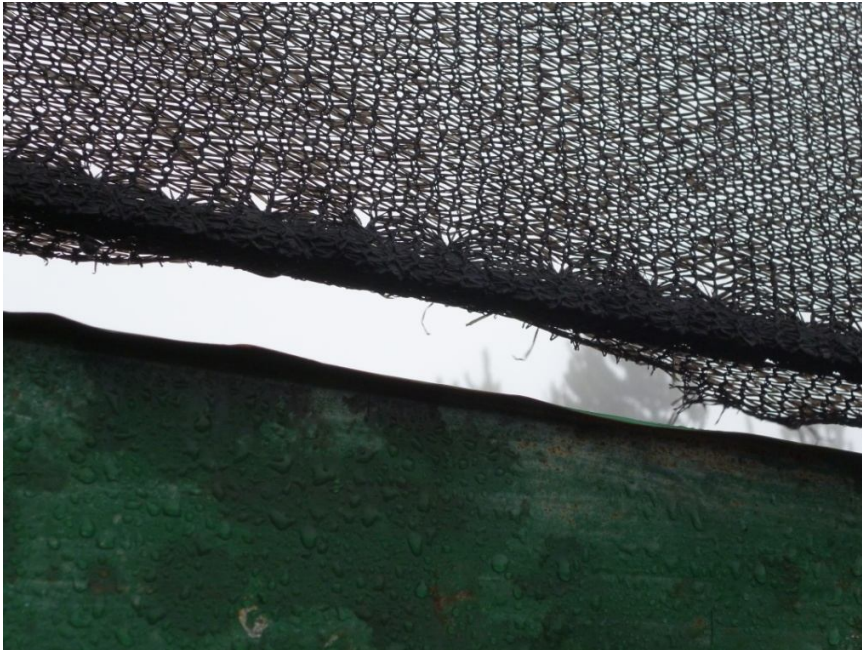
Transporte de los galones.



Colectores de Evaluación colocados.



Medición de la cantidad de agua capturada.

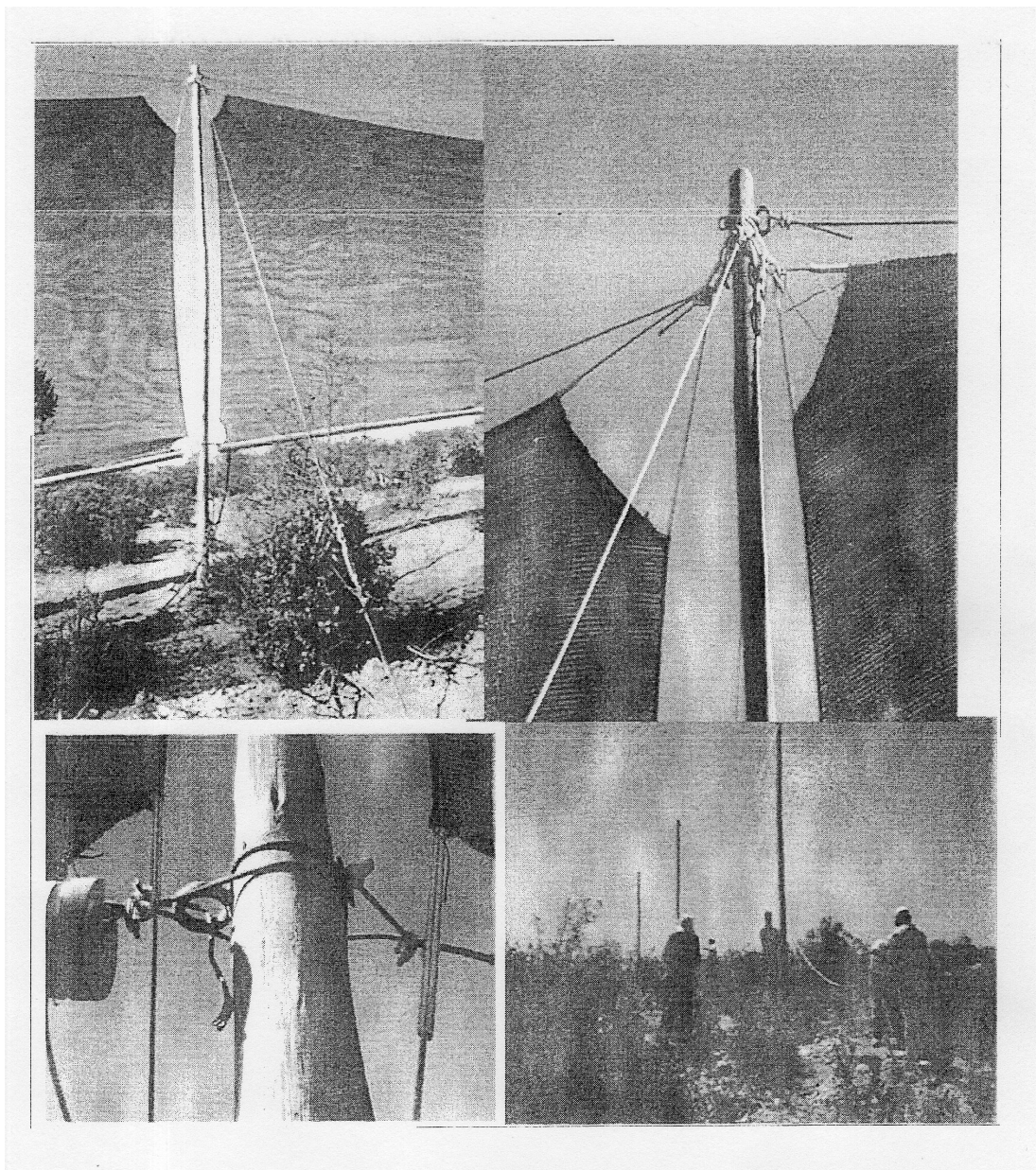


Precipitación de las gotas de agua de la malla de sarán.

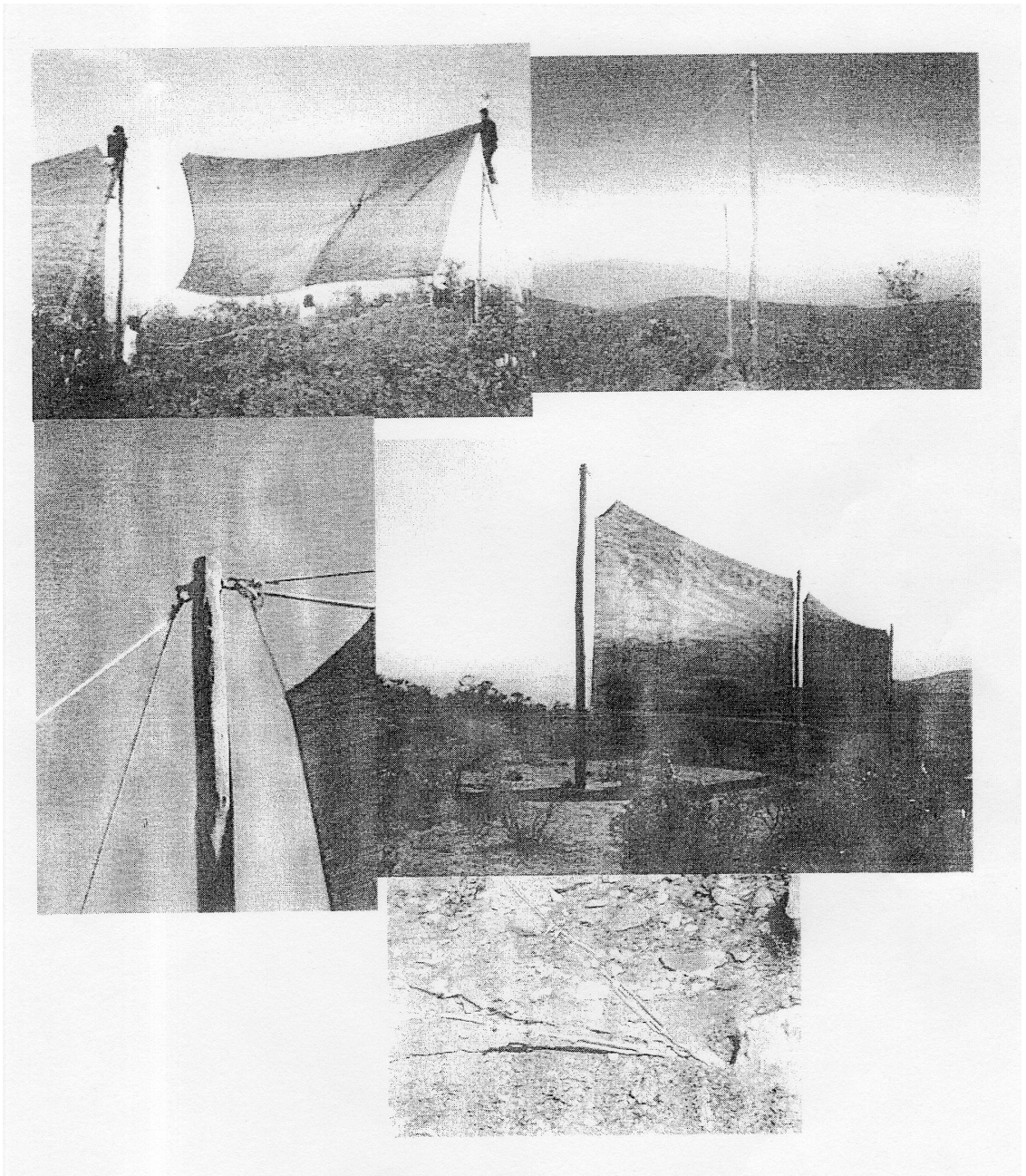


Anemómetro, utilizado en la medición de la velocidad del viento.

**Anexo 4.** Fotografías de instalación de un colector de agua de neblina







**Puntos de fijación del sarán.**

