



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

**APORTE HIDROLÓGICO DE LA PRECIPITACIÓN HORIZONTAL
EN EL “BOSQUE NUBLADO ASABÍ” EN LA ZONA DE INTAG-
IMBABURA**

**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTORES:

**CANCHIG HARO STEEVEN XAVIER
GARCÉS ECHEVERRÍA BRYAN JHAMIL**

DIRECTOR

Ing. Oscar Armando Rosales Enríquez MSc.

Enero, 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
APORTE HIDROLÓGICO DE LA PRECIPITACIÓN HORIZONTAL
EN EL “BOSQUE NUBLADO ASABÍ” EN LA ZONA DE INTAG-
IMBABURA

Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del Título
de:

INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Ing. Oscar Armando Rosales Enríquez MSc.

DIRECTOR

.....
FIRMA

Ing. Paúl Arias MSc.

ASESOR

.....
FIRMA

Ing. Manolo Carrión MSc.

ASESOR

.....
FIRMA

Ing. Jorge Granja

ASESOR

.....
FIRMA

IBARRA-ECUADOR

ENERO, 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003709647		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Canchig Haro Steeven Xavier		
DIRECCIÓN:	Quiroga / Cotacachi / Imbabura		
EMAIL:	steevenx58@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062537245	TELÉFONO MÓVIL:	0983875443

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003864483		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Garcés Echeverría Bryan Jhamil		
DIRECCIÓN:	Ibarra / Imbabura		
EMAIL:	bryangarcés12@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062558510	TELÉFONO MÓVIL:	0981553356

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	APORTE HIDROLÓGICO DE LA PRECIPITACIÓN HORIZONTAL EN EL “BOSQUE NUBLADO ASABÍ” EN LA ZONA DE INTAG-IMBABURA.
AUTOR (ES):	Canchig Haro Steeven Xavier Garcés Echeverría Bryan Jhamil
FECHA: DD/MM/AAAA	29/01/2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Oscar Armando Rosales Enríquez MSc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros CANCHIG HARO STEEVEN XAVIER con cédula de identidad Nro. 1003709647 y GARCÉS ECHEVERRÍA BRYAN JHAMIL con cédula de identidad Nro. 1003864483 en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente hacemos la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de enero del 2019

LOS AUTORES



Canchig Haro Steeven Xavier



Garcés Echeverría Bryan Jhamil

AGRADECIMIENTO

La vida se encuentra plagada de retos y cuando un reto parezca difícil, no cambies el reto; busca un nuevo camino para llegar a él, así quiero expresar mis sinceros agradecimientos a quienes formaron parte del camino para que este reto culmine.

Un agradecimiento en especial a la Universidad Técnica Del Norte que me dio la oportunidad para formarme profesionalmente y crecer como persona. De la misma manera al MSc. Oscar Rosales, MSc. Paúl Arias, MSc. Manolo Carrión, Ing. Jorge Granja, MSc. Verónica Ríos, quienes con sus conocimientos y profesionalismo nos guiaron para culminar de la mejor forma esta investigación dedicándonos su valioso tiempo.

A las instituciones, GAD Parroquial Plaza Gutiérrez y DECOIN, por facilitar la apertura para que se efectuó esta investigación.

Steven Xavier Canchig Haro

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Llamil Garcés y Luisa Echeverría, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanos Nayeli Garcés y Lennin Garcés, por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral que me han brindado a lo largo de esta etapa de mi vida. A toda mi familia porque con sus, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos, como MSc. Verónica Ríos que fue nuestra asesora externa en mi trabajo de titulación y a mi director Msc. Oscar Rosales, conjunto con mis asesores de titulación.

Agradezco a los todos docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Técnica del Norte.

Bryan Jhamil Garcés Echeverría

DEDICATORIA

A:

Mi madre Fulvia Haro y a mi padre Jorge Canchig por darme la vida y brindarme, su amor, su comprensión, sus consejos, su ejemplo y su apoyo constante en todo momento para alcanzar mis retos. Esto se los debo a ustedes mamá y papá, gracias totales.

Mi hijo Dylan quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme y poder llegar a ser un ejemplo para él.

Mis amigos y demás familiares que de una u otra forma me brindaron sus consejos y su apoyo moral en todo momento.

Steven Xavier Canchig Haro

DECICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Bryan Jhamil Garcés Echeverría

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Páginas
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	17
INTRODUCCIÓN	17
1.1 Problema y Justificación	17
1.2 Objetivos	20
1.2.1 Objetivo General.....	20
1.2.2 Objetivos Específicos	20
1.3 Pregunta Directriz de la Investigación	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Bosques nublados	21
2.1.1 Factores que influyen en los bosques nublados	21
2.1.2 Método para la medición del aporte hidrológico en bosques nublados.....	25
2.1.3 Análisis Estadístico.....	31
2.2 Marco Legal	32
2.2.1 Constitución Política de la República del Ecuador.....	32
2.2.2 Código Orgánico Ambiental.....	32
2.2.3 Plan de Desarrollo 2017-2021	33
2.2.4 Ley de Recursos Hídricos	33
2.2.5 Libro III del Régimen Forestal	34
CAPÍTULO III.....	35
MARCO METODOLÓGICO	35
3.1 Descripción del Área de Estudio	35
3.2 Materiales y equipos.....	39
3.3 Métodos	39
3.3.1 Análisis de las variables meteorológicas del área de estudio	40

3.3.2 Determinación del tipo de cobertura vegetal e identificación de los sitios con mayor frecuencia de neblina en el área de estudio	42
3.3.3. Cuantificación del aporte de la precipitación vertical y horizontal a la precipitación total del bosque nublado Asabí	44
CAPÍTULO IV	55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1. Análisis de las variables meteorológicas en el “Bosque Nublado Asabí”...55	
4.1.1 Precipitación	55
4.1.2 Temperatura	57
4.1.3 Humead Relativa.....	58
4.1.4 Punto de Rocío.....	59
4.1.5 Velocidad del Viento	60
4.2 Determinación del tipo de cobertura vegetal e identificación de los sitios con mayor frecuencia de neblina en el área de estudio.	61
4.2.1 Tipos de Cobertura Vegetal	62
4.3. Cuantificación del aporte de la precipitación vertical y horizontal a la precipitación total del bosque nublado Asabí.....	65
4.3.1 Precipitación vertical	65
4.3.2 Precipitación Horizontal	68
4.3.3 Precipitación Total	74
CAPÍTULO V	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
5.1 Conclusiones	79
5.2 Recomendaciones	80
REFERENCIAS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Áreas naturales protegidas	37
Tabla 2. Materiales de campo y oficina.	39
Tabla 3. Estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio.....	40
Tabla 4. Caracterización de la neblina	44
Tabla 5. Volumen captado (ml) transformado a lámina de agua (mm).	46
Tabla 6. Correlación lineal entre 2 variables.....	47
Tabla 7. Factor de conversión (c) del volumen captado por los neblinómetros (ml) a lámina de agua (mm).	50
Tabla 8. Coordenadas y altitudes de las estaciones.....	52
Tabla 9. Tipo de cobertura vegetal en el bosque nublado asabí.....	62
Tabla 10. Calculo del valor ponderado de la precipitación vertical en el bosque (mm).....	66
Tabla 11. Calculo del valor ponderado de la precipitación horizontal en el bosque (mm).	72
Tabla 12. Resumen del modelo PH- variables climatológicas.....	73
Tabla 13. Ecuación del modelo PH- temperatura mínima	74
Tabla 14. Relación entre precipitación total, horizontal y vertical (%).	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de un pluviómetro casero.	25
Figura 2. Modelo (SFC) de un neblinómetro unidireccional o arpa.	27
Figura 3. Modelo de un neblinómetro multidireccional o cilindro.	28
Figura 4. Malla raschel, coeficiente de cobertura de 35%	29
Figura 5. Localización del área de estudio.....	35
Figura 6. Parroquia de plaza gutiérrez.	36
Figura 7. Ubicación del “bosque nublado asabí”.	38
Figura 8. Ubicación de estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio	41
Figura 9. Presencia de neblina en horas de la mañana en la cuenca media del bosque nublado asabí	42
Figura 10. Presencia de neblina en horas de la tarde en la cuenca alta del bosque nublado asabí	43
Figura 11. Pluviómetro casero de medición manual.....	45
Figura 12. Diseño y prototipo de los neblinómetros unidireccionales.....	48
Figura 13. Diseño y prototipo de los neblinómetros multidireccionales.	49
Figura 14. Ubicación de los medidores de precipitación en el área de estudio.	51
Figura 15. Distribución mensual de la precipitación (mm). Periodo 1978 – 2015.....	56
Figura 16. Interpolación (IDW) precipitación 1978-2015	57
Figura 17. Distribución mensual de la temperatura (°c). Periodo 1978 - 2015	58
Figura 18. Distribución mensual de la humedad relativa (%). Periodo 1978 - 2015.....	59
Figura 19. Distribución mensual del punto de rocío (°c). Periodo 1978 - 2015	60
Figura 20. Distribución mensual de la velocidad del viento (m/s). Periodo 1978 - 2015	61
Figura 21. Mapa de cobertura vegetal del área de estudio del año 2016.	62
Figura 22. Distribución mensual de la precipitación vertical en el área de estudio.	65
Figura 23. Interpolación (IDW) de los datos registrados por los pluviómetros manuales caseros.....	67
Figura 24. Distribución mensual de la precipitación vertical.	68
Figura 25. Distribución mensual de la precipitación horizontal.	69
Figura 26. Distribución semanal entre neblinómetros	71
Figura 27. Interpolación (IDW) de los datos registrados por los neblinómetros.	72
Figura 28. Distribución total neblinómetro multidireccional- pluviómetros manuales.....	75
Figura 29. Distribución total neblinómetro unidireccional- pluviómetros manuales.....	75
Figura 30. Interpolación (IDW) precipitación total	77

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de pearson	46
Ecuación 2. Neblinómetro unidireccional	50
Ecuación 3. Neblinómetro multidireccional	50
Ecuación 4. Promedio aritmético	52
Ecuación 5. Isoyetas	53
Ecuación 6. Fórmula interpolación (IDW).....	53
Ecuación 7. Regresión lineal múltiple	54
Ecuación 8. Precipitación total.....	54

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

APORTE HIDROLÓGICO DE LA PRECIPITACIÓN HORIZONTAL
EN EL “BOSQUE NUBLADO ASABÍ” EN LA ZONA DE INTAG-
IMBABURA

Nombre de los estudiantes: Canchig Haro Steeven Xavier

Garcés Echeverría Bryan Jhamil

RESUMEN

La precipitación es el aporte fundamental del agua para los ecosistemas terrestres, la mayoría de las precipitaciones son verticales a través de la lluvia, pero pueden ser horizontales, a través de la neblina. Los bosques nublados se caracterizan por la gran cantidad de humedad al interceptar la precipitación horizontal a través de la vegetación, son ecosistemas que tienen gran importancia hidrológica y ecológica. A pesar de la importancia del bosque nublado la interacción con la neblina ha sido poco estudiada. Por tal razón, este estudio plantea la importancia de evaluar el aporte de la precipitación horizontal a la precipitación total del bosque nublado Asabí en la zona de Intag-Imbabura, mediante el análisis de las diferentes variables meteorológicas necesarias para el aprovechamiento de la neblina como son la precipitación mensual, temperatura máxima, media y mínima, humedad relativa y punto de rocío. Además midiendo la neblina de forma física con la aplicación de neblinómetros unidireccionales, multidireccionales y pluviómetros manuales caseros para medir la precipitación vertical. Estos instrumentos de medición de precipitación horizontal y vertical fueron ubicados entre los 2600m.s.n.m hasta los 2900m.s.n.m dentro del área de estudio, para cuantificar el aporte de la precipitación horizontal como una entrada importante al balance hídrico del bosque. La mayor parte de la precipitación horizontal se evidenció a mayor nivel altitudinal, es decir la neblina no incide de manera homogénea en el área. Finalmente se obtuvo un aporte hidrológico en el “Bosque Nublado Asabí”, el 40% de la precipitación vertical y el 60% aporta la precipitación horizontal.

Palabras clave: ciclo hidrológico; bosque nublado; precipitación horizontal; neblinómetros; neblina.

ABSTRACT

Precipitations provide water to terrestrial ecosystems, most of precipitations are vertical through rain, but can be horizontal, through haze. Cloud forests are characterized by their large amount of humidity by intercepting horizontal precipitation through their vegetation, being ecosystems of great hydrological and ecological importance. Despite the importance of cloud forest, its interaction with haze has not been well studied. For this reason, this research evaluates the contribution of horizontal precipitation to the total precipitation of Asabí cloud forest in the Intag-Imbabura area, by analyzing the different meteorological variables necessary for the use of the haze such as monthly precipitation, maximum, average and minimum temperature, relative humidity and dew point. Measuring fog through the application of unidirectional, multidirectional fog collectors and homemade rain gauges to measure vertical precipitation. These horizontal and vertical precipitation measuring instruments were located between 2600 m.a.s.l. to 2900 m.a.s.l. within the study area, to quantify the contribution of horizontal precipitation as an important source to the water balance. Most of the horizontal precipitation was evidenced at a higher altitudinal level, that is, the fog does not affect the area homogeneously. Finally, the hydrological contribution of the "Asabí Cloud Forest" was measured which 40% contributing to vertical precipitation and 60% to horizontal precipitation.

Key words: hydrological cycle; cloud forest; horizontal precipitation; fog collectors; fog

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Problema y Justificación

Los bosques cubren el 30% del área total del planeta tierra, en diez países los bosques congregan dos tercios del área total, siete países o territorios no tienen bosque alguno y otros 57 tienen bosques en menos del 10% del área total de su extensión (FAO, 2005). Los bosques nublados son ecosistemas con fuertes pendientes topográficas y lluvias intensas permanentes, a nivel mundial están ubicados por encima de los 1000 msnm cubren 48 millones de hectáreas, el 50% se encuentra en América Latina (Kapelle-Brown, 2001).

Las cuencas hidrográficas forestales proporcionan una gran parte del agua destinada a usos domésticos, agrícolas, industriales y ecológicos (Holder 2007). Groot, (2002) los bosques nublados brindan varios servicios ecosistémicos como el abastecimiento y uso del agua fresca para los hogares, agricultura e industria, también ayuda a la regulación climática, manteniendo un clima favorable a escala local y global en beneficio de la salud humana y productividad agrícola. Otro servicio brindado por los bosques nublados es el drenaje natural, amortiguamiento de descargas extremas en los ríos y regulación de caudales.

Schemenauer (1994) en los ecosistemas de alta montaña es fundamental considerar las entradas de neblina como aporte hidrológico. La interceptación de las gotas de agua de la neblina y de las nubes por la vegetación, ha sido ampliamente reconocida como un componente del ciclo hidrológico de los bosques de montaña que están frecuentemente cubiertos por neblinas densas, su distribución varía según la altura de los árboles, estructura del dosel, tamaño, cantidad, colocación, agrupación de follaje y especies de epífitas presentes las cuales forman un papel importante en el balance hidrológico (Stadtmüller, 1987).

En ecosistemas de alta montaña con presencia continua de neblina, el volumen de agua que entra al sistema se presenta por precipitación horizontal, lluvia transportada por el viento que envuelve la vegetación almacenando el agua dentro de su follaje de acuerdo a su área foliar produciendo flujos o drenajes desde las copas o troncos de la vegetación (Bruijnzeel, 2004). Al perder la masa de superficie foliar capaz de interceptar la humedad ambiental se considera una pérdida de precipitación horizontal al balance hídrico, la neblina no logra condensarse al no entrar en contacto con la vegetación y finalmente no llega al suelo (Zadroga, 1981).

El principal proceso meteorológico modificado por los bosques nublados es la evapotranspiración (CATIE 1988). La remoción de la cobertura vegetal de los bosques nublados y su remplazo por cualquier otro uso de suelo resulta un aumento en el albedo (capacidad de una superficie a reflejar la radiación) (Manson, 2004).

Aunque la interceptación de la precipitación horizontal en los bosques nublados ha sido poco investigada en algunos estudios describen las metodologías utilizadas para monitorear y cuantificar el aporte hidrológico por neblina en estos ecosistemas mediante instrumentos propuestos por el SFC (Standar Fog Collector) y LSFC (Louvered Screen Fog Collector) tomando en cuenta factores: climáticos (precipitación, temperatura, humedad relativa, punto de rocío, velocidad del viento) y físicos (cobertura vegetal, geografía, orografía, altitud) (Bruijnzeel, 2001).

Actualmente los bosques nublados constituyen uno de los ecosistemas amenazados y afrontan riesgos que desafían su transformación por causas: agrícolas, pastoreo, incendios forestales ocasionando su degradación o pérdida de biodiversidad. En áreas pequeñas el tiempo de recuperación es relativamente rápida, mientras que en espacios grandes e intensamente utilizados puede tomar hasta más de 150 años, como es el caso de los bosques nublados de Puerto Rico, que se estima que necesitan 200 años para recuperar su estructura (Kappelle-

Brown, 2001). Los bosques nublados están expuestos a una alta tasa de deforestación produciendo cambios no solo en el paisaje si no en el ciclo hidrológico de la cuenca, produciendo erosión, deslizamientos, inundaciones y degradación del régimen hidrológico en época seca (Mosandl, 2008).

La intervención antrópica de la población ocasiona perturbaciones en los servicios ecosistémicos que brindan los bosques nublados provocando desequilibrio en el ciclo hidrológico de los mismos (FAO, 2005). El uso abusivo y erróneo de los recursos hídricos, así como la contaminación del agua amenazan cada vez más la disponibilidad y la calidad del agua, los bosques influyen fuertemente en la disponibilidad de agua, su deforestación causa degradación del régimen hidrológico y escasez de recurso hídrico. (Stadtmüller, 1987).

En general los bosques nublados tienen gran importancia hidrológica y ecológica al ser fundamentales para la regulación hídrica natural y el abastecimiento de agua para la población y el desarrollo de sus actividades (Bergkamp, 2003). En la zona de Intag el bosque nublado tiene una gran importancia hidrológica y fundamental para la regulación natural de la zona, la vegetación intercepta la neblina y controla la escorrentía superficial y la erosión en zonas bajas, sin embargo el desconocimiento de la importancia, la falta de estrategias para su conservación por parte de la población y la falta de información línea base para este tipo de ecosistemas en la región se planteó esta investigación.

Este estudio pretende evaluar y cuantificar la cantidad de agua que aporta la neblina a la precipitación total en el del bosque “Nublado Asabí” de Intag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, con el objeto de establecer mediante datos reales la importancia de la neblina en el aporte hidrológico de la zona, poniendo en conocimiento la importancia del bosque nublado para la población, la gestión del recurso hídrico del sector, así como para la generación de políticas, toma de decisiones referentes a la protección y

conservación del bosque nublado, la creación de una línea base para futuras investigaciones, respaldando

la declaratoria de bosque protector vegetal emitida por el Ministerio del Ambiente del Ecuador al área de estudio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el aporte de la precipitación horizontal a la precipitación total en el bosque “Bosque Nublado Asabí” en la zona de Intag.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar las diferentes variables meteorológicas en el bosque “Bosque Nublado Asabí” en la zona de Intag.
- Determinar el tipo de cobertura vegetal e identificar los sitios con mayor frecuencia de neblina en el bosque “Bosque Nublado Asabí” en la zona de Intag.
- Medir el aporte de la precipitación vertical y horizontal a la precipitación total en el bosque “Bosque Nublado Asabí” en la zona de Intag.

1.3 Pregunta Directriz de la Investigación

- ¿Qué cantidad de agua aporta la lluvia horizontal a la precipitación total sobre el “Bosque Nublado Asabí” en la zona de Intag?

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Bosques nublados

Según Stadtmüller (1987), los Bosques Nublados son aquellos bosques que frecuentemente están cubiertos por nubes o neblina, normalmente se encuentran en una franja altitudinal donde el ambiente se caracteriza por una cobertura de nubes persistentes o estacionales. Los principales atributos de los bosques nublados son sus características climáticas, cobertura vegetal, absorción de nutrientes, hojarasca, endemismo y balance hídrico positivo.

2.1.1 Factores que influyen en los bosques nublados

Holder (2004) revela la variabilidad en la cantidad de agua que aporta la neblina a los bosques nublados, relacionándola con la frecuencia de neblina, su densidad, cobertura vegetal, geografía, variables meteorológicas y la metodología utilizada para cuantificarla, así mismo Molina-Escobar (2005) mencionan las condiciones necesarias para el aprovechamiento de neblina se basan en factores climáticos y físicos. Los factores climáticos a tomar en cuenta son: temperatura, humedad relativa del aire, punto de rocío, precipitación y velocidad del viento, los factores físicos son la topografía, altitud, orografía y cobertura vegetal.

Los factores que influyen en los bosques nublados son los siguientes:

- Punto de Rocío

Es cuando la temperatura del aire desciende para dar paso a la condensación de la humedad o vapor de agua existente en el ambiente y formar la neblina (OMM, 2011). Santamarta-Seijas (2010) establecen el punto de rocío es determinante para la captación de neblina, el agua se mueve de forma horizontal y la malla que funciona como obstáculo o superficie de condensación capta la humedad, permitiendo que el aire descargue las gotas para su almacenamiento.

- Humedad Relativa

Es la cantidad de humedad en el aire comparado con la que el aire puede mantener a esa temperatura, cuando el aire no es capaz de mantener la humedad se produce el rocío al descender la temperatura obteniendo la saturación del aire hasta precipitarse y cuando hay mayor temperatura hay mayor evaporación disminuyendo la humedad (Hidro Air, 2009).

Según Meruane-Garraud (2015) la humedad relativa depende de la temperatura del aire, presión, radiación solar y movimiento de las masas de aire y su comportamiento diario, generalmente tiende a ser más bajo en las primeras horas de la tarde y más alto por la noche especialmente a primeras horas de la mañana, cuando se alcanza la temperatura mínima y se produce la neblina.

- Viento

Las masas del viento se originan por la masa de aire frío ocupa el espacio libre que dejó el ascenso del aire caliente o el aire se direcciona desde las zonas de alta presión hacia zonas de baja presión. Influye sobre el comportamiento y distribución de la humedad, evapotranspiración, lluvia y temperatura del aire, los vientos varían ampliamente en su velocidad, duración, y dirección (Narvaéz, 2001).

Schemenauer-Cereceda (1992) mencionan el viento es el factor que determina la dirección de la neblina y esta directamente determinado por la temperatura que este adopta a través de los rayos de calor (infrarrojos) reflejados por la superficie terrestre y acuática.

- Temperatura

Es la propiedad física que caracteriza el estado termodinámico de la materia, influye en el comportamiento de la presión y también existe una relación no lineal con la humedad, su variación depende de la latitud, altitud y continentalidad del lugar. En todos los climas de alta montaña se presenta una disminución de aproximadamente 0.6°C por cada 100 m de ascenso (Hofstede -Jongsma, 1999).

Según Cavellier (1991) para la formación de neblina es necesario un descenso de la temperatura hasta alcanzar el punto de rocío, elevando la humedad relativa hasta llegar a la saturación a través del enfriamiento del aire.

- Precipitación vertical

La precipitación vertical es la principal entrada líquida en los ecosistemas terrestres, se produce cuando dos fuerzas: una de arrastre de aire ascendente y el peso de la gota, cuando éste es lo suficientemente grande vencerá a la fuerza de arrastre cayendo la gota al suelo y provocando la lluvia, se conoce que 1 mm de lluvia corresponde al volumen de 1 litro en un área horizontal de 1m² (Arroyave, 2007).

Cavelier-Goldstein (1989) establecieron que la presencia de neblina es mayor al presentar mayor cantidad de lluvia en ecosistemas húmedos siendo un factor determinante al momento de llevar a cabo un balance hídrico de una cuenca por aportes de neblina

- Precipitación Horizontal

Se produce cuando hay suficiente humedad en la atmósfera y es transportada por el viento hasta chocar con las cadenas montañosas que la intercepta acumulando gotas en la vegetación. Se ha identificado que a menores temperaturas favorece su disponibilidad, lo cual es consecuente con el aumento de humedad en las primeras horas de la mañana (Santamarta -Seijas, 2010).

- Precipitación Total

En ecosistemas de alta montaña, la precipitación total (*PT*) es la suma de la precipitación vertical (*PV*), y la precipitación horizontal (*PH*) (OMM, 2011).

Schemenauer-Cereceda (1994) señalan que la precipitación horizontal puede aportar entre 60 % y 90% de las entradas hídricas a la precipitación total en estos ecosistemas a diferencia del páramo a 3500 msnm donde se estimaron valores equivalentes al 18% de la precipitación total.

- Cobertura vegetal en los bosques nublados

Presentan árboles de menor tamaño, generalmente con troncos y ramas retorcidos o tortuosos, hojas más pequeñas y coriáceas. Estos bosques se caracterizan por presentar una proporción alta de epífitas, briófitas, líquenes y helechos (Hamilton 1995). Kapelle- Brown (2001) señalan si no fuera por la

presencia de vegetación interceptante (árboles, arbustos, epífitas, musgos y líquenes), la neblina permanecería en la atmósfera transformándose a un recurso hídrico sin provecho.

Schemenauer-Cereceda (1994) para cuantificar la neblina tomaron en cuenta sitios con vegetación natural y sitios intervenidos, considerando un factor determinante que interviene en la cantidad de captación de neblina. La precipitación total se ve significativamente incrementada por el aporte adicional de neblina que llega al interior del bosque nublado interceptada por su cobertura vegetal (Kappelle-Brown, 2001).

- Orografía

Según Chereque (1989) constituye un factor determinante, las montañas son obstáculos naturales que inciden con la movilidad del viento, cuando hay una montaña los vientos chocan con su superficie y esta se humedece. Toledo (2009) establece las montañas desnudas o desprovistas de vegetación reciben el viento, pero no tienen capacidad de captar el agua de neblina para incorporarla al ecosistema al que pertenecen, las cadenas montañosas con buena presencia de vegetación captan agua de neblina y regulan su movilidad

- Caracterización de neblina en los bosques

Según la OMM (2011) para caracterizar la regularidad de la neblina en un área determinada se lo hace mediante la observación visual con la dirección del viento hacia donde es transportada la neblina durante el día, tarde y noche con la finalidad de establecer puntos en los cuales se pueda captar el volumen de agua.

Cereceda (1994) consideró sitios con presencia de neblina (densa, intermedia, dispersa) mediante observación visual identificándolas en la cuenca alta, media y baja.

2.1.2 Método para la medición del aporte hidrológico en bosques nublados

En hidrología para medir el aporte hidrológico es fundamental medir el valor exacto de las precipitaciones y tener en cuenta la ubicación, la forma y exposición de los instrumentos de medición. (OMM 1994).

- Unidades de medición de la precipitación

La unidad de precipitación es la profundidad lineal, normalmente en milímetros mm (volumen/área) o en kg/m^2 (masa/área) para la precipitación líquida (OMM, 2011). Las cantidades se pueden leer diariamente, semanalmente y mensualmente, las mediciones de la precipitación deben efectuarse a horas fijas.

-Precipitación vertical

Para medir la precipitación vertical se utiliza el pluviómetro, es el instrumento más frecuentemente utilizado para almacenar y medir la precipitación, existen pluviómetros automáticos y manuales ordinarios o caseros. Los pluviómetros manuales generalmente son un recipiente abierto de lados verticales, en forma de cilindro recto y con un embudo, se emplean varios tamaños y formas de la boca y altura del medidor (Figura 1) (OMM, 2011).

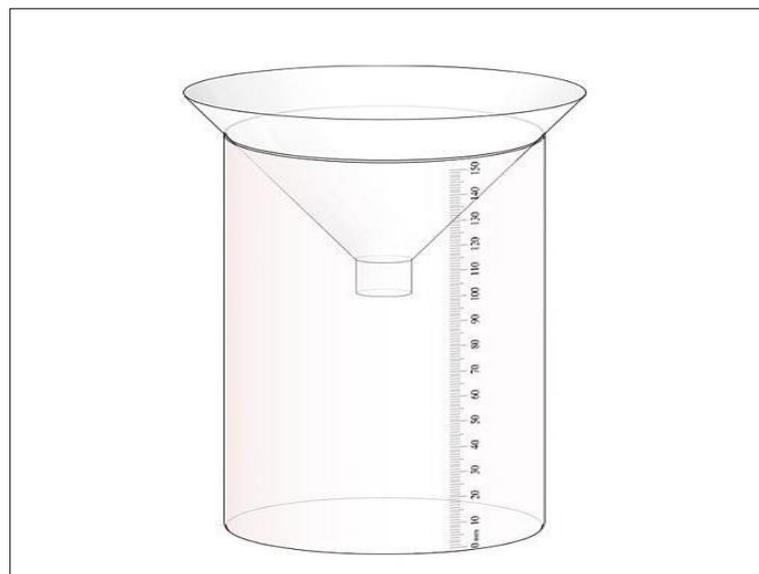


Figura 1. Modelo de un pluviómetro casero.

Fuente: OMM (2011)

- Ubicación de Pluviómetros

Según la OMM (2011) se toma en cuenta zonas con vegetación densa y homogénea para la protección del viento, evitar superficies duras (hormigón) para evitar salpicaduras excesivas, la boca del pluviómetro debe hallarse lo más baja posible con relación al suelo (la velocidad del viento aumenta con la altura), pero al mismo tiempo lo suficientemente elevada para evitar salpicaduras al interior, se recomienda ubicarlos a partir de 30 cm de altura.

-Precipitación Horizontal

Para medir la precipitación horizontal se puede realizar por medio de dos formas:

a) Forma matemática

Según (Schemenauer, 1994) mediante flujo másico (kg/s) determinando la masa del aire que pasa a través de una superficie, para el uso de esta metodología existen varias incertidumbres ya que no existen investigaciones claras donde hayan usado esta ecuación la cual usa datos que no son reales o exactos.

b) Forma Física

Para medir físicamente se utiliza neblinómetros, brindan información exacta siendo un valor real medido en el campo, sin embargo, la disponibilidad de estos dispositivos es escasa y se requiere su fabricación para realizar el análisis de estimación de cantidad de neblina (Rivera, 2017).

Los neblinómetros tienen forma de arpa o cilíndrica y se instalan a determinadas alturas en la costa o en las montañas con el objetivo de captar las partículas de agua que posee la neblina y determinar el aporte de la precipitación horizontal de un área determinada (Schemenauer-Cereceda, 1994).

Su área de captación consta de medidas estandarizadas por el Stantard Fog Collector y Louvered Screen Fog Collector, son sencillos de fabricar, de bajo

mantenimiento y pueden permanecer largos periodos en el campo (Rivera, 2017).

En el (Anexo 2g) se muestra los datos de volumen promedio de agua de neblina que se han desarrollado en diferentes investigaciones en todo el mundo utilizando los neblinómetros.

- Arpa o Unidireccionales.

Según el (SFC) Standard Fog Collector (Schemenauer-Cereceda, 1994), los neblinómetros unidireccionales o arpas, consisten en un marco de madera, hierro o aluminio de 1 m x 1 m, en su interior hilos de polipropileno conocida como malla raschel, esta malla se fabrica a diferentes densidades que van desde el 35% hasta el 95%, bajo el arpa una canaleta que conduce el agua interceptada hacia un recipiente y postes de 2 m de aluminio o madera que funcionan como soporte (Figura 2).

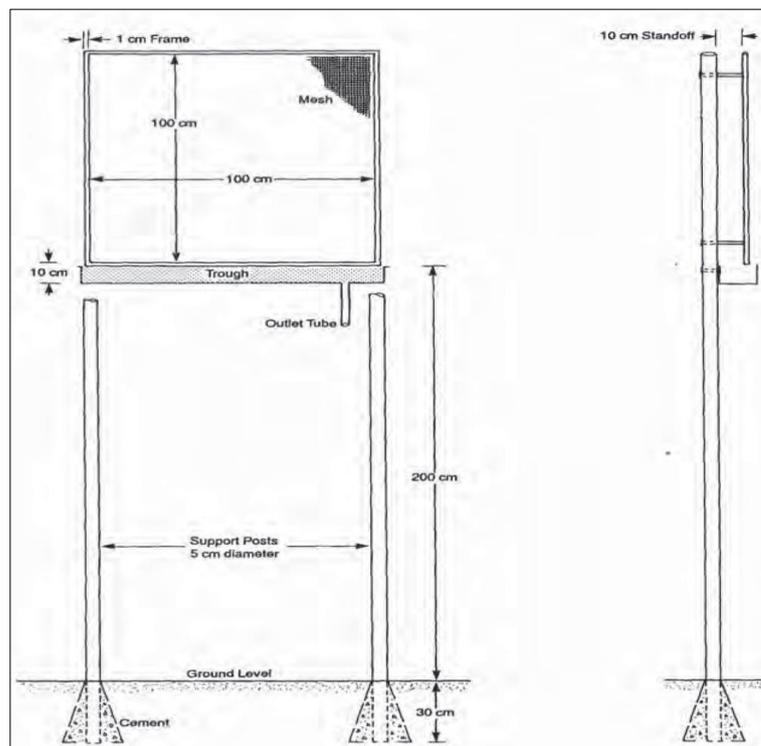


Figura 2. Modelo (SFC) de un neblinómetro unidireccional o arpa.

Fuente: Schemenauer-Cereceda (1994)

- Cilindros o multidireccionales

Según el (LSFC) Louvered Screen Fog Collector (Juvik-Ekern, 1978), los neblinómetros multidireccionales o cilindros Juvik miden precipitación horizontal de manera multidireccional. Se conforma por mallas de material de aluminio con un radio de 13 cm y una altura de 60 cm recubiertas con malla raschel al 35%, estos cilindros se ubican sobre un embudo y se conecta a un recipiente el cual recolecta el agua interceptada y están instalados en un poste que sirve como soporte (Figura 3).

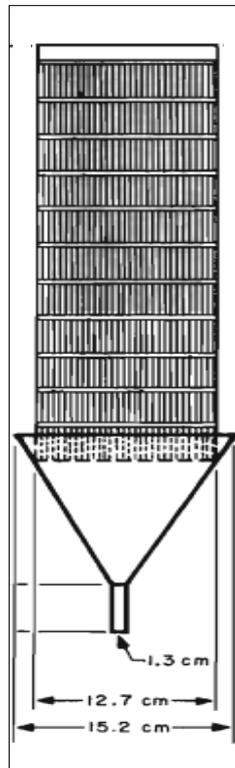


Figura 3. Modelo de un neblinómetro multidireccional o cilindro.

Fuente: Juvik-Eker, (1978)

- Malla Raschel

Se ha logrado establecer que la malla raschel con un coeficiente de cobertura del 35% es la que retiene más cantidad de agua y a la vez ofrece mayor resistencia al viento y actualmente es la que más se usa en este tipo de estructuras. La malla está tejida en un patrón triangular, el ancho de la fibra es de 1 mm y tiene un espacio entre las líneas horizontales en la malla de 1,3 cm presentando mayor rendimiento al permitir el paso de mayor flujo del viento reteniendo porcentaje de agua (Figura 4) (Joslin-Mueller y Wolfe, 1990).

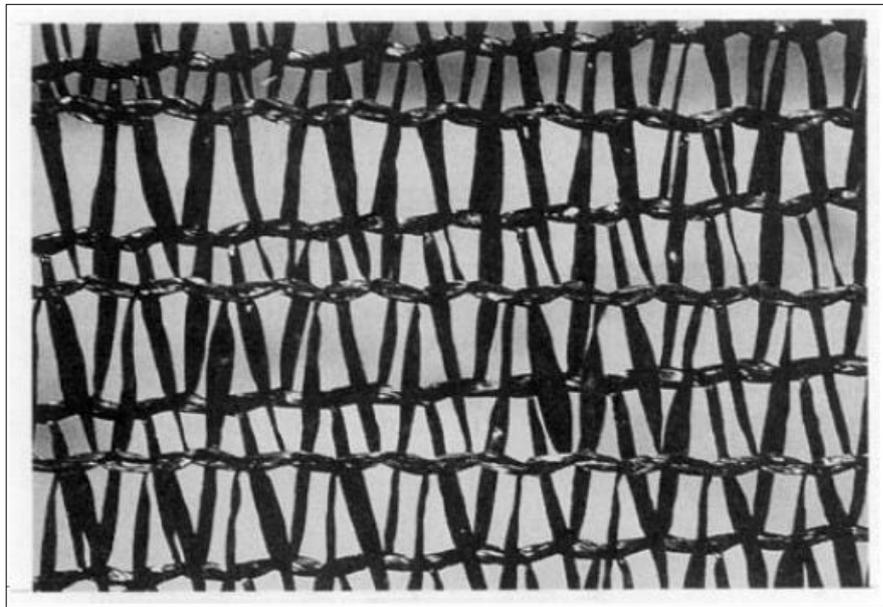


Figura 4. Malla Raschel, coeficiente de cobertura de 35%

Fuente: Joslin, Mueller-Wolfe (1990)

- Eficiencia de los neblinómetros

La eficiencia en la captación no es uniforme entre los dos tipos de neblinómetros, la posición de las arpas es paralela en la captura de agua de neblina y los cilindros capturan el agua de neblina en 360° a su posición. Aun así es importante determinar la eficiencia de cada modelo y comparar con otros estudios tomando en cuenta la cantidad total de agua interceptada evaluándola en (%) (Frumau-Bruijnzeel y Tobon, 2006).

Brunijnzeel (2004) resalta la diferencia en cuanto a nivel de eficiencia existente entre los colectores artificiales de malla como son los neblinómetros unidireccionales que consisten en arpas y los neblinómetros cilíndricos o conocidos como multidireccionales, considerando estos últimos como más eficientes por tener siempre la misma área expuesta a la dirección del viento.

- Ubicación de los neblinómetros

Para la instalación de un sistema de captación de agua de neblina se deben considerar dos fases: la primera, la prospección de neblina con la dirección de los vientos a través de la observación visual, determinando los sitios de experimentación tomando en cuenta algunos factores geográficos, la segunda: la construcción, operación y mantenimiento de neblinómetros (Ordoñez, 2011).

Schemenauer-Cereceda (1994) señalan la orientación de los neblinómetros deben estar ubicados perpendicular a la dirección de los vientos que transportan la neblina considerando el nivel altitudinal, esto aumenta las posibilidades de captación de agua y en el caso de neblinas costeras se recomienda ubicarse dentro de los primeros 5 km.

- Métodos para calcular la precipitación en una cuenca

La selección del método requiere tener en cuenta el tipo de datos y la precisión requerida en el resultado.

Según la OMM (2011), estos métodos permiten interpretar la distribución espacial de la precipitación, ponderando los valores mensuales, anuales en un área determinada, tiene la ventaja de ser objetivos y se pueden realizar por técnicas informáticas.

a) Promedio Aritmético

La media aritmética de los valores de precipitación observados en las estaciones de una cuenca de drenaje es la estimación objetiva más simple de la precipitación media en la cuenca. Permiten obtener muestras adecuadas de la distribución de la precipitación sobre la cuenca. Se puede verificar si este método es conveniente al compararlo con métodos más complejos (Mijares, 1999).

b) Método de las isoyetas

Según Mijares (1999) es uno de los métodos más precisos cuando la medición se realiza en regiones montañosas y permite cuantificar el valor medio y representar gráficamente la distribución de la precipitación, el método consiste en trazar líneas llamadas isoyetas a partir de los datos puntuales reportados por los medidores de precipitación

c) Interpolación función inversa de la distancia (IDW)

Este método asume que cada punto posee una influencia local que disminuye con la distancia, ponderando con mayor fuerza a los puntos con datos cercanos al punto de valor desconocido y con menor intensidad sobre aquellos ubicados a mayor distancia, se trata esencialmente de una media ponderada y por tanto el resultado se encuentra siempre incluido dentro del rango de variación de los datos (Tveito-Schöner, 2002).

2.1.3 Análisis Estadístico

En hidrología la técnica estadística es destinada a analizar las causas de por qué pasan las cosas.

Los modelos de regresión se usan para estimar "la mejor" relación funcional entre una variable dependiente y una o varias variables independientes, mientras que los métodos de correlación se utilizan para medir el grado de asociación de las distintas variables (Vargas, 2007).

a) Correlación lineal de Pearson

En meteorología el análisis bivariado entre dos variables permite examinar si existe asociación o diferencia estadística entre ellas.

La asociación lineal entre dos variables se encuentra exactamente a lo largo de una línea recta con pendiente positiva $r = 1$, esta medida es conocida como correlación lineal de Pearson (Helsel-Hirsch, 2002)

b) Regresión lineal Múltiple

El Análisis de Regresión Lineal Múltiple permite establecer la relación entre una variable dependiente (Y) y un conjunto de variables independientes (X1, X2,... XK). El análisis de regresión lineal múltiple se aproxima a situaciones de análisis reales de los fenómenos naturales que son complejos (Peña, 1995).

2.2 Marco Legal

La presente investigación se encuentra enmarcada en la actual política del Ecuador, sobre la protección de los bosques y manejo del recurso. A continuación se detallan las leyes correspondientes a los bosques y recurso hídrico.

2.2.1 Constitución Política de la República del Ecuador

Como se describe en la Constitución de la República del Ecuador (2008), Título V, Capítulo cuarto (Organización territorial del Estado), específicamente en el Art. 261, en donde se hace referencia a la protección de los bosques nublados y a la garantía del ciclo hidrológico, en todos los estados ya sea líquido, sólidos o gaseoso.

2.2.2 Código Orgánico Ambiental

El código orgánico ambiental en su Título I, capítulo 1 (objetivos, ámbitos y fines), Art 5. Derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, literal 2 establece, el manejo sostenible de los ecosistemas con especial atención a los ecosistemas frágiles y amenazados tales

como páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, manglares y ecosistemas marinos y marinos-costeros.

Título II, capítulo 2 (sistema de área) en su Art. 40. Declaratoria de áreas protegidas, en el literal 2 considera de forma prioritaria los ecosistemas frágiles y amenazados tales como: páramos, humedales, manglares, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos, ecosistemas marinos y marinos costeros, entre otros.

2.2.3 Plan de Desarrollo 2017-2021

En el Plan Nacional de Desarrollo, el proyecto de investigación se enmarca dentro del Eje 1 “Derechos para todos durante toda la vida”, Objetivo 3 “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones”, y en las siguientes políticas:

-3.1 Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental, insular y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones.

-3.4 Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.

-3.5 Impulsar la economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregador de valor de recursos renovables, propiciando la corresponsabilidad social y el desarrollo de la bioeconomía.

2.2.4 Ley de Recursos Hídricos

La ley de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua (2008), en su Título II, Capítulo 1, Art. 11, establece la forma de recolección hidráulica, la forma de aprovechamiento del recurso hídrico, las formas de extracción, almacenamiento y conducción de este recurso, así como la recarga de acuíferos naturales con el objetivo de mantener los cauces y corrientes naturales con el fin de mantener la biodiversidad acuática en perfecto estado y puedan realizar sus actividades metabólicas y funcionales.

En cuanto a las formas de protección del dominio hídrico público, en su Título II, Capítulo 2, Art. 61, menciona las formas de protección del dominio hídrico público y singularmente de las fuentes de agua, las servidumbres de uso público, las zonas de protección hídrica y las zonas de restricción. Asimismo, en su Título II, Capítulo 2, Art. 103, sobre la protección de las fuentes de agua, establece en el caso que la autorización solicitada pueda afectar a fuentes de agua o zonas de recarga de acuíferos, la Autoridad Única del Agua deberá cuidar expresamente de que se mantenga la calidad del agua y el equilibrio de los ecosistemas correspondientes.

2.2.5 Libro III del Régimen Forestal

En su título IV, hace referencia sobre los bosques y vegetación protectores en su Art. 16, señala, son bosques y vegetación protectores aquellas formaciones vegetales, naturales o cultivadas, arbóreas, arbustivas o herbáceas de dominio público o privado, que estén localizadas en áreas de topografía accidentada, en cabeceras de cuencas hidrográficas o en zonas que por sus condiciones climáticas, edáficas e hídricas, no son aptas para la agricultura o la ganadería, sus funciones son las de conservar el agua, el suelo, la flora y la fauna silvestres.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del Área de Estudio

El “Bosque Nublado Asabí” está ubicado en la denominada zona de Intag, en la comunidad de La Delicia perteneciente a la Parroquia Plaza Gutiérrez ubicada al occidente de la provincia de Imbabura (Figura 5).

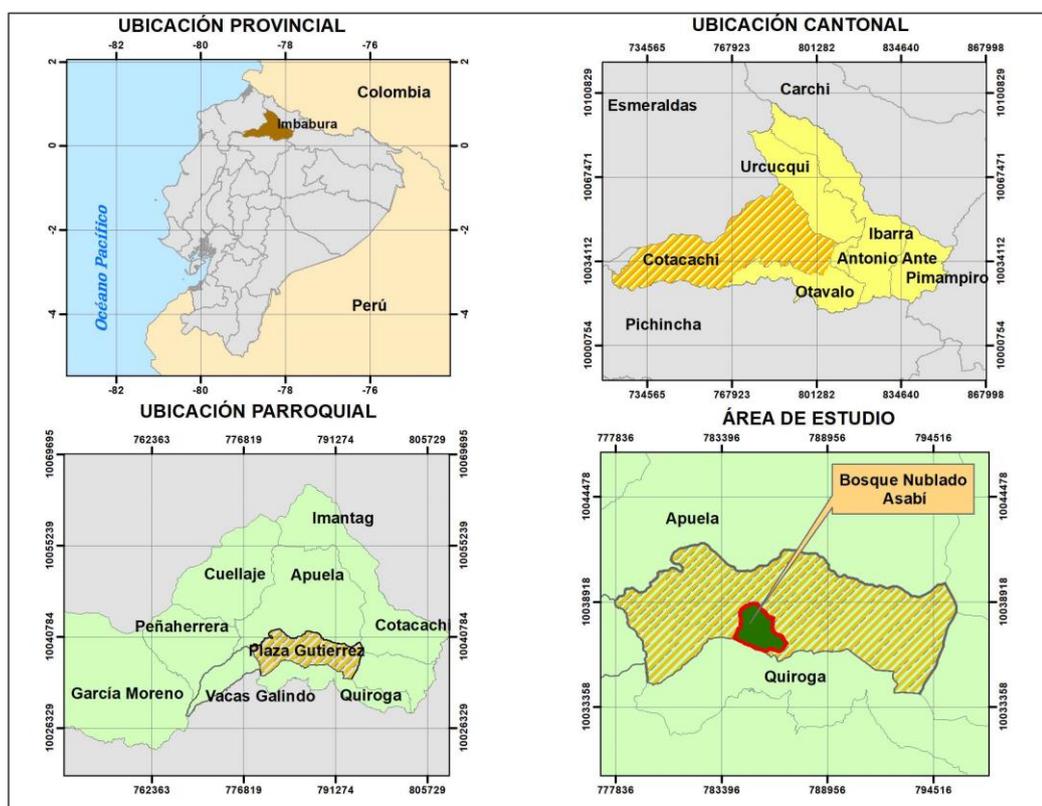


Figura 5. Localización del área de estudio

La parroquia de Plaza Gutiérrez limita al norte con la Parroquia de Apuela, al sur con la Parroquia Quiroga, al este con Imantag y Cotacachi y al oeste con la Parroquia Vacas Galindo (Figura 6).

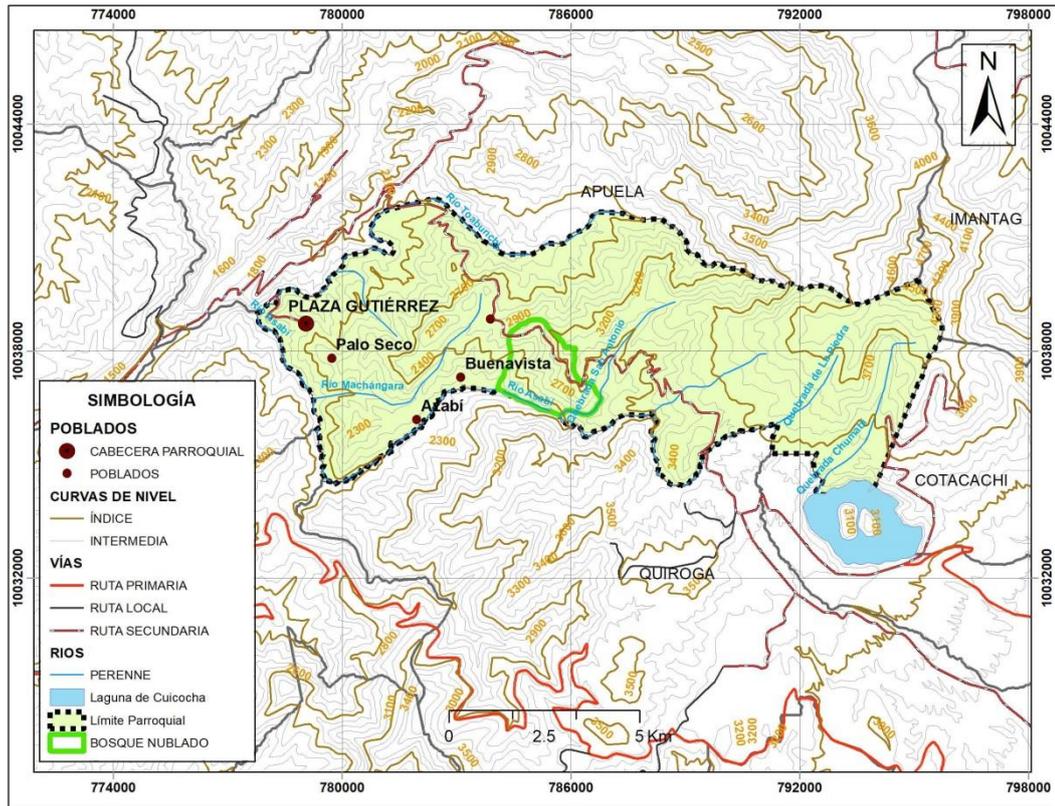


Figura 6. Parroquia de Plaza Gutiérrez.

La altitud va desde los 1700 msnm en la comunidad de Santa Rosa hasta los 2700 msnm, en la comunidad de La Delicia. El clima es subtropical mesotérmico, húmedo en la comunidad de Santa Rosa y en la Cabecera Parroquial.

El clima ecuatorial mesotérmico húmedo está presente en la comunidad de San Fernando, Palo Seco, San Vicente, Azabí de Mortiñal, Buena Vista, El Gallinero, La Delicia y Tabla Chupa con una temperatura promedio entre los 12 °C y 15 °C, al norte de la parroquia en forma gradual se incrementa los niveles de humedad y precipitaciones, con un promedio anual entre los 1500 y 2000 mm (Planificación GADPRPG, 2014).

El territorio parroquial tiene una topografía irregular y forma pendientes de tipo montañoso, escarpado y colinado, cuenta con abundantes recursos hídricos, en donde se identifican los ríos Asabí y Toabunche que comprenden los límites

Norte y Sur de la parroquia, estos ríos conforman la Subcuenca del río Intag que a su vez, forma parte de la cuenca del río Guayllabamba.

La biodiversidad, agua, suelo y el bosque son considerados recursos de alta importancia para el desarrollo sustentable y la práctica cotidiana de actividades agropecuarias, artesanales y turísticas en la parroquia. Los recursos naturales constituyen una fuente de vida para la población.

Los bosques de neblina ubicados cerca del páramo del nevado Cotacachi, y las reservas naturales protegidas (Tabla 1), son considerados de gran importancia para la conservación del recurso natural del sector, debido a la existencia de una gran biodiversidad de flora y fauna (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Plaza Gutiérrez, 2014).

Tabla 1. Áreas naturales protegidas

NOMBRE DEL ÁREA	UBICACIÓN	EXTENSIÓN [Ha]	MICROCUENCA CERCANA	PROPIETARIO/ RESPONSABLE
Bosque Neblina 1	La Delicia	1800	Río Asabí	DECOIN
Bosque Neblina 2	Zambales	Sin información	Río Asabí	Azabí del Mortiñal.
La Florida	Santa Rosa	393	Río Toabunche	Sr. Carlos Zorrilla
Siempre Verde	Santa Rosa	180	Río Toabunche	Nelson Ruiz
Árbol Lindo	San Francisco	Sin información	Río Toabunche	Guardabosques

(Planificación GADPRPG, 2014).

El Bosque Neblina 1 o “Bosque Nublado Asabí” es el área seleccionada para la presente investigación. Cuenta con una extensión de 1800 (Ha) y está situado en la subcuenca del río Asabí, a una altitud que va desde los 1800 msnm hasta 3200 msnm (Figura 7).

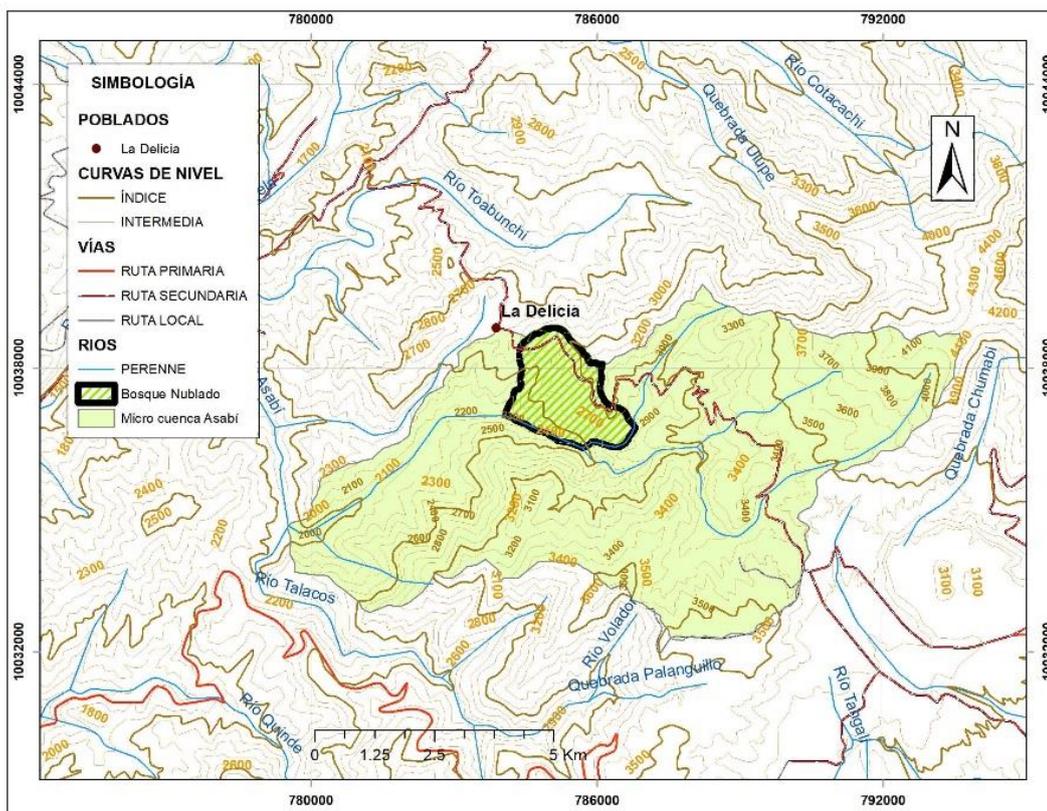


Figura 7. Ubicación del “Bosque Nublado Asabí”.

El “Bosque Nublado Asabí” de Intag es conocido como *Reserva de Neblina* por estar la mayor parte del tiempo cubierto por gran cantidad de neblina, por sus características únicas constituye el hábitat de muchas especies de plantas y animales (DECOIN, 2018).

El bosque nublado es el hábitat de muchas especies de aves; especialmente colibríes, anfibios y otros animales desde pequeños insectos hasta grandes mamíferos, pues su gran variedad de flores y frutos brindan alimento a un sin número de organismos (Escobar, 2008).

La vegetación arbórea característica del bosque está dominada por epifitas de los géneros *Tilandsia*, *Epidendrum*, *Lepanthes* y *Elleanthus*, las mismas que son indicadores del estado de conservación del bosque y tienen importancia en el ciclo hidrológico de los ríos y drenajes, permitiendo mayor captación y distribución del agua hacia las zonas bajas después de la ocurrencia de las precipitaciones, siendo necesarias en el mantenimiento y en la funcionalidad hídrica del bosque (De La Torre, 2008).

3.2 Materiales y equipos

En la Tabla 2 se detallan los materiales utilizados en el desarrollo de la presente investigación.

Tabla 2. Materiales de campo y oficina.

Materiales	Equipos	Software
Libreta de campo	Cámara Fotográfica	Arc GIS 10.5
Cartas topográficas	Computadora (Laptop)	SPSS
Sarán al 35%	GPS Garmin 64s	
Manguera: 8 metros	Impresora	
Nylon: 3 metros	Vehículo	
Cuerda: 7 metros	Flexómetro de 5 m.	
Bidones		
Tubos PVC		
Recipientes plásticos		
Estacas de 70 cm		
Postes de madera de 2.50 m		
Embudos		
Abrazaderas		
Probeta		

3.3 Métodos

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación se estableció la siguiente metodología:

- Fase I. Análisis de las variables meteorológicas del área de estudio.
- Fase II. Determinación del tipo de cobertura vegetal e identificación de los sitios con mayor frecuencia de neblina en el área de estudio.
- Fase III. Medición del aporte de la precipitación vertical y horizontal a la precipitación total del bosque “Bosque Nublado Asabí”.

3.3.1 Análisis de las variables meteorológicas del área de estudio

Haciendo referencia a la metodología del (INAMHI, 2015), donde propone que se debe seleccionar las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio y situada en el mismo piso climático o similar, se identificaron cinco estaciones meteorológicas cercanas al bosque nublado Asabí, las cuales son cuatro estaciones de tipo pluviométricas (PV), en donde se registra únicamente la precipitación y una estación de tipo climatológica principal (CP) (Tabla 3), que permite obtener registros de precipitación, temperatura del aire, humedad, velocidad y dirección del viento, radiación solar, evaporación y otros fenómenos especiales.

Las variables meteorológicas empleadas para la investigación fueron:

- Precipitación mensual (mm).
- Temperatura mínima, media y máxima, mensual (°C).
- Humedad Relativa (%).
- Punto de Rocío (°C).
- Velocidad del viento (m/s).

Tabla 3. Estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio.

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	COORDENADAS		ALTITUD msnm	DISTANCIA (km)	PROMEDIO
			UTM WGS 84 Z17 S				ANUAL
			X	Y			(mm)
M001	Inguincho	CP	789081	10028216	3140	8	106
M317	Cotacachi	PV	776517	10038908	2410	20	112
M318	Apuela	PV	763866	10025599	1620	9	129
M325	García Moreno	PV	769465	10026891	1950	26	144
M326	Selva Alegre	PV	803809	10033383	1800	19	147

CP= Climatológica Principal.

PV= Pluviométrica.

Se analizó las variables meteorológicas: precipitación mensual utilizando las estaciones M001 (Inguincho), M317 (Cotacachi), M318 (Apuela), M325 (García Moreno), M326 (Selva Alegre) propiedad del INHAMI y la Humedad Relativa, Punto de Rocío, Velocidad del viento, Temperatura máxima, media y mínima se seleccionó la estación M001 (Inguincho) (Figura 8). Se consideró un total de 37 años de registro de datos, desde el año 1978 hasta el año 2015.

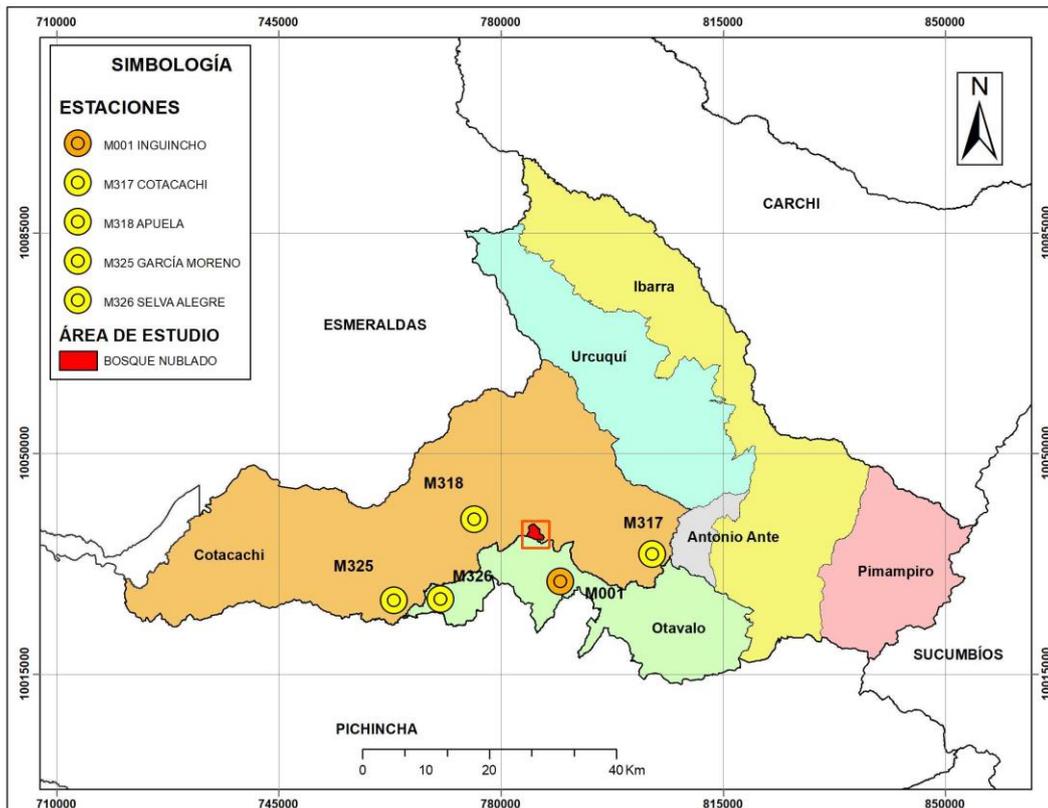


Figura 8. Ubicación de estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio

3.3.2 Determinación del tipo de cobertura vegetal e identificación de los sitios con mayor frecuencia de neblina en el área de estudio

La cobertura vegetal y su diversidad florística de los bosques nublados son una fuente importante de interceptación de agua de neblina condicionando la cantidad de neblina y aplicabilidad de los neblinómetros (González, 2000).

- Cobertura Vegetal

Se determinó el tipo de cobertura vegetal del área de estudio, utilizando el mapa de cobertura vegetal del año 2016 y el mapa de bosques vegetales de protección realizado por el Ministerio de Ambiente (2017) con ayuda de ArcGis 10.5.

- Caracterización de presencia de neblina

Mediante el trabajo de campo en el mes de Octubre-2017 se observó visualmente la periodicidad de neblina durante 1 semana en las horas de la mañana (Figura 9), tarde (Figura 10) y noche, estableciendo puntos con mayor presencia de neblina (densa, intermedia y dispersa).



Figura 9. Presencia de neblina en horas de la mañana en la cuenca media del bosque nublado Asabí



Figura 10. Presencia de neblina en horas de la tarde en la cuenca alta del bosque nublado Asabí

Considerándose densa si la visibilidad era menor a 10 m, intermedia cuando se puede observar a través de la neblina un perfil y dispersa cuando se diferencian los objetos a través de la neblina. Enfocándose en su movimiento con la dirección del viento hacia la cuenca baja, media y alta (OMM, 2011).

En el área de estudio se determinó visualmente la mayor presencia de neblina en horas de la mañana, de tipo densa, ubicándose en la parte alta de la cuenca (Tabla 4) principalmente cuando la temperatura es mínima coincidiendo con lo señalado por (Meruane-Garraud, 2015).

Tabla 4. Caracterización de la neblina

Días	Observación de presencia de Neblina								
	Mañana	Cuenca	Tipo	Tarde	Cuenca	Tipo	Noche	Cuenca	Tipo
1	07:00	alta	densa	14:00	media y	dispersa	18:00	alta	densa
	10:00			17:00	alta		20:00		
2	07:00	media y	densa	15:00	baja	dispersa	19:00	alta	densa
	09:00	alta		16:00			21:00		
3	09:00	alta	densa	12:00	media	intermedia	18: 00	alta y	Intermedia
	11:00			14:00			20:00	media	
4	08:00	media	Intermedia	12:00	baja	dispersa	18:00	alta	densa
	10:00			14:00			20:00		
5	07:00	alta	densa	13:00	baja	intermedia	19:00	media	intermedia
	11:00			15:00			20:00		
6	8:00	media y	densa	12:00	media y	densa	18:00	media	intermedia
	11:00	alta		15:00	alta		21:00		
7	07:00	alta	densa	14:00	alta	intermedia	19:00	media	densa
	10:00			17:00			21:00		

3.3.3. Cuantificación del aporte de la precipitación vertical y horizontal a la precipitación total del bosque nublado Asabí

A través de la revisión de literatura realizada se determinó la metodología adecuada para la medición, la cuantificación de precipitaciones y la construcción de los diferentes medidores de precipitación.

a) Precipitación vertical

Siguiendo la metodología propuesta por la OMM (2011) la precipitación se midió mediante pluviómetros.

-Elaboración de Pluviómetros manuales caseros

Se elaboraron cuatro pluviómetros caseros de medición manual tomando como referencia el modelo propuesto por la OMM (2011). Son recipientes cilíndricos de 4 litros, un embudo de 15 cm de diámetro y una cinta graduada en su interior (Figura 11). Permitiendo conocer la variabilidad espacial de la

precipitación vertical durante seis meses (noviembre 2017- abril 2018), se registraron los datos semanalmente a una hora fija 08: 00.



Figura 11. Pluviómetro casero de medición manual

-Ubicación de Pluviómetros manuales caseros en el área de estudio

Se ubicaron en zonas con vegetación densa y homogénea como barrera natural circundante para reducir la influencia del viento en la lluvia, finalmente la boca del pluviómetro se ubicó a 50 cm de la superficie para evitar entradas por salpicaduras, metodología propuesta por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011).

-Medición de la precipitación vertical en el área de estudio

Se midió el volumen depositado en los pluviómetros manuales con una probeta de 500 ml, este volumen (ml) se transformó a lámina de agua (mm) de acuerdo al área (radio) de captación de los pluviómetros (Tabla 5).

Tabla 5. Volumen captado (ml) transformado a lámina de agua (mm).

INSTRUMENTO	FÓRMULA	RADIO DEL ÁREA DE CAPTACIÓN	FACTOR DE CONVERSIÓN (C)
Pluviómetros manuales	$1000 \text{ mm}^3 / (3,1416 * R^2)$	R = 15	0,0019635

R= Radio.

- Relación espacial precipitación vertical mensual INAMHI – pluviómetros manuales caseros

Se realizó un análisis estadístico comparando el volumen de agua en milímetros (mm) medidos en el área de estudio con los datos mensuales de precipitación registrados en las estaciones meteorológicas del INAMHI cercanas al área de estudio. Estos registros fueron divididos para el área del bosque como lo señala la OMM (2011), los datos registrados de precipitación en las estaciones que están cerca pero fuera de la cuenca o área seleccionada, el volumen de precipitación (mm) se divide entre la superficie total (área en Km²) para obtener la variación temporal y espacial cualitativa de la lluvia sobre la cuenca.

Se calculó mediante la ecuación lineal de Pearson obteniendo el tipo de correlación entre los datos registrados de precipitación vertical por el INAMHI y los datos de precipitación vertical medidos en el área de estudio, obteniendo el coeficiente de varianza entre variables siendo positivo o negativo de -1 a 1 (Tabla 6), validando los datos de precipitación vertical medidos en el área de estudio utilizando Excel 2016.

Ecuación 1. Cálculo de Pearson

$$r_{xy} = \frac{\sum ZxZy}{N}$$

Fuente: Helsel-Hirsch (2002)

Donde, Zx es la covarianza de los valores x, Zy la covarianza de los valores y N es el número de datos.

Tabla 6. Correlación lineal entre 2 variables.

Valores de r	Tipo y grado de Correlación
-1	Negativa perfecta
$-1 < r \leq -0.8$	Negativa fuerte
$-0.8 < r < -0.5$	Negativa moderada
$-0.5 \leq r < 0$	Negativa débil
0	No existe
$0 < r \leq 0.5$	Positiva débil
$0.5 < r < 0.8$	Positiva moderada
$0.8 \leq r < 1$	Positiva fuerte
1	Positiva perfecta

Fuente: (Hurtado, 2009)

b) Precipitación Horizontal

La medición de la precipitación horizontal se hizo físicamente usando neblinómetros como lo indica la metodología propuesta por (Schemenauer-Cereceda, 1994 y Juvik-Ekern, 1978), ya que para medir la precipitación horizontal matemáticamente no existen investigaciones que muestren validez a este método.

-Elaboración de los neblinómetros

Se construyeron ocho neblinómetros de dos tipos, cuatro unidireccionales (arpas) y cuatro multidireccionales (cilindros) considerando los modelos propuestos según la metodología y adaptándoles a la realidad del área de estudio con las experiencias en otros lugares. Permitiendo conocer la variabilidad espacial de la precipitación horizontal durante seis meses (noviembre 2017- abril 2018), en donde se hizo el registro de datos semanalmente a las 08: 00.

-Unidireccional (arpa)

El arpa de 1 m x 1 m fue colocada entre dos postes de madera de 2,50 m de largo, en el extremo inferior del arpa se ubicó un tubo PVC como canaleta recolectora que lleva el agua interceptada hacia un extremo donde se conecta una manguera que conduce el agua hasta el colector o bidón con capacidad de 6 litros como lo establece el Standard Fog Collector for Use in High-Elevation Regions (Schemenauer-Cereceda, 1994). Adicionalmente, con el objeto de evitar el ingreso de precipitación vertical (lluvia), se implementaron techos sobre las arpas de 1 m x 80 cm (Figura 12).

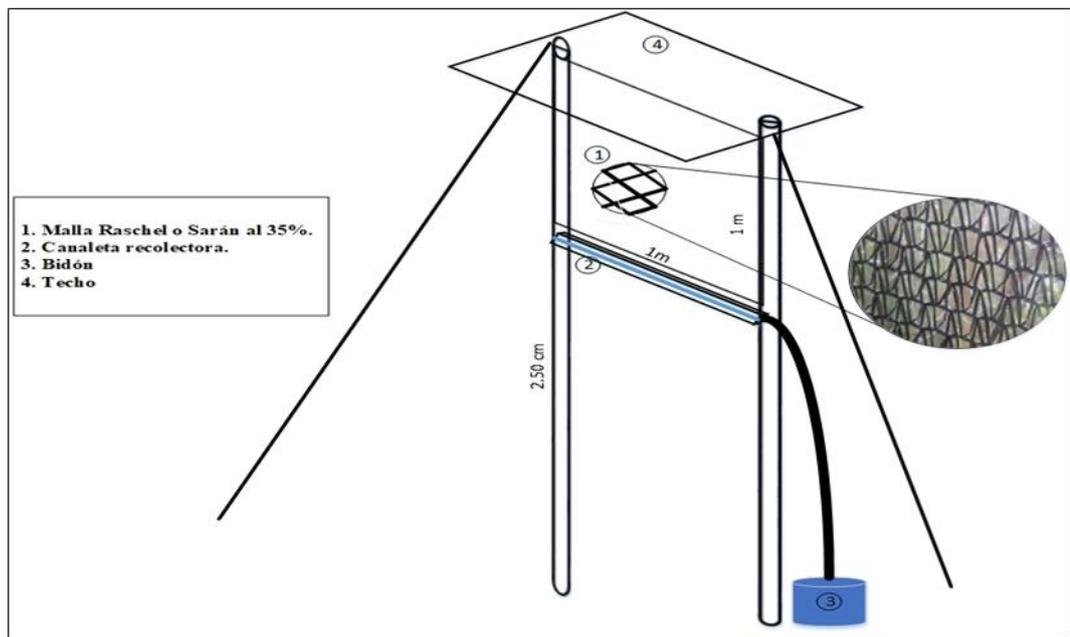


Figura 12. Diseño y prototipo de los neblinómetros unidireccionales.

- Multidireccional (cilindro)

El cilindro de 60 cm de largo y 13 de radio se instaló sobre un embudo de plástico de 25 cm de radio, conectado a un colector o bidón con 6 litros de capacidad, e instalados sobre postes de madera de 2,50 m de altura según la metodología del Louvered Screen Fog Collector (Juvik-Ekern 1978).

De manera similar que en el caso de los neblinómetros unidireccionales, se ubicaron techos sobre los multidireccionales para evitar el ingreso de lluvia (Figura 13).

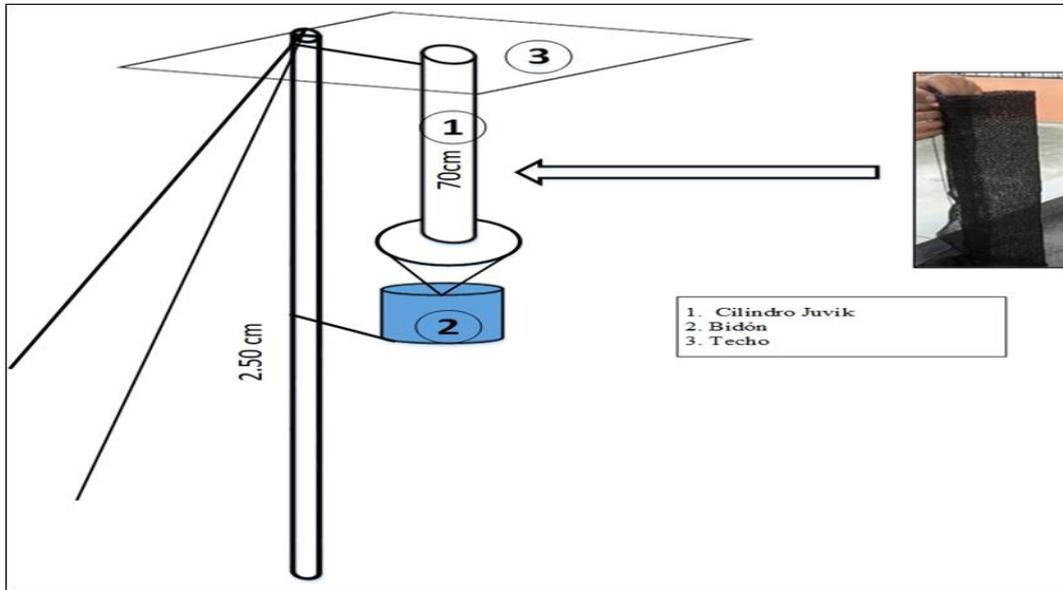


Figura 13. Diseño y prototipo de los neblinómetros multidireccionales.

-Ubicación de los neblinómetros

Se seleccionaron los sitios de ubicación en el área de estudio teniendo en cuenta lo señalado por Schemenauer-Cereceda (1994), el relieve montañoso, la altitud, presencia de neblina y la dirección de la neblina transportada por el viento, estableciendo los puntos específicos para la ubicación de los neblinómetros para mayor captación del volumen de agua.

-Captación Volumen/ área neblinómetros

Para determinar el volumen de agua captada por el tamaño del área interceptante de los neblinómetros unidireccionales y multidireccionales se utilizó las siguientes formulas (Rivera, 2017):

Ecuación 2. Neblinómetro unidireccional

$$\text{Área} = \frac{1000 \text{ mm}^3}{(l * l)}$$

Fuente: Caceres (1981)

Donde, mm^3 es milímetro cúbico y l son los lados del área del neblinómetro unidireccional

Ecuación 3. Neblinómetro Multidireccional

$$\text{Área} = \frac{1000 \text{ mm}^3}{(l * a)}$$

Fuente: Caceres (1981)

Donde, mm^3 es milímetro cúbico, l es el lado del área y a es el ancho del área del neblinómetro multidireccional.

Según las fórmulas el factor de conversión del tamaño del área de los neblinómetros elaborados es 10, 0000 para el unidireccional y 6597,34 para el multidireccional (Tabla 7).

Tabla 7. Factor de conversión (C) del volumen captado por los neblinómetros (ml) a lámina de agua (mm).

INSTRUMENTO	FÓRMULA	ÁREA DE CAPTACIÓN	FACTOR DE CONVERSIÓN
Unidireccional	$1000 \text{ mm}^3 / (l * l)$	$l = 1000 \text{ l} = 1000$	10,000
Multidireccional	$1000 \text{ mm}^3 / (l * a)$	$l = 60 \text{ a} = 13$	6597, 34

L= Lado
a= Ancho

El volumen de agua depositado en los recipientes de los neblinómetros fue medido cada semana con la ayuda de una probeta de 500 ml durante la investigación.

-Eficiencia de cada tipo de neblinómetro.

Se comparó la precipitación horizontal total (mm) interceptada por los neblinómetros unidireccionales y multidireccionales determinando la eficiencia de cada tipo de neblinómetro en (%) (Frumau y Bruijnzeel-Tobon, 2006).

c) Estaciones en el área de estudio

Se establecieron cuatro estaciones considerando la metodología para la ubicación de los pluviómetros manuales caseros y los neblinómetros (OMM, 2011). Cada estación constó de un neblinómetro unidireccional, multidireccional y un pluviómetro manual casero (Figura 14). Tomando en cuenta fácil acceso al área y la pendiente (Tabla 8).

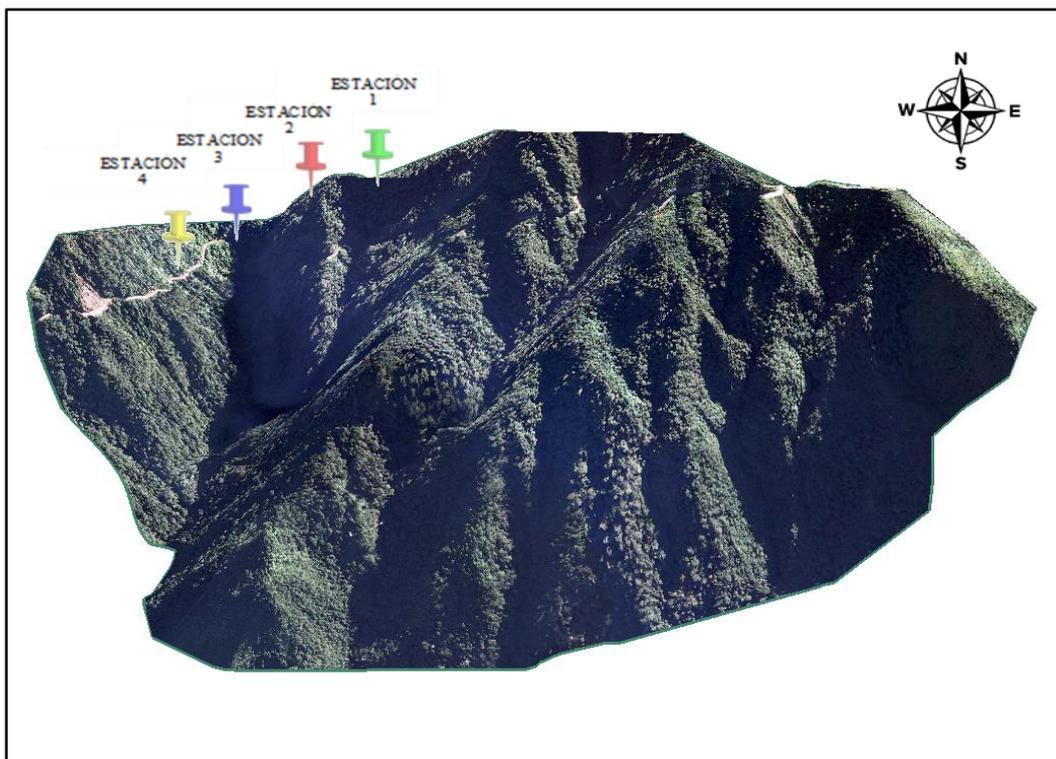


Figura 14. Ubicación de los medidores de precipitación en el área de estudio.

El bosque es travesado por la vía de acceso a la zona de Intag, y sus quebradas a través de escorrentía superficial abastecen de agua al río Asabí. Las estaciones se ubicaron al oeste en la cuenca alta del bosque en diferentes niveles altitudinales: 2900, 2800, 2700 y 2600 msnm.

Tabla 8. Coordenadas y altitudes de las estaciones.

ESTACIONES	COORDENADAS UTM WGS 84 Z 17 S		ALTITUD msnm	PENDIENTE	DISTANCIA VÍA (m)
	X	Y			
P1: Estación 1	785060	38696	2900	25-50%	162
P2: Estación 2	784303	38502	2800	25-50%	154
P3: Estación 3	784211	38448	2700	25-50%	34
P4: Estación 4	783912	38392	2600	25-50%	32

d) Ponderación de la precipitación en el área de estudio

Se pondero los valores de precipitación vertical y horizontal mediante los métodos:

- Promedio Aritmético

Con los datos medidos de las precipitaciones, se calculó la precipitación media en el área de estudio mediante la fórmula del promedio aritmético Mijares (1999), utilizando Excel 2016 y se calculó de la siguiente forma:

Ecuación 4. Promedio Aritmético

$$x = \sum \frac{P_i}{n}$$

Fuente: Mijares (1999)

Donde, x es la precipitación promedio a determinar (mm), \sum significa sumatoria, P_i es la precipitación en cada uno de los pluviómetros y n es el número de pluviómetros ubicados en la cuenca.

- Método de las isoyetas

Utilizando el software Arc GIS 10.5 se crearon líneas (isoyetas) en el área de estudio y se determinó la precipitación media y su influencia en el área (Mijares, 1999), usando Excel 2016 a través de la siguiente expresión:

Ecuación 5. Isoyetas

$$p = \frac{\sum_{j=1}^m [(P_j + P_{j+1}) / 2] * A_j}{\sum_{j=1}^m A_j}$$

Fuente: Mijares (1999)

Donde, P_j es el valor de la precipitación de la Isoyeta, A_j área incluida entre dos isoyetas consecutivas y m el número total de isoyetas.

- Interpolación Función inversa a la distancia (IDW)

Los datos de precipitación se interpolaron mediante Arc GIS 10.5, obteniendo un modelo que estima los valores de las celdas calculando promedios de los valores de los puntos de datos de muestra en la vecindad de cada celda de procesamiento.

Ecuación 6. Fórmula Interpolación (IDW)

$$Z_j = \frac{\sum \frac{z_i}{d_{ij}^B}}{\sum \frac{1}{d_{ij}^B}}$$

Fuente: Tveito-Schöner (2002).

Donde z_j es el punto del problema, z_i es un punto de entorno, B es el exponente de ponderación y d_{ij} es la distancia entre los puntos

e) Relación variable precipitación horizontal – variables meteorológicas

Se identificó la relación funcional entre la variable dependiente (precipitación horizontal) y sus supuestas variables explicativas (variables meteorológicas) comprobando y comparando el modelo causal, mediante un análisis de regresión lineal múltiple Peña (1995), utilizando el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences):

Ecuación 7. Regresión lineal múltiple

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

Fuente: Sorooshian, S-Bastida, A (1998)

Donde, Y es la variable dependiente, β_0 , β_1 , β_2 son los coeficientes, X_1 , X_2 son las variables explicativas y ε es el error aleatorio.

f) Precipitación Total

Se demostró el aporte hidrológico al bosque, sumado el volumen ponderado de la precipitación vertical (*PV*) y horizontal (*PH*), demostrando que variable tiene mayor contribución a la precipitación total (*PT*) del bosque (OMM, 2011):

Ecuación 8. Precipitación total

$$PT = PV + PH$$

Fuente: OMM (2011)

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de las variables meteorológicas en el “Bosque Nublado Asabí”

De acuerdo con la experiencia de Santamarta-Seijas (2009), se analizaron los factores climatológicos que influyen en la presencia y el aprovechamiento de neblina en un área determinada.

4.1.1 Precipitación

La precipitación en las cinco estaciones meteorológicas del INAMHI, se observó la distribución mensual con precipitaciones mayores en los meses (enero a mayo y octubre a diciembre), de los cuales la investigación se desarrolló en los meses (de noviembre a abril), con un 75% de la lluvia total correspondientes a la época húmeda, mostrando una similitud con lo mencionado por Luteyn (1999) que concluyo el 80% de la lluvia total cae en la época húmeda obteniendo mayor presencia de neblina en ecosistemas de montaña.

Siendo abril el mes más lluvioso, con una media de 227 mm y el mes menos lluvioso agosto con una media de 25 mm (Figura 15).

Se obtuvo la precipitación total de 1533 mm.

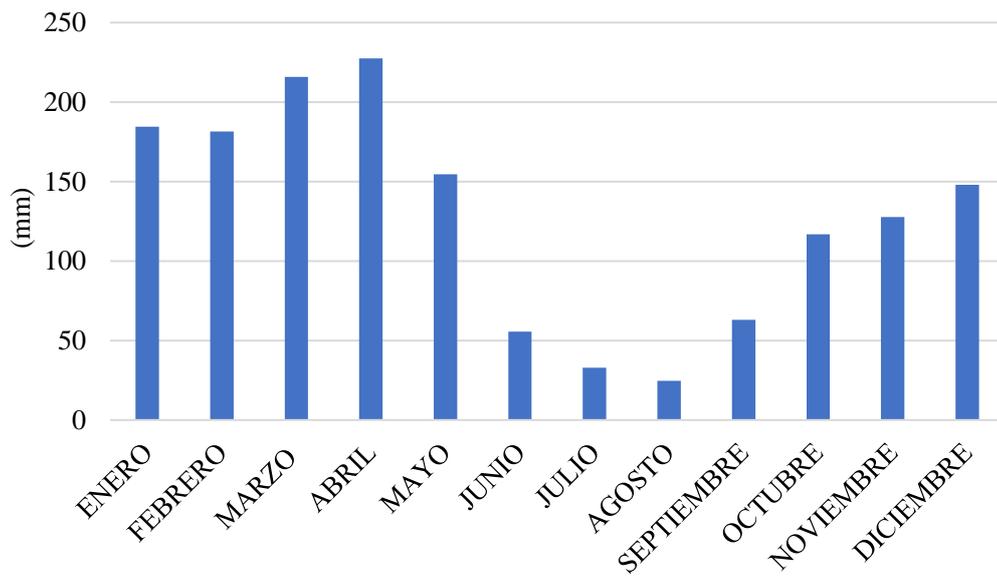


Figura 15. Distribución mensual de la Precipitación (mm). Periodo 1978 – 2015

Fuente:

INAMHI (2015)

- Interpolación de la Precipitación. Periodo 1978 - 2015

Al interpolar el área de estudio con las estaciones meteorológicas (INAMHI) cercanas mediante la herramienta IDW se obtuvo una precipitación total de 1490 mm (Figura 16).

Según la (OMM, 1994) la interpolación de datos meteorológicos se las hace con el objetivo de crear un modelo de estimación de variables climatológicas en un área determinada a través de estaciones meteorológicas cercanas.

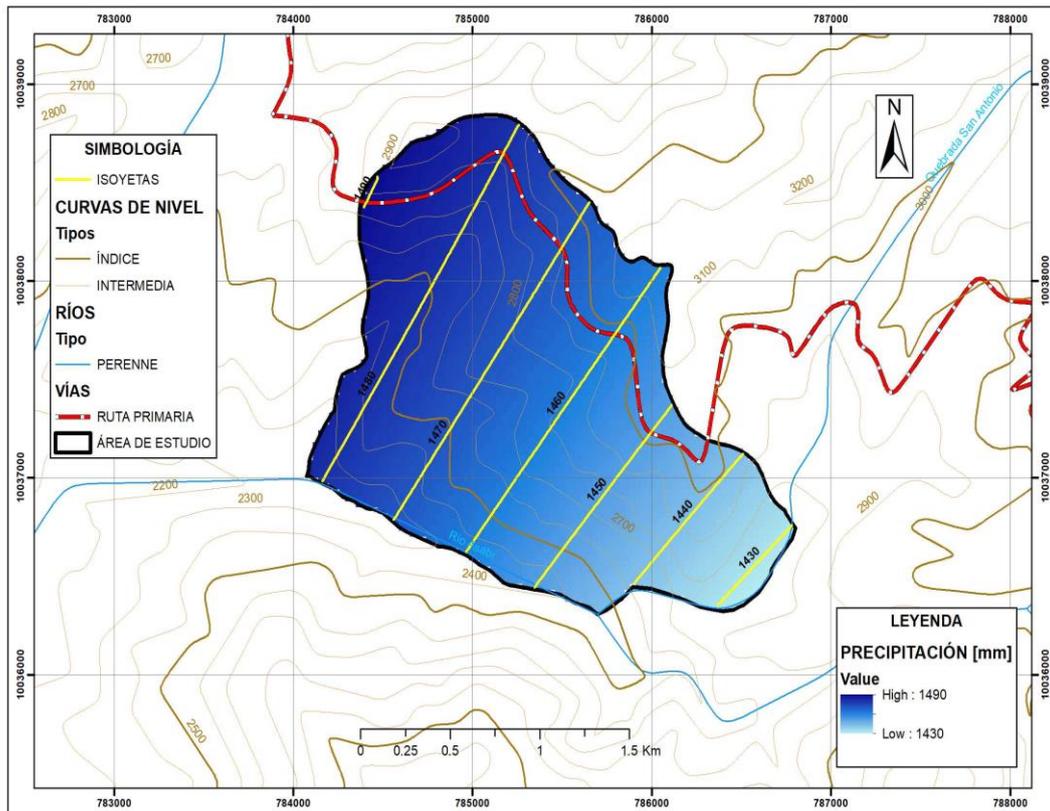


Figura 16. Interpolación (IDW) precipitación 1978-2015

4.1.2 Temperatura

Se obtuvieron valores de temperatura media mensual, encontrando un valor de temperatura máxima de 18,46 °C en el mes de octubre, temperatura media de 10,57 °C en el mes de mayo, y una temperatura mínima de 3,05 °C en el mes de julio (Figura 17). Según Ledesma (2002), cuando la temperatura del aire está por encima de 0° C se forma la neblina por diminutas gotas de agua en suspensión que llegan a saturarse y si la temperatura es inferior a 0° C la neblina será en forma de cristales de hielo, es decir la composición de la neblina varía de acuerdo a la temperatura del aire, propiciando las condiciones óptimas para la formación de neblina.

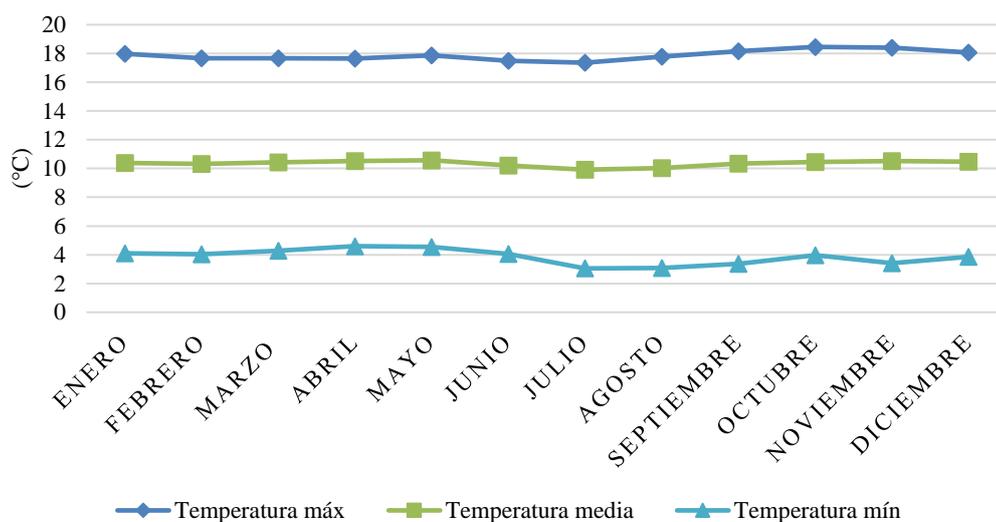


Figura 17. Distribución mensual de la Temperatura (°C). Periodo 1978 - 2015

Fuente: INAMHI (2015)

4.1.3 Humedad Relativa

Se observa en el mes de abril el valor más alto de humedad relativa llegando al 89% y los meses con menor humedad relativa corresponden a julio, agosto y septiembre, presentándose el menor valor en agosto con un total de 83,2% de humedad relativa (Figura 18). Zadroga (1981) concluye si la humedad relativa alcanza el 75% facilita la saturación del aire y la formación de neblina haciendo de su presencia constante.

En este sentido la humedad relativa del área de estudio es alta superando el 80% aun en época seca en los meses julio, agosto y septiembre evidenciando presencia de neblina durante todo el año.

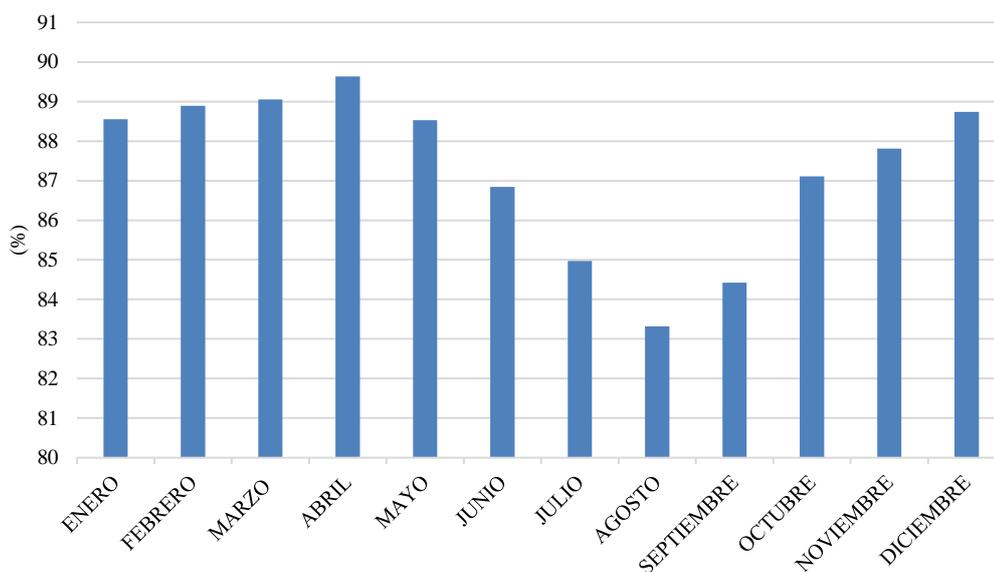


Figura 18. Distribución mensual de la Humedad Relativa (%). Periodo 1978 - 2015

Fuente: INAMHI (2015)

4.1.4 Punto de Rocío

La temperatura del punto de rocío permanece constante durante todo el año, con un máximo de 8,5 °C en el mes de abril y un mínimo de 7,1°C en el mes de agosto. Coincidiendo como es de esperarse con los valores de humedad relativa (Figura 19). Soriano (2015) señala, existe una estrecha relación entre la humedad relativa y el punto de rocío alcanzando la saturación del vapor de agua contenido en el aire influenciadas por la temperatura. Goodman (1985) concluye, un punto de rocío alto indica un contenido de vapor de agua alto, esto indica una mejor posibilidad de lluvia y formación de neblina.

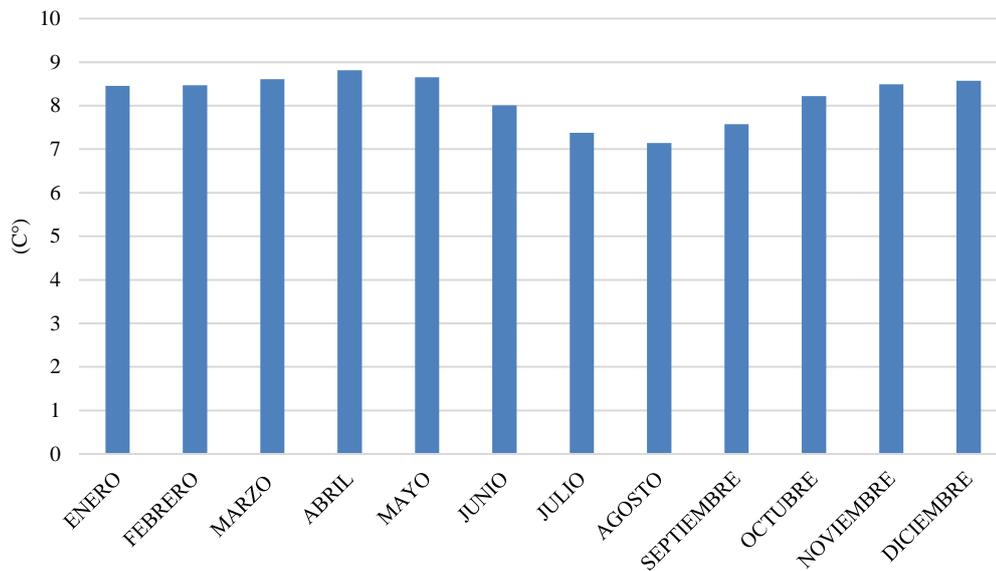


Figura 19. Distribución mensual del Punto de Rocío (°C). Periodo 1978 - 2015

Fuente: INAMHI (2015)

4.1.5 Velocidad del Viento

La velocidad del viento presenta un pico en el mes de agosto (0,75 m/s). De manera general la velocidad del viento presenta una tendencia durante los 5 primeros meses y los 3 últimos meses entre 0,50 y 0,60 m/s (Figura 20). Según Villegas (2006), existe una interacción de la velocidad del viento con la neblina, la interceptación de la neblina disminuye al aumentar la velocidad del viento.

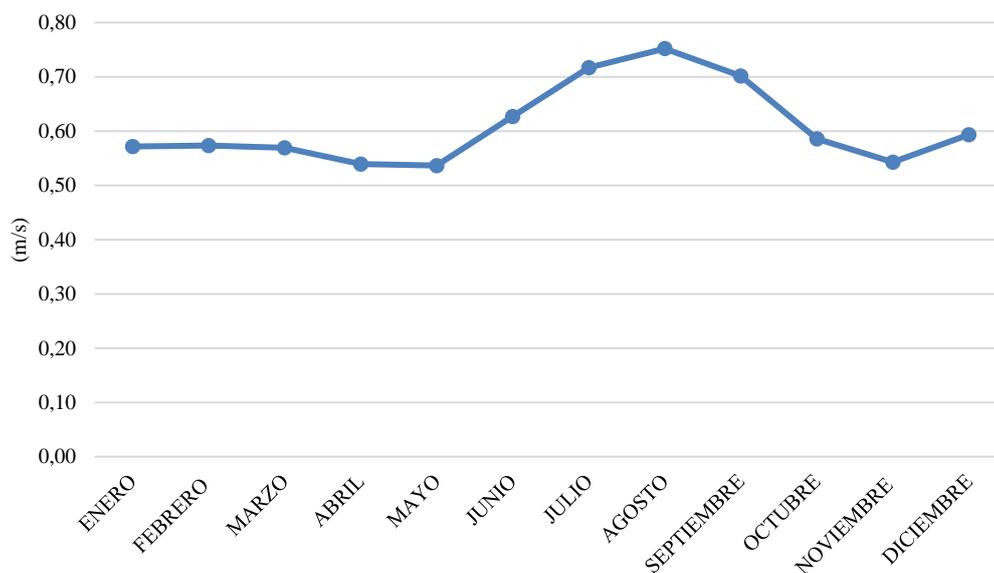


Figura 20. Distribución mensual de la velocidad del viento (m/s). Periodo 1978 - 2015

Fuente: INAMHI (2015)

Al analizar los factores climatológicos para el aprovechamiento y presencia de neblina, en general muestran que en el periodo de estudio (noviembre 2017-abril 2018) corresponden a época lluviosa.

En época lluviosa las variables precipitación, humedad relativa, punto de rocío, coinciden al registrar un valor mayor en el mes de abril y en época seca coinciden al registrar un valor menor en el mes de agosto y la temperatura mínima en todo el año es constante. En Colombia Soriano (2015) señala la presencia de neblina aumento en época lluviosa o húmeda, con precipitaciones y humedad relativa altas y temperaturas mínimas.

4.2 Determinación del tipo de cobertura vegetal e identificación de los sitios con mayor frecuencia de neblina en el área de estudio.

La cobertura vegetal juega un papel muy importante en los bosques nublados al interceptar el agua de neblina a través de su vegetación convirtiendo estas entradas en flujos, goteos y drenajes en las copas y troncos de la vegetación.

4.2.1 Tipos de Cobertura Vegetal

En el área de estudio se identificó dos tipos de cobertura vegetal (Tabla 9), el mayor porcentaje corresponde a bosque nativo con 72%, y el restante 28% (Figura 21) pertenece a mosaicos agropecuarios donde existe intervención del bosque nativo.

Tabla 9. Tipo de cobertura Vegetal en el bosque nublado Asabí.

SÍMBOLO	COBERTURA VEGETAL AÑO 2016	SUPERFICIE (HAS)	%
Bn	BOSQUE NATIVO	1300	72
Ma	MOSAICO AGROPECUARIO	500	28

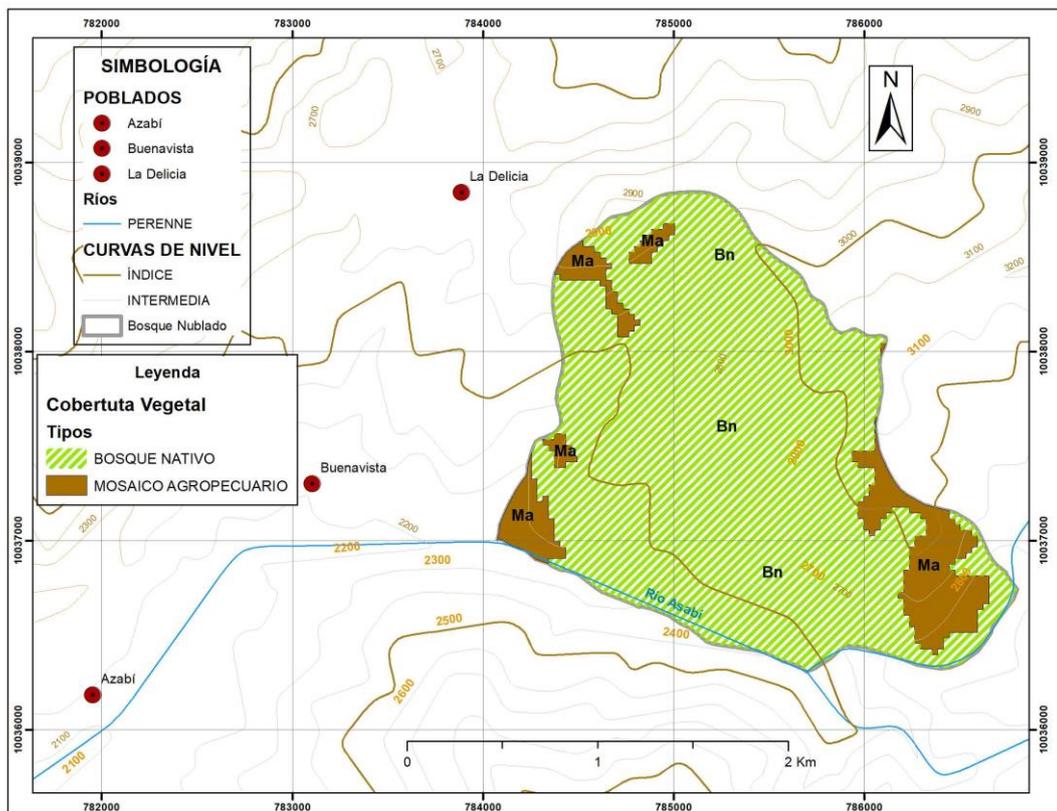


Figura 21. Mapa de cobertura vegetal del área de estudio del año 2016.

a) Bosque Nativo (Bn): Se caracterizan por ser una comunidad vegetal de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos. Según la clasificación de Cañadas (1983) el área de estudio corresponde a un Bosque húmedo Montano Bajo (BhMB), que se caracteriza por ser un área muy productiva, sin embargo estos ecosistemas se encuentran amenazados por el cambio de uso de suelo y la destrucción de la cobertura vegetal natural, repercutiendo en el caudal de la cuenca hidrológica especialmente en la época seca. El Bosque nublado es un conjunto de ecosistemas ubicados en las laderas de las zonas montañosas, cuya principal característica es la alta humedad y precipitación durante todo el año, una alta incidencia de una capa de nubes, en contacto con la copa de los árboles, este ecosistema se encuentra en la cordillera andina. Según Valencia (1999), pertenece a la Formación Vegetal de Bosque de neblina montano ubicado entre los 1800 y 3000 m de altitud, dominado por vegetación particularmente diversa, dominada por epífitas (orquídeas, bromelias) y helechos.

b) Mosaico Agropecuario (Ma): Son asociaciones de especies cultivadas mezcladas entre sí y no pueden ser individualizadas; excepcionalmente pueden estar asociados con vegetación natural.

Entre los principales productos agrícolas presentes en el área de estudio existen: Camote (*Ipomoea batatas*); Zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*); Papa china (*Colocasia esculenta*); Yuca (*Manihot esculenta*); Plátano (*Musa paradisiaca*); son utilizados principalmente para el autoconsumo y la alimentación familiar.

En el área de estudio como resultado de su cobertura vegetal predomina el bosque nativo, es decir el bosque en su totalidad se ha recuperado y conservado durante el tiempo. El bosque fue declarado protector en el 2006 por el MAE lo que ocasiono la prohibición de extracción especialmente de árboles maderables, orquídeas y existen guardabosques que vigilan el área permanentemente, los cultivos presentes dentro del área del bosque son propiedades privadas que utilizan sus cultivos para el autoconsumo (DECOIN, 2018).

El bosque nublado Asabí al mantener su vegetación característica el contacto con las gotas de agua suspendidas en el aire es mayor aumentando el aporte adicional de agua a la cuenca.

En Colombia Escobar (2008) resalta la importancia de la vegetación de los bosques nublados, si no fuera por la presencia de la cobertura vegetal interceptante (árboles, arbustos, epífitas, musgos y líquenes) la humedad permanecería en la atmósfera transformándose así en un recurso hídrico sin provecho afectando un ingreso adicional de agua al bosque dando lugar a una disminución en el caudal en época seca. En Colombia Villegas (2006) hace referencia al contacto entre la neblina y la cobertura vegetal, entre mayor densidad de neblina y presencia de vegetación exuberante y mayor tiempo de contacto ocasiona que la cobertura vegetal condense la humedad del ambiente formando gotas de agua las cuales se precipitan hacia los caudales de aguas subterráneas, ríos y arroyos.

Stadtmüller (1987) establece que la precipitación horizontal está influenciada por la forma y tamaño de la cobertura vegetal específicamente por la copa de los árboles, la altura del tallo y la distribución de las hojas así mismo Holder (2004) la distribución de neblina varía según el nivel altitudinal, la cantidad y tamaño de árboles, agrupación del follaje y especies epífitas las cuales son importantes al regular el balance hídrico.

La presencia de neblina es frecuente en el área durante todo el año, es una zona de transición entre la masa de aire del corredor andino del Chocó (Pichincha) provenientes del sur y la masa de aire de la cuenca del río Santiago-Cayapas (Esmeraldas) provenientes del norte, este choque entre masas húmedas y cálidas hacen que el aire tienda a ascender y formar gotas de agua (GADPRPG, 2014). En Colombia Luteyn (1999) señala, la variabilidad espacial de la neblina depende de las direcciones del aporte de humedad desde los océanos, amazonía y la región andina que hace que colisionen las masas de aire.

4.3. Cuantificación del aporte de la precipitación vertical y horizontal a la precipitación total del bosque nublado Asabí

Después de la medición y cuantificación de la precipitación vertical y horizontal se crearon argumentos científicos que permiten conocer el aporte hidrológico y el funcionamiento de los bosques nublados.

4.3.1 Precipitación vertical

Se observa que a lo largo del periodo de estudio mediante los pluviómetros manuales caseros se tienen precipitaciones mayores, siendo el mes de abril el mes más lluvioso con una media de 5,40 mm, correspondiente al 39% de la lluvia total, precipitaciones medias en los meses de diciembre 2,07 mm, enero 2,27 mm, febrero 1,65 mm, marzo 2,06 mm, correspondientes al 57% de la precipitación total y el mes menos lluvioso noviembre con una media de 0,88 mm correspondiente al 6% de la lluvia total (Figura 22).

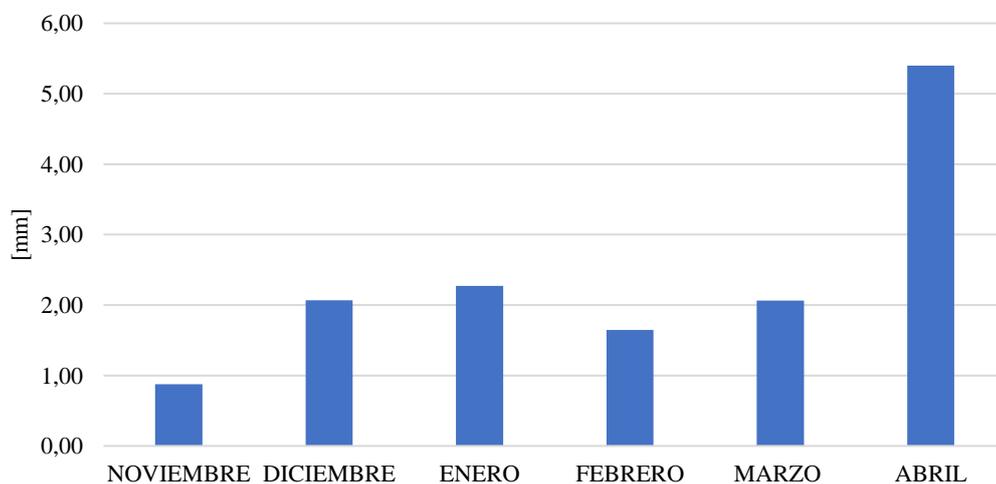


Figura 22. Distribución mensual de la precipitación vertical en el área de estudio.

a) Cálculo de la precipitación vertical en el bosque nublado Asabí

Utilizando los datos registrados de la precipitación vertical en las cuatro estaciones según su nivel altitudinal se logró el valor ponderado mediante los métodos:

- Promedio Aritmético

Se obtuvo un promedio de 3,47 mm en el área de estudio.

- Método de las Isoyetas

Según el área de influencia con el trazo de isoyetas en el bosque (Anexo 3h), la distribución de la precipitación vertical media sobre la zona para el período de estudio es de 3,45 mm (Tabla 10).

Tabla 10. Cálculo del valor ponderado de la Precipitación vertical en el bosque (mm).

ESTACIONES	ALTITUD (msnm)	PRECIPITACIÓN VERTICAL (mm)	ÁREA (km ²)	ÁREA PONDERADA (km ²)	PRECIPITACIÓN VERTICAL PONDERADA ISOYETAS (mm)
1	2900	3,40	10	0,556	1,89
2	2800	3,48	4	0,222	0,77
3	2700	3,60	3	0,167	0,60
4	2600	3,43	1	0,056	0,19
TOTAL		13,90	18	1	3,45
PROMEDIO		3,47			
DESV. ESTÁNDAR		2,87			

- Interpolación (IDW) de la precipitación vertical

Al interpolar los datos registrados por los pluviómetros manuales caseros se obtuvo un promedio de 3,50 mm (Figura 23), mostrando una relación con los valores ponderados mediante el método, promedio aritmético e isoyetas.

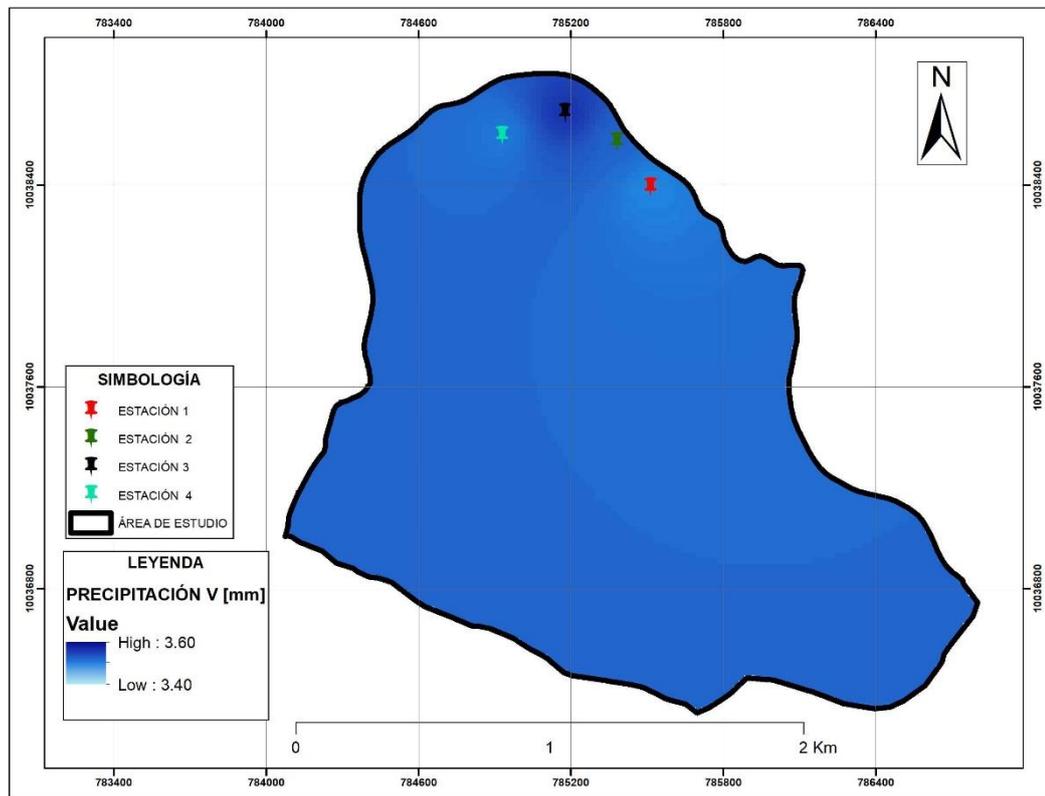


Figura 23. Interpolación (IDW) de los datos registrados por los pluviómetros manuales caseros.

b) Distribución espacial mensual INMAHI – pluviómetros manuales caseros

En cuanto al comportamiento de la precipitación vertical entre los datos de estaciones meteorológicas periodo noviembre-abril (1978-2015) divididos para el área de estudio y los datos medidos por los pluviómetros manuales caseros durante el periodo (noviembre 2017- abril 2018) muestra una tendencia entre la variabilidad de la lluvia siendo abril el mes con más precipitación registrada (Figura 24).

La distribución mensual durante el período de estudio de la precipitación vertical “PV” media total durante el periodo de estudio registrada por los pluviómetros manuales es de 2,47 mm, mientras que la precipitación vertical media total durante el periodo de estudio registrada por el INAMHI es de 10 mm.

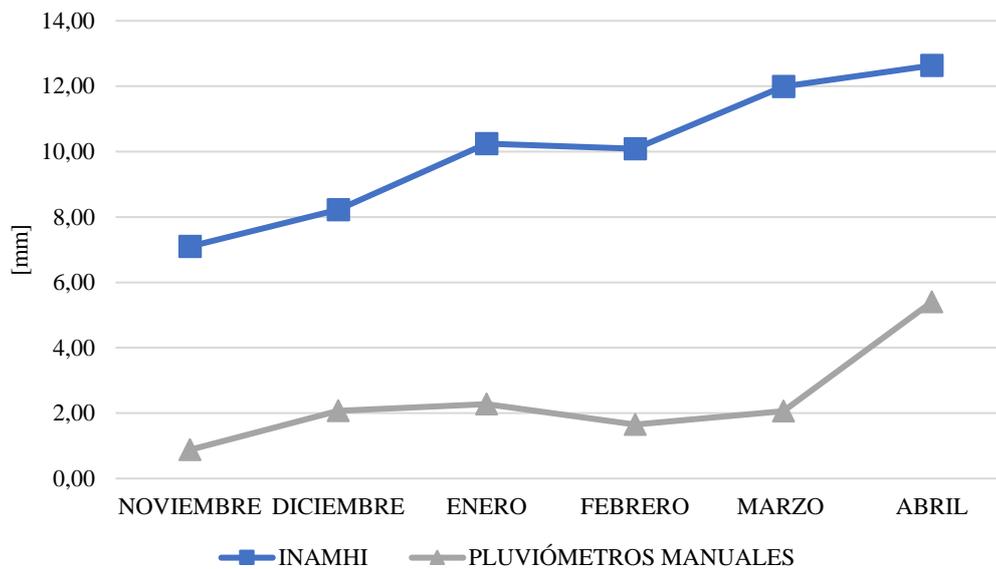


Figura 24. Distribución mensual de la Precipitación Vertical.

Según la (OMM, 2011), al comparar los datos de precipitación registrados por las estaciones meteorológicas con los datos medidos en el área de estudio su relación es solo cualitativa mas no cuantitativa, no indicara datos similares del volumen a menos que tenga propiedades semejantes.

Al correlacionar la precipitación registrada por el INAMHI y la precipitación medida por los pluviómetros manuales caseros aplicando la fórmula de Pearson $r = -1+1$, se obtuvo un valor de 0,8 con un grado de correlación positiva fuerte, presentando una relación cualitativa en la distribución mensual espacial de la lluvia en el área de estudio.

4.3.2 Precipitación Horizontal

En cuanto a la distribución mensual de la precipitación horizontal medida por los neblinómetros durante el periodo de estudio se tiene una mayor cantidad de en el mes de abril con una media mensual de 5,53 mm siendo el mes con mayor

humedad en el aire y menor cantidad de precipitación horizontal en el mes de noviembre con una media mensual de 2,30 mm (Figura 25).

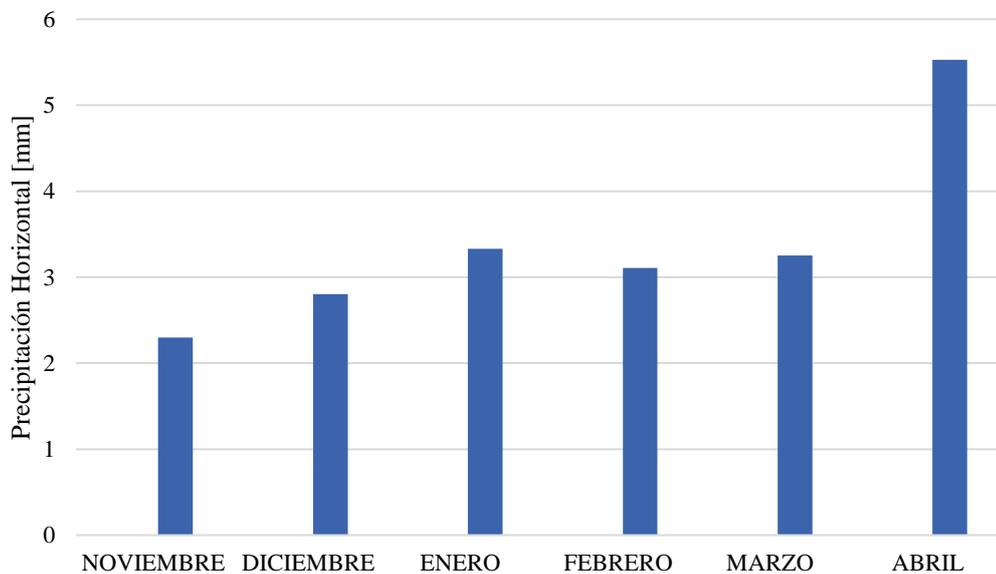


Figura 25. Distribución mensual de la Precipitación Horizontal.

Coincidiendo la precipitación horizontal en el mes de abril en la distribución mensual con la precipitación vertical medida en el área de estudio. En Chile Cavelier- Goldstein (1989) concluyen, la densidad de la precipitación horizontal aumentó con la presencia de precipitación vertical, siendo este un factor que se debe tener en cuenta al momento de llevar un balance hidrológico de una cuenca con aporte de la neblina.

En Colombia Martos (2009) resalta la importancia de la capacidad hídrica de la precipitación horizontal, siendo una recolección responsable, útil y renovable denominándola “agua nueva”, en ocasiones la captación de agua de neblina puede ser 3 veces superior a los que se lograría captar con la lluvia.

a) Precipitación horizontal- nivel altitudinal (msnm)

La variabilidad espacial según la gradiente altitudinal en el bosque nublado Asabí, se observó que el aporte de la neblina es mayor en la Estación 1 (Anexo 1h) con una media de 6,61 mm, la cual corresponde al 34%, la Estación 2 (Anexo 1i) con una media de 4,82 mm, la cual corresponde a un 24%, la Estación 3 (Anexo 1j) con una media de 4,28 mm, la cual corresponde a un 22% y la Estación 4 (Anexo 1k) con una media de 3,88 mm, la cual corresponde a un

20% y la correlación lineal entre estas variables muestra un grado positivo fuerte.

Es decir que la precipitación horizontal no incide de manera homogénea sobre el área sino en la elevación de la nube que transporta la humedad, a mayor nivel altitudinal mayor presencia de neblina, en Colombia Díaz (2005) concluye que la precipitación horizontal incide en función de la velocidad y dirección del viento elevando la masa húmeda sobre el área, Tobón (2008) y Cavelier (1991) en Colombia y Panamá, realizaron investigaciones que dieron como resultado que la interceptación de la neblina aumentó de manera directamente proporcional a la altitud, estos resultados de ambos estudios condujeron a establecer que los bosques nublados pueden interceptar 16 veces más la neblina que los páramos.

b) Eficiencia de captación de cada tipo de neblinómetro.

La neblina interceptada por los neblinómetros multidireccionales y unidireccionales durante las 26 semanas de medición (Anexo 2i) período (noviembre 2017- abril 2018), se observó mayor captación de neblina por los neblinómetros multidireccionales con un total de 38 mm, correspondiendo al 70% de eficiencia y los neblinómetros unidireccionales con un total de 17 mm correspondiendo al 30% de eficiencia (Figura 26).

Como resultado el neblinómetro de tipo multidireccional (cilindro) fue que interceptó mayor cantidad de precipitación horizontal debido a su forma cilíndrica intercepta la neblina a 360°.

En centro América Bruijnzeel (2004) resalta las diferencias entre los neblinómetros unidireccionales (arpas) y multidireccionales (cilindros), considerando los cilindros más eficientes debido a su forma que facilita la interceptación de neblina en todas las direcciones del viento con una eficiencia del 65%.

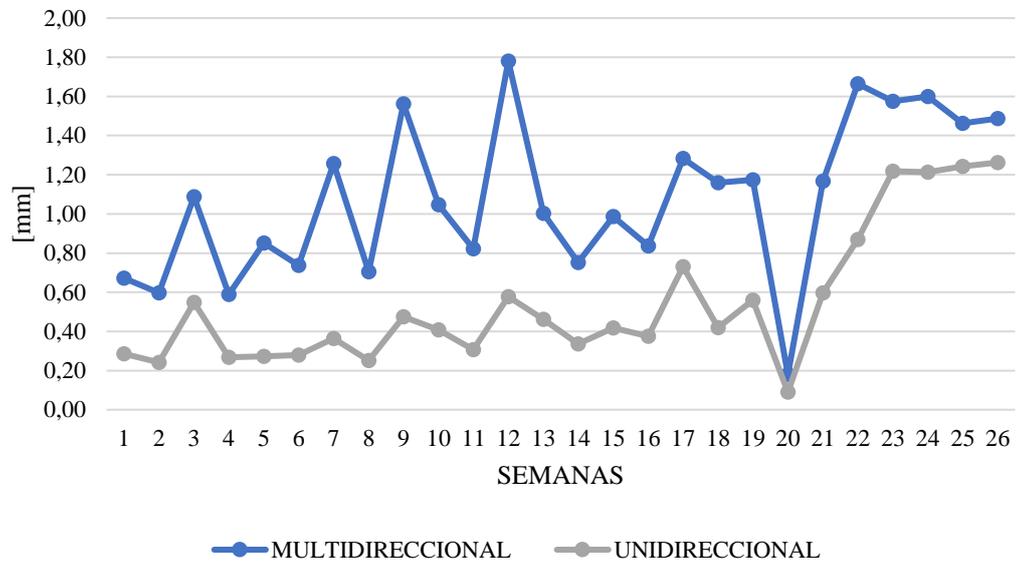


Figura 26. Distribución semanal entre neblinómetros

c) Calculo de la precipitación horizontal en el bosque nublado Asabí

Utilizando los datos registrados de la precipitación horizontal en las cuatro estaciones se obtuvo la ponderación de la precipitación horizontal mediante los métodos:

- Promedio Aritmético

Se realizó el promedio aritmético de los datos de precipitación horizontal registrados en el área con un promedio de 4,90 mm. (Tabla 11).

- Método de las Isoyetas

Se obtuvo la distribución de la precipitación horizontal media sobre la zona (Anexo 3h) para el período de estudio con una media de 5,08 mm (Tabla 11).

Tabla 11. Cálculo del valor ponderado de la precipitación horizontal en el bosque (mm).

ESTACIONES	ALTITUD (msnm)	PRECIPITACIÓN HORIZONTAL (mm)	ÁREA (km ²)	ÁREA PONDERADA (km ²)	PRECIPITACIÓN HORIZONTAL PONDERADA ISOYETAS (mm)
1	2900	6,61	10	0,216	1,42
2	2800	4,82	4	0,210	1,01
3	2700	4,28	3	0,299	1,28
4	2600	3,88	1	0,350	1,36
TOTAL		19,59	18	1	5,08
PROMEDIO		4,90			
DESV. ESTÁNDAR		1,11			

- Interpolación (IDW) de la precipitación horizontal

Al interpolar los datos registrados por los neblinómetros se obtuvo un promedio de 5 mm mostrando una relación con los valores ponderados mediante los métodos promedio aritmético e isoyetas (Figura 27).

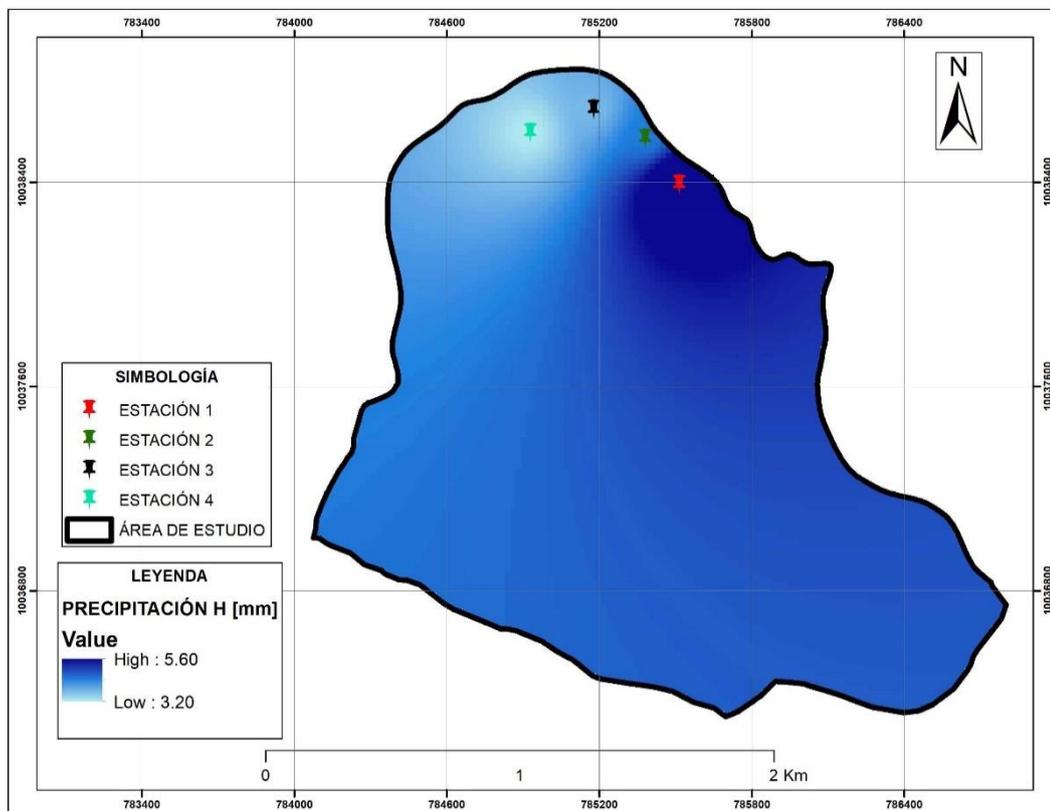


Figura 27. Interpolación (IDW) de los datos registrados por los neblinómetros.

c) Relación funcional precipitación horizontal- variables meteorológicas

Se relacionó los datos medidos de la precipitación horizontal en el área de estudio periodo (noviembre 2017- abril 2018) y las variables meteorológicas: punto de rocío, humedad relativa, velocidad del viento, temperatura máxima, media y mínima registradas por el INAMHI periodo (1978-2015), obteniendo una relación significativa “buena” de $r^2 = 0,07$ con una confiabilidad del 93% entre la precipitación horizontal (variable dependiente) y la temperatura mínima (variable independiente) (Tabla 12).

Tabla 12. Resumen del modelo PH- variables climatológicas

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,88 ^a	0,77	0,72	0,59

a. Predictores: (Constante), T min

Es decir, la variable meteorológica que más se relaciona o influye con la precipitación horizontal en el área de estudio es la temperatura mínima, En Argentina Osbahr (2004) explica la importancia de la temperatura ambiental en los bosques nublados, siendo la temperatura mínima un factor que influye en los procesos naturales en los bosques nublados como el desarrollo de la vegetación propia del bosque y el enfriamiento del aire ayuda a la formación de precipitación horizontal en el ecosistema.

Analizada la relación entre la precipitación horizontal y la temperatura mínima, procedimos a estimar los parámetros de la ecuación de predicción o de regresión lineal, mediante el coeficiente de regresión Beta se obtuvo el modelo mediante la siguiente ecuación: Precipitación horizontal = (-6,61 + 0,24) (Tabla 13).

Tabla 13. Ecuación del modelo PH- Temperatura mínima

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	sig.
	B	Error estándar	Beta		
Precipitación H	-6,61	2,69		- 2,45	0,0
					7
T mínima	2,47	0,66	0,88	3,72	0,0
					2

4.3.3 Precipitación Total

Tomando los datos la distribución mensual de los pluviómetros manuales caseros y los neblinómetros y la ubicación en las estaciones creadas en el área de estudio se calculó la precipitación total.

a) Distribución mensual neblinómetro multidireccional - precipitación vertical

En el aporte de la precipitación vertical “PV” se obtuvo un total de 14,85 con una media mensual de 2,47 mm correspondiendo al 35% de la precipitación total “PT” y la precipitación horizontal “PH” por el neblinómetro multidireccional un total de 28 mm y una media mensual de 4,67 mm correspondiente al 65% (Figura 28).

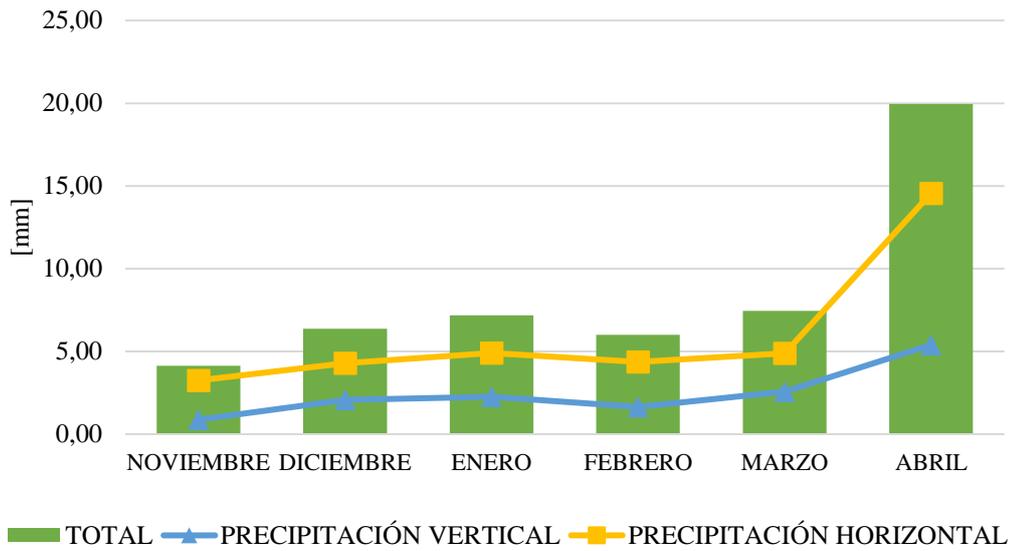


Figura 28. Distribución total neblinómetro multidireccional- pluviómetros manuales.

b) Distribución mensual neblinómetro unidireccional- precipitación vertical

Mientras que la precipitación horizontal “PH” con el neblinómetro unidireccional se obtuvo un total de 14 mm con una media mensual de 2,34 mm correspondiente al 49% y un total de 14,85 mm y una media de 2,47 mm correspondiente al 51% de la precipitación vertical “PV” (Figura 29).

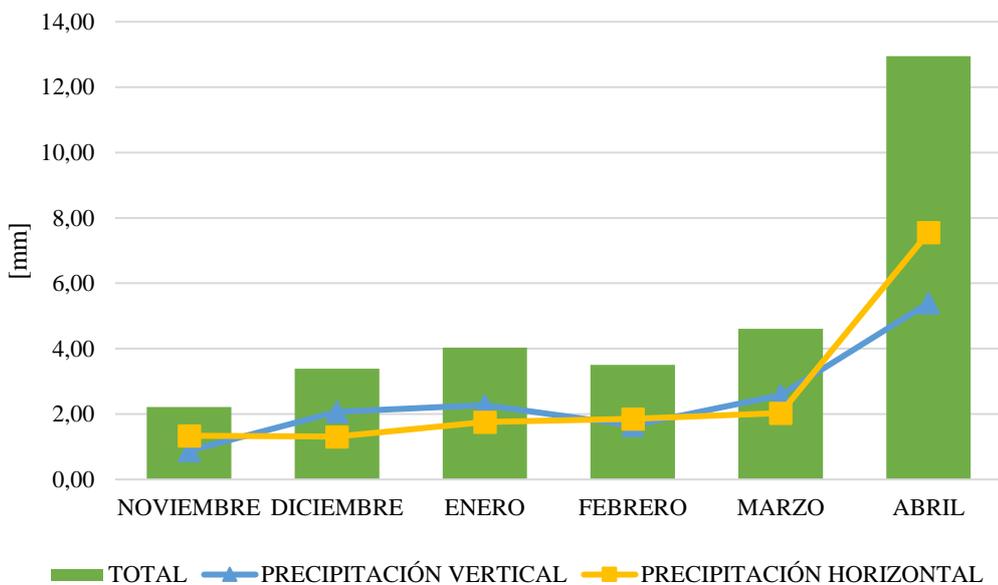


Figura 29. Distribución total neblinómetro unidireccional- pluviómetros manuales.

c) Aporte Hidrológico

En el bosque nublado Asabí se obtuvo una precipitación total promedio de 8,50 mm durante el periodo de estudio (noviembre 2017 – abril 2018), obtenido de la suma del valor ponderado de la precipitación vertical medida por los pluviómetros manuales caseros más la suma del valor ponderado de la precipitación horizontal interceptada por los dos tipos de neblinómetros.

El porcentaje de la precipitación total con respecto a la precipitación horizontal y vertical del bosque nublado Asabí se obtuvo un valor de 60% de aporte de la precipitación horizontal y un 40% de aporte de la precipitación vertical (Tabla 14).

Tabla 14. Relación entre precipitación total, horizontal y vertical (%).

ESTACIONES	msnm	RELACIÓN PRECIPITACIÓN VERTICAL/ TOTAL		RELACIÓN PRECIPITACIÓN HORIZONTAL/ TOTAL		PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)
		(mm)	%	(mm)	%	
1	2900	3,40	34	6,61	66	10,01
2	2800	3,48	42	4,82	58	8,03
3	2700	3,60	46	4,28	54	7,88
4	2600	3,43	47	3,88	53	7,31
TOTAL		13,91	42	19,59	58	33,50
PROMEDIO		3,45	41	4,90	59	8,35
VALOR PONDERADO		3,42	40	5,08	60	8,50

- Interpolación de la precipitación total

Al Interpolar los datos registrados por los pluviómetros manuales caseros y los neblinómetros mediante la herramienta IDW con el objetivo de modelar el movimiento de la precipitación vertical y horizontal en el bosque nublado Asabí se obtuvo una relación con los valores ponderados mediante promedio aritmético e isoyetas obteniendo una precipitación total promedio de 8 mm (Figura 30).

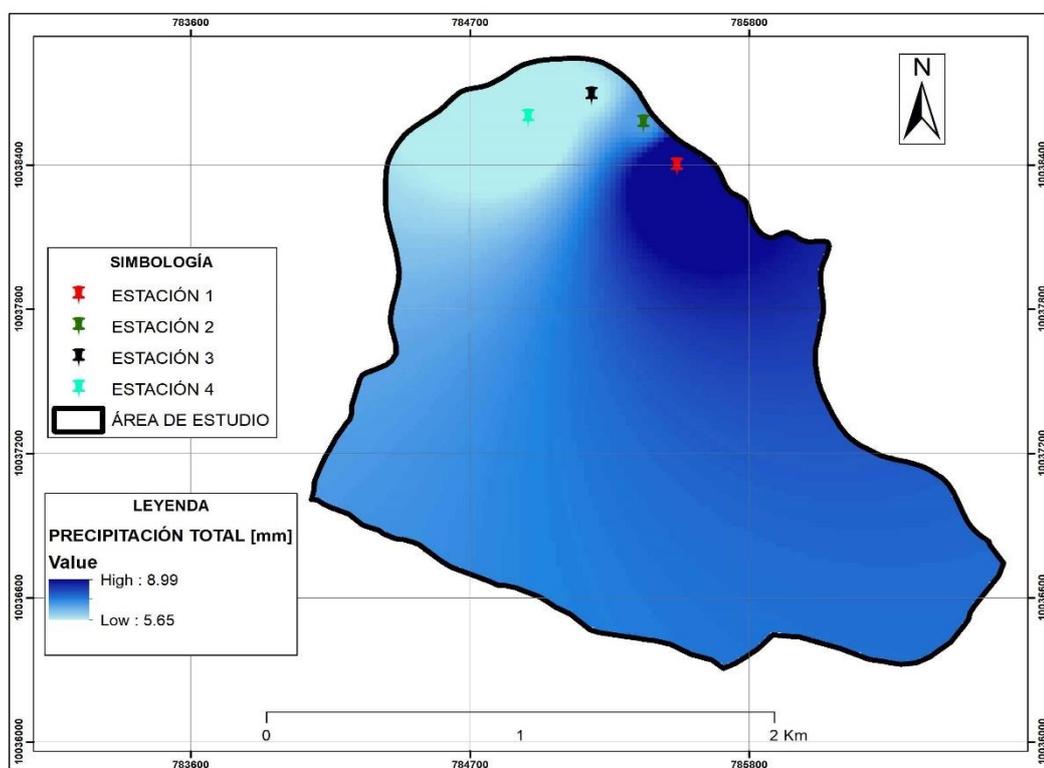


Figura 30. Interpolación (IDW) Precipitación Total

Se registró una mayor contribución de la precipitación horizontal al aporte hidrológico en el bosque nublado Asabí durante el período de estudio (noviembre 2017-abril 2018), coincidiendo con otras investigaciones.

En Venezuela González (2000) menciona que las entradas de precipitación vertical corresponden al 40% mientras que el aporte de la precipitación horizontal corresponde al 60% de la misma manera en Colombia Arroyave (2007) indica que el aporte de la precipitación vertical es menor con un 36% mientras que la horizontal es mayor con el 64%.

En Costa Rica Ramírez (2011) el porcentaje de aporte hidrico por precipitación horizontal fue de 66% y 44% de precipitación vertical.

En general en este tipo de ecosistemas la precipitación horizontal "*PH*" es mayor, la entrada de la precipitación vertical "*PV*" aun siendo menor muestra una gran importancia al aporte hidrológico en relación a la precipitación total "*PT*".

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La mayor presencia de neblina en el bosque nublado Asabí durante la época lluviosa se encuentra influenciada principalmente por la temperatura mínima, la cual influye en la humedad relativa y en el punto de rocío alcanzando la saturación del aire. La interacción en la distribución mensual entre estas variables meteorológicas hace que la presencia de neblina sea constante durante todo el año en el bosque.

- La neblina densa y persistente se evidencio en la cuenca alta, demostrando que la presencia de neblina en el área no es homogénea si no que incide según el nivel altitudinal en el bosque, el cual tiene la capacidad de interceptar el agua de la neblina que es transportada horizontalmente, creando aportes de agua disponibles al balance hídrico del bosque.

- El aporte hidrológico a la precipitación total (PT) fue de $8,50 \text{ l/m}^2$ (8,50 mm) en el bosque nublado Asabí, de los cuales el 60% aporta la precipitación horizontal (PH) debido a las condiciones climatológicas y características fisionómicas del bosque, por lo que la interceptación de la neblina abastece con una fuente extra de agua al balance hídrico principalmente en los meses húmedos.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar los estudios en sitios a diferentes niveles altitudinales para determinar la relación entre altitud y presencia de neblina, en época seca o lluviosa para relacionar la variabilidad que existe entre diferentes eventos y épocas del año o estudios en sitios con diferentes tipos de cobertura vegetal y así determinar la relación entre el tipo de cobertura vegetal y presencia de neblina.
- En cuanto a los medidores de precipitación horizontal como son los neblinómetros unidireccionales y multidireccionales, se recomienda adaptarles un techo o cubierta principalmente si el estudio se realiza en lugares donde exista gran incidencia de lluvia y así evitar entradas de lluvia a los colectores, evitando una alteración o desbalance en la medición de la precipitación horizontal.
- Realizar un adecuado manejo basándose en políticas o decisiones los cuales garanticen la conservación y uso sustentable de los recursos naturales y desarrollar actividades, científicas, educativas, ecoturísticas, productivas o una forma alternativa de obtención de agua viable para el desarrollo en las comunidades aledañas al bosque, que sean compatibles con la normativa vigente para los bosques protectores.
- Para estudios de aporte de agua de neblina al ciclo hidrológico de las microcuencas hidrográficas se sugiere emplear equipos e instrumentos automáticos que permitan medir la precipitación horizontal, la temperatura mínima y máxima, el punto de rocío y la humedad relativa en el área de estudio.

REFERENCIAS

- Air, H. (2009). Humedad en el aire . *Hidro air*, 107.
- Aristizabal, J., & Saldarriaga, J. (2004). Modelo experimental de captador de niebla. Tesis Ingeniero Civil. Medellín, Colombia.
- Arroyave, F. (2007). Inputs by fog and horizontal precipitation to the páramo ecosystems and their contribution to the water balance. *Fourth international conference on fog, fog collection and dew*.
- Bergkamp, L. (2003). Elementos esenciales de caudales ambientales.
- Bruijnzeel, L. (2001). Hydrology of tropical montane cloud forests. *Water Resources Research*, 1-18.
- Bruijnzeel, L. (2004). Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees. *Agriculture ecosystems and Environment*, 185-228.
- Bruijnzeel, L., Frumau, C., & Tobón, A. (2006). Final Technical Report DFID-FRP Project no. R7991. *Cloud Florest Hydrology*, 164.
- Bruijnzeel, S. (2001). Hydrology of Tropical Montane Cloud Forests: A Reassessment. *Second International Colloquium on Hydrology and Water Management in the Humid Tropics*, 352- 440.
- Caceres, R. (1981). . Importancia hidrológica de la intercepción horizontal en un bosque muy húmedo premontano en Balalaica. Turrialba, Costa Rica.
- Calder, I. (2005). Blue revolution; Integrated Land and Water Rosurce Management. *Earthscan*, 353.
- Cañadas, L. (1983). El mapa bioclimático del Ecuador.
- CATIE. (1988). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. *Contribución hifrológia de la precipitación horizontal en un bosque nublado de na zona de Trifinio, América Central*.
- Cavelier, J. (1991). El ciclo del agua en bosques montanos. *Banco de Occidente*, 69-83.
- Cavelier, J., & Goldstein, G. (1989). Mist and fog interception in elfin cloud.
- Cereceda, P. (1994). *Avances y desafíos de una tecnología alternativa para el desarrollo de Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.

- Chereque, L. (1989). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*. Lima.
- Cifuentes, M. (2009). *ABC del cambio climático en Mesoamérica*. Turrialba: CATIE.
- COSUDE. (2003). (Agencia de Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). *Análisis de amenazas y propuesta de Plan de reducción Municipal de Desastres*. . San Salvador.
- De La Torre, L. (2008). Enciclopedia de plantas utiles del Ecuador. Quito-Ecuador. *Herbario QCA*.
- DECOIN. (2018). Defensa y Conservación Ecológica de Intag. *RED ECOLÓGICA DE INTAG* .
- Díaz, M. (2005). Paramos: Hidrosistemas Sensibles. *Revista de Ingeniería*, 64-65.
- Domínguez Gonzáles, C. (2011). Análisis de la variabilidad espacial y temporal de la trascolación en la isla Santa Cruz.
- Escobar, G. (2008). La neblina como fuente de agua:evaluación de su colección en el sur de los Andes colombianos usando mallas. *Avances en Recursos Hidráulicos.*, 33-41.
- FAO. (2005). EVALUACION DE LOS RECURSOS FORESTALES MUNDIALES.
- Ferrer, I. (1991). *Recomendaciones para el cálculo hidrometereológico de avenidas*.
- Foster, P. (2001). The Potential Negative Impacts of Global Climate Change on Tropical Montane Cloud Forests. *Earth-Science Reviews*, 55-106.
- Frumau, K. F., Bruijnzeel, L., & Tobon, C. (2006). Hydrological measurement protocol for montane cloud forest. Annex 2. *Vrije Universiteit Amsterdam*, 105.
- GADPRPG. (2014). *Plan de Ordenamiento Territorial de Plaza Gutierrez*.
- González, J. (2000). Monitoring Cloud Interception in a Tropical Montane Cloud of the South western Colombian Andes. *Advances in Environmental Monitoring and Modelling*, 97-117.
- Goodman, J. (1985). The collection of fog drip. *Water Resources Research*, 392-394.

- Groot, D. (2002). A typology for the classification, descriptions and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.
- Hamilton, L. (1983). Tropical forested watersheds. Hydrologic and soils response to major uses or conversions.
- Hamilton, L. (1995). Tropical Montane Cloud Forests. *ECOLOGICAL ESTUDIES*, 407.
- Helsel, D., & Hirsch, R. (2002). *Statistical Methods in Water Resources. Science for a changing world (Vol.36)*.
- Heuvelink, T. (1986). *Agroclimatología Tropical*. Universidad Estatal a Distancia.
- Hofstede, R., & Jongsma, W. (s.f.). Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta Ecuatoriana.
- Holder, C. (2004). Rainfall interception and fog precipitation in a tropical montane cloud forest of Guatemala. *Forest Ecology and Management*.
- Hostfader, R. (1997). La Importancia Hídrica del Páramo y Aspectos de su Manejo. *Infoandina*. Obtenido de www.infoandina.org
- Hurtado, A. (2009). Análisis de correlación y regresión. *Probabilidad y Estadística para ingeniería*, 1-88.
- INAMHI. (2015). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Anuarios Meteorológicos*. Quito.
- Jarvis, A. (2000). Measuring and modelling the impact of land-use change in tropical hillsides: the role of cloud interception to epiphytes. *Advances in Environmental Monitoring and modeling*, 118-148.
- Joslin, J., Mueller, F., & Wolfe, H. (1990). Test of models of cloudwater deposition to forest canopies using artificial and living collectors. *Atmospheric Environment*, 3007-3019.
- Juvik, J., & Ekern, P. (1978). A climatology of Mountain Fog on Mauna Loa, Hawaii Island. Technical Report. *Water Resources Research Center*, 118.
- Kappelle, M., & Brown, S. (2001). *Bosques nublados del neotrópico*.
- Kerfoot, O. (1969). Mist precipitation on vegetation.

- Lamprecht, L. (1954). Estudios Silviculturales en los bosques del Valle de la Mucuy cerca de Mérida. 127. Venezuela.
- Ledesma, M. (2002). Meteorología aplicada a la aviación Thompson- Paraninfo, España. 605.
- Ledesma, M., & Baleriola, G. (2002). *Meteorología aplicada a la aviación Thompson-Paraninfo*. España.
- Liniger, P., & Weingartner, B. (1998). Montañas y recursos hídricos.
- Luteyn, J. (1999). Introduction to the Páramo ecosystem. En Páramos: A.
- Manson, R. (2004). *Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México*. México.
- Martos, J. (2009). Estudio sobre la captación pasiva de agua de niebla y su aplicabilidad. *Ingeniería del agua, Universidad de Sevilla*.
- Marzol, H. (1999). *La captación del agua de la nubosidad en Tenerife*. Tenerife.
- Mendoza, G., & Castañeda, B. (2014). *Criterios metodológicos para la definición de sistemas de captación de aguas con base en lluvia horizontal*.
- Meruane, C., & Garreaud, R. (2015). Determinación de Humedad en la Atmósfera. *Retrieved*.
- Mijares, A. (1999). Fundamentos de Hidrología de Superficie. *Limusa- México*, 303.
- Molina, J., & Escobar, C. (2005). La neblina como fuente de agua: evaluación de su colección en el sur de los Andes colombianos usando mallas de polipropileno. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 33-41.
- Mora, L. (2011). *Reserva Biológica Uyuca Plan de manejo*.
- Mosandl, L. (2008). Sustainable management of tropical mountain forests in Ecuador.
- Narvaéz, G. (2001). Climas de los páramos del sur Occidente Colombiano. *PARAMINDI*, 1-8.
- OMM. (1994). Guía de Prácticas Hidrológicas. *Hidrología- Quinta Edición*.
- OMM. (2011). Organización Meteorológica Mundial- Guía de prácticas climatológicas.

- Ordoñez, J. (2011). *EL CICLO HIDROLÓGICO*. Lima: Zaniel I. Novoa Goicochea.
- Organización Meteorológica Mundial. (1994). *Guía de Prácticas Hidrológicas*.
- Osbahr, K. (2004). Caracterización ambiental de un bosque andino nublado. *Actualidad y divulgación científica*, 73-84.
- Peña, D. (1995). Modelos lineales y series temporales. *Estadística, modelo y métodos*.
- Pérez, O., & Sendiña, N. (2006). *Fundamentos de Meteorología*.
- Pizarro, R. (1996). Análisis Comparativo de Métodos Matemáticos Precipitación – Escorrentía en Cuencas de la España Peninsular. *Escuela Técnico Superior de Ingeniería de Montes, Univ. Politécnica de Madrid, Madrid*.
- Ramírez, A. (2011). Contribución Hidrológica de la precipitación horizontal en un bosque nublado de la zona del Trifinio, América Central. *Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas*.
- Rivera, A. (Julio de 2017). IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS BÁSICOS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE. Guatemala.
- Roach, J. (2001). Roach, J. 2001. Cloud Forests Fading in the Mist, Their Treasures Little Known (en línea). National Geographic News. *National Geographic News*.
- Santamarta, J., & Seijas, J. (2010). Fundamentos y tecnologías para la captación y uso del agua procedente de la lluvia horizontal en los montes canarios. *Montes, Revista de ámbito forestal*, 15-21.
- Santana, P. (2000). La precipitación de la niebla en la provincia de Santa Cruz de Tenerife.
- Schemenauer, R. (1994). A proposed standard fog collector for use in high elevation regions. *Journal of Applied Meteorology*, 1313-1322.
- Schemenauer, R., & Cereceda, P. (1994). Standard Fog Collector For Use in High Elevation Region . *Journal Of Applied Meteorology*, 1313-1318.
- Soriano, M. (2015). Niebla Como Fuente Alternativa Para Suministro de Agua. Colombia.

- Sorooshian, S., & Bastida, A. (1998). Calibration of hydrologic model using multi- objectives and visualization techniques. *Department of hydrology and Water Resources*, 78.
- Stadtmüller, T. (1987). Cloud Forests in the Humid Tropics.
- Talavera, C. (2015). El Rol del agua de las neblinas en la conservación y manejo de la biodiversidad de los ecosistemas de lomas de Atiquipa. *AGUA Y BIODIVERSIDAD*.
- Tobón, C. (2008). *Hidrología de los bosques alto-andinos*. Colombia: León Ed.
- Toledo, T. (2009). El bosque de niebla. *Biodiversitas*, 1-6.
- Tveito, O., & Schöner, W. (2002). Application of spatial interpolation of climatological and meteorological elements by the use of. *Klima Report*.
- Valencia, R. (1999). Species count of vascular plants in one hectare of humid lowland forest in Amazonian Ecuador. *Forest biodiversity in North, Central and South America, and the Caribbean*.
- Vargas, V. (2007). Estadística Descriptiva para Ingeniería Ambiental con SPSS. *Feriva*.
- Villegas, H. (2006). *Fog interception by non-vascular epiphytes in tropical montane cloud forest: synergistic sensitivity to climate*. Colombia.
- Villón, M. (2002). Hidrología. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación) Turrialba. *CATIE*, 399.
- Zadroga, F. (1981). The Hydrological Importance of a Montane Cloud Forest Area of CR. *Tropical Agricultural Hydrology*.

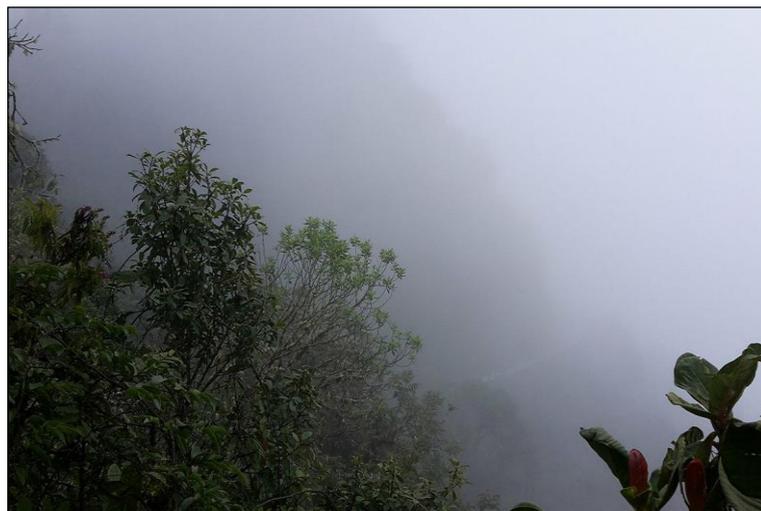
ANEXO: 1

Fotografías

Anexo 1a. Ingreso al área de estudio.



Anexo 1b. Presencia de neblina en el área de estudio en horas de la mañana.



Anexo 1c. Presencia de neblina en el área de estudio en horas de la tarde.



Anexo 1d. Construcción de neblinómetros unidireccionales.



Anexo 1e. Construcción de neblinómetros multidireccionales.



Anexo 1f. Ubicación de hoyos en el suelo para instalar los neblinómetros.



Anexo 1g. Instalación de neblinómetros.



Anexo 1h. Estación número 1 ubicada a 2900 msnm.



Anexo 1i. Estación número 2 ubicada a 2800 msnm.



Anexo 1j. Estación número 3 ubicada a 2700 msnm.



Anexo 1k. Estación número 4 ubicada a 2600 msnm.



Anexo 1l. Medición de la precipitación horizontal en la estación 1.



Anexo 1m. Medición de la precipitación horizontal en la estación 2.



Anexo 1n. Medición de la precipitación horizontal en la estación 3.



Anexo 1o. Medición de la precipitación horizontal en la estación 4.



Anexo 1p. Medición de la precipitación vertical en el pluviómetro manual en la estación 3.



ANEXO: 2
Tablas y figuras

Anexo 2a. Hoja de campo



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
HOJAS DE CAMPO**

TEMA: APORTE HIDROLÓGICO DE LA PRECIPITACIÓN HORIZONTAL DEL “BOSQUE NUBLADO ASABÍ” EN LA ZONA DE INTAG-IMBABURA.

AUTORES: Steeven Canchig; Bryan Garcés.

DIRECTOR: MSc. Oscar Rosales.

MIES	PRECIPITACIÓN HORIZONTAL (ml)					
	FECHAS	NEBLINÓMETROS	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
		Multidireccionales				
		Unidireccionales				
		Multidireccionales				
		Unidireccionales				
		Multidireccionales				
		Unidireccionales				
		Multidireccionales				
		Unidireccionales				
		Multidireccionales				
		Unidireccionales				

MIES	PRECIPITACIÓN VERTICAL (ml) PLUVIÓMETROS MANUALES				
	FECHAS	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4

OBSERVACIONES

Anexo 2b.

Datos registrados precipitación mensual (mm) en la estación M001 Inguincho.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1978	98,1	162	107,7	197	115,6	12,4	37,1	17,6	132	62,6	108	133
1979	71,2	83,2	307,1	139	252,8	40,5	5,9	105	182	89	57,1	27,1
1980	182	320	101,1	228	27	39,3	2,9	36,8	28,3	138	121	183
1981	103	96,8	193,2	311	132,8	23,7	19,7	43,8	13,8	125	179	128
1982	139	155	158,4	169	196,3	38	38,2	4,8	73,5	210	215	274
1983	73,2	92,8	351,1	251	141,6	19	1,2	30,2	13,5	203	135	187
1984	119	198	164,8	247	129,3	104	29,8	20,8	184	159	125	74,2
1985	186	62,6	84,6	147	187,9	28,6	15,1	41,2	92,4	85,4	91	207
1986	91,4	170	247,7	183	137,4	6,8	2,8	6,9	62,1	214	112	127
1987	93,5	39,6	151,4	141	171,8	11,3	33,3	20,8	65	102	22	26,8
1988	136	171	20,7	334	228,8	178	82,8	37,1	82,3	155	360	98,9
1989	164	114	229,4	112	121,8	95,8	29,1	16,3	110	199	53,9	73,1
1990	96,8	152	106,6	153	64,5	19,8	34,5	2,9	172	176	43	55,9
1991	73,9	85,3	248,5	46,6	181,7	28,5	34,6	42,2	161	60,3	146	146
1992	30,3	103	50,9	157	94,2	38,8	6,2	16,1	91,8	69,5	86,8	64,8
1993	158	181	215,5	304	212	3,8	23	5,1	109	81,1	131	288
1994	348		614,1	139	124,7	19,8	7,6	6,3	15	74,9	277	102
1995	54,9	70,8	149	196	119,2	37	42,1	24,4	38,3	124	154	64,1
1996	133	103	158,2	150	256,2	67,8	21,3	13,3	25,7	109	15,3	106
1997	323	53	260,5	158	136,2	81,8	1,2	0	61,1	79	246	71,9
1998	42,5	109	117,5	188	197,4	33,3	17,2	29,5	48,8	74,4	135	46,8
1999	135	186	81,7	222	76,1	117	6,8	41	110	81,2	130	145
2000	115	113	121,7	291	253,5	130	6,8	8,1	74,7	31	42	58,5
2001	92,9	99,5	121,4	18,1	48,6	4,4	16,1	0,8	69,8	11,8	183	134
2002	114	47,2	141,6	189	84,9	67,5	5,6	5,3	28,1	172	96,3	120
2003	30,2	87,5	88,9	192	34,7	69,9	16,1	0	69	116	163	68,9
2004	87,4	48,3	104,4	165	113,1	22,1	10,3	3,2	75,9	158	193	171
2005	72,4	152	125,2	91	66,1	21,2	27,4	14,5	59,4	62,8	92,2	144
2006	104	165	224,4	239	105,9	95,4	9,4	4,5	7,6	148	232	220
2007	70,2	55,1	202,9	184	129,3	57,1	14,5	54,1	3,6	119	120	141
2008	219	147	206,1	304	302,4	89,9	13,5	50	44,5	198	147	154
2009	195	155	237,8	97,6	45,3	50,1	3,8	5	28,3	49,2	60,2	158
2010	20,2	35,7	33	201	142,2	81,1	122	37,4	75,7	114	215	225
2011	149	208	84,8	333	60,5	65	96,4	88,8	94,8	92	97,9	158
2012	254	167	141,3	229	36,9	11,3	5,2	17,6	18,6	113	137	64
2013	63,2	180	59,2	135	230,9	1,6	8,1	16,4	19,7	120	67,5	91,4
2014	174	88,3	188,7	39	134,2	42,2	5,4	2,2	55,8	176	139	88,6
2015	78,3	52,8	199,2	69,4	33,6	4	52,8	3,4	2,6	71	212	6,3

Anexo 2c.

Datos meteorológicos de la humedad relativa (%) en la estación M001
Inguincho.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1978	83	83	86	90	86	84	82	74	83	85	84	88
1979	85	81	89	86	89	83	80	81	84	82	84	84
1980	86	91	86	87	88	83	79	80	82	87	87	89
1981	90	91	91	90	87	87	84	82	82	86	90	90
1982	90	90	90	90	91	84	85	81	86	91	89	91
1983	89	87	90	93	92	88	85	85	85	91	90	92
1984	91	93	92	95	92	90	87	84	89	91	86	88
1985	94	88	89	90	89	83	80	84	84			90
1986	88	91	90	89	86	85	77	80	81	87	86	86
1987	86	85	88	88	87	83	85	82	82	89	80	82
1988	85	88	85	88	87	85	84	80	89	88	91	89
1989	89	88	88	88	87	88	85	85	85	86	85	86
1990	86	88	89	89	86	87	89	86	87	86	85	87
1991	91	91	90	90	91	89	89	90	87	89	89	91
1992	90	91	91	92	93	91	89	89	90	90	89	92
1993	90	92	92	92	91	91	87	83	91	90	92	91
1994	91		92	94	93	92	92	93	90	92	93	93
1995	92	92	92	92	91	92	93	91	91	90	93	93
1996	94	95	96	94	92	92	91	90	90	91	87	91
1997	94	94	93	93	93	92	91	91	92	91	94	92
1998	90	90	91	91	91	94	94	92	92	92	93	89
1999	93	94	93	93	93	93	91	90	92	91	90	93
2000	93	93	93	93	93	92	93	91	92	90	91	91
2001	92	92	93	92	92	91	90	77	82	79	83	88
2002	86	87	87	88	84	85	85	81	80	85	86	89
2003	84	87	87	89	87	87	82	80	83	87	88	89
2004	87	84	86	87	87	80	80	72	78	84	86	87
2005	86	87	87	87	81	82	78	77	77	82	82	89
2006	87	89	86	89	86	84	78	75	73	78	88	88
2007	82	80	83	87	86	83	78	81	78	86	88	89
2008	89	87	85	87	88	84	84	83	80	86	87	86
2009	88	86	87	86	82	85	84	85	81	84	85	88
2010	84	86	85	89	86	88	87	85	86	87	89	89
2011	87	90	86	88	83	86	84	81	83	87	84	90
2012	91	92	88	91	88	84	81	81	80	85	89	87
2013	87	90	87	85	90	84	83	84	80	85	87	87
2014	88	89	91	86	88	87	80	80	82	87	90	87
2015	87	87	90	88	88	82	83	80	79	86	89	81

Anexo 2d.

Datos meteorológicos del punto de rocío (°C) en la estación M001 Inguincho.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1978	7	7,8	7,8	8,7	7,7	6,6	6,2	4,8	6,7	7,1	8,5	8,1
1979	7,7	6,9	8,5	8	8,4	7,1	6,2	6,3	7,4	7	7,6	7,4
1980	8,1	8,5	8	7,8	8,5	7,3	6	6	7,3	8,1	8,2	8,4
1981	8,5	9	8,9	9	8	7,7	6,6	6,5	6,8	8,1	8,4	8,7
1982	8,2	8,7	8,7	8,8	9	7,5	7	6,3	7,8	8,4	8,8	9,3
1983	9,5	8,8	9,7	9,8	9,8	8,3	7,4	7,3	7,3	8,4	9,1	8,4
1984	7,9		9		8,7		6,9	7,1		8,4		8,4
1985	8,5		8,2		8,2		5,2	6,5				8,5
1986	8,2		7,8		8,1		5,5	6,4		7,9		8,2
1987	8,2	8,4	8,7	8,7	8,6	7,9	8	7,3	7,8	8,7	7,6	7,9
1988	8,5		7,7		8,3		7	6,9		8,1		8
1989	8,2		7,7		8		7,4	7,4		8		8,2
1990	8,1		8,4		8,2		8,2	7,8		8,3		8,4
1991	9,2		9,3		9,1		8	7,8		8,3		9,1
1992	9	8,7	9,2	9,1	9,1	8,8	7,7	7,9	8,1	8,6	8,7	9,4
1993	8,7		8,8		8,9		7,9	7,5		9,1		9,4
1994	9,2		9,6	9,9	10	9,3	9,2	8,9	9,3	9,5	9,4	9,9
1995	9,7	9,7	9,6	9,9	9,9	10	10	9,9	10	10	10,5	10
1996	10	10	10,4	11	9,8	9,3	9	8,9	9,1	8,5	7,9	8,7
1997	8,6	8,8	8,8	8,5	9,5	8,6	8,8	8,8	8,8	9,2	9,1	9,5
1998	9,9	10	9,8	10	9,6	8,9	8,5	8,4	8,8	9	8,8	8,6
1999	8,3	7,9	8,4	8,3	8,1	8,1	7,4	7,5	7,8	8,4	8,8	8,6
2000	8,2	8,2	8,6	9	8,9	8,4	7,9	8	8,3	8,6	8,3	8,6
2001	8,3	8,5	8,8	9	9,3	8,5	8,3	6	6,9	7,2	7,7	8,8
2002	8	8,1	8,6	8,3	8	7,1	7,5	6,9	7,2	7,8	7,9	9
2003	8,1	8,8	8,2	8,8	8,7	8	6,8	7,1	7,7	8,9	8,8	8,5
2004	8,5	8	8,6	8,6	9,1	6,9	6,6	4,9	6,1	7,6	8	8,3
2005	8	8,7	8,5	8,5	7,3	7,1	6,3	6,2	7	7,9	7,8	7,9
2006	8	8,8	8	8,5	8,4	7,6	6,3	5,5	5,3	6,3	8,4	8,5
2007	7,8	6,8	7,9	8,6	8,8	7,4	6,9	6,6	6,2	7,9	8,6	8
2008	8,3	7,5	7,3	8	8,1	7,7	6,9	7,3	7,6	8,2	8,7	7,9
2009	8,2	7,8	8,3	8,2	8	8,1	7,7	7,8	7,3	8	8,3	8,8
2010	8,2	8,6	8,6	9,1	8,7	8,6	8,3	7,6	7,9	8	7,9	8
2011	7,7	7,8	7,6	7,9	7,7	8,1	7,2	7,2	7,1	7,6	7,5	8,4
2012	8,6	7,9	8,3	8,5	8,1	7,5	7,4	7	7,4	8,2	9	8,3
2013	8,9	8,7	8,8	8,6	8,9	7,9	7,4	7,5	7,3	8,1	8,3	8,4
2014	8,8	9	9,1	8,9	8,6	8	7	6,4	7,2	8	8,9	8,3
2015	8,1	8,5	8,9	8,8	8,8	7,7	7,7	7,3	7,7	8,8	9,2	8,5

Anexo 2d.

Datos meteorológicos de la temperatura mínima (°C) en la estación M001 Inguincho.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1978	2,9	5	3	5,8	3,2	3		1,4		3,4	4	4,5
1979	4		1,4	4,1	5,1	4						
1980			4,9		5,4					5,2	2,5	
1981					4	3,2	3,2	3,8	3,1	4,6		4,5
1982	4,1	4,1	5,2		5,3	5	3,4	4,2	4,5	5	4,9	6,4
1983	6,2	5,6	5,1	6,5		4,8	1			4,2	4,8	3,6
1984	2,8	4,7	3	5	3,5	4,4	3	2	2,8	3,8	1,2	3,6
1985	3,2	2,4	2	2,4		2,4		2	3,8	2,4	0,7	0,7
1986	2,6	2,6	2,4	3,7		4,1		3,1	3,6	3,6	1,8	2,4
1987	4,4	5,8	4,7	5,5	4,8	4,4	4,4	3,5	4,2	5	1,9	1
1988		1,5	2	2		1,5	1,5	3,5				
1989		4		3,8		3			1,6		2	
1990	1,8	2	2	2,4	2	1	1	0,5	1	1,4	1	
1991		3,1	4,2	4,3	3,8	4,7			2,8		4	4,5
1992	4,3		4	4,8	5,5	4,8	2,5	2,6	2,1	2,9	4,2	2,4
1993	4,1	3,7	4,5	5,2	2,2	4,2	2,8	2,6	2,2	2,8	3,2	
1995				5,3	6,6			5,8	6,2	5,9		
1997	4,8	2,8	4	4,5	5,2	5	4,8	3,6		4,8	4,7	5,2
1998	5,3	6,7	6	6,8	5,8	5,7	4,3				4,2	
1999	4,7	3,9	4,4	3,8	4,3	4,2	3	3	3,7	4,7	4,2	4,5
2000	4	4,5	4,5	4,8	5,2	4,7	2,3	3,2	4	3,8	3,8	4,5
2001	3,6	4,2				4,3		2,8			3,8	3,7
2002	3,8	4,5	4,5	3,8	3,2	3				4	4	5,4
2003	4,3		4,3	5	5,4	4,6		4	4	4,5	3,5	3,4
2004		4,7	5,6			4	3,5	2,8				2,8
2005	2			5	3	3	3	4	4	3,9	1,5	
2006	3,6	3,8	4,7		4		1,5	2	2	1	4,5	3,9
2007	4	2,8	4,7	5	5,5	4,4	3,3	2,6	2,4		4,7	
2008		2,5	4	3,6	4,8	4,1	3,1	3	3,6	4,1	3,9	3,4
2009	4,9	4,2	4,4	3,3	3,9	4,8	3,8	4,5	3,1	5	5	6
2010	4,7		6,6	7	6,3	6,2		4	4,8	4,8	4,5	5,4
2011	5,2	5,4	5	5,4	3	3	2,5	2	4	2,3	1,4	3,6
2012	4,3	3,5	3,6	3,7	4,8	4,3	4,3	3,2	3,8	4	5,2	3
2013	5,4	6,4	5,9	3,7	6	4	4,3	2,3	3,8	4	3,1	3,8
2014	4,6	4,5	5,6	5,8		4,5	2,5	4	3,2	4,6	3,4	4
2015	5	4,3	6,2	6	5,7	5,9	4,2	3,4	3,2	5,5	4,4	4

Anexo 2e.

Datos meteorológicos de la temperatura media (°C) en la estación M001 Inguincho.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1978	10	10,8	10,2	10,3	10,2	9,5	9,2	9,3	9,7	9,6	11,3	10,2
1979	10,3	10,3	10,3	10,4	10,3	10	9,6	9,5	10,2	10,3	10,3	10,3
1980	10,6	10	10,4	10,5	10,5	10,1	9,7	9,6	10,4	10,3	10,4	10,3
1981	10,3	10,5	10,5	10,6	10,3	9,9	9,3	9,7	10	10,5	10,1	10,3
1982	9,9	10,4	10,3	10,4	10,4	10,2	9,4	9,5	10,1	10	10,7	10,7
1983	11,4	11	11,4	10,9	11,1	10,4	9,9	9,8	9,9	10	10,9	9,7
1984	9,3	9,6	10,3	9,9	9,9	9,7	9	10	9,2	10	9,7	10,4
1985	9,6	9,4	9,9	10,1	10,1	9,7	8,7	9,3	10			10,2
1986	10,1	9,4	9,5	10,5	10,5	10,1	9,4	9,9	10,5	10,1	10,5	10,6
1987	10,7	11	10,7	10,8	10,8	11	10,5	10,4	11	10,7	11,1	11
1988	11,1	10,6	10,2	10,4	10,5	10,3	9,8	10,3	10,1	10,1	9,8	9,8
1989	10	9,8	9,6	10,2	10,2	9,8	10,1	10	10,1	10,3	10,8	10,5
1990	10,4	10,2	10,3	10,2	10,5	10,2	10	10,3	10,4	10,5	10,8	10,5
1991	10,7	10,7	10,8	10,5	10,6	10,7	9,8	9,5	10,3	10,1	10,3	10,6
1992	10,7	10,2	10,6	10,4	10,3	10,4	9,5	9,7	9,8	10,3	10,6	10,7
1993	10,4	10,5	10,2	10,5	10,4	10,2	10	10,5	10,2	10,7	10,8	10,8
1994	10,7		10,9	10,9	11	10,6	10,6	10	11	10,9	10,5	11
1995	11,1	11	10,8	11,1	11,3	11,5	11,1	11,4	11,6	11,7	11,7	11,5
1996	11,3	11,2	11	11,4	11	10,6	10,4	10,5	10,8	10	10,1	10,1
1997	9,6	9,7	9,8	9,7	10,6	9,9	10,4	10,2	10,1	10,7	10	10,8
1998	11,6	12	11,3	11,6	11	9,9	9,4	9,6	10,1	10,3	10	10,4
1999	9,3	8,8	9,5	9,5	9,2	9,2	8,7	9,2	9,1	9,8	10,4	9,8
2000	9,2	9,2	9,8	10,1	10	9,7	9,1	9,3	9,5	10,3	9,8	10,1
2001	9,5	9,8	9,9	10,2	10,6	9,9	9,9	10,2	10,1	11,1	10,6	10,9
2002	10,4	10,3	10,8	10,3	10,8	9,7	10,1	10,2	10,8	10,5	10,2	11
2003	10,8	11	10,4	10,7	10,9	10,2	9,9	10,6	10,6	11	10,9	10,2
2004	10,8	10,7	11	10,9	11,2	10,3	10	9,9	10,1	10,3	10,4	10,5
2005	10,4	10,9	10,7	10,8	10,6	10,2	10,2	10,4	11,2	11,2	11	9,8
2006	10,2	10,6	10,4	10,3	10,8	10,3	10	10	10,2	10,5	10,4	10,7
2007	11	10,3	10,8	10,8	11,2	10,2	10,8	9,9	10	10,4	10,7	10
2008	10,1	9,7	9,8	10,2	10,2	10,5	9,7	10,3	11	10,7	10,9	10,2
2009	10,2	10,2	10,5	10,6	11,1	10,5	10,3	10,3	10,6	10,7	10,8	10,9
2010	10,9	11	11,2	11,1	11	10,6	10,4	10,1	10,2	10,2	9,6	9,7
2011	9,9	9,5	9,9	9,9	10,6	10,5	9,9	10,6	10	9,8	10,3	10,2
2012	10	9,2	10,2	9,9	10,1	10,3	10,6	10,5	10,9	10,8	10,8	10,6
2013	11	10,3	11	11,1	10,5	10,6	10,2	10,3	10,9	10,7	10,6	10,7
2014	10,9	10,9	10,5	11,3	10,6	10,1	10,6	9,9	10,5	10,3	10,6	10,5
2015	10,3	10,8	10,7	10,8	10,9	10,8	10,6	10,8	11,5	11,4	11,2	11,7

Anexo 2f.

Datos meteorológicos de la temperatura máxima (°C) en la estación M001 Inguincho.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1978	17,3	18,8	17,1	16,8	18,4			17,5		17,5		17,4
1979	17,3											
1980		17,2			16,8			18,1			17,5	17,5
1981	17,1	17,6	18,1	17,7		17,2		17,8	18,3	18,9	17,6	
1982	17,5	17,8	17	17	16,8	18	15,9	15,9	17,2	16,8		17,2
1983		18,7	17,4	17,2	19,8	19,2	16,8	16,8		17	19,1	17,2
1984	17,8	15,5	16,5	16,1	16,2	16	15,6	16,5	16	17	16,8	16,9
1985	16,5	16	17	16,4	17,2	16,2		16,4	17,6	17,7	17,6	17,9
1986	17,6	16,8	16	17,5	17	16,1	16,8	17	17		17,5	17,5
1987	17,4	17,9	18	17,4	16,8	17,5	17,2	17,6	18,6	18	19	
1988		17,5	16,9	17		17		17,7	16,8		16,6	
1989		16,4		16,4		15,6			17,9		17,4	
1990		17	17	17,6		17,4			18,4		18,8	
1991	17,6	18,2	18,1	19,2	17,4	18,1			17,9		18,2	17,9
1992			18,5		17,8	17,8	17,3	19,6		19,2	18,7	
1993		18,2	18,4	18,7		18,7	17,8		18,8	18	18,1	
1995	17,8	18,4		17,4	19		17,5	19	18,8	19,2	18	18,8
1996	18	18,7	17,2	17,8		16,6		17	17,2	18,2		
1997	17	16,8	17,5	18,4	17,8	17,1	17,4	17,9	18			18
1998	18,9	19,2	19		18	16,7	16,8					
1999	17,4	15,6	15,9	18	16,3	15,6	16,4	17,7	17,1	17,8	18,7	16,8
2000	17,5	17,4	16,5	16,6	16,9	16,7	16,5	16,5	16,8	19	18,2	20,3
2001	17,7			17,5	17,8	17,5	18		18,7			18,7
2002		16,9	18,5	17,2	17,9	16,9	18,9					18
2003	19,7		17	17,5	17,5	18,5	19,5	18		19	19,5	17,7
2004	18,9	18,9	18,8		19,2	18,5		19,2		19,8	18,8	19,4
2005	19,3	19,3	19,4	18,9	19,2	18,9	19,2	19,6	20	19,8	20	
2006	18	19,1	18,7	18,8	19,4	19		18,7	19,9	19,8	18,8	19,5
2007	19,7	20,4	19,4	20	19,2	18,4	19	19,2	19,4	19,8	19,8	18,8
2008	18,9	18,7	18,1	18,8		18,8		19,2	19,5		19,9	19
2009	20,5	18,7	19		19,5	19	16,8	16,2	18,4	18,8		
2010	17,7	17,2	18,1		18,2	17	17		17,7	17,5	18	17
2011	17,6	15,5		16,8	17,9	18,1		17,6	16,9	17,5	18	
2012	17,4	15,4	17		16,5	16,6		18,9		18,6	18,9	18
2013	18		17,2	18,1	17,7	17,6	16,4	17,9	19,3	18,8	17,9	17
2014	17,5	17,6	17,1	17,8	17,4	17		16,6	18,6	18,2	19	18
2015		18	17,3	17,3	18,6	17,7	17,7		19,7	19,5	18,8	19,2

Anexo 2g.

Volumen de captación de agua con neblinómetros en el mundo.

País	Localización	Captación promedio de agua de niebla (l/m2/día)
Chile	Cerro Moreno	8,26
Chile	El Tofo	2,98
Chile	Parque Nacional del Bosque Fray Jorge	3
Chile	Santuario de Padre Hurtado	5,4
Chile	Falda Verde	1,43
Chile	Iquique	7,81
Perú	Cerro Orara	4,6-5,8
Ecuador	Comunidad Pachamama Grande	4
Guatemala	Lago Atitlan	6,51
Colombia	Desierto de Guajira	1,4
República Dominicana		3,58
México	Chiapas	0,5
Sudáfrica	Ciudad del Cabo	14,4 (incluye lluvia)
Sudáfrica	Lepelfontein	5,3-5,9 (88% agua de neblina)
Sudáfrica	Soutpansberg	2 (25% agua de neblina)
Namibia	Swartbank, Klipneus, Soutrivier	0,5-2
Islas de Cabo Verde		11,5
Eritrea		8
República de Yemen	Hajja	9,5
Nepal		1
Omán		30
Croacia		27,8
España	Islas Canarias (El Gaitero)	1,8
España	Islas Canarias (Erjos)	0,2
España	Islas Canarias (Cumbres de Anaga)	4,5
España	Islas Canarias (El pulpito)	0,2
España	Islas Canarias (Parque Rural de Tenos)	4,1-5,5
España	Alicante (El Montgó)	5,6

Fuente: (Martos, 2009)

Anexo 2h.

Precipitación vertical (mm) medida en el área de estudio por los pluviómetros manuales.

PRECIPITACIÓN VERTICAL [mm]				
FECHAS	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
4/11/2017	0,22	0,21	0,24	0,2
11/11/2017	0,2	0,18	0,14	0,23
18/11/2017	0,22	0,25	0,24	0,21
25/11/2017	0,24	0,26	0,25	0,22
2/12/2017	0,4	0,45	0,42	0,41
9/12/2017	0,405	0,33	0,425	0,456
16/12/2017	0,355	0,42	0,38	0,256
23/12/2017	0,2	0,185	0,325	0,215
30/12/2017	0,52	0,74	0,71	0,69
6/1/2018	0,42	0,43	0,43	0,4
13/1/2018	0,32	0,32	0,33	0,33
20/1/2018	1,07	1,15	1,2	1,3
27/1/2018	0,312	0,32	0,4	0,36
3/2/2018	0,42	0,53	0,472	0,4
10/2/2018	0,46	0,3	0,365	0,2
17/2/2018	0,42	0,41	0,45	0,41
24/2/2018	0,44	0,42	0,41	0,48
3/3/2018	0,62	0,64	0,7	0,6
10/3/2018	0,595	0,57	0,56	0,55
17/3/2018	0,1	0,12	0,1	0,11
24/3/2018	0,51	0,54	0,55	0,56
31/3/2018	0,72	0,68	0,79	0,7
7/4/2018	1,22	1,2	1,29	1,2
14/4/2018	1,35	1,37	1,32	1,36
21/4/2018	1,35	1,36	1,4	1,4
28/4/2018	1,41	1,47	1,49	1,4

Anexo 2i.

Precipitación horizontal (mm) medida en el área de estudio y la relación entre neblinómetros unidireccionales y multidireccionales (mm).

MES	SEMANA	ESTACIÓN 1		ESTACIÓN 2		ESTACIÓN 3		ESTACIÓN 4		TOTAL MUL	TOTAL UNI
		MUL	UNI	MUL	UNI	MUL	UNI	MUL	UNI		
NOV	1	0,90	0,36	0,72	0,32	0,68	0,26	0,39	0,2	0,67	0,29
	2	0,50	0,19	0,98	0,42	0,60	0,25	0,30	0,11	0,60	0,24
	3	2,00	1,20	0,83	0,39	0,63	0,22	0,90	0,38	1,09	0,55
	4	0,52	0,27	0,90	0,35	0,55	0,26	0,38	0,19	0,59	0,27
DIC	5	1,22	0,26	0,93	0,30	0,74	0,32	0,52	0,21	0,85	0,27
	6	0,66	0,37	1,10	0,34	0,49	0,19	0,70	0,222	0,74	0,28
	7	1,97	0,60	0,68	0,34	1,27	0,34	1,11	0,178	1,26	0,36
	8	0,44	0,21	1,00	0,47	0,64	0,14	0,73	0,188	0,70	0,25
	9	2,01	0,76	0,98	0,16	1,61	0,47	1,64	0,511	1,56	0,48
ENE	10	1,70	0,80	0,72	0,23	0,79	0,29	0,98	0,31	1,05	0,41
	11	0,81	0,20	0,41	0,15	0,94	0,49	1,13	0,39	0,82	0,31
	12	1,79	0,80	2,20	0,80	1,97	0,50	1,16	0,21	1,78	0,58
	13	2,24	1,10	0,43	0,21	0,66	0,26	0,68	0,283	1,00	0,46
FEB	14	0,90	0,47	0,72	0,32	0,81	0,38	0,59	0,18	0,75	0,34
	15	1,26	0,60	1,16	0,34	0,81	0,38	0,72	0,35	0,99	0,42
	16	1,18	0,65	0,66	0,33	0,81	0,38	0,70	0,14	0,84	0,38
	17	1,94	1,25	1,24	0,77	0,81	0,38	1,15	0,52	1,28	0,73
MAR	18	1,99	0,75	1,00	0,42	0,90	0,40	0,75	0,11	1,16	0,42
	19	1,60	0,76	1,29	0,67	0,95	0,48	0,86	0,33	1,17	0,56
	20	0,30	0,16	0,19	0,10	0,12	0,06	0,11	0,04	0,18	0,09
	21	2,24	1,17	1,07	0,50	0,75	0,40	0,61	0,32	1,17	0,60
	22	1,88	0,97	1,65	0,90	1,61	0,79	1,52	0,82	1,66	0,87
ABR	23	1,90	1,30	1,85	1,30	1,35	1,25	1,20	1,02	1,58	1,22
	24	1,85	1,50	1,75	1,35	1,40	1,00	1,40	1	1,60	1,21
	25	1,75	1,40	1,60	1,25	1,20	1,20	1,30	1,12	1,46	1,24
	26	1,75	1,55	1,40	1,20	1,30	1,30	1,50	1	1,49	1,26

MUL=Multidireccional

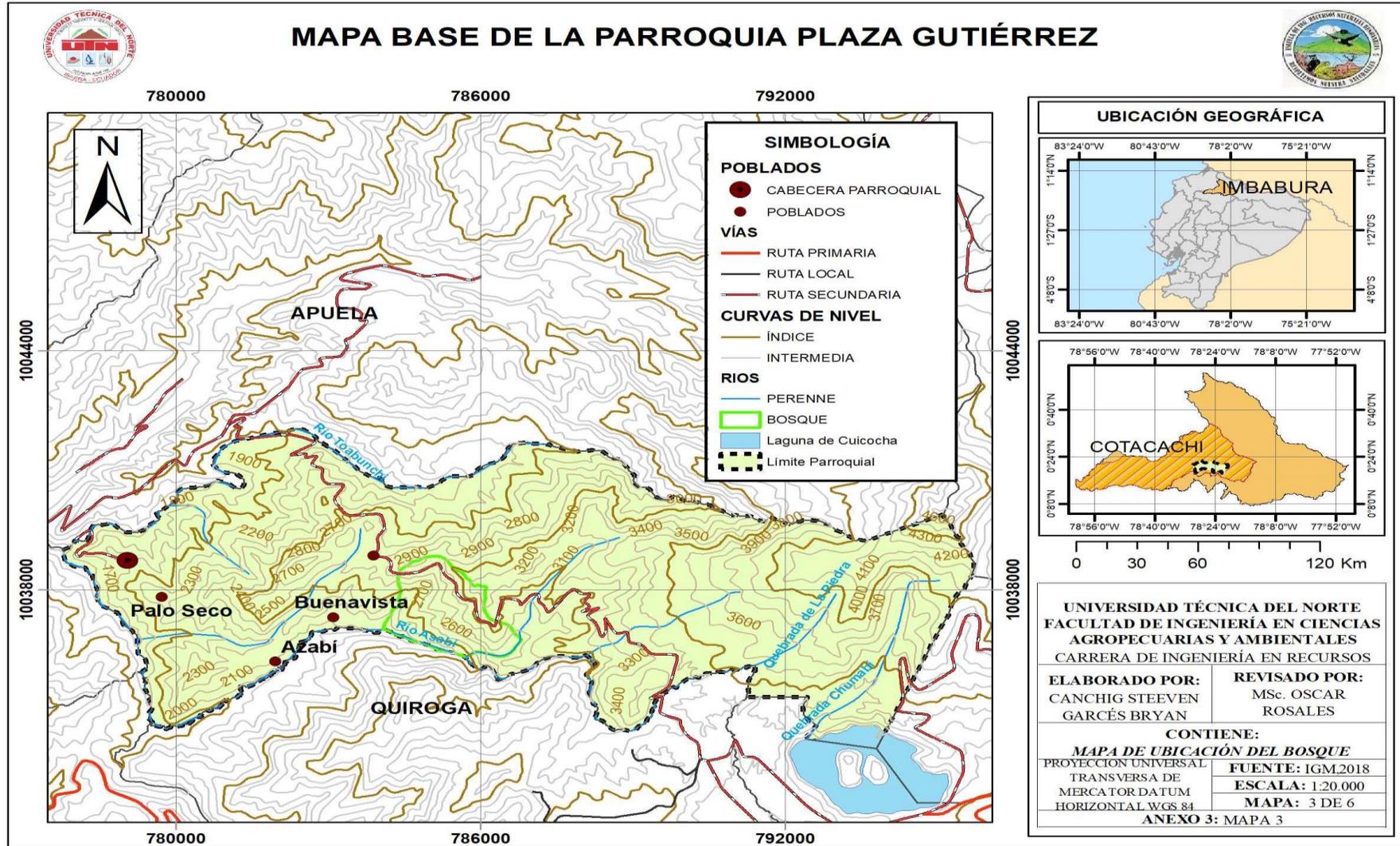
UNI= Unidireccional

ANEXO: 3 Mapas

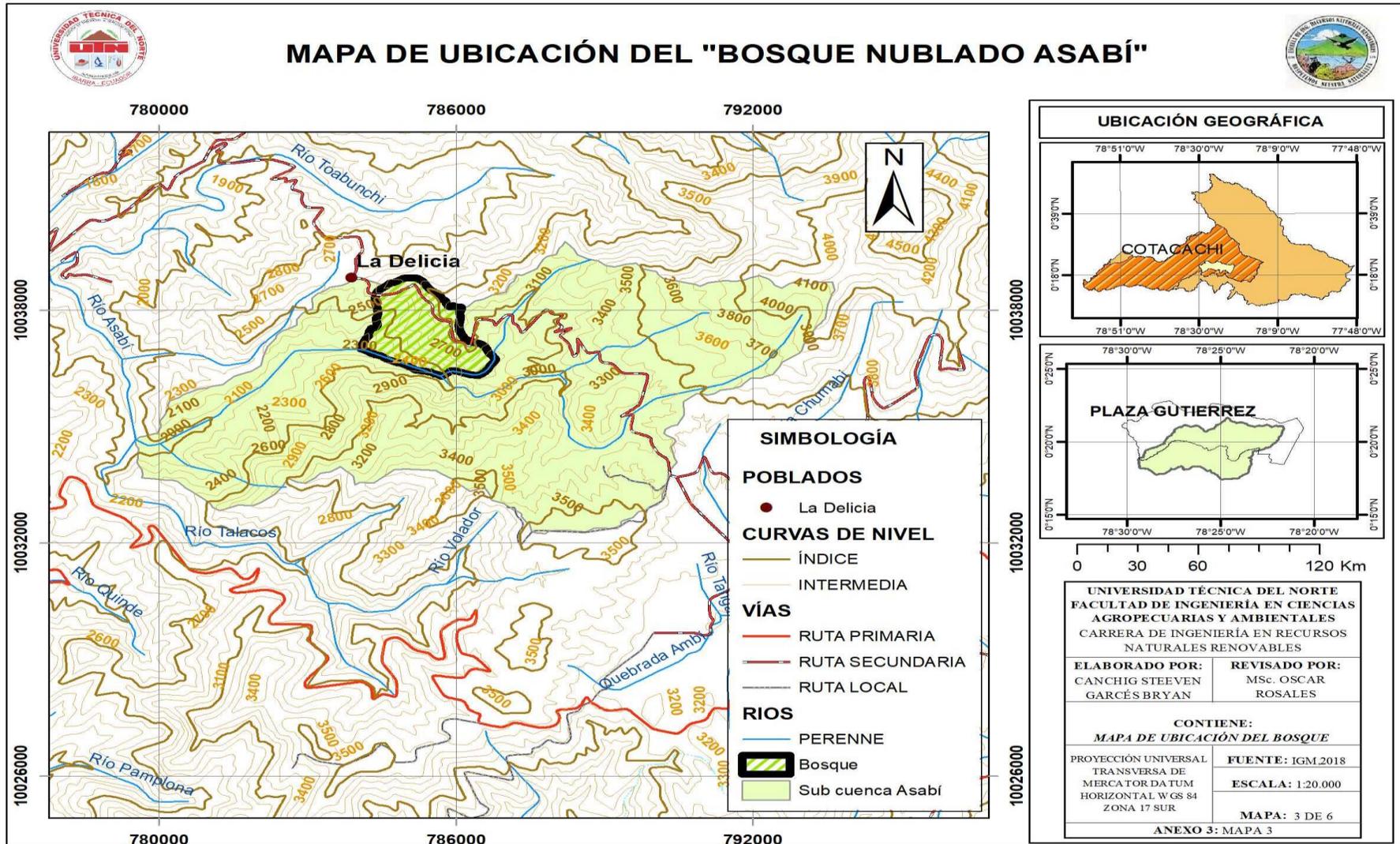
Anexo 3a. Mapa de Localización del área de estudio.



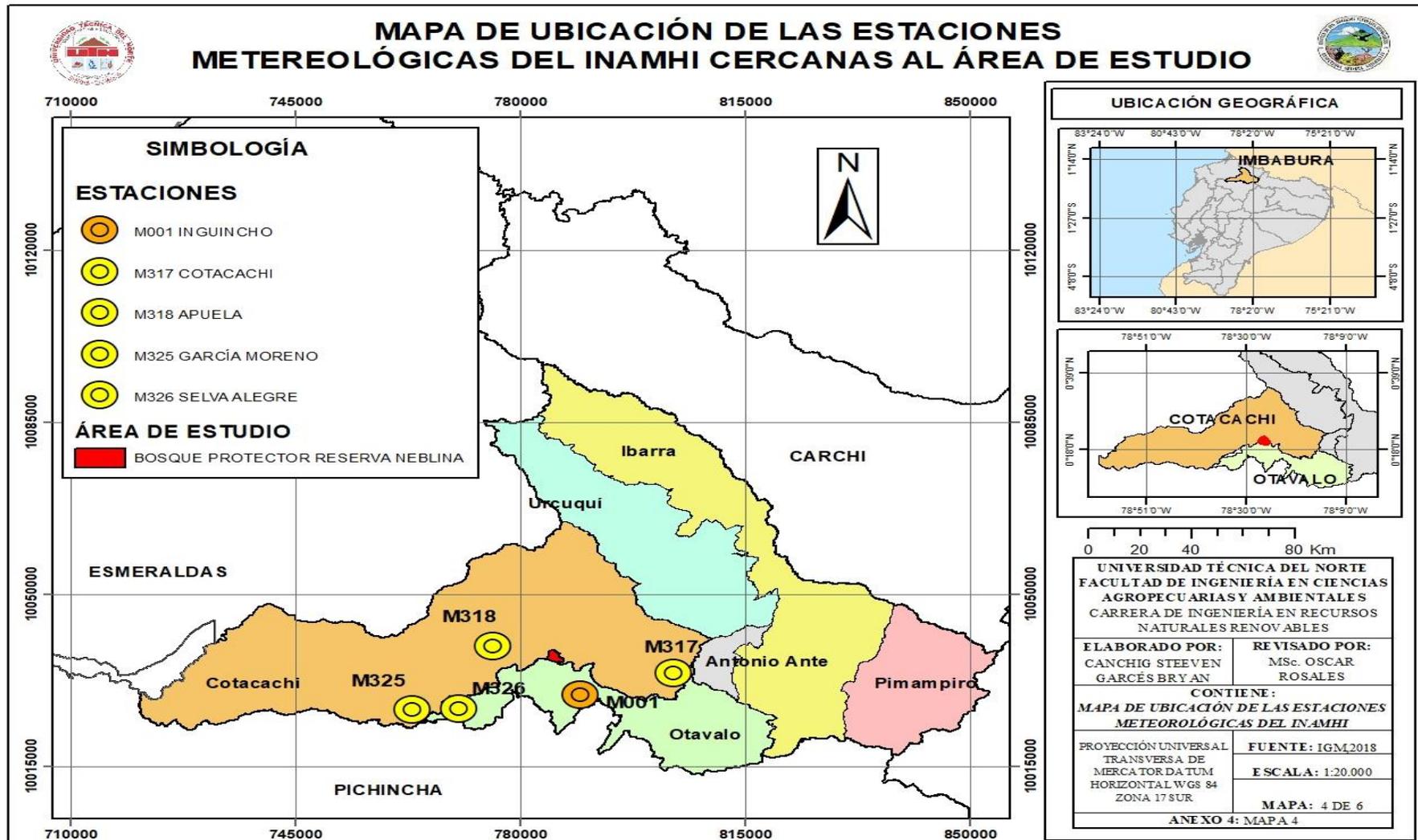
Anexo 3b. Mapa base de la Parroquia de Plaza Gutiérrez.



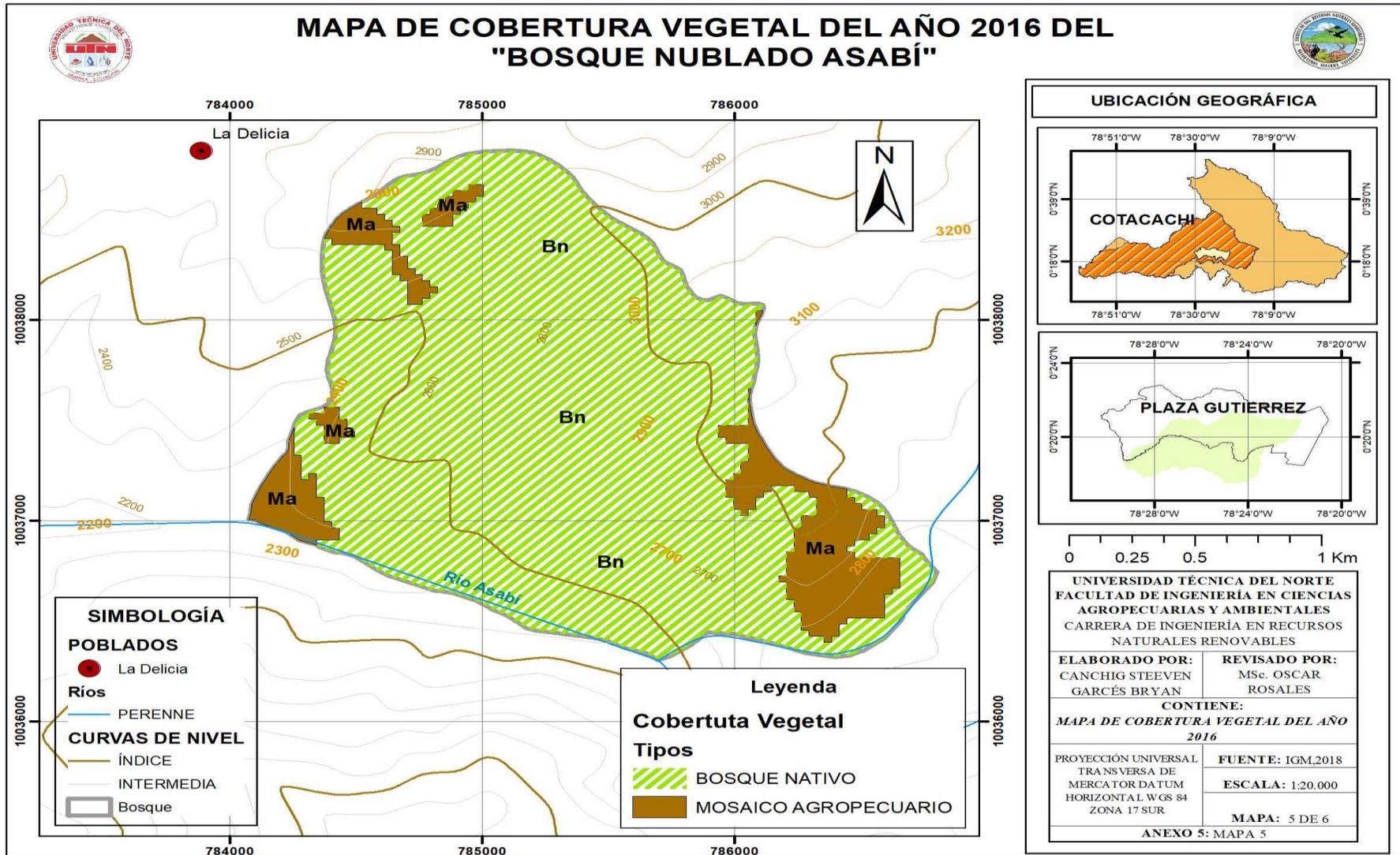
Anexo 3c. Mapa de Ubicación del Bosque “Protector Reserva Neblina”.



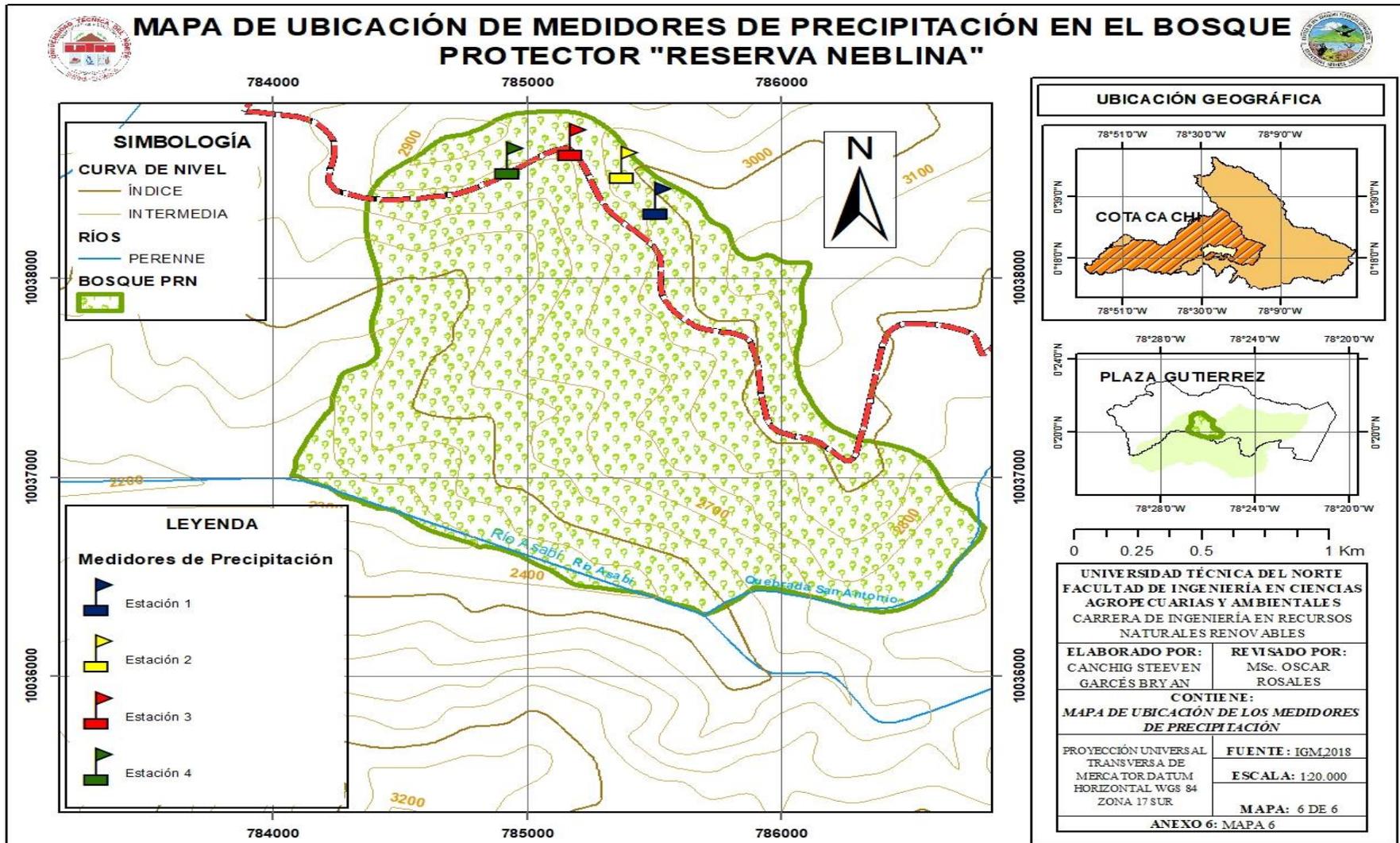
Anexo 3d. Mapa de ubicación de las estaciones metereologicas cercanas al área de estudio.



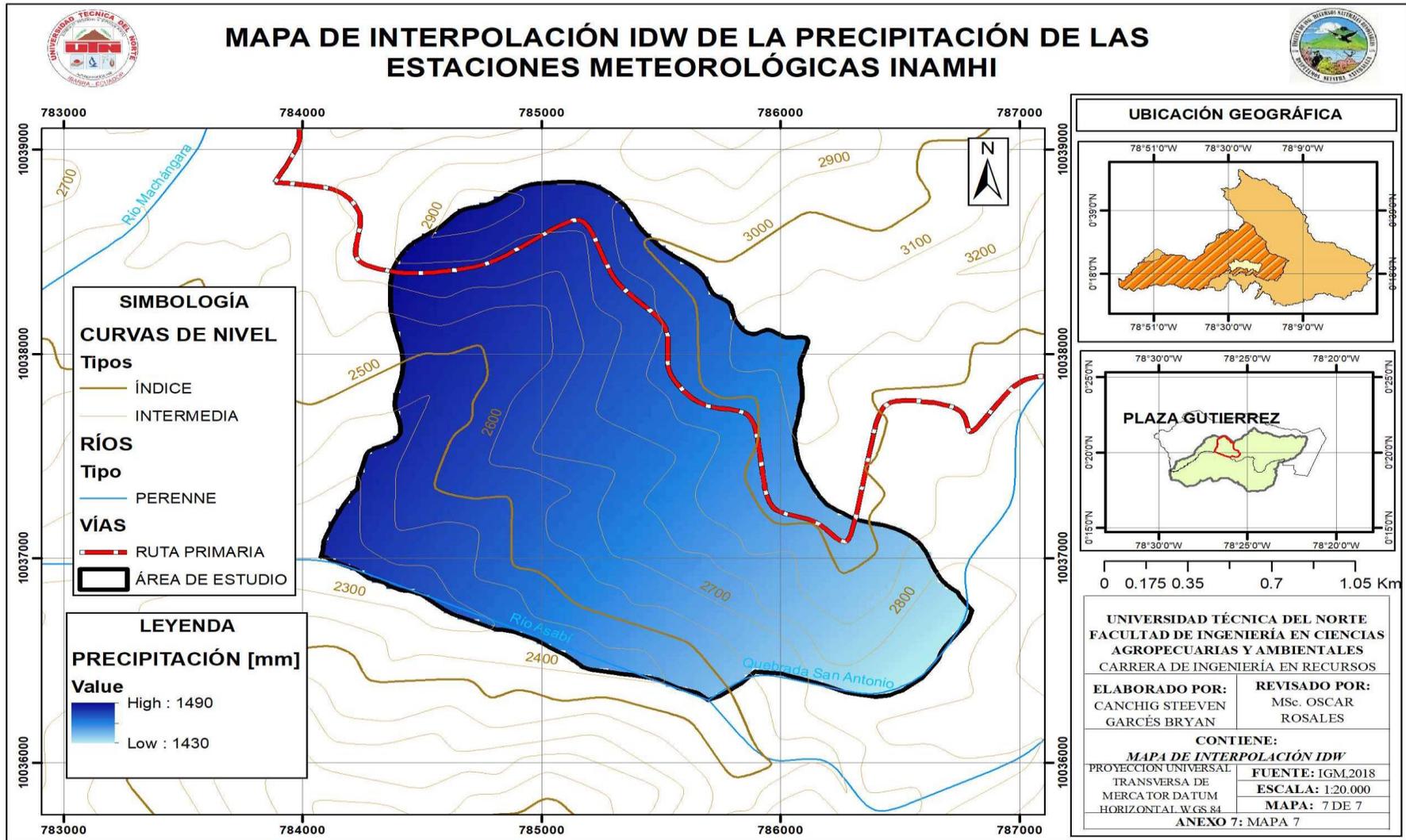
Anexo 3e. Mapa de la cobertura vegetal del año 2016 de bosque Protector Reserva Neblina.



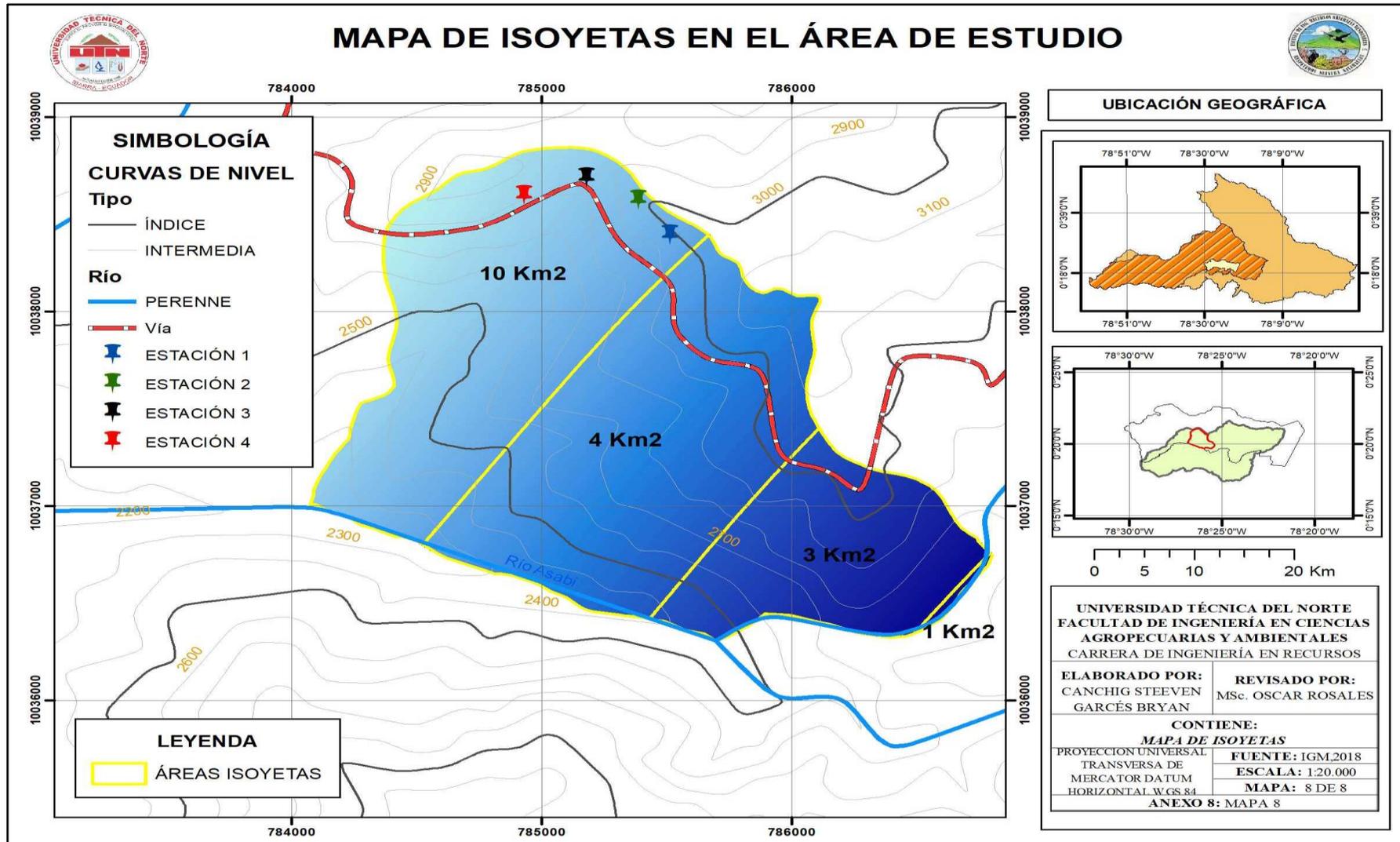
Anexo 3f. Mapa de ubicación de las estaciones creadas en el área de estudio.



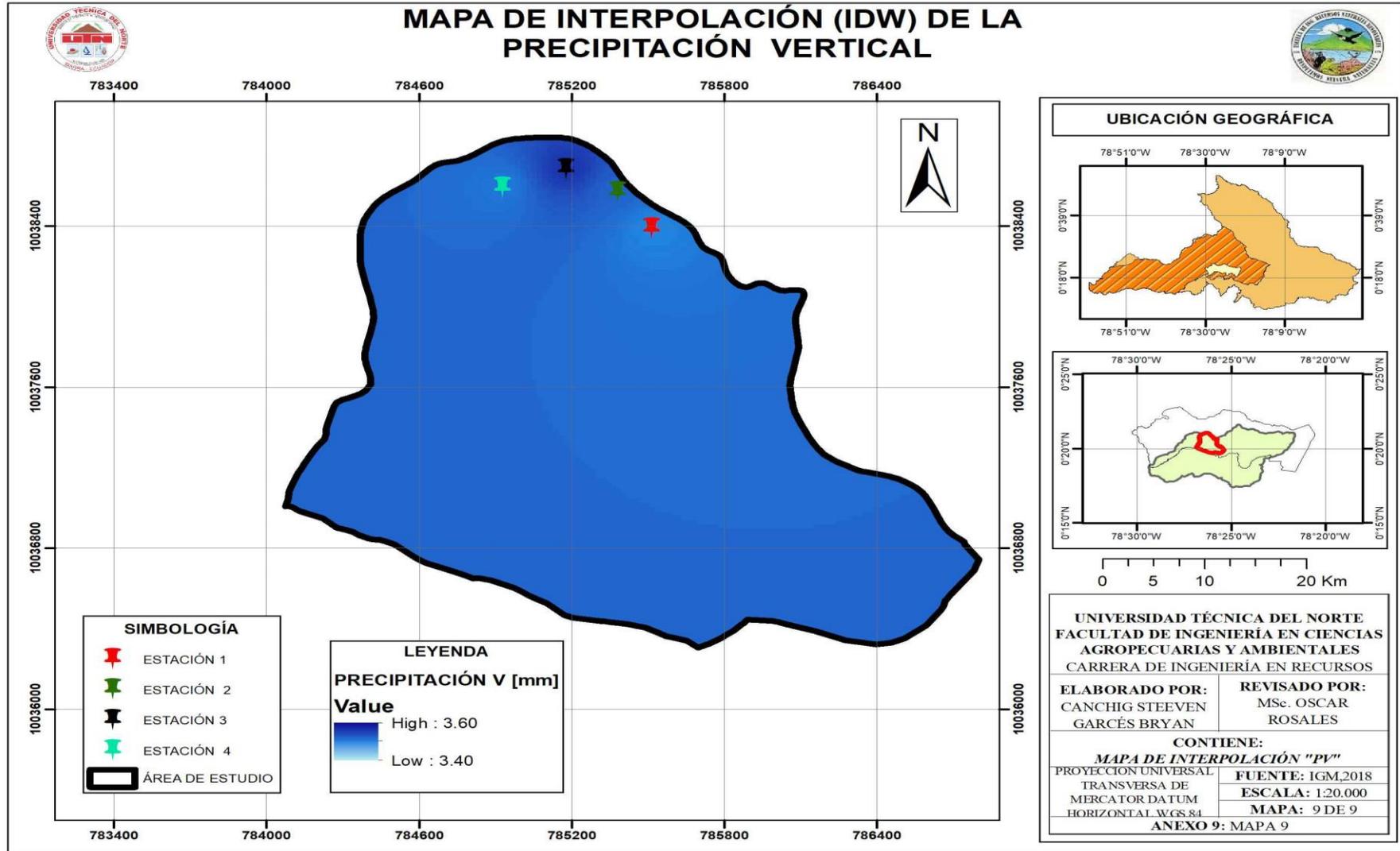
Anexo 3g. Mapa de Interpolación IDW de las estaciones INAMHI cercanas el área de estudio.



Anexo 3h. Mapa de Isoyetas en el área de estudio.



Anexo 3i. Mapa de Interpolación IDW de la precipitación vertical.



Anexo 3k. Mapa de Interpolación IDW de la precipitación total.

