Propuesta para la Determinación de una Ecuación que Cuantifique el Potencial Hídrico en una Red Atrapanieblas en la Ladrillera El Trébol, Cogua-Cundinamarca

Por:

PAULA DANIELA GUTIÉRREZ GUZMÁN

KATHERINE TATIANA URBINA PINEDA

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Ambiental

Bogotá, 24 de octubre de 2018

Propuesta para la Determinación de una Ecuación que Cuantifique el Potencial Hídrico en una Red Atrapanieblas en la Ladrillera El Trébol, Cogua-Cundinamarca

Trabajo de Grado en la modalidad de Trabajo de Investigación para Optar al Título de Ingeniero Ambiental

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia 2018

Acta de Sustentación

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo, en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos dar gracias a Dios, por permitirnos llegar a este punto de nuestras vidas, de la mano de nuestros seres queridos.

Gracias a nuestros padres, por transmitirnos el deseo de superación personal, y darnos las herramientas necesarias para lograrlo. Por darnos su amor y apoyo incondicional.

Gracias al profesor Félix Darío, por su acompañamiento y disposición, por su tiempo y las enseñanzas brindadas.

Tabla de Contenido

1. Resumen 12
2. Introducción 13
3. Planteamiento del problema 14
3.1. Determinación del problema 14
3.2. Pregunta de Investigación 14
4. Justificación 15
5. Objetivos 15
5.1. Objetivo general 15
5.2. Objetivos específicos 15
6. Marco de referencia 16
6.1. Estado del arte. 16
6.1.1. Atrapanieblas a nivel nacional 16
6.1.2. Atrapanieblas a nivel internacional 21
6.2. Marco teórico y conceptual. 24
6.3. Marco normativo. 26
6.4. Marco geográfico. 29
6.4.1. Municipio de cogua. 29
6.4.2. Vereda el Olivo 29
6.4.3. Localización del proyecto. 29
7. Diseño metodológico 31
7.1. Tipo de investigación 31
7.2. Metodología de la investigación 31
7.3. Enfoque, límite, método y alcance del proyecto de investigación 32
7.4. Técnicas e instrumento. 34
CAPITULO I 35
1. Localización. 35
2. Caracterización Física 36
2.1. Geomorfología 36
2.1.1. Geología 36
2.1.2. Relieve 36
2.2. Hidrografía 38
3. Clima 38
3.1. Variables meteorológicas 38

3.2. Brillo solar promedio anual (horas) 39
3.3. Aspectos climáticos estación "Embalse el Neusa" 40
3.3.1. Temperatura media 40
3.3.2. Temperatura máxima 41
3.3.3. Temperatura mínima 42
3.3.4. Humedad relativa 43
3.3.5. Precipitación 44
3.3.6. Vientos 45
Rosa de los vientos 46
3.4. Aspectos climáticos Estación "Checua" 48
3.4.1. Humedad relativa 49
3.4.2. Precipitación promedio anual 49
3.4.3. Brillo Solar 50
3.4.4. Temperatura Promedio anual 50
3.4.5. Velocidad del viento 51
4. Riesgos ambientales 52
CAPITULO II 54
1. Metodología para la obtención de datos 54
1.1. Punto de roció 59
1.2. Calculo de la temperatura media anual. 61
2. Metodología de correlaciones 66
2.1. Relación humedad relativa y punto de rocío vs. Producción 66
2.2. Análisis de las correlaciones 67
2.3. Relación velocidad del viento vs producción 68
2.4. Análisis de la correlación 69
3. ecuación para la determinación del potencial hídrico. 70
CAPITULO III 71
1. Características propias de la ladrillera El Trébol 71
1.1. Tipo de industria 71
1.1.2. Transformación industrial 71
1.2. Descripción técnica del proyecto minero en El Trébol 72
1.2.1. Infraestructura 72
1.2.2. Instalaciones administrativas 73
1.2.3. Instalaciones de producción 73

1.3. Proceso productivo en la Ladrillera El Trébol 76
2. Características demográficas de la Ladrillera El Trébol. 78
2.1. Empleados 78
2.2. Organigrama institucional 79
3. Determinación del consumo de agua 80
3.1. Agua potable para consumo humano en la ladrillera el trébol. 80
3.2. Agua utilizada para la producción ladrillera 81
4. Determinación del tamaño de proyecto 82
4.1. Cantidad de redes atrapanieblas requeridas 82
4.2. Caracteristicas propias de las redes atrapanieblas. 84
4.2.1. La malla 85
4.2.2. Estructura de soporte 86
Conclusiones 87
Recomendaciones 88
Bibliografía 89
Anexos 92

Tabla de Figuras

Figura 1. Malla Atrapanieblas, Soacha 17
Figura 2. Dimensiones de Malla Atrapanieblas 18
Figura 3. Colección de niebla diaria 20
Figura 4. Malla Atrapanieblas en Buga, Valle 21
Figura 5. Ubicación de experiencias internacionales 21
Figura 6. Desierto de Atacama 22
Figura 7. Canaleta 22
Figura 8. Malla atrapanieblas Lima, Perú 23
Figura 9. Malla atrapanieblas Bolivia 24
Figura 10. Ubicación Vereda el Olivo 29
Figura 11. Polígono del área de la ladrillera El Trébol 30
Figura 12. Distancia de la cabecera municipal a la ladrillera El Trébol. 30
Figura 13. Vista aérea de la ladrillera El Trébol. 31
Figura 14. Fases de la metodología. 32
Figura 15. Mapa base del municipio de Cogua. 35
Figura 16. Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia. 39
Figura 17. Promedio Temperatura Media 40
Figura 18. Promedio Temperatura Máxima 41
Figura 19. Promedio Temperatura Mínima 42
Figura 20. Promedio Humedad Relativa 44
Figura 21. Promedio de Precipitación. 45
Figura 22. Rosa de vientos. 46
Figura 23. Frecuencia de distribución de los vientos. 47
Figura 24. Ubicación Estación meteorológica. 47
Figura 25. Distancia Estación meteorológica y ladrillera. 48
Figura 26. Humedad relativa media. 49
Figura 27. Precipitación Promedio Anual. 49
Figura 28. Brillo Solar Anual. 50
Figura 29. Temperatura Promedio anual 50
Figura 30. Rosa de vientos. 51
Figura 31. Malla atrapanieblas en Chanchamayo. 54
Figura 32. Malla atrapanieblas en Chincha. 55
Figura 33. Malla atrapanieblas en Canchape. 56
Figura 34. Malla atrapanieblas en Alto del Veladero. 57
Figura 35. Malla atrapanieblas en Cruce de Pucará.. 58
Figura 36. Punto de rocío. 60
Figura 37. Temp. vs Elevación. 66
Figura 38. Relación Humedad Relativa/Punto de Rocío vs. Producción. 67
Figura 39. Relación Velocidad del viento vs. Producción. 69
Figura 40. Vía de acceso a la planta. 72
Figura 41. Reservorio principal. 73
Figura 42. Tolva. 74
Figura 43. Laminadora. 74
Figura 44. Extrusora en proceso. 75
Figura 45. Extrusora. 75

Figura 46. Zonas de secado. 76
Figura 47. Proceso productivo de ladrillo. 77
Figura 48. Equipo de trabajo. 79
Figura 49. Organigrama Ladrillera El Trébol. 79
Figura 50. Polígono del área libre, disponible para la implementación de las redes. 82
Figura 51. Fotografía del área libre. 83
Figura 52. Orientación de las redes. 83
Figura 53. Dimensiones de la red. 85
Figura 54. Malla Raschel (Sarán). 85
Figura 55 . Tipos de estructuras de un atrapaniebla. 86

Lista de Tablas

Tabla 1.Escenarios de atrapanieblas 19
Tabla 2. Análisis de regresión lineal 19
Tabla 3. Determinación del tamaño del proyecto 19
Tabla 4. Tipos de captadores. 25
Tabla 5. Normatividad considerada 26
Tabla 6. Técnicas e instrumentos utilizados. 34
Tabla 7. Sectores en veredas de Cogua. 36
Tabla 8. Relieve del municipio de Cogua por asociaciones de suelos. 37
Tabla 9. Clasificación climática para el municipio de Cogua. 38
Tabla 10. Datos Generales estación meteorológica 38
Tabla 11. Temperatura media suministrados por la CAR 40
Tabla 12. Datos de temperatura máxima suministrados por la CAR. 41
Tabla 13. Datos de temperatura mínima suministrados por la CAR. 42
Tabla 14. Ubicación de la temperatura promedio anual de la Estación Embalse el Neusa, en la Escala Universal Termal (EUT). 43
Tabla 15. Datos de humedad relativa suministrados por la CAR 43
Tabla 16. Datos de precipitación suministrados por la CAR 44
Tabla 17. Datos de velocidad (m/s) y dirección del viento suministrados por la CAR 46
Tabla 18. Escala de Beaufort de la fuerza de los vientos 47
Tabla 19. Datos generales estación meteorológica Checua 48
Tabla 20. Escala Universal Termal 51
Tabla 21. Escala de Beaufort de la fuerza de los vientos 52
Tabla 22. Riesgos ambientales en Cogua 52
Tabla 23. Experiencia en Perú (Chanchamayo, Chincha). 55
Tabla 24. Experiencia en Perú (Canchaque, Morropon). 56
Tabla 25. . Experiencia en Bolivia (Alto del Veladero, Cruce de Pucará). 58
Tabla 26. Experiencia en Colombia (Valle del Cauca). 59
Tabla 27. Datos de escenarios de proyectos de atrapanieblas. 59
Tabla 28. Tabla para obtener el Punto de Rocío. 61
Tabla 29. Relación entre Humedad Relativa y Punto de Rocío. 66
Tabla 30. Humedad Relativa y Punto de roció vs Producción 67
Tabla 31. Datos para generar relación 68
Tabla 32. Relación velocidad del viento vs producción 68

Tabla 33. Cálculos de ecuación de estación meteorológica “Embalse el Neusa”..... 70
Tabla 34. Cálculos de ecuación estación meteorológica “Checua” 70
Tabla 35.Etapas de la producción ladrillara..... 71
Tabla 36. Ciclo del proceso productivo en la Ladrillera El Trébol..... 77
Tabla 37. Categorización de la mano de obra..... 78
Tabla 38. Aproximación de los litros consumidos por persona/día..... 80
Tabla 39. Producción de la industria ladrillera el trébol para el año 2017 81
Tabla 40. Resumen del consumo diario en la ladrillera el trébol..... 82

Tabla de Ecuaciones

Ecuación 1. Capital de aumento..... 60
Ecuación 2. tasa de crecimiento. 60
Ecuación 3. Temperatura..... 61
Ecuación 4. Cálculo del potencial hídrico 70
Ecuación 5. Cálculo del consumo de agua para consumo. 80
Ecuación 6. Cálculo del consumo en la producción. 81
Ecuación 7. Cálculo de la producción de una malla de $6m^2$..... 84
Ecuación 8. Cálculo de la cantidad de redes necesarias para cubrir el consumo de agua potable..... 84
Ecuación 9. Cálculo de la cantidad de redes necesarias para cubrir el consumo en del proceso productivo. 84

1. Resumen

El presente proyecto de investigación, tiene como propósito diseñar una ecuación que permita cuantificar el potencial hídrico de una red atrapanieblas cuyo potencial de captación de precipitación horizontal, permita incrementar la oferta hídrica actualmente disponible en la industria ladrillera ubicada en la vereda el Olivo en Cogua, Cundinamarca.

La investigación abordará de manera holística las condiciones socioeconómicas, y ambientales que afronta la comunidad de la zona de estudio, con la finalidad de generar una propuesta de captación por medio de una tecnología eficiente y limpia que permita el aprovechamiento de la precipitación atmosférica como estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático en escenarios de alta montaña andina en una zona altamente influenciada por industrias ladrilleras.

De este modo, se analizaron las variables meteorológicas que inciden en la zona de estudio, las cuales se explican a partir de correlaciones hechas con datos de investigaciones realizadas de atrapanieblas en el nivel internacional y nacional basadas en un trabajo de investigación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, titulado "Estudio de prefactibilidad para la posible implementación de atrapanieblas" en el Municipio de Ráquira, Cundinamarca, explicado en este estudio en el ítem del estado del arte. Se lograron determinar correlaciones con las variables ambientales que inciden en la captación de precipitación horizontal.

2. Introducción

El cambio climático se ha convertido en un tema de gran importancia en la última década; este se refiere al cambio del clima, que es atribuido a las actividades que realiza el ser humano, las cuales alteran la composición de la atmósfera mundial y que sumadas a la variabilidad del clima puede tornarse peligroso severamente a la sociedad, su economía y el medio. La WWF define como cambio climático al aumento de temperatura media de la superficie global por encima de los 2 º C, tomando como base los inicios de la revolución industrial. (Mosera & Ekstrom, 2010).

Como consecuencia, el cambio climático resulta ser una amenaza que sumada a los eventos hidrometereológicos extremos, llevan a un riesgo en cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico a nivel global. La disponibilidad de agua dulce es una de las mayores preocupaciones que enfrenta la humanidad; la dificultad que en algunos casos es imposibilidad de acceso, amenaza la seguridad personal y la dignidad humana; algunas de las causas principales están dadas por el mal uso e inadecuado aprovechamiento del recurso. (Bustamante, Rodríguez, & Pérez, 2010).

Es por esto que las comunidades con este tipo de problemáticas se han visto en la necesidad de encontrar nuevas herramientas y tecnologías que permitan la adaptación y mitigación de este fenómeno ambiental.

Ejemplo de lo anterior, son las redes atrapanieblas, las cuales son sistemas que permiten la captación del agua atmosférica a través de un sistema que atrapa gotas microscópicas de agua que contiene la neblina. Se usan en regiones desérticas con presencia de niebla; este sistema se fundamenta en un proceso conocido como condensación, por el cual el vapor de agua presente en la atmósfera se condensa formando gotas de agua.

Para el desarrollo de esta herramienta es necesario conocer el potencial hídrico de la zona donde se pretende implementar. El potencial hídrico mide la tendencia del agua que fluye en un área hacia otra, esto se debe a las ósmosis, gravedad, presión mecánica, o a la tensión superficial. Está constituido por varios potenciales que influyen sobre el movimiento de aguas.

Una de las actividades económicas que influyen en el cambio climático, en un país como Colombia, es la industria ladrillera, ya que esta actividad genera gases efecto invernadero alterando las condiciones atmosféricas de una región. Para efecto de este trabajo de investigación se plantaron como alternativas las redes atrapanieblas como una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático en la industria ladrillera, tomando como "piloto" la Industria Ladrillera El Trébol, localizada en la vereda El Olivo, jurisdicción del Municipio de Cogua, Departamento de Cundinamarca; de igual manera se plantea la posibilidad de implementar una estrategia de producción más limpia, captando agua no solo para el consumo del capital humano dentro de la ladrillera, sino también para la integración del recurso captado en el proceso de producción.

3. Planteamiento del Problema

3.1. Determinación del Problema

El municipio de Cogua Cundinamarca, específicamente la vereda El Olivo, es una zona altamente influenciada por la actividad minera y la industria ladrillera, las cuales hacen un importante uso del recurso hídrico disponible. Por lo tanto, es necesaria la implementación de soluciones tecnológicas ambientalmente sostenibles y de bajo costo como las redes atrapanieblas que permitan responder de primera mano a las necesidades de la industria evitando la afectación de la comunidad y poder plantear así una alternativa de recolección de agua que pueda dar respuesta a la escasez del recurso hídrico.

3.2. Pregunta de Investigación

¿Cómo se pueden implementar las tecnologías de redes atrapanieblas para el aprovechamiento del agua potable en una zona altamente influenciada por la actividad industrial ladrillera?

4. Justificación

Las alternativas de soluciones eficientes de captación de agua potable en una zona altamente influenciada por una actividad industrial, como lo es el parque industrial minero en Cogua- Cundinamarca, específicamente en el área de intervención por parte de la ladrillera El Trébol, nacen como posibilidad de respuesta y adaptación al cambio climático, para evitar consecuencias como el déficit del recurso hídrico y poder mitigar el impacto que genera este sector sobre la población y la gran demanda de agua que se requiere para el proceso productivo del ladrillo.

Esta investigación resulta importante ya que permite tener una visión holística que integra las dimensiones sociales, ambientales y económicas y así poder dar resultado al proceso de cuantificación de captación de agua potable por medio de una ecuación en donde se encontró que existe una relación directamente proporcional entre la humedad relativa y el viento y de esta manera determinar, qué porcentaje de agua potable se puede obtener diariamente por m^2, para suplir e incorporar en las diferentes actividades que se desarrollan en la ladrillera, así mismo la comunidad se verá beneficiada mediante la optimización y abastecimiento, con la implementación de una alternativa económicamente viable ya que genera una mejor producción de bajo costo, puesto que aprovecha las aguas atmosféricas.

Teniendo en cuenta lo anterior, se determinó una ecuación basada en correlaciones a partir de un Trabajo de Grado de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas cuyo título está basado en un caso de éxito de un modelo de captación de malla atrapanieblas que se implementó para el municipio de Soacha en el año 2014.

Este proyecto es importante ya que le permite a dos ingenieras ambientales, por medio de la investigación, poder incentivar la implementación de tecnologías eficientes de captación de agua potable para ser reincorporada en una ladrillera ubicada en una zona que se caracteriza por la escasez hídrica.

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

Determinar una ecuación que cuantifique el potencial hídrico en una red atrapanieblas (mecanismo de captación de niebla), que permita la obtención de agua y su aprovechamiento para poder suplir necesidades en Ladrillera El Trébol, Cogua, Cundinamarca.

5.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización climática de la zona de estudio a fin de determinar el patrón de comportamiento de variables climatológicas que inciden en la captación de precipitación horizontal.
- Determinar una ecuación que sea representativa para estimar la oferta hídrica diaria por m^2 utilizando las variables climáticas de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.
- Estimar la oferta hídrica necesaria para abastecer la población de la ladrillera El Trébol de 50 personas y el consumo hídrico en el proceso productivo del ladrillo mediante una red atrapanieblas.

6. Marco de Referencia

6.1. Estado del Arte.

Para contextualizar este proyecto es necesario abordar los antecedentes que existen en el marco de esta investigación en donde se va a ahondar en estudios anteriores de casos exitosos de atrapanieblas en el nivel nacional e internacional, entre ellas se destacan algunas experiencias en Chile, Perú y Bolivia, que han permitido generar una demanda de conocimientos y así establecer comparaciones frente a otros puntos de vista para comprender el planteamiento del problema debido a que facilita múltiples alternativas en torno a la investigación.

La niebla ha sido estudiada desde hace mucho tiempo por diferentes razones de uso y principalmente su captación como agua potable para ser usado en diferentes procesos. En el siglo XVI en la isla El Hierro del archipiélago de las Islas Canarias, España, cronistas cuentan que había un árbol, "el garoe", que abastecía a la población autóctona con el agua que recolectaba de la niebla, luego esta misma técnica fue usada en 1990 en la península arábiga, llegando a recolectar 1.000 litros de agua diarios. A inicios del siglo XX, en Alemania se midió el agua que se podía colectar en Sudáfrica y se publicó uno de los primeros artículos en un journal de ciencias sobre el tema. A mediados del mismo siglo, en islas de Hawai se hacían instrumentos para medir y utilizar el agua en zonas de niebla. (Cereceda, Hernández, & Leiva, 2014).

El modelo y diseño de los atrapanieblas se originó por medio de la biomímesis, gracias a un escarabajo que habita en Namibio-Chile llamado Onymacris unguicularis, conocido como escarabajo negro, también capta la niebla para obtener agua. Este animal habita en el desierto, se dirige hasta la cima de una duna, cuando llega a la cima, el escarabajo gira el cuerpo contra el viento y baja la cabeza. La superficie de la espalda del escarabajo tiene picos y huecos que empujan las diminutas gotas de niebla hasta formar gotas grandes, cuando las gotas se acumulan, por la acción de la gravedad caen por la espalda hasta llegar a la boca, cuando tiene sed, el escarabajo simplemente inclina su cabeza para tomar agua que recogió en su espalda (Huertas & Molina Torres, 2016).

6.1.1. Atrapanieblas en el Nivel Nacional

En Colombia, hacia el año 2009 fue implementado por primera vez un proyecto de redes atrapanieblas, por la Universidad Nacional de Palmira, este proyecto proponía captar la niebla como una alternativa económica y eficiente de recolección del recurso hídrico, en zonas en donde no se cuenta con muchas fuentes de abastecimiento de agua. Posteriormente el ingeniero Aristizábal, junto a un grupo de investigadores y con el apoyo de la ONG Gaiacol, hicieron la recolección de agua niebla, a través de una malla especial en la ciudad de Tuluá, la cual se ubicó de manera estratégica en relación con la niebla y el viento. (Universidad Nacional de Colombia, 2009).

En una conferencia de Agua en el año 2009, un evento organizado por la Universidad del Valle y la Universidad Autónoma Regional del Valle del Cauca en Palmira, se describió la experiencia realizada por estos investigadores en la cuenca del Río Tulú, caracterizado porque la población tiene poco acceso al recurso hídrico, y donde se dijo que: "Las soluciones se crean donde hay necesidades y con este sistema buscamos ofrecerles una alternativa muy económica a estas comunidades, para capturar el agua que pasa por la atmósfera, a través de un sistema conocido como atrapanieblas o colectores de neblina", afirmó el ingeniero Aristizábal. La metodología que se utilizó para esta investigación se basó primero en escoger el lugar adecuado para la ubicación de las mallas atrapanieblas, luego se ubicó la estructura construida

en palos y una malla de polipropileno. Finalmente con esta estructura se pudieron recolectar 12.5 litros de agua por día, en 25 metros cuadrados, con esto se brindó una solución en donde se involucró a la comunidad, concluyéndose que esta investigación se puede multiplicar en otros municipios que presenten la misma problemática de déficit del recurso hídrico. (Universidad Nacional de Colombia, 2009).

En el barrio El Oásis de Soacha en el año 2014 se implementó un proyecto de atrapanieblas por una estudiante de la Universidad El Bosque, el cual tenía como propósito reconocer el potencial de captación de precipitación horizontal, como una tecnología alternativa que permitiera incrementar la oferta hídrica para este barrio como una medida de adaptación al cambio climático. En este proyecto se llevó a cabo una prueba piloto, para luego finalmente elaborar una propuesta de captación con la participación de la comunidad. (Cortes, 2014).

Durante el desarrollo de este, se consideraron datos climatológicos de las estaciones meteorológicas "San Jorge" y "Boquemonte", obtenidos por fuentes institucionales como la CAR y el IDEAM, analizando variables que incidieran en la oferta hídrica disponible a partir de la precipitación directa e indirecta, esto con la finalidad de determinar un patrón de comportamiento climático; luego para lograr diferentes actividades, se realizó una identificación de líderes locales para la divulgación, participación y validación del proyecto en conjunto con la comunidad. En la Figura 1 se puede observar la culminación de la malla atrapanieblas (Cortes, 2014).

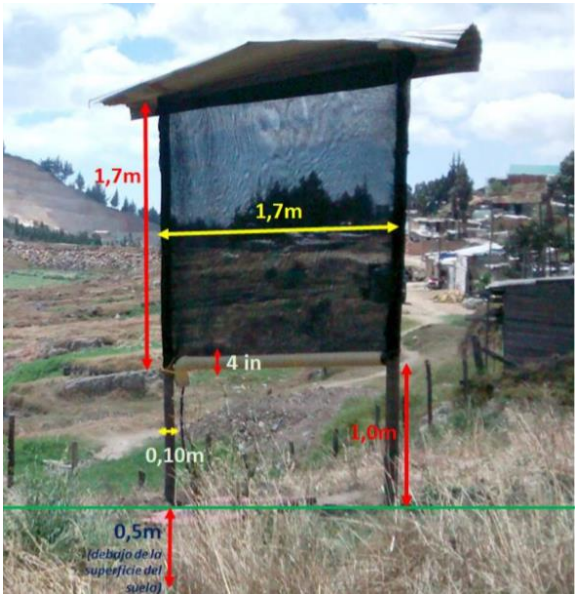
Figura 1. Malla Atrapanieblas, Soacha

Fuente: (Cortes, 2014)

Finalmente en cuanto a los aspectos técnicos, para la construcción de la malla, se utilizaron soportes de madera con una longitud de 3.5m y diámetro de 0.1m, que pudieron ser anclados a la superficie del terreno con una profundidad aproximada de 50 cm. Las dimensiones de la malla Rachel, como se pueden evidenciar en la Figura 2, fueron de 1.7m de alto por 1.7m de ancho, la canaleta, en la cual se precipitaba

el agua recolectada en la malla, fue de material PVC con un diámetro de 4 pulgadas, con una abertura central para permitir el ingreso de la varilla de hierro. (Cortes, 2014).

Figura 2. Dimensiones de Malla Atrapanieblas



Fuente: (Cortes, 2014)

En cuanto a los resultados volumétricos obtenidos, el mes con mayores valores registrados fue abril, con valores máximos tanto para precipitación directa como indirecta. Durante la primera semana se alcanzó un valor máximo de 0,70 L para el volumen correspondiente al agua de lluvia, y 0.21 L para precipitación horizontal en la tercera semana. Seguido a estos valores, se obtuvo un volumen de 0.60 L y 0.18 L respectivamente durante la segunda semana del mismo mes. Pudiendo afirmar que el mes de abril posee un mayor potencial de captación, a diferencia de febrero. La cantidad total en litros proveniente de la lluvia recolectada durante el período de estudio fue de 2.23 L y 1.08 L para la precipitación horizontal. (Cortes, 2014).

En el municipio de Ráquira, Cundinamarca en el año 2016 se llevó a cabo un estudio para la posible implementación de Redes Atrapanieblas, en el cual se realizó un análisis de la viabilidad técnica, económica, ambiental y social para implementar una tecnología alternativa de captación de agua a partir de la niebla. Para este estudio se analizaron diferentes experiencias exitosas a nivel nacional e internacional, con el fin de determinar los aspectos técnicos, para establecer la viabilidad del proyecto como herramienta complementaria al sistema de abastecimiento de acueducto del Municipio de Ráquira-Boyacá, para aquellas poblaciones que no poseen abastecimiento de agua potable. (Huertas, J., & Molina Torres, P, 2016).

Como metodología para determinar la cantidad de agua que puede llegar a captar el Atrapanieblas en el municipio de estudio, se realizó un análisis de correlación de los escenarios a escala nacional e internacional en donde se analizó la reciprocidad entre la producción del sistema con respecto a las variables ambientales (Velocidad del viento, humedad relativa, temperatura mínima, altura y humedad relativa), de esta manera, (tabla 1):

Tabla 1.Escenarios de atrapanieblas

Escenarios	Producción (L/día)	Velocidad del Viento (m/s)	Humedad Relativa	Altitud msnm	Temperatura Mínima °C
1 Chanchamayo	3	4	95%	1687	15
2 Chincha	4	5	99%	676	17
3 Canchaque	0.25	2.5	70%	1269	18
4 Morropón	0.25	2.5	70%	611	18
5 Alto del Veladero	13	10	90%	2860	6.5
6 Cruce de Pucará	5	6	78%	2750	5
7 Valle del Cuaca	2.54	3	70%	1850	16.4
8- Ráquira Boyacá	X	4,1	82%	2800	8

Fuente: (Huertas, J., & Molina Torres, P, 2016).

Luego de plantear los datos para cada escenario, realizaron una correlación de las variables ambientales, en donde se pudo observar que existe concordancia entre la producción y las demás variables ambientales, lo cual permitió realizar un análisis de regresión para determinar la cantidad de agua captada por el Atrapanieblas. Realizando un análisis de regresión lineal el cual arrojó, (tabla 2):

Tabla 2. Análisis de Regresión Lineal

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.99854564
Coeficiente de determinación R^2	0.9970934
R^2 ajustado	0.99128019
Error típico	0.40570381

Variable	*Coeficientes*
Intercepción	3,94431967
Temperatura Min	-0,52211993
Velocidad del viento	-0,35289435
Humedad relativa	10,8458341
Altitud	1,8531E-05

Fuente: (Huertas, J., & Molina Torres, P, 2016)

Finalmente, se halló la ecuación de producción de agua en Ráquira, la población que sería beneficiada la cual no contaba con el abastecimiento de agua apropiada. Personas que se encuentran ubicadas en las veredas de Candelaria Occidente, Pueblo Viejo y Torres. Dado que según los cálculos arrojados en este estudio el sistema proveerá aproximadamente 345.6 Litros de agua/día, esto quiere decir que en promedio se beneficiarán 17 personas por cada Atrapanieblas instalado, según se muestra en la tabla 3:

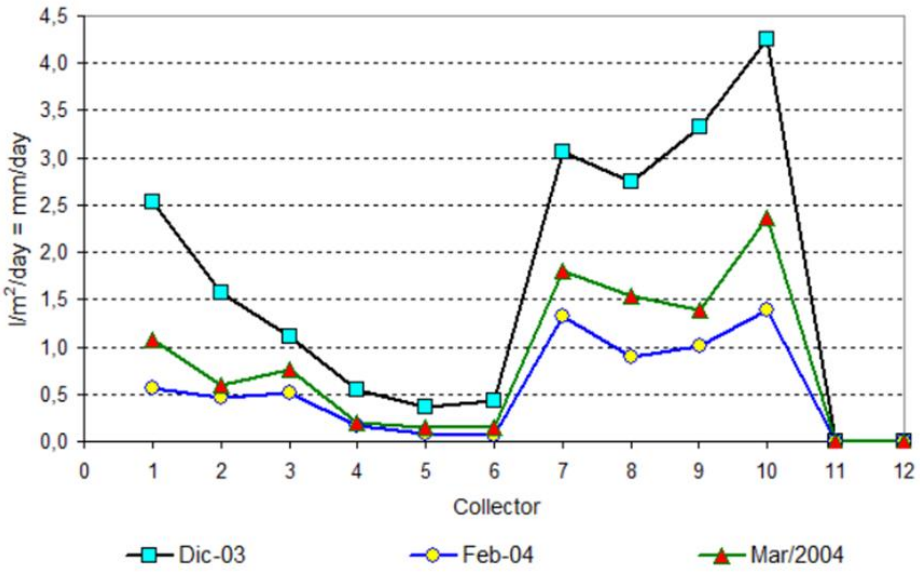
Tabla 3. Determinación del tamaño del proyecto

Vereda	Extensión HA	Extensión en Km2	Numero personas	Meta de abastecimiento 20 Lt/persona	Numero Atrapanieblas
Candelaria Occidente	820	8	317	6348,8	19
Pueblo Viejo	878	9	357	7142,4	21
Torres	1150	12	476	9523,2	28
Total	**2848**	**28**	**1151**	**23014,4**	**68**

Fuente: (Huertas, J., & Molina Torres, P, 2016)

En la zona sur de los andes colombianos se encontró una experiencia de colección de neblina. Se utilizaron 12 colectores estándar SFC de malla polipropileno de 35 y 50% polisombra en diferentes locaciones y con diferentes condiciones de viento para un área comprendida entre los 1.650 a 1.850 msnm. Los resultados parciales de colección obtenidos a la fecha con los colectores atrapanieblas SFC en el Valle del Cauca, en donde se evidenció una significativa tasa de captación y potencial de aprovechamiento de neblina mediante la implementación de grandes colectores para abastecimiento en zonas rurales. Esta investigación abarcó períodos de lluvia, los valores promedio de colección en los sitios más productivos fueron de 4,53 litros de agua por metro cuadrado por día y para los meses secos de 2,54 litros de agua por metro cuadrado por día para algunos meses representativos como diciembre, febrero y marzo (Figura 3). Diciembre resultó ser el mes de mayor colección de neblina. (Molina, 2005).

Figura 3. Colección de Niebla Diaria



Fuente: (Molina, 2005)

Finalmente cabe destacar que este proyecto nació de la iniciativa de pobladores de la zona preocupados por la disponibilidad hídrica regional y de profesionales que conocían acerca de la experiencia en el uso de mallas atrapanieblas; gran parte de esta experimentación fue suministrada por expertos canadienses y colegas de la Universidad Católica de Chile y se logró implementar con fondos provenientes del Estado Colombiano y dirigido por la Universidad Nacional de Colombia en donde se evidencia que fue un caso exitoso que surgió como búsqueda de alternativas para mejorar la disponibilidad hídrica en la zona de estudio y futuras proyecciones en otras regiones colombianas en donde la comunidad se vea afectada por el cambio climático, (Molina, 2005).

En Buga, Valle del Cauca, en el año 2009 se realizó un proyecto en donde se implementó una malla atrapanieblas; la institución educativa del corregimiento de Frisoles en zona rural de esta ciudad es el lugar donde está ubicada esta alternativa de captación de precipitación horizontal. El ingeniero agrícola del grupo de recursos hídricos (CVC) Héctor Fabio Aristizabal, menciona "La neblina cargada de agua atraviesa la malla, esta filtra el agua que viene en la neblina, esas gotas de lluvia caen por su propio peso en un canal, y este recoge finalmente esa agua en un tanque en el que se almacena para luego ser distribuida para el sistema productivo de pequeña escala", en esta zona se realizaron pruebas y monitoreos, por cerca de un año y una vez se comprobó la efectividad y la niebla presente, se instaló la

malla de 25 m^2 que recoge 12,5 litros diarios con lo que se abastecen 20 gallinas y un huerto (FogQuest1, 2009).

Figura 4. Malla Atrapanieblas en Buga, Valle del Cauca

Fuente: (FogQuest1, 2009)

6.1.2. Atrapanieblas en el Nivel Internacional

En el nivel internacional las redes atrapanieblas se han planteado como una estrategia para afrontar el cambio climático, en donde existen varios casos de éxito. El país pionero en estudiar los atrapanieblas fue Chile en donde se realizaron diferentes estudios preliminares que permitieron mejor la eficiencia de este mecanismo de captación y su desarrollo en otros países para usar como alternativa de solución a diferentes problemáticas y suplir deficiencias del recurso hídrico.

Figura 5. Ubicación de Experiencias Internacionales

Fuente: (ECOCOCOS, 2012)

En Chile aproximadamente en el año 1960, se había concebido el aprovechamiento del agua y se destacan estudios realizados por el Físico Carlos Espinosa Arancibia, el cual obtuvo una patente de invención por un artefacto destinado a la recolección de precipitación horizontal o camanchacas; este donó su invención a la Universidad Católica del Norte, luego fomentó la difusión de esta tecnología a través de la UNESCO. El invento constaba de un cilindro de 0,7 m de diámetro en el cual estaban dispuestos 1.300 monofilamentos de perlón de 0,5 mm de diámetro y 2 m de largo; al fondo de este sistema se encontraba un embudo metálico y un estanque que acumulaba agua. Posteriormente vinieron una serie de mejoras y a nivel mundial, el Físico Carlos Espinosa, es reconocido como uno de los padres de esta invención. (ECOCOCOS, 2012).

Los atrapanieblas que se usan en pueblos del norte de Chile fueron desarrollados junto a científicos israelíes, los cuales están formados por un pedestal metálico en que hay un gran marco de 6 m de largo por 4 m de alto, contiene malla plástica que permite la condensación de la neblina, luego está conectada con una canaleta y un estanque colector de agua; posteriormente a los estudios técnicos que se realizaron, al ver la efectividad de los atrapanieblas. se difundió este mecanismo de captación y se adoptó según las condiciones de cada país y finalmente de esa manera los atrapanieblas formaron parte de los procesos de mejora de calidad de vida y suministro hídrico para poblaciones que no tenían acceso a esta, en donde se han presentado adaptaciones de este modelo. (ECOCOCOS, 2012).

Figura 6. Desierto de Atacama

Fuente: (ECOCOCOS, 2012)

Figura 7. Canaleta

Fuente: (ECOCOCOS, 2012)

En el Desierto de Atacama, el lugar más seco del mundo, existe un proyecto de implementación de redes atrapanieblas ubicado en una zona costera, las mallas captan el agua cuando pasa la nube de niebla y las partículas de gotas caen sobre la malla. Esta agua llega a una canaleta la cual está conectada con una manguera, luego se conecta a unos cultivos de aloe vera 100 m debajo de esta ubicación. En Perú los atrapanieblas son una iniciativa para recolectar la humedad de la neblina del mar en Lima, la cual se ha convertido en una solución inventiva y rentable frente la creciente escasez de agua en la capital peruana, Lima se reconoce por ser la segunda ciudad desértica más grande después de El Cairo, allí las precipitaciones son muy bajas – menos de 4cm al año – pero la humedad puede alcanzar el 98%. Algunas personas recurren al fenómeno climático conocido como "la panza del burro", este proyecto se ubica en las lomas de Villa María del Triunfo, un asentamiento humano ubicado al sur de la ciudad, son estructuras de metal y bambú de cuatro por seis metros, cubiertos por una malla. Por debajo están los canales, y las tuberías que a través de un bio-filtro llenan una cisterna de 1,100 litros. (THE GUARDIAN, 2012).

Figura 8. Malla Atrapanieblas Lima, Perú

Fuente: (THE GUARDIAN, 2012)

Este proyecto que aprovecha el grado de humedad de esta ciudad, alcanza un 98% de esta y además se ha convertido en una oportunidad para tener agua limpia, lo que significa que se benefician estas poblaciones excluídas que viven en las afueras de la ciudad que cuentan con un suministro diario de entre 50-150 litros de agua; un habitante de la zona dijo "Los atrapanieblas significan que no tenemos prácticamente ningún gasto para agua durante los meses de invierno; constituye un ahorro de un 60% en nuestra costo de vida," además utilizar el agua recogida de los atrapanieblas les ayuda a cultivar papas, rábano, y lechuga, alimentar a su familia y también sacar adelante sus negocios. (THE GUARDIAN, 2012).

En Bolivia, el Instituto de Capacitación del Oriente (ICO), desarrolla un proyecto de implementación en los Valles Cruceños, en donde ya se habían realizado algunas pruebas de captación de agua de niebla en las comunidades de la zona; la implementación de estos atrapanieblas ha hecho posible la recolección diaria de 50 a 150 litros y se ha convertido en fuente principal de abastecimiento no solo para sus actividades diarias sino para impulsar negocios sostenibles que emplean el agua de los atrapanieblas como materia prima, sin contar con un ahorro del 60% por concepto de este servicio público y más en zonas ubicadas en las periferias donde no se cuenta con cobertura de agua. En esta zona se pretende que las comunidades saquen el mayor provecho de la neblina la mayor parte del año buscando apoyo internacional para financiar 200 atrapanieblas en estas áreas vulnerables donde se hace vital el compromiso de la comunidad para su adecuado funcionamiento y mantenimiento pues consolida una

fuente magnífica de suministro del líquido vital que garantiza una mejor calidad de vida para sus pobladores y promete seguir abasteciendo de agua a muchas más zonas de Bolivia. (Huertas & Molina Torres, 2016).

Figura 9. Malla Atrapanieblas Bolivia

Fuente: (ZABALTEKA, 2014)

6.2. Marco Teórico y Conceptual

Para el buen entendimiento de este proyecto, es necesario ahondar en algunos términos importantes como lo son cambio climático, fenómeno del niño, atrapa nieblas, proceso productivo del ladrillo, producción más limpia, déficit hídrico y gestión integral del recurso hídrico; esto debido a que son terminologías base para el desarrollo del concepto de redes atrapanieblas.

En primer lugar, tenemos el concepto de Cambio Climático, el cual, de acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Naciones Unidas, 1992), se entiende como un cambio de clima atribuído directa o indirectamente a las actividades antrópicas principalmente a aquellas que se relacionan con el consumo de combustibles fósiles, y que generan gases de efecto invernadero alterando la composición de la atmósfera mundial y que se integra a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (CEPAL, 2009) Bajo la definición de otros autores como lo es el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), el cambio climático se entiende como cualquier cambio en el clima con el tiempo debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas.

Las redes atrapanieblas son estructuras diseñadas para que, al pasar niebla o masas nubosas por ellas, atrapen gotas de agua en las mallas que las componen. La falta de agua superficial, subterránea y la carencia de lluvias, en diversos sitios habitables de nuestro planeta, ha llevado a la fabricación de estos sistemas para disponer de agua para el consumo humano y diversas actividades como la agricultura y la pecuaria (Poveda Lancheros & Sanbria Infante , 2017).

Tabla 4. Tipos de Captadores.

Tipo de captador	Materiales	Rendimiento	Año de creación	Observaciones
Macro Diamante Fue el primer artefacto desarrollado para la captación de agua de niebla en Chile y en el mundo por Carlos Espinosa, precentado por la UNESCO	Tubo revestido con malla tipo Raschel	3,9 L/día/m^2	1958	Alta eficiencia de la captación, por otro lado presenta una alta resistencia de su estructura frente a los vientos fuertes. Altos costos por metro cuadrado de captación.
Cilíndrico Fue desarrollado por Pilar Cereceda Larraín, Joaquín Sánchez y Nazareno Carvajal, junto a un grupo de alumnos	Hilos verticales de polietileno y un bidón de metal	4,75 L/día/m^2	1980	Posee una alta eficiencia. Por su altura de 2 metros se ve poco afectado por los fuertes vientos.
Bidimensional Fue creado en El Tofo, Chile. Pueden ser páneles simples de 48m^2, dobles de 96m^2, y triples de 120m^2	Malla tipo raschel de 4m de altura y unos tensores de sustentación, además de una canaleta horizontal	3 L/día/m^2	1980-1984	Fácil instalación, bajo costo, no consume energía y ofrece un gran abanico de posibilidades de construcción a partir de materiales alternativos. Elevadas exigencias geográficas, reducción del rendimiento a determinadas velocidades de viento y es vulnerable frente a determinados fenómenos meteorológicos.

Fuente: (HUERTAS RODRIGUE & MOLINA TORRE, 2016)

El déficit hídrico es frecuentemente entendido como una sequía, no obstante, hace referencia a una cantidad de precipitación anormal inferior a la habitual, teniendo repercusiones negativas en la regulación de los distintos servicios ecosistémicos y la disponibilidad para el aprovechamiento del mismo. Esto implica enfrentar grandes retos por parte del individuo ya que -particularmente para el contexto colombiano- el abastecimiento del agua se ve disminuído por causas como la ineficiencia estatal, la cual carece de lineamientos estratégicos que propongan adecuados sistemas de gestión del recurso hídrico en aquellas zonas que por sus condiciones de marginalidad y pobreza no cuentan con el conocimiento, ni mucho menos con recursos físicos, tecnológicos y humanos que les permita hacer una modificación sustancial en sus condiciones de vida. Igualmente, es preciso tener en cuenta las condiciones topográficas y climáticas de la zona que se ven acentuadas por los procesos cambiantes alrededor del uso del suelo, en los cuales, a partir de procesos de deforestación y extracción de los recursos naturales limitan la captación del recurso de manera natural (Muñoz Enrique & Navarro Gonzalez, 2011).

La niebla es una nube que se forma cerca del suelo, como resultado de la condensación. Una vez esta se condensa, el vapor de agua que se encuentra en contacto con la tierra, se adhiere a partículas atmosféricas como las motas de polvo. La niebla más común es formada por gotitas de agua, en las regiones polares, en donde las temperaturas pueden bajar hasta los 30°C, la niebla de hielo suele estar formada por

pequeños cristales de hielo. La neblina es la suspensión de gotas diminutas que reducen la visibilidad, en menor medida, éstas se forman por el aumento de la concentración de vapor de agua o por el enfriamiento del aire; existen diferentes tipos de niebla: de radiación, ascensión, advección y precipitación. (Buckley, Hopkins, & Whitaker, 2004).

El rocío o escarcha se forma y es consecuencia de la saturación de vapor de agua del aire que está cerca de la superficie terrestre. El rocío y la escarcha se forman durante la noche cuando el aire húmedo, próximo al suelo, se enfría hasta el punto de rocío y se satura. La escarcha se produce cuando la saturación se da en temperaturas por debajo del punto de congelación, esta suele ser blanca y fina, pero también existe una forma más densa que aparece cuando las gotas de agua sobreenfriadas de la niebla o las nubes se congelan sobre una superficie. Mientras que el punto de rocío es aquella temperatura a la que el vapor de agua empieza a condensar, este se forma cuando el vapor de agua se condensa a una temperatura superior al punto de congelación del agua (°C) (Buckley, Hopkins, & Whitaker, 2004).

El punto de rocío es el valor en el cual la temperatura baja y desciende hasta un punto tal, donde el vapor que se encuentra en esa masa de aire se condensa y se forman gotas de agua, justo en este mismo momento se forma la neblina, el punto de rocío es importante ya que es el momento justo donde se empieza a formar la neblina y se forma la condensación de las goticas de agua que generalmente se adhieren a las partes lisas, en este caso, de la malla atrapanieblas que es un obstáculo que interrumpe el viento y se forman dichas gotas que escurren. (Lancheros Sanchez, 2018). El punto de rocío es aquel momento en el cual se condensa el vapor de agua que hay en la atmósfera y se genera de acuerdo a una temperatura; escarcha, neblina o rocío, cuando la humedad relativa alcanza el 100%, se produce una saturación del aire y se alcanza el punto de rocío (Pérez & Merino, 2015).

El bosque de niebla, es aquel ecosistema boscoso en los que el aire se condensa para producir nubosidad que permanece la mayor parte del tiempo, se explica en un estudio publicado por el Instituto Humboldt: “En términos de biodiversidad son ecosistemas prioritarios a escala mundial debido a la riqueza de especies de fauna y flora, algunas de ellas endémicas, en especial de plantas epífitas, vasculares y no vasculares, grupos de aves, anfibios e invertebrados y por el gran número de especies amenazadas o vulnerables en su interior”, añade la publicación del Humboldt.

6.3. Marco Normativo

Para el desarrollo normativo del presente proyecto es pertinente contemplar la normatividad vigente dentro de la que se encuentra soportada la ejecución de esta. A partir de las principales normas legales en materia ambiental enfocada a este proyecto, que evidencian la importancia de realizar investigaciones en el campo de estudio tratado. A continuación, en la Tabla 5, se detalla la normatividad considerada:

Tabla 5. Normatividad Considerada

Normatividad	Descripción
Constitución Política de 1991 Artículo 79º, 80	“Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. (…)” Principio internacional de Desarrollo Sostenible, el cual propende por encontrar un equilibrio entre el gasto ambiental y la oferta ambiental, guardando siempre recursos para las generaciones futuras.
Ley 99 de 1993 Ley Nacional Ambiental	Referente base para la gestión ambiental a nivel nacional. Esta Ley Nacional, se establece como un apoyo normativo para la ejecución de cualquier proyecto de carácter ambiental. Reordena el sector público encargado de la gestión ambiental y los recursos naturales renovables.

Normatividad	Descripción
Decreto Ley 2811 de 1994 Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio ambiente	Establece la relación del hombre con la naturaleza al considerar el ambiente como un patrimonio común y un bien sujeto de protección y tutela jurídica.
Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático de 1997	Busca la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida perturbaciones peligrosas de carácter antropogénico en el sistema climático. Además indica que este nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada, y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. Uno de los compromisos más destacado es que se obliga a los países a elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, inventarios nacionales de las emisiones de naturaleza antropogénica y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero.
Ley 629 de 2000	Aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997.
Decreto 1575 de 2007	Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Su objetivo es el sistema para la protección y control de la calidad del agua, para monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.
Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Valor Máximo Aceptable • Antimonio (0.02 mg/L) • Arsénico (0.1 mg/L) • Bario (0.7 mg/L) • Cadmio (0.003 mg/L) • Cianuro (0.05 mg/L) • Cobre (1.0 mg/L) • Cromo (0.05 mg/L) • Mercurio (0.001 mg/L) • Níquel (0.02 mg/L) • Plomo (0.01 mg/L) • Selenio (0.01 mg/L) • Trihalometanos (0.2 mg/L) • Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) (0.01 mg/L) • Carbono Orgánico Total (5.0 mg/L) • Nitritos (0.1 mg/L) • Nitratos (10 mg/L) • Fluoruros (1.0 mg/L).
Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico 2010	Genera los conceptos esenciales a tener en cuenta para el desarrollo de alternativas económicas y eficientes del recurso hídrico. Instrumento direccionador de la gestión integral del recurso, incluyendo las aguas subterráneas, establece los objetivos y estrategias del país para el uso y el aprovechamiento del agua.

Normatividad	Descripción
Decreto 298 de 2016	Establece el sistema nacional de cambio climático (SISCLIMA) con el fin de coordinar, articular, formular, hacer seguimiento, y evaluar las políticas, normas, estrategias, programas, planes, proyectos, acciones, y medidas en materia de adaptación al cambio climático y de mitigación de gases efecto invernadero, cuyo carácter implica la necesaria participación y corresponsabilidad de las entidades públicas del orden nacional, departamental, municipal o distrital, así como de las entidades privadas y entidades sin ánimo de lucro.
Objetivos de Desarrollo Sostenible	Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento Objetivo 12: Producción y consumo responsable Objetivo 13: Acción por el clima.
Ley 1844 de 2017 Por medio de la cual se aprueba el "Acuerdo de París", adoptado el 12 de diciembre de 2015, en París, Francia.	Tiene como objetivo reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del Desarrollo Sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, y para ello propone: a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático. b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos. c) Situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.
Política Nacional de Cambio Climático	El objetivo de la Política nacional de cambio climático es incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera.
Ley 1931 de 2018 Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático	Establece las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono.

Fuente: (Autoras, 2018)

6.4. Marco Geográfico

6.4.1. Municipio de Cogua, Cundinamarca

En cuanto a la macro localización de este proyecto se refiere a la ubicación de la macro zona dentro de la cual se establecerá determinado proyecto. Esta tiene en cuenta los aspectos sociales y nacionales de la planificación, basándose en los lineamientos establecidos por el plan básico de ordenamiento territorial PBOT y el plan de desarrollo del municipio.

6.4.2. Vereda el Olivo

El sector El Olivo, el cual se encuentra ubicado en la parte Oriental de la vereda Neusa y la mayor parte del espacio está ocupado actualmente por las industrias de ladrillo. Ver Figura 10. La delimitación del Sector El Olivo, según el Documento Técnico para el Plan Básico de Ordenamiento Territorial de la Alcaldía de Cogua (2012) es: "Partiendo del sitio conocido como la Quinta se sigue por la carretera que de la Plazuela conduce a Ubaté, se sigue por esta en dirección hacia Zipaquirá hasta llegar al cruce con la quebrada Agua Sucia, siguiendo por esta se llega hasta el cruce de la carretera antigua hacia Ubaté, se sigue por esta hasta llegar al cruce de la carretera que del Olivo conduce al Alto de los Romeros; se continua por esta hasta la parte alta, sitio La Irlanda de allí se sigue en dirección hacia la antigua carretera a Ubaté, allí se cruza y se sigue por la entrada a la Ladrillera San Judas hasta encontrar la quebrada Agua Sucia, se sube por esta y se llega a la loma Pedernales, se sigue hacia la Foyer de Charite y por la cima del cerro se sigue hacia la Quinta y encierra". (Alcaldía de Cogua Cundinamarca, 2012).

Figura 10. Ubicación Vereda el Olivo

Fuente: (Alcaldía de Cogua Cundinamarca, 2012)

6.4.3. Localización del Proyecto

Para explicar el contexto geográfico de este proyecto, a continuación se menciona todo lo relacionado con su ubicación.

El proyecto se desarrolla en la empresa ladrillera El Trébol, ubicada en el departamento de Cundinamarca, en el municipio de Cogua, en la vereda El Olivo. Está ubicado en el centro del país, en

la Región Andina, cuenta con una población de 2.800.000 habitantes (sin incluir Bogotá) en 2018 es el tercer departamento más poblado del país, y un área de 111 hab/km^2. (DANE, 2005). Este municipio está ubicado en la Provincia de Sabana Centro, a 34 km de Bogotá. Es conocido principalmente por el Embalse del Neusa, lugar frecuentado para acampar y practicar deportes acuáticos. Su economía se basa en la agricultura, agroindustria, turismo e industria, de la que son notables las fábricas de ladrillo, las fábricas de lácteos y la fábrica de vídrios. (DANE, 2005).

Por otro lado, la empresa ladrillera El Trébol está ubicada en la vereda el Olivo, a 2,15 Km de la cabecera municipal, con una superficie aproximada de 8,34 hectáreas, se encuentra en un ecosistema de alta montaña andina, por encima de 2.750 msnm, lo que la hace una zona óptima para la implementación de estas tecnologías de adaptación y mitigación al cambio climático. (DANE, 2005).

Figura 11. Polígono Minero del área de la ladrillera El Trébol

Fuente: (Autoras, 2018)

Figura 12. Distancia de la cabecera municipal a la ladrillera El Trébol

Fuente: (Autoras, 2018)

Figura 13. Vista aérea de la ladrillera El Trébol

Fuente: (Autoras, 2018)

7. Diseño Metodológico

7.1. Tipo de Investigación

Según lo presentado por Hernández Sampieri, esta investigación es del tipo correlacional, puesto que se inicia de la recolección de información de los modelos de atrapanieblas implementados en diferentes países y ciudades del mundo y de allí se extraen los elementos que se consideran necesarios para el estudio de la viabilidad de la implementación del mecanismo de captación en Colombia, esta información es ordenada de manera tal que las varibles ambientales y climatológicas permitirán conocer que tan viable es la implementación del sistema de captación de agua en el área elegida.

De igual manera en esta investigación se busca especificar las características climáticas de la vereda el Olivo, y en especial de la zona en la que se encuentra la ladrillera El Trébol, con el fin de elaborar una ecuación que permita cuantificar el potencial hídrico de la zona, para posteriormente proyectar el tamaño del proyecto. (Hernández Sampieri, 2014).

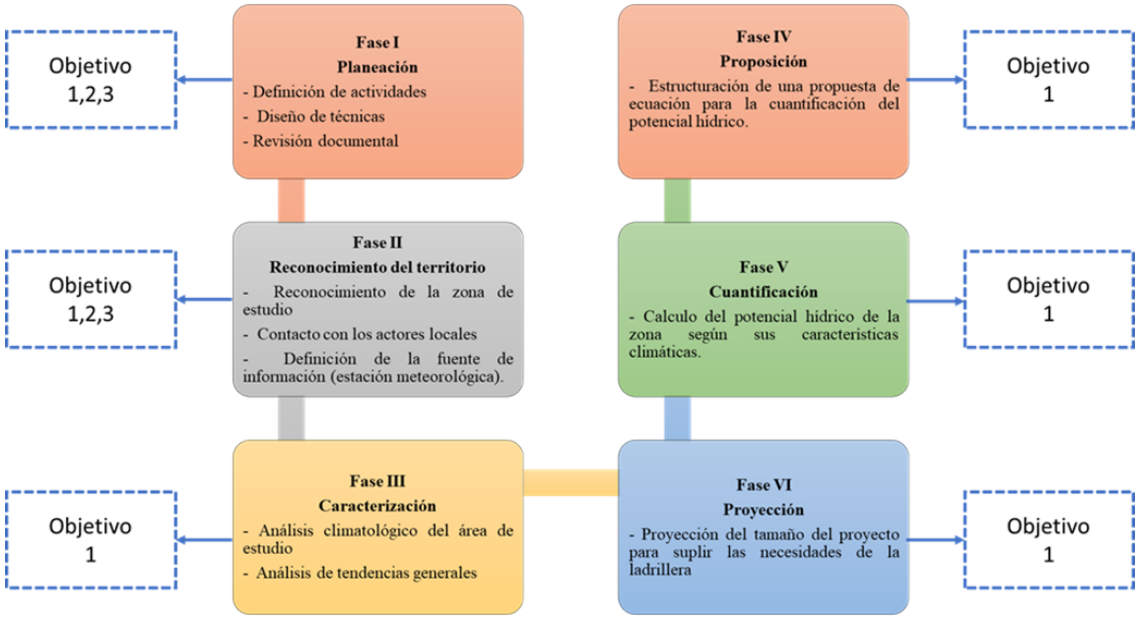
7.2. Metodología de la Investigación

Las redes atrapanieblas surgen como una respuesta adaptativa a los cambios en la disposición del recurso hídrico, este consiste en un sistema muy simple de captación de aguas atmosféricas, el cual representa una innovación en la forma de disposición del agua.

Las características del recurso permiten que el agua captada por las redes atrapanieblas puedan ser incorporadas dentro de un proceso productivo, como lo es en este caso el proceso productivo de ladrillo.

En cuanto al diseño metodológico este proyecto se basa en seis fases fundamentales, planeación, reconocimiento del territorio, caracterización, diseño, interpretación y proposición; con el fin de dar cumplimiento óptimo a los objetivos trazados, de manera tal que cada una de las fases se relaciona con uno o varios de éstos.

Figura 14. Fases de la Metodología



Fuente: (Autoras, 2018)

7.3. Enfoque, Límite, Método y Alcance del Proyecto de Investigación

La metodología planteada para el presente trabajo de investigación fue realizada y basada en referentes bibliográficos de conceptos, teorías y antecedentes, los cuales fueron fundamentales en el desarrollo del marco de esta investigación ya que formaron parte del cálculo de los resultados para concluir con la determinación de la ecuación final, con la finalidad de direccionar y lograr la ejecución de las actividades en cada objetivo propuesto.

El proyecto se establece como un estudio instrumental, ya que a partir de una base teórica e investigaciones previamente realizadas e implementadas, se buscó trabajar en un escenario semejante proponiendo una alternativa concisa para la zona de estudio, proponiendo algo novedoso basado en datos meteorológicos en el marco de una metodología de cálculo para hallar la ecuación innovadora resultado de esta investigación, la cual abarca todas las variables necesarias e implementadas para captar la precipitación horizontal.

Con base en lo anterior, la presente investigación tuvo un enfoque mixto, debido a que comprende la adopción de parámetros cualitativos y cuantitativos de manera teórica, sistemática y empírica. Estos enfoques se emplearon para realizar tanto la recolección de datos e información, como la interpretación de los mismos. La integración de enfoques metodológicos permitió la posibilidad de ahondar en las dimensiones del proyecto, logrando un margen de entendimiento más amplio. Puesto que se utilizaron diversas fuentes de información y tipos de dato, en los que se comprendieron los parámetros cualitativos y cuantitativos de manera teórica, sistemática y empírica. Estos enfoques se emplearon para realizar tanto la recolección de datos e información, como la interpretación de los mismos.

La integración de enfoques metodológicos permitió la posibilidad de ahondar en las dimensiones del proyecto, logrando un margen de entendimiento más amplio. Es decir, se recolectan y analizan datos cuantitativos y cualitativos y la interpretación es producto de toda la información en su conjunto. (Hernández Sampieri, 2014).

El enfoque cuantitativo se aplicó principalmente en los objetivos 2 y 3, ya que se requirió de la recolección y análisis de datos meteorológicos numéricos para lograr el cumplimiento de nuestro objetivo principal o general. El primer objetivo específico, que se refiere a toda la caracterización climatológica de la zona, fue representado de forma teórica y numérica por los datos suministrados por la CAR de los parámetros registrados; de igual forma, los datos fueron ilustrados por medio de gráficos que facilitaron la interpretación de dicha información y que por supuesto fueron indispensables para la metodología de cálculo del cumplimientos de los objetivos 2 y 3. Por lo tanto, el enfoque cuantitativo se articula bajo el método deductivo ya que parte de postulados generales impartidos en la literatura para establecer nuevo conocimiento (Bernal, 2006).

El presente estudio de investigación se clasificó de tipo descriptivo-correlacional puesto que por el componente descriptivo se considera un fenómeno estudiado y sus componentes, se miden conceptos y se definen variables, por otro lado, en el componente correlacional se asocian conceptos o variables, se permiten predicciones y se cuantifican relaciones entre conceptos o variables (Hernández Sampieri, 2014).

Se pretendió especificar todas las variables que incidían y se realizó una correlación entre variables meteorológicas que permitieron determinar la ecuación. No obstante, a pesar de lo anterior, este se instaura dentro de un alcance exploratorio puesto que tanto los datos disponibles en la zona, como las investigaciones realizadas en la misma, han sido mínimas permitiendo que el presente proyecto se articule como una exploración académica que parte desde las ciencias sociales y naturales.

7.4. Técnicas e Instrumentos

Tabla 6. Técnicas e Instrumentos Utilizados

Objetivo General	Objetivos Específicos	Actividades	Técnicas	Instrumentos
Determinar una ecuación que cuantifique el potencial hídrico en una red atrapanieblas, mecanismo de captación de niebla, que permita la obtención de agua y su aprovechamiento para poder suplir necesidades en la ladrillera "El Trébol", Cogua, Cundinamarca	**Objetivo 1** Realizar la caracterización climática de la zona de estudio a fin de dimensionar una red atrapanieblas que permita abastecer la ladrillera el Trébol, ubicada en el municipio de Cogua.	*Establecer las condiciones climatológicas de la zona de estudio *Conocer las dinámicas climatológicas desde una perspectiva teórica y bibliográfica	*Análisis documental y de registros	*Bases de datos
	Objetivo 2 Determinar una ecuación que sea representativa para estimar la oferta hídrica diaria por m^2, utilizando las variables climáticas de las estaciones meteorológicas	*Hallar correlaciones *Definir y calcular la ecuación que cuantifique m^2/día	*Análisis documental	*Bases de datos
	Objetivo 3 Estimar la oferta hídrica necesaria para abastecer la población de 27 personas y el consumo hídrico en el proceso productivo en la ladrillera el Trébol mediante una red atrapanieblas	*Estimar la oferta hídrica de captación para la población y el proceso productivo	*Análisis documental	* Bases de datos

Fuente: (Autoras, 2018)

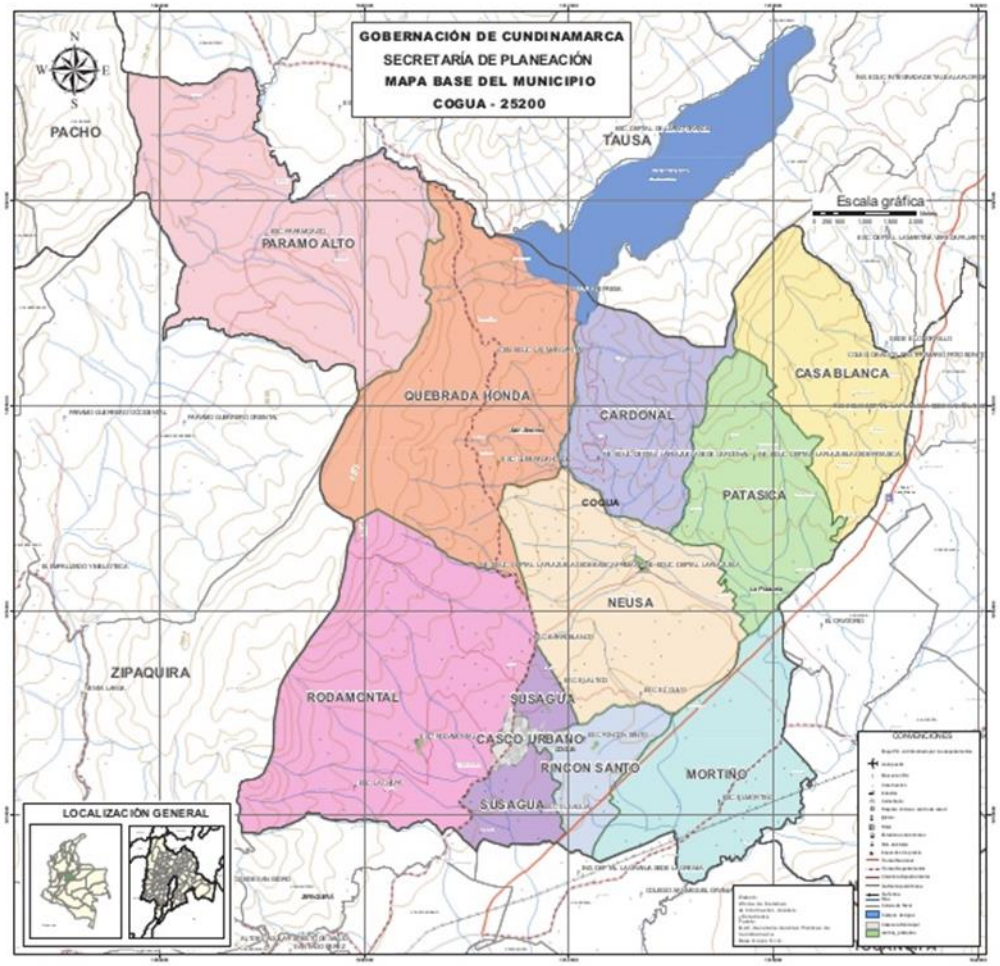
CAPÍTULO I

Caracterización Climática de la Zona de Estudio a fin de Diseñar una Red Atrapanieblas que Permita Abastecer la Ladrillera el Trébol, Ubicada en el Municipio de Cogua.

1. Localización

El municipio de Cogua se encuentra al noroccidente de la Sabana de Bogotá; la cabecera municipal está situada a 55 km de distancia de la capital colombiana a 5 km del municipio de Zipaquirá, y a 15 km de Nemocón. (Ver Figura 18).

Figura 15. Mapa base del Municipio de Cogua



Fuente: (Alcaldía Municipal de Cogua en Cundinamarca, 2018)

Este municipio cuenta con once veredas, las cuales conforman el área rural. Estas son:

- Casablanca
- Cardonal
- El mortiño

- Neusa
- Páramo Alto
- Patasica
- Quebrada Honda
- Rincón Santo
- Rodamontal
- Susaguá

Además de estas diez veredas, el PBOT describe algunos sectores veredales que hacen parte de tres de las diez veredas oficiales, estos sectores se han organizado en torno a Juntas de Acción Comunal buscando la solución a sus situaciones de vida. Estos sectores se muestran a continuación en la tabla 7.

Tabla 7. Sectores en veredas de Cogua

veredas	sectores
Rodamontal	La Chapa
	Barroblanco
Neusa	El Ático
	Ojo de Agua
	El Olivo

Fuente: (Correa Arroyave, 2015)

2. Caracterización Física

2.1. Geomorfología

Según el mapa de sistemas geomorfológicos del Atlas Ambiental de Cundinamarca (CAR, 2001), las unidades geomorfológicas de Cogua son: 36 montañas estructurales erosionadas, planicie de inundación, valle aluvial y abanico. La geomorfología dinámica de Cogua, se caracteriza por la erosión hídrica superficial con escurrimiento difuso-laminar, erosión por remoción en masa con flujos rápidos-flujos de detritos y lodos y en mínima proporción, terrenos sin procesos erosivos (CAR, 2001).

2.1.1. Geología

El municipio de Cogua cuenta con tres tipos de unidades de roca, esto según el mapa sistemas geológicos del atlas ambiental de Cundinamarca del año 2001. (CAR, 2001).

Los tipos de unidades son:

- Depósitos aluviales lacustres y glaciales.
- Areniscas cuarzosas, lodolitas silíceas, lutitas uslales, y bancos de calizas.
- Arcillolitas y limolitas con mantos de carbón, localmente areniscas y niveles ferruginosos.

2.1.2. Relieve

Se denomina relieve al cúmulo de irregularidades que presenta la superficie terrestre en un determinado espacio geográfico; estos sufren cambios, los cuales solo se ven en un determinado lapso de tiempo. En el PBOT para el municipio de Cogua el estudio de suelos se agrupa por asociaciones de suelo, que se refiere a grupos de suelo en los cuales por lo menos el 60% presenta las mismas características y propiedades.

Según lo anterior el relieve del municipio se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 8. Relieve del Municipio de Cogua por Asociaciones de Suelos

Relieve del Municipio de Cogua		
Suelos de Montaña	Relieve desde ligeramente ondulado a escarpado, formado por laderas regulares e irregulares. Pendientes de 3-75%. Se localizan en la vereda Páramo Alto y en los cerros occidentales y nororientales.	
Laderas de Clima Muy Frío	Asociación Lagunita	El relieve es ligeramente plano a ondulado, ligeramente quebrado en algunos sectores
		Pendientes de 3-7%, 7-12-25%
		Se encuentran localizados en la parte central y oriental de la vereda Páramo Alto en los sectores de relieve más suave
	Asociación Rabanal	Relieve fuertemente inclinado, quebrado y fuertemente quebrado
		Pendientes complejas de 25%, 50%, 75% y mayores
		Corresponde a las partes más altas y escarpadas de Páramo Alto
	Asociación Guerrero	Relieve plano
		En el municipio se localización en una pequeña franja en el extremo suroccidental de la vereda Páramo Alto al margen derecho de la quebrada el Alisal y Pantano Largo
		Relieve fuertemente quebrado a escarpado
		Pendientes de 50%-75% y mayores
		En el municipio se localizan en la cuchilla La Leonera, el cerro El Tunjo, cuchilla Viacrucis y en la reserva forestal
Laderas de Clima Frío Húmedo	Asociación Frentepino	Las pendientes oscilan entre 12%, 25% y 50%, también se presentan zonas con pendientes de 3 a 7% y 7 a 12%
		Se encuentran en la mayor parte de la vereda Quebrada Honda y en la parte media de Barro Blanco, Rodamental y la Chapa, en la parte media de Casa Blanca, Patasica y Cardonal
	Asociación Salitre	Se encuentran en áreas de relieve fuertemente inclinado, quebrado y escarpado
		En el municipio se encuentra en el extremo suroccidental de la vereda La Chapa y en el sector nororiental de Casa Blanca
	Asociación Monserrate	El relieve es fuertemente quebrado, inclinado a escarpado
		Pendientes de 25%, 50%, 75% y mayores
		Se localizan en la zona de cerros localizados en las partes altas de las veredas La Chapa, Rodamental, Barro Blanco, Quebrada Honda, Patasica y Cardonal
	Asociación Cogua	Relieve ondulado a fuertemente ondulado
		Pendientes de 3% a 7%, 12% a 25% y 30%
		Se encuentran en la parte baja de La Chapa, Rodamental, Barro Blanco, Cardonal y Patasica, en El Altico, Rincón Santo, El Olivo y Neusa
Laderas de Clima Frío Seco	Asociación Suta	El relieve es variado y complejo se presentan sectores ondulados y fuertemente quebrados
		Pendientes de 3-7-12% y 25-50% y mayores
		Se localizan en la parte baja de Casa Blanca y Patasica y en la parte alta del sector La Plazuela
Suelos de Planicie	Se localizan en las áreas bajas y planas del municipio. Corresponde a las veredas El Mortiño, Susagua, La Plazuela, y parte baja de Rodamental	
Planicie Fluvio Lacustre	Asociación Granja	Relieve casi plano
		Pendientes inferiores al 3%
		En el municipio corresponden a la parte plana en las veredas El Mortiño, Susaguá, La Plazuela y parte plana de Patasica.

Fuente: (Autoras, Basado en PBOT, 2000)

2.2. Hidrografía

Según la Codificación Nacional de Cuencas Hidrográficas, el municipio de Cogua se encuentra dentro del área hidrográfica Magdalena-Cauca; de acuerdo con el estudio nacional de aguas del año 2010, esta zona tiene un área de 271.132km^2 y un rendimiento de 31,7 l/s/km^2. Esta área hidrográfica brinda el 13,5% de la oferta hídrica total del país.

De igual manera el municipio de Cogua cuenta con diferentes fuentes hídricas, ya que este es un conjunto derivado de la confluencia de dos geoformas, en el sector sur-occidental del Páramo de Guerrero y la Sabana de Bogotá en el sector norte, de los cuales se forman seis sub-cuencas hidrográficas.

3. Clima

En Cogua se presentan dos períodos de lluvias, los cuales se dan de abril a mayo siendo este el más lluvioso, el segundo se da en los meses de octubre a noviembre. Entre diciembre y febrero y de julio a agosto son las épocas secas (Buitrago Manrique & Sanchez Guevara, 2016).

Las características climáticas del municipio de Cogua se clasifican, teniendo en cuenta los pisos térmicos, la temperatura y la precipitación para determinar los regímenes de humedad, según lo cual en el PBOT (2000) se obtiene la siguiente clasificación:

Tabla 9. Clasificación Climática para el Municipio de Cogua

Piso Bioclimático	Régimen de Humedad	Características	Símbolo
Páramo	Húmedo	Precipitación >900mm Temperatura <8°C	Ph
Subparamo	Húmedo	Precipitación >900mm Temperatura 8-10°C	SPh
Andino	Semi-húmedo	Precipitación 700 - 900mm Temperatura 10 - 12°C	Ash
	Semi-húmedo	Precipitación 500 - 700mm Temperatura 13° C	Asa

Fuente: (PBOT, 2000)

3.1. Variables Meteorológicas

La caracterización meteorológica fue realizada a partir de los datos obtenidos y suministrados por la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca), Autoridad Ambiental en la región, los cuales permitieron visualizar el comportamiento de las principales características climáticas tenidas en cuenta para el presente proyecto de investigación, se obtuvieron datos de la estación meteorológica principal más cercanas a la zona de estudio, correspondientes a la estación "Embalse el Neusa", según estos registros tomamos variables que incidían en nuestro propósito investigativo las cuales son: Temperatura máxima, mínima y media; Humedad relativa; Precipitación y Velocidad de los vientos. Cabe resaltar que la información suministrada por la CAR corresponde a series cortas, muy escasas e incompletas, por lo que pueden existir variaciones meteorológicas en los cálculos.

Tabla 10. Datos Generales Estación Meteorológica

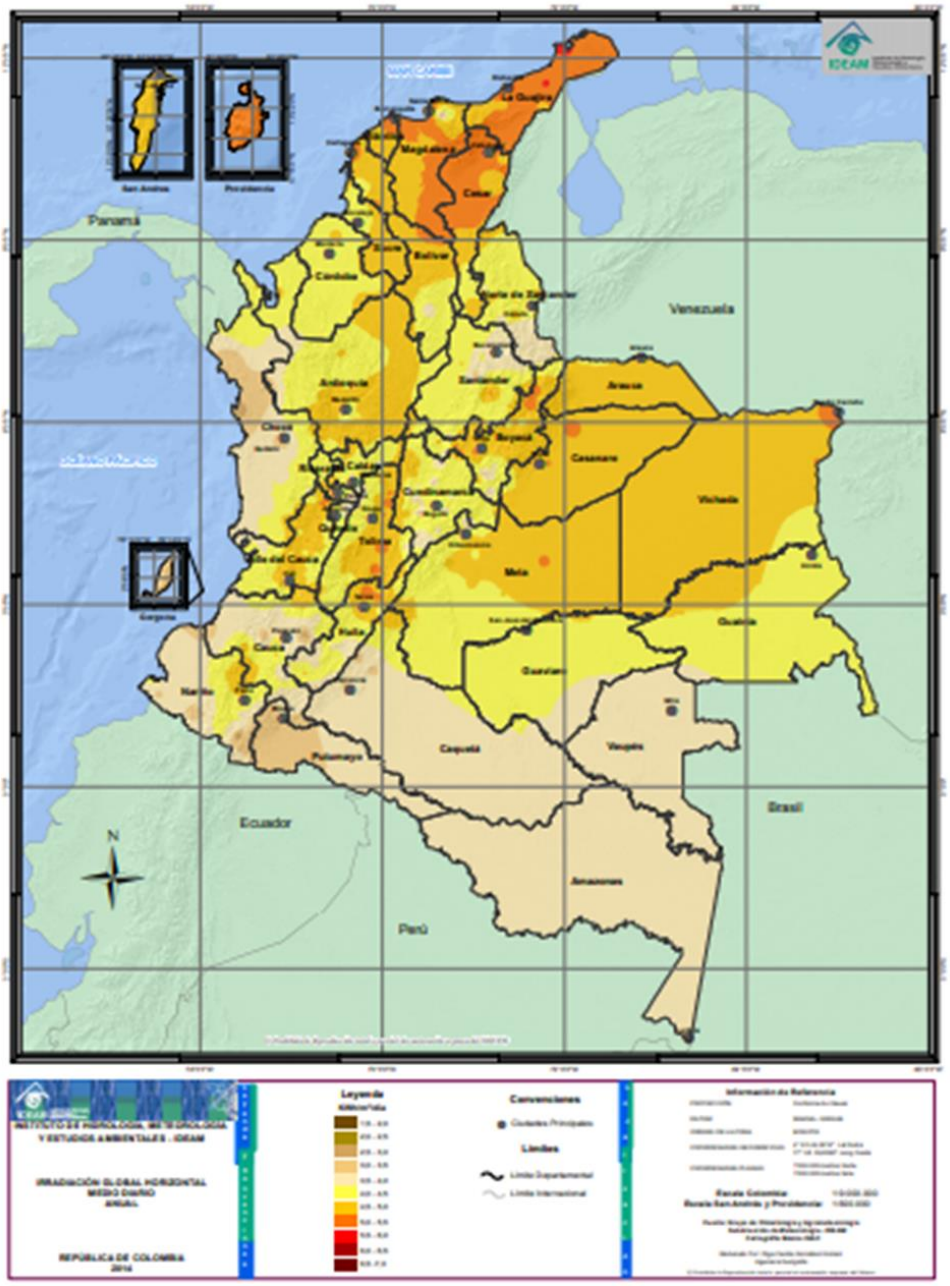
Datos Generales Estación Metereológica					
Corriente	**Departamento**	**Municipio**	**Código**	**Latitud**	**Longitud**
R. Neusa	Cundinamarca	Tausa	21205410	05°,08', 17.5"N	73°, 58', 15.8"W

Fuente: (CAR, 2018)

3.2. Brillo Solar Promedio Anual (horas)

La duración del brillo solar en horas, representa el tiempo total durante el cual incide luz solar directa sobre alguna localidad, entre el alba y el atardecer. El total de horas de brillo solar de un lugar es uno de los factores que determinan su clima. Sectores como el agrícola, forestal, minero, turismo, construcción, deportes y energía, dependen y planifican el cumplimiento de sus programas futuros sobre la perspectiva de disponer de suficientes horas de brillo solar durante el día. El conocimiento adecuado del régimen de brillo solar permite, estimar características cuantitativas de la nubosidad y radiación solar de forma que se pueda tener una idea sobre la disponibilidad de luz del sol para el aprovechamiento de la energía solar.

Figura 16. Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia



Fuente: (Instituto de Hidrología, Meteorología, 2014)

En relación con el atlas de radiación solar, Cogua se encuentra en una zona entre 4-4,5 KWh/m²/día.

3.3. Aspectos Climáticos Estación "Embalse el Neusa"

3.3.1. Temperatura Media

Hace referencia al grado de calor medio específico del aire en un lugar y momento determinados así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas.

Tabla 11. Temperatura Media Suministrados por la CAR

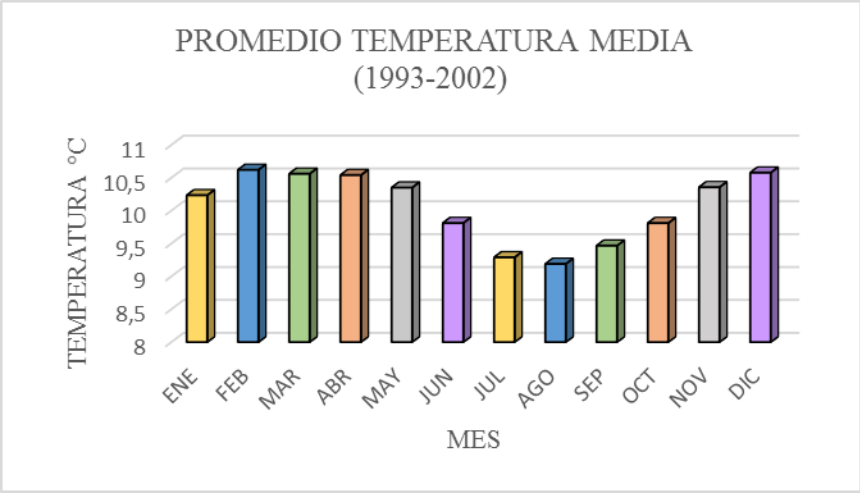
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	9,5	10,8	10,2	10,1	12,2	12	10,4	10,6	10,8	11,2	11,1
1994	10,6	11,1	8,9	10	9,8	9,2	8	9,8	9,8	8,5	8,2
1995	8,5	9,3	8,9	9,2	9,1	9,1	8,5	8,5	8,5	10,3	11
1996	10,4	10,3	10,9	11,3	10,7	10,2	9,5	9,4	9,6	10,5	10
1997	10,5	9,2	9,2	9,2	8,3	8,6	7,6	8,2	9,1	8,9	9,5
1998	10,2	11,8	12,2	12,3	11,4	9,9	8,7	9,1	9,1	9,8	11,3
1999		9,8	10,4	9,8	8,5	9,1	8,7	8,4	9	11,7	11,9
2000	11,1	11,3	11,8	11,5	11,5		11,3	11	11,3	11,6	11
2001	10,9	11,2	11,8	11	11,2	10	9,8		10,4	10,7	11,2
2002	10,4	11,4	11,3	11	10,8	10,2	9,4	10,2	10,5		

Fuente: (CAR, 2018)

Conforme a los datos de la estación meteorológica "Embalse El Neusa", el mes con temperatura más alta es diciembre con una temperatura promedio de 10,6 °C, y el mes con temperatura media más baja fue, agosto con 9,2°C.

A continuación, se muestra la gráfica (Figura 17) de Temperatura media durante el período comprendido 1993- 2002 el promedio aproximado de Temperatura es 10°C.

Figura 17. Promedio Temperatura Media



Fuente: (Autoras, 2018)

3.3.2. Temperatura Máxima

La temperatura máxima mensual hace referencia al grado de calor máximo específico del aire en un lugar y momento determinados así como a la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas.

A nivel general, el indicador de temperatura del aire constituye el elemento meteorológico más importante en la delimitación de la mayor parte de los tipos climáticos.

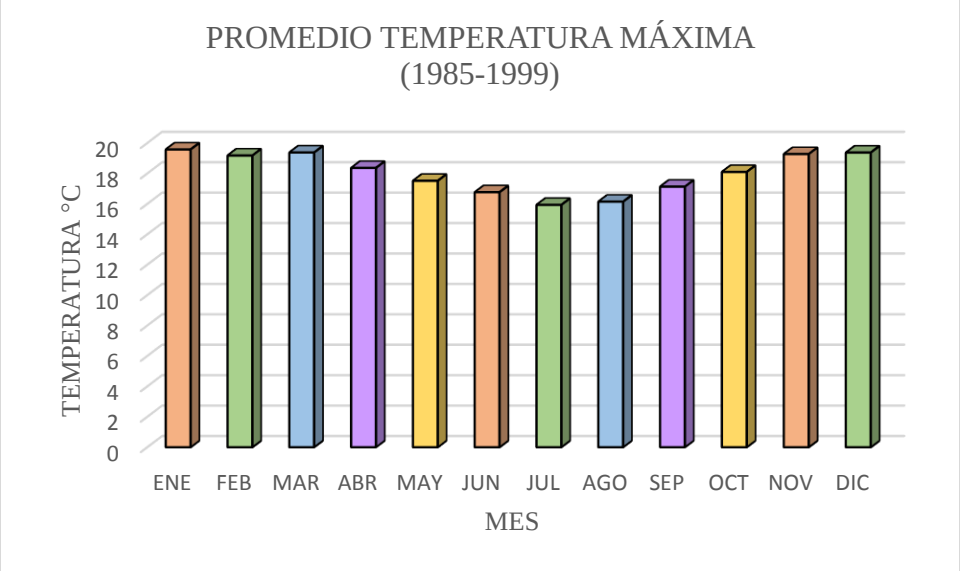
Tabla 12. Datos de Temperatura Máxima Suministrados por la CAR

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1985	15,8	14,8	16,2	15	14,1							
1991	20	19			16,2	16	13	14,1	17,1	16,9	17	17,9
1992	20	20,1	20	19,1	18	16	14	15	16,1	18	18,2	19
1993	18,5	18,9	19	17	19,9	16,2	19	17,2	17,5	18	20	21
1994	20	20	16,2	17	17	16	14,9	16	16,5	20		17,1
1995	20,2	20	19	20,2	16,5	19,2	15,5	16	16,5	16	20,5	20,8
1996	20	19	19	20	19,5	17	20	18,2	19,5	19	19,5	20,2
1997	21,2	19	21,5	18	15	17	14,5	13,5	17	18	19	19
1998	20,5	22	22,5	20	19	15,5	17	16,5	17	18	19	20
1999		19	21	19	20	18	15,5	18,8	17	19	21	

Fuente: (CAR, 2018)

A continuación, se muestra la gráfica (Figura 18) de Temperatura máxima durante el período comprendido 1985- 1999 el promedio aproximado de Temperatura es 18°C; según los datos suministrados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, el mes que presenta temperaturas más altas es enero con una temperatura promedio multianual de 19,6 °C.

Figura 18. Promedio Temperatura Máxima



Fuente: (Autoras, 2018)

3.3.3. Temperatura Mínima

Hace referencia al grado de calor mínimo específico del aire en un lugar y momento determinados, así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas.

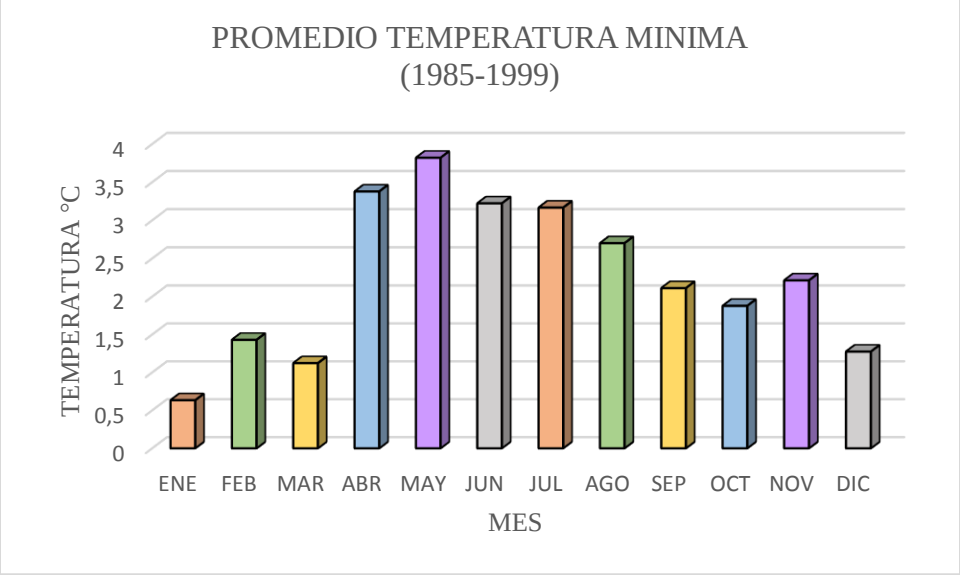
Tabla 13. Datos de Temperatura Mínima Suministrados por la CAR

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1985	3,3	2,4	2,8	4	5,8							
1991	0	0,9			5	4	5	5	3	2	2,2	2
1992	1,9	1,8	-1,1	3	4,1	4	4	4	2	2,1	2	2
1993	2	2	1,2	5,9	5,1	7	3,8	4,9	3	3,1	5,5	0,5
1994	0	2,9	2	3	5	1	4	1,5	3	2,2		-1,8
1995	-0,5	-3,2	1	2	3	3	3	1,9	1	0	3	1
1996	1	1,5	2,2	3,5	3,2	5	4,2	3	1,5	3	1	2
1997	1	1	0	3	3	0	3	3	3	1	0	-0,5
1998	-3	2,5	2	4	5	4	3,5	1	1,5	1,5	0	5
1999		2,5	0	2	-1	1	-2	0	1	2	4	

Fuente: (CAR,2018)

A continuación, se muestra la gráfica (Figura 19) de Temperatura mínima durante el período comprendido 1985- 1999 el promedio aproximado de Temperatura es 2,3°C. Con respecto a los datos suministrados por la CAR, el mes con más baja temperatura es enero con una temperatura media multianual de 0,6 °C.

Figura 19. Promedio Temperatura Mínima



Fuente: (Autoras, 2018)

La Tabla 14, permite apreciar la Escala Universal Termal (EUT) y la ubicación de los registros generados por la Estación Hidrometeorológica Embalse el Neusa para las variables temperatura máxima, media y mínima promedio anual con respecto a la EUT.

Tabla 14. Ubicación de la Temperatura Promedio Anual de la Estación Embalse el Neusa, en la Escala Universal Termal (EUT)

Escala Universal Termal			Temperatura Promedio Anual Máxima, Media y Mínima
Letra de la Escala	**Denominación en EUT**	**Temperatura Media °C**	
i	Severamente caluroso	>35°C	
h	Muy caluroso	28 a 35°C	
a	Caluroso	23 a 28°C	
b	Templado	18 a 23°C	Temp. Máx Prom: 22,5
l	Medio	10 a 18°C	Temp. Med Prom: 10
k	Fresco	0 a 10°C	Temp. Mín Prom: 2,3
o	Frío	-10 a 0°C	
c	Muy Frío	-25 a 10°C	
d	Severamente Frío	-40 a 25°C	
e	Excesivamente Frío	-40°C o menor	

Fuente: (PMA, 2015)

3.3.4. Humedad Relativa

La humedad relativa es el porcentaje de humedad que contiene el aire con respecto al total que es capaz de contener como función de su temperatura y presión. En otras palabras, humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua que tiene el aire y el máximo que podría contener a una temperatura y presión determinadas. Cuando el aire no puede mantener toda la humedad, entonces se condensa como rocío.

La humedad relativa media del aire registrada en una estación, corresponde al promedio aritmético de los valores de humedad relativa diaria del aire, registrados en un mes, o en un año y sirve para evaluar la comodidad térmica del cuerpo vivo que se mueve en cierto ambiente o la capacidad del aire para evaporar la humedad de la piel; así mismo, como el desarrollo de la flora en un ecosistema.

Medir la humedad atmosférica es de gran importancia porque el vapor de agua afecta el balance de radiación (efecto invernadero), a la vez que comporta un almacenamiento y una transferencia de calor latente, es el origen de los fenómenos de condensación y sublimación (nubes e hidrometeoros) y constituye uno de los elementos más importantes que condicionan el confort climático. (Correa Arroyave, 2015).

Tabla 15. Datos de Humedad Relativa Suministrados por la CAR

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	72	70	73	80	79					74	79	74
1994	76	75	81	92	83	79	83	81	77	81	85	82
1995	73	63	76	81	80	82	80	82	82	83	80	76
1996	69	72	76	74	77	80	77	79	77	78	81	
1997	71	74	71	77	78	78	80	75	73	73	75	71
1998	67	69	71	75	81	81	81	78	75	78	76	85
1999		75	70	72	71	74	75	76	79	78	71	83
2000	74	66	68	76	87			85	87	86	83	90
2001	70	78	82	81	86	87	86	89		88	86	90
2002	76	75	82	89	88	90	88	89	85	85		

Fuente: (CAR, 2018)

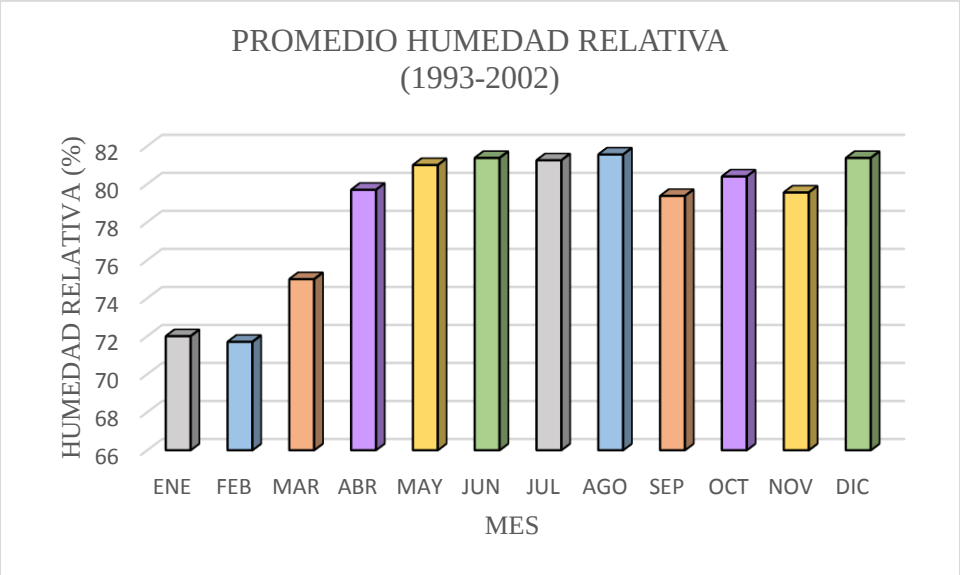
La estación meteorológica del Neusa tiene datos desde 1954 hasta el año 2002.

En este rango de tiempo el promedio de la humedad relativa es de 80%.

A continuación, se muestra en la figura 20 de Humedad Relativa durante el período comprendido 1993-2002 el promedio de humedad relativa media mensual es de 80%.

El mes con mayor promedio de humedad relativa fue el junio con 81,375 %.

Figura 20. Promedio Humedad Relativa



Fuente: (Autoras, 2018)

3.3.5. Precipitación

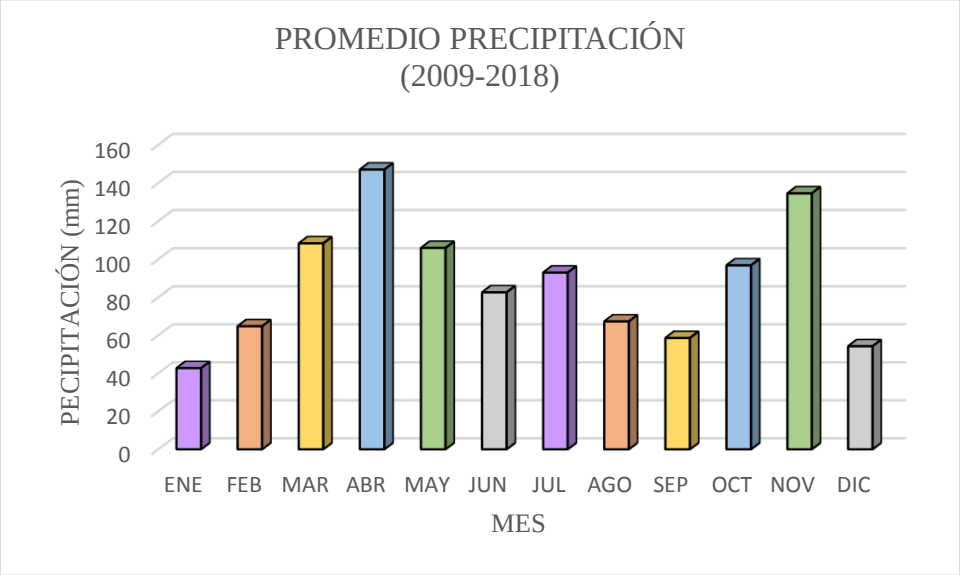
Tabla 16. Datos de Precipitación Suministrados por la CAR

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2009	70	137,1	72	55,3	43,3	60,4	71,6	61,1	44,8	119,7	50,8	4,8
2010	4,1	19,2	11	231,2	173,5	88,8	155,5	85,4	95,8	57,1	227,4	73,4
2011	68,2	125,7	194,7	276,1	187,9	114,4	87,1	41	75,3	161,1	253,3	72,6
2012	64,8	44,1	108,7	194,9	82,1	52,8	143,4	87,1	45,4	121,7	97,9	26,8
2013	19,2	102	95,3	114,8	152,3	33,5	56,2	78,6	54,1	78,6	126,1	59,6
2014	39,2	42,9	88,2	67,6	65,8	101	82,6	60,6	51	81,4	137,5	67,4
2015	41,4	43,6	74,2	66,3	33	105,4	81,8	70,4	28,1	44,2	23,3	13,1
2016	43,4	27	171,1	221	102,6	69,6	66,4	70,4	93,4	120,2	156,6	83,2
2017	35,3	33,3	155,7	94	99	107,1	92,6	51,4	39,9	87,4	138,4	87,8
2018	42	73,2	112,6	149,5	120,1	93,7						

Fuente: (CAR, 2018)

A continuación, se muestra la gráfica (Figura 21), de Precipitación durante el período comprendido 2009-2018; el promedio aproximado de Precipitación es 88mm.

Figura 21. Promedio de Precipitación



Fuente: (Autoras, 2018)

3.3.6. Vientos

3.3.6.1. Comportamiento de la Dirección de los Vientos

A continuación, se muestran los datos de velocidad de viento media mensual multianual suministrados por la CAR, pertenecientes a la estación meteorológica Represa el Neusa con código #21205410, la cual fue escogida, ya que es una estación meteorológica principal y cuenta con todos los datos necesarios para el cálculo pertinente a partir de los datos suministrados desde el año 1992 a 1999, una vez se tuvieron estos datos se realizó la rosa de vientos mediante la herramienta "Lake Environmental" siguiendo una metodología requerida por este programa en donde se organizaron los datos en una hoja de excel por variables de: año, mes, día, hora, dirección del viento en grados sexagesimales y velocidad del viento en m/s, luego se insertan en el programa en donde los datos se alimentan de las variables correspondientes e independientes arrojando la frecuencia.

La estación meteorológica está ubicada a una distancia aproximadamente de 20 km de la Ladrillera El Trébol, esto con el fin de saber si existe una exposición a los vientos predominantes ya que es esencial para la instalación de los atrapanieblas; en cada mes la tendencia de los vientos es diferente, aquí la importancia de este factor determinante ya que influye en el mayor o menor potencial de colección de agua de niebla, es decir, mientras exista más viento, más gotas de agua pasarán por la malla que intercepta la niebla, las que serán colectadas por dicha superficie.

Es importante conocer cada factor que relaciona la producción de agua colectada y en qué condiciones climáticas se dio, ya que existe una relación directa entre éstos.

Tabla 17. Datos de Velocidad (m/s) y Dirección del Viento Suministrados por la CAR

AÑO	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC	
1991															SE	3,2			S	2,3	S	1,6	S	2
1992	E	2,6	S	2,2	NW	2,4	NE	2,3	S	2,1	NE	2,7	S	3,3	S	2,7	NE	2,4	S	2,3	NW	1,8	S	1,9
1993	NW	2	NW	2,2	SW	2,2	SW	1,8	SW	1,8	E	2,9	E	2,8	E	2,8	SW	2,2	NE	2,1	NW	1,8	N	2,4
1994	S	2,1									SE	3,1	SE	3,5	S	2,7					S	2	S	2,6
1995	N	2,8			S	2,3	S	2,2	SE	2,3	SE	2,4	SE	2,4	S	2,3	SE	2,5	NW	2,2	NW	2,3	NW	2,2
1996	NW	2,4	S	2,4	N	2,1	S	2,3	S	2,2	S	2,4			S	2,5	SE	2,5	NW	2,1			SE	2,4
1997	NW	2,2	SE	2,6	N	2,4	S	2,1	SE	2,3	SE	2,5	SE	3,5	SE	3,3	SE	2,5						
1998					SE	2,5			NE	2,2			N	2,5	NE	2,4	E	2,1	E	2	SW	2,1	SW	2,1
1999	W	2,1									S	1,9							S	2				

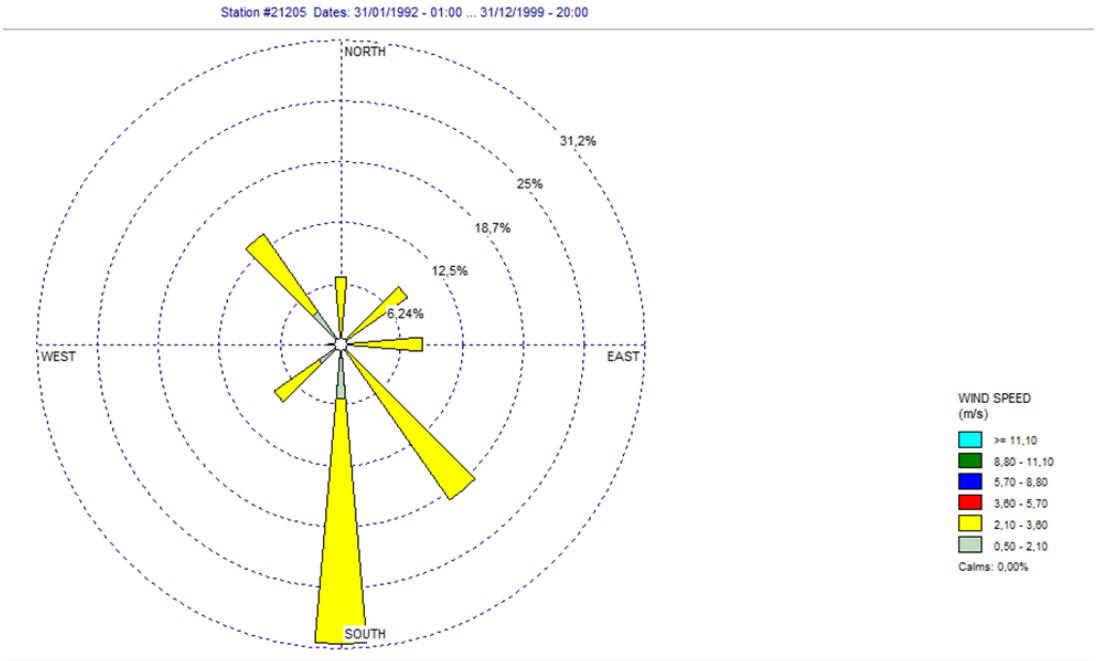
Fuente: (CAR, 2018)

Cabe resaltar que la información suministrada por la CAR corresponde a series cortas, muy escasas e incompletas, debido a que los datos son de hace aproximadamente 18 años, pueden existir variaciones meteorológicas en la dirección de los vientos.

A continuación, se muestra la rosa de vientos con una velocidad promedio del viento de 2,36 m/s la cual se encuentra dentro del rango color amarillo de 2,10 – 3,6 m/s (Figura 22), la dirección predominante de donde sopla el viento es del sur. Según la Escala se Beaufort (Tabla 18), esta velocidad corresponde aproximadamente a 8,4 km/h, por lo cual se clasifica en el número 2 de Beaufort y su denominación es "flojito" es decir, una brisa muy débil con efectos en la tierra correspondientes a caen las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos de los campos.

Rosa de los Vientos

Figura 22. Rosa de Vientos



Fuente: (Autoras, 2018)

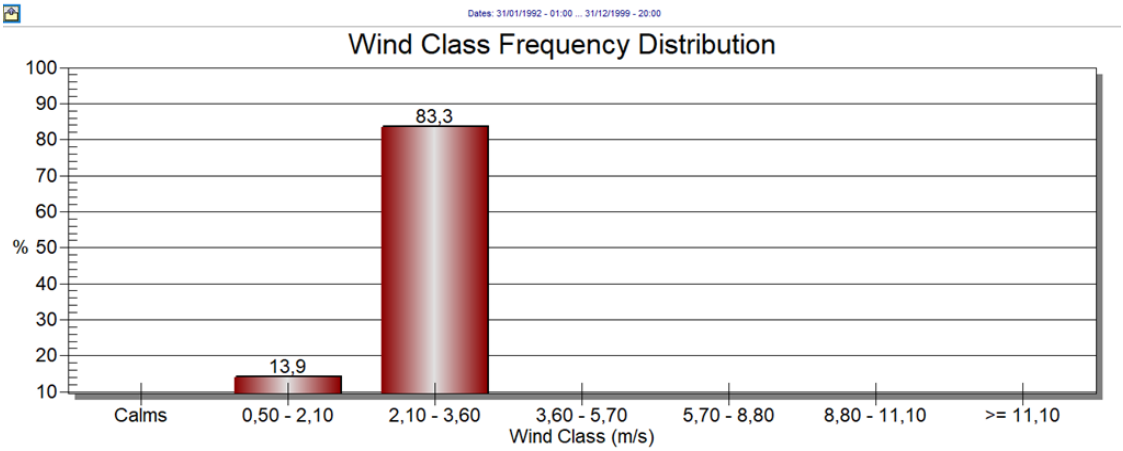
Tabla 18. Escala de Beaufort de la Fuerza de los Vientos

Número de Beaumont	Velocidad del viento. Km/h	Nudos (millas náuticas /h)	Denominación	Efecto sobre el suelo
2	6 a 11	4 a 6	**Flojito (Brisa muy débil)**	Se caen la hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos de los campos

Fuente: (Autoras, 2018)

A continuación, se muestra la frecuencia de distribución de los vientos en donde se evidencia y se ratifica que en menor medida existe presencia de vientos que cuentan con velocidades entre 0,50 – 2,10 m/s es decir, aproximadamente un 13,9 % y en mayor medida presencia de vientos que cuentan con velocidades entre 2,10 – 3,6 m/s es decir, aproximadamente un 83,3 % lo que significa que predominan en gran porcentaje estos vientos.

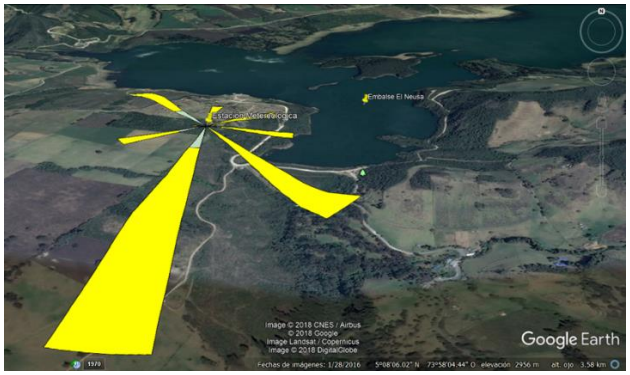
Figura 23. Frecuencia de Distribución de los Vientos



Fuente: (Autoras, 2018)

De acuerdo con las Figuras 22 y 23, se realizó una proyección de la dirección de los vientos en el punto exacto donde registra la estación meteorológica "Represa El Neusa", la cual está ubicada como se puede evidenciar en la Figura 24 muy cercana al embalse El Neusa, es una estación principal de la zona por lo tanto hay registro completo de todas las variables que se requerían estudiar para esta investigación, por esta razón no se tomaron datos de estaciones más cercanas a la ladrillera, ya que éstas no contaban con todos los datos requeridos para hacer los cálculos.

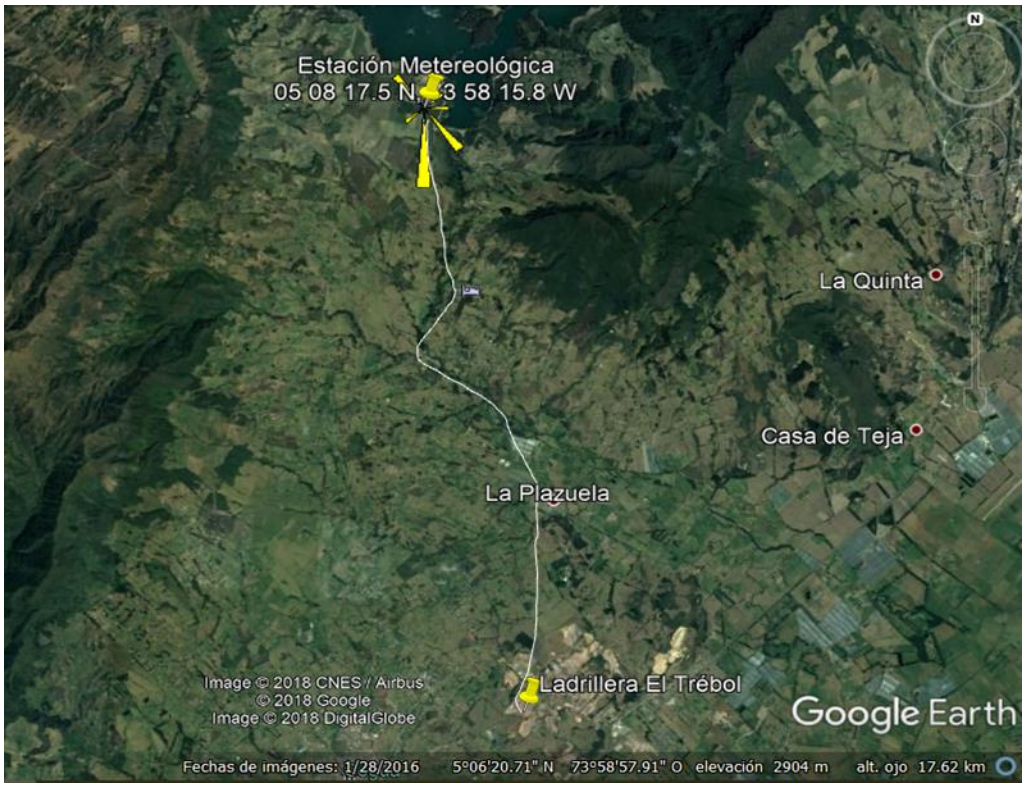
Figura 24. Ubicación Estación Meteorológica



Fuente: Autoras, 2018

En la Figura 25, se evidencia la distancia que existe de la estación meteorológica con respecto a la ubicación de la ladrillera, se determina que la dirección del viento viene soplando en sentido sur- sureste, es decir, que en caso tal la malla atrapanieblas tendría que estar ubicada en ese sentido, teniendo en cuenta la elevación.

Figura 25. Distancia Estación Meteorológica y Ladrillera El Trébol



Fuente: (Autoras, 2018)

3.4. Aspectos Climáticos Estación "Checua"

La información climatológica que se indica a continuación, fue extractada de los datos suministrados por la Estación Climatológica Checua, Código 2120540, localizada en Nemocón y cuyas coordenadas de localización son: Lat.: 05° 07´01.0´´ Dir.: N Long.: 73°51´41.1´´ Dir.: W Elevación: 2610 msnm.

Tabla 19. Datos Generales Estación Meteorológica Checua

Datos Generales Estación Metereológica Checua					
Corriente	**Departamento**	**Municipio**	**Código**	**Latitud**	**Longitud**
R. Neusa	Cundinamarca	Nemocón	2120540	05°,07', 01.0"N	73°, 51', 41.1"W

Fuente: (Autoras, 2018)

De esta estación se extrajo la siguiente información, que permitió levantar las figuras correspondientes:

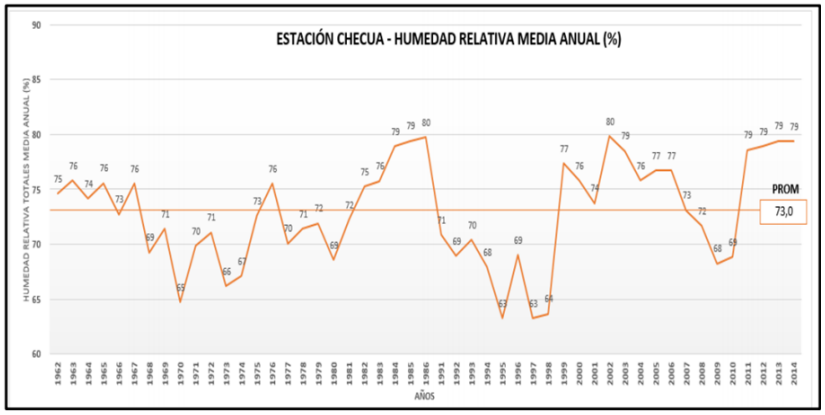
1. Brillo solar, promedio anual (horas). Para esta información también aplica la figura 16. correspondiente al brillo solar en la estación meteorológica "Embalse el Neusa"
2. Humedad relativa media anual (%).
3. Precipitación promedio anual (mm).
4. Radiación solar, promedios mensuales (cal/cm^2).

5. Temperatura máxima mensual (°C).
6. Temperatura media mensual (°C).
7. Temperatura mínima mensual (°C).
8. Viento, velocidad media mensual (m/s).

3.4.1. Humedad Relativa

La Estación Hidrometeorológica de Checua, tiene registros históricos de esta variable desde 1962. En los últimos 50 años el promedio de humedad relativa media mensual es de 73%. El año con mayor promedio de humedad relativa media mensual fue 1986 con 79,8% y estuvo decreciendo progresivamente sus niveles hasta el año 1995 donde se registró el menor indicador (63,3%). Desde el 2011, la estación ha registrado niveles de humedad relativa cercanos al máximo histórico de 1986.

Figura 26. Humedad Relativa Media

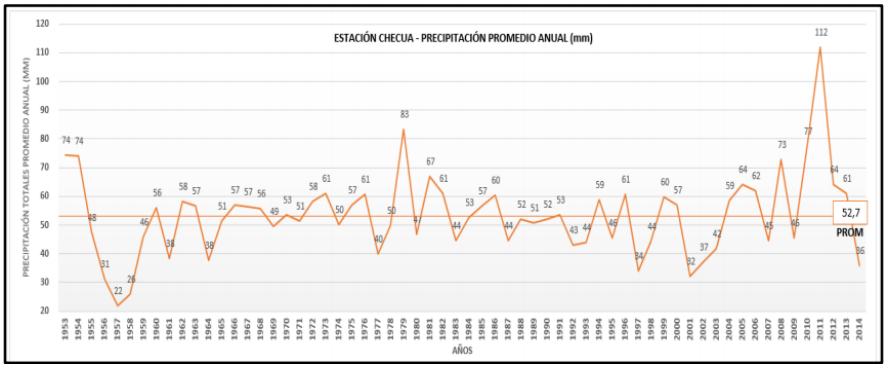


Fuente: (Autoras, 2018)

3.4.2. Precipitación Promedio Anual

La Estación Hidrometeorológica de Checua, cuenta con registros históricos de hace 60 años (1953 – 2014). Los registros más bajos se reportaron en 1957, con un promedio de precipitación mensual de 22mm y los más altos se reconocieron recientemente, en 2011, con un promedio de precipitación mensual de 112mm, ver Figura 27.

Figura 27. Precipitación Promedio Anual

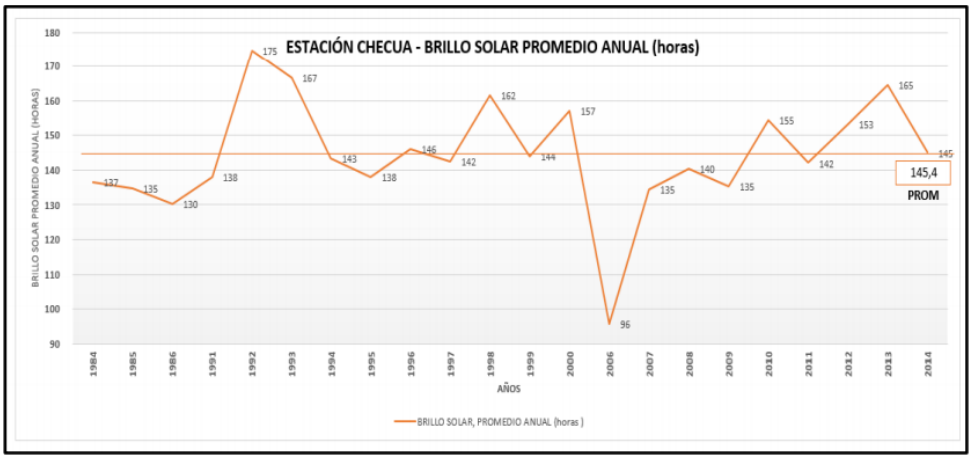


Fuente: (Autoras, 2018)

3.4.3. Brillo Solar

La Estación Hidrometeorológica de Checua registra en promedio 145 horas/mes de brillo solar para los 30 años de registro (1984 – 2014), el año con mayor promedio de horas de sol mensual en este período fue 1992 con 175 horas, decreciendo progresivamente hasta alcanzar el nivel más bajo en junio del año 2006, con 96 horas de sol. Los últimos 3 años (2012 – 2014) registran un incremento con respecto al promedio en esta variable. La Figura 28, ilustra al comportamiento de esta variable climatológica en el período anunciado. Obsérvese en particular los períodos extremos.

Figura 28. Brillo Solar Anual

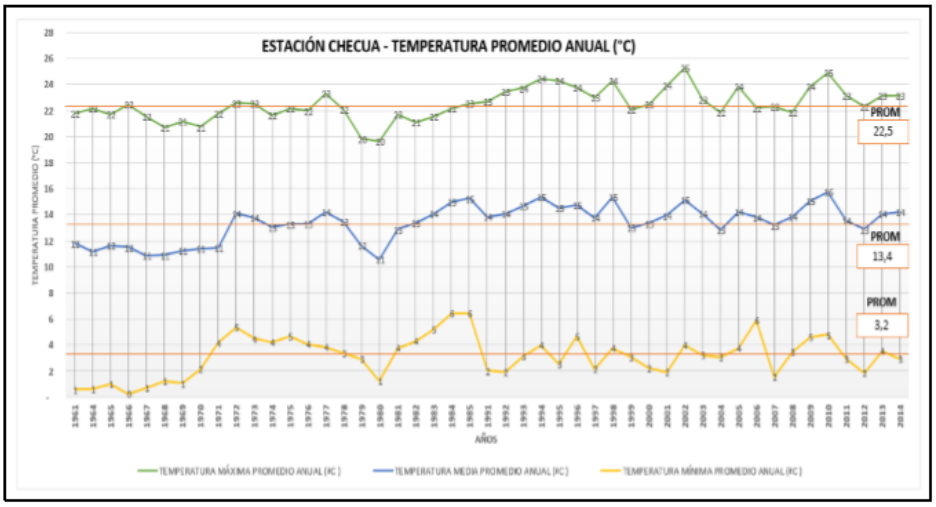


Fuente: (Autoras, 2018)

3.4.4. Temperatura Promedio Anual

La Figura 29 se muestra la variación de la temperatura máxima, media y mínima en tanto que la Tabla 17, permite apreciar la Escala Universal Termal (EUT) y la ubicación de los registros generados por la Estación Hidrometeorológica de Checua para las variables temperatura máxima, media y mínima promedio anual con respecto a la EUT.

Figura 29. Temperatura Promedio Anual



Fuente: (Autoras, 2018)

Tabla 20. Escala Universal Termal

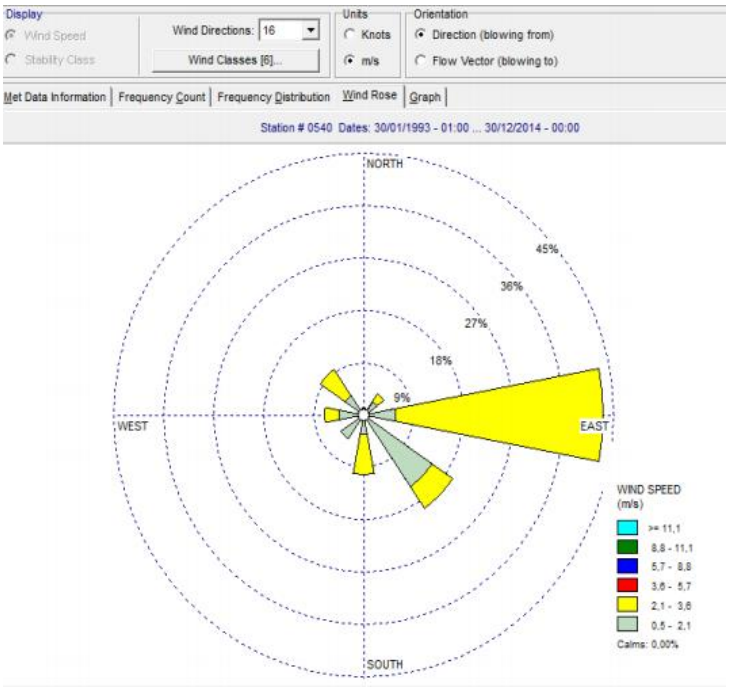
Escala Universal Termal			Temperatura Promedio Anual Máxima, Media y Mínima
Letra de la Escala	**Denominación en EUT**	**Temperatura Media °C**	
i	Severamente caluroso	>35°C	
h	Muy caluroso	28 a 35°C	
a	Caluroso	23 a 28°C	
b	Templado	18 a 23°C	Temp. Máx Prom: 22,5
l	Medio	10 a 18°C	Temp. Med Prom: 13,4
k	Fresco	0 a 10°C	Temp. Mín Prom: 3,2
o	Frío	-10 a 0°C	
c	Muy Frío	-25 a 10°C	
d	Severamente Frío	-40 a 25°C	
e	Excesivamente Frío	-40°C o menor	

Fuente: (Fernández García & Rasilla Alvarez, 2010)

3.4.5. Velocidad del Viento

Corresponde a la velocidad con la que el aire de la atmósfera se mueve sobre la superficie del suelo. Se suele registrar su dirección y velocidad, a lo largo del tiempo, Figura 30. Teniendo en cuenta los datos publicados por la Estación Hidrometeorológica de Checua, desde enero de 1993 hasta diciembre de 2014, los vientos en la zona en un 58,7% registran velocidades entre 2,1 y 3,6 m/s soplando principalmente en direcciones de Este a Oeste (4,08 nudos náuticos y 6,99 nudos náuticos). Según la escala de Beaufort, los vientos registrados en la Estación Hidrometeorológica de Checua, tienen una intensidad máxima de 3 (esta escala tiene como valor máximo 12), lo que corresponde a brisas ligeras con leves efectos sobre la superficie del suelo.

Figura 30. Rosa de Vientos



Fuente: (Autoras, 2018)

Tabla 21. Escala de Beaufort de la Fuerza de los Vientos

Número de Beaufort	Velocidad del viento Km/h	Nudos (millas náuticas /h)	Denominación	Efecto sobre el suelo
3	12 a 19	7 a 10	**Flojo (Brisa ligera)**	Se agitan las hojas, ondulan las banderas

Fuente: (Autoras, 2018)

4. Riesgos Ambientales

Tabla 22. Riesgos Ambientales en Cogua

Amenaza	Descripción
Deslizamientos	En el municipio han ocurrido en el sector norte del centro poblado de Rodamontal, barrio La Granja, sector occidental de la vereda el Altico, sector la Planta costado norte de la Quebrada honda, sector los Volcanes de la vereda Quebrada Honda, sector Ojo de Agua en cercanías al salón cultural. Se ha relacionado la ocurrencia de estos fenómenos con el inadecuado manejo de las aguas superficiales (vallados, acequias, desagües domésticos, entre otros).
Degradación del suelo	La erosión es una amenaza constante, principalmente en las zonas de ladera dedicadas a las actividades agropecuarias las cuales están expuestas a mal manejo de los suelos. Las prácticas como el exceso de labranza que pulverizan el suelo, las aplicaciones de agroquímicos y la falta de rotación de cultivos son las que se encargan de deteriorar las buenas características físicas de los suelos como ocurre en los suelos dedicados al cultivo de la papa principalmente. En los suelos dedicados al cultivo de arveja ocurre un fenómeno similar ya que las siembras se realizan a favor de las pendientes para que el agua no se deposite.
Amenaza sísmica	Con base en los estudios técnicos que para el efecto se han adelantado en el país, a la Sabana de Bogotá se le reconoce como un lugar geográfico sobre la parte central de la cordillera Oriental a la cual se le estima como una zona media de riesgo por amenaza sísmica. Esta condición le define al territorio municipal unas condiciones particulares en lo relacionado con los planes y programas de construcción de vivienda e infraestructuras en general.
Incendios forestales	Las zonas del municipio con probabilidad de incendio se localizan, prioritariamente sobre el cinturón de cerros occidentales correspondientes a las partes de las veredas La Chapa, Rodamontal, Barro Blanco, Quebrada Honda, Páramo Alto y en los cerros del Tunjo y Cuchilla la Leonera que 58 corresponden con las partes altas de las veredas Cardonal, Patasica y Casa Blanca. Los lugares de máxima probabilidad de incendios se localizan en el cerro del Púlpito, Reserva Forestal, parte alta de la vereda Páramo Alto y el cerro del Tunjo sitios correspondientes a coberturas vegetales de Páramo, frecuentados por caminantes.
Inundaciones	La asociación de este fenómeno con las tragedias tiene que ver con el hecho de que muchos asentamientos humanos se han localizado en las márgenes o zonas de influencia de ríos o quebradas. El municipio de Cogua presenta algunos sectores que por su relieve plano eventualmente han presentado inundaciones, algunas con graves daños, entre estas están: El caserío de la Plazuela y zonas aledañas, el valle del río Neusa, parte baja de la quebrada Carpintero en cercanías al casco urbano y el sector del cauce de la quebrada San Antonio o Padre Otero en el costado occidental del casco urbano.

Contaminación atmosférica	Se refiere a la ocasionada por humo de las fábricas, los malos olores y ruidos extremos: • El sector ladrillero es el principal generador de humos ya que la cocción del ladrillo se hace en hornos de carbón y la mayoría de las explotaciones artesanales no sigue las normas requeridas para mitigar este impacto. Estas emisiones causan enfermedades respiratorias en los habitantes del sector y sus alrededores. El sector está ubicado en la parte alta y media de la cuenca de la quebrada Agua Sucia la cual conforma un sector cerrado que impide que el humo se disperse rápidamente cuando el viento no sopla. • Las explotaciones pecuarias sin manejo adecuado de los residuos finales, también son foco de malestares, especialmente por el manejo de la gallinaza y otros abonos que produce fuertes olores causando enfermedades respiratorias a la población y una producción exagerada de moscas y otros agentes contaminantes.
Otras amenazas	Potencial amenaza del gasoducto, de la red de conducción del acueducto regional de los municipios de Zipaquirá, Cogua y Nemocón así como la red de conducción del municipio de Zipaquirá. En el caso de esta última se encuentran construidas algunas viviendas sobre dicha red en el área urbana; requiriéndose su reubicación.

Fuente: (Alcaldía Municipal de Cogua en Cundinamarca, 2018)

Capítulo II

Determinar una Ecuación que sea Representativa para Estimar la Oferta Hídrica Diaria por m^2 Utilizando las Variables Climáticas de las Estaciones Meteorológicas

Para el desarrollo de este capítulo se tuvieron en cuenta las experiencias exitosas a nivel nacional e internacional explicadas en el estudio mencionado del estado del arte en Ráquira, Cundinamarca (Ver página 18 y 19). En donde se tomaron los datos y variables meteorológicas según cada caso, para luego poder continuar con el proceso metodológico de esta investigación.

A continuación, se describe la metodología para llegar a determinar la ecuación final.

1. Metodología para la Obtención de Datos

De acuerdo con lo anterior se tomaron como referencia las tablas 23, 24, 25 y 26, basadas en el estudio de investigación en Ráquira, Cundinamarca, mencionado anteriormente. En donde se analizaron diferentes casos de éxito en Perú, Bolivia y Colombia que a continuación se describen:

Este proyecto de captación en el escenario de Chanchamayo constituye un mecanismo alternativo y complementario para llegar a contribuir al abastecimiento de agua en la zona. Durante los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre, en que la presencia de niebla disminuye considerablemente y apenas se producen precipitaciones de lluvia, la captación mensual por metro cuadrado apenas supera los 20 litros, que aunque es una cantidad modesta puede resultar un aporte notable en situaciones de necesidad. (Zabalteka, 2014).

Figura 31. Malla Atrapanieblas en Chanchamayo

Fuente: (Zabalteka, 2014)

En Chincha las condiciones meteorológicas resultaron ser bastantes propicias para el desarrollo del estudio durante los meses de mayo a diciembre, ya que los episodios de niebla fueron muy frecuentes, sobre todo en los meses de junio a octubre, con niebla en más de un 60% de los días. Sin embargo, en diciembre y enero hubo un cambio en el clima. Las condiciones meteorológicas (elevada humedad durante la noche, presencia de viento flojo) y geográficas (proximidad al mar, altitud y orientación idónea de los páneles para interceptar la niebla) del escenario de Chincha permitieron que se obtuviera una elevada captación de agua atmosférica desde mayo hasta octubre, mientras que en los meses centrales de verano las nieblas fueron prácticamente nulas y la insolación muy fuerte. Por lo que es clave almacenar

dicha agua recolectada durante los meses de mayores nieblas y realizar un uso racional para los meses secos.

Figura 32. Malla Atrapanieblas en Chincha

Fuente: (Zabalteka, 2014)

A continuación, se presentan los datos extraídos de los estudios de éxito anteriormente mencionados, de manera comparativa que dan lugar al resultado de los datos meteorológicos de los escenarios de Chanchamayo y Chincha.

Tabla 23. Experiencia en Perú (Chanchamayo, Chincha)

	Chanchamayo	Chincha
País	Perú	Perú
Región	Junín	Ica
Provincia	Chanchamayo	Chincha
Altitud (msnm)	1687	676
Precipitación total anual (mm)	2500-3000	<50
Meses con precipitación de lluvia	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar, Abr	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar, Abr
Meses con precipitación horizontal	Oct, Nov, Dic, Ene, Feb, Mar, Abr	Jun, jul, ago
Piso ecológico	Bosque húmedo nublado	Desierto superário subtropical
Temperatura máxima	28°C	Jun, jul, ago 20°C; ene, feb, mar 30°C
Temperatura mínima	15°C	Jun, jul, ago 14°C; ene, feb, mar 20°C
Humedad relativa	90% - 99%	97% - 100%
Velocidad del viento	Min 0-2m/s; max 4m/s	0 a 5 m/s
Captación de agua atmosférica	Min 3L/m^2/día	1 – 4L/m^2/día
Volumen mensual	Nov 37L, dic 48L, jul 9L y ago 13L	Ago 70L, sep 82L; may, jun, jul, oct y dic 30 – 50 L

Fuente: (Huertas & Molina Torres, 2016)

En el escenario de Canchaque como en Morropón, según el estudio, la formación de nieblas fue notablemente menor que las expectativas iniciales y, en consecuencia, también los resultados de captación de agua atmosférica. Se concluyó que en Canchaque solamente en tres meses (julio, octubre y noviembre) se observó niebla en más de un 40% de los días, y en Morropón, el mes más propicio fue julio, con un 25% de días con niebla. Debido a la baja frecuencia de aparición de nieblas en estos lugares se aclaró que los valores de humedad relativa en los días de niebla fueron significativamente inferiores a los que se alcanzaban en otros escenarios, quizás porque la niebla que se formaba no era muy densa. (Zabalteka, 2014).

Figura 33. Malla Atrapanieblas en Canchape

Fuente: (Zabalteka, 2014)

A continuación se presentan los datos meteorológicos de los escenarios de Canchaque y Morropón.

Tabla 24. Experiencia en Perú (Canchaque, Morropón)

	Canchaque	Morropón
País	Perú	Perú
Región	Piura	Piura
Provincia	Huacabamba	Morropón
Altitud (msnm)	155	145
Precipitación total anual (mm)	800	< 500
Meses con precipitación de lluvia	Dic, Ene, Feb.	Dic, Ene
Meses con precipitación horizontal	Jun, Jul, Ago, Sep, Oct	Jul, Ago
Piso ecológico	Bosque húmedo nublado	Bosque seco
Temperatura máxima	30°C	30°C
Temperatura mínima	N.A	N.A
Humedad relativa	90% - 99%	60% - 70% - 100%
Velocidad del viento	2,5 m/s	2,5 m/s
Captación de agua atmosférica	0,25 L/m^2/día	0,25 L/m^2/día
Volumen mensual	3L/mes	3L/mes

Fuente: (Huertas & Molina Torres, 2016)

El estudio experimental correspondiente a los dos escenarios bolivianos (Alto del Veladero y Cruce de Pucará), fue un proyecto que duró un año completo, desde mayo de 2012, hasta mayo de 2013, en este se registraron condiciones meteorológicas muy favorables para la captación de agua de niebla; según el estudio, Alto del Veladero mostró ser un escenario ideal para recoger agua por medio de captadores de nieblas, con un elevado rendimiento en todos los meses del año.

Se destacó la fuerte presencia de nieblas en la zona, fue casi una constante a lo largo de todo el año. Además, el viento, de velocidad considerable (en un rango aproximado de 3-10 m/s), fue un factor favorable y determinante para la retención de agua en las mallas de los captadores.

La captación mensual que se obtuvo estuvo siempre por encima de 65 litros por metro cuadrado. Sin embargo, estos datos de captación deben ser manejados con precaución, ya que en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo las precipitaciones de lluvia fueron notables y, por lo tanto, el agua recogida por los captadores corresponde a niebla, pero también a lluvia. (Zabalteka, 2014).

Figura 34. Malla Atrapanieblas en Alto del Veladero

Fuente: (Zabalteka, 2014)

En el escenario de Cruce de pucará al igual que en Alto Veladero, las condiciones meteorológicas y la investigación, se realizaron durante el período experimental de un año (desde mayo de 2012 hasta mayo de 2013), muy favorables para el estudio de la captación de agua de nieblas.

Ya que ocurrieron fenómenos de niebla durante todo el año, sin diferencias notables de unos meses a otros, esta experiencia superó ampliamente las expectativas de captación de agua que se tenían en este estudio, los valores de agua para cosechas diaria resultaron superiores a 5 litros por metro cuadrado casi de forma permanente y superiores a 10 litros por metro cuadrado en casi la mitad del año.

El volumen de agua acumulado en los meses de temporada seca, a excepción de agosto, fue superior a 75 litros por metro cuadrado de malla de captación. (Zabalteka, 2014).

Figura 35. Malla Atrapanieblas en Cruce de Pucará

Fuente: (Zabalteka, 2014)

A continuación, se presentan los datos meteorológicos de los escenarios de alto del Veladero y cruce de Pucará.

Tabla 25. Experiencia en Bolivia (Alto del Veladero, Cruce de Pucará)

	Alto del Veladero	Cruce de Pucará
País	Bolivia	Bolivia
Región	Santa Cruz	Santa Cruz
Provincia	Valle grande	Valle grande
Altitud (msnm)	2860	650
Precipitación total anual (mm)	680	650
Meses con precipitación de lluvia	Dic, Ene, Feb, Mar	Nov, Dic, Ene, Feb, Mar
Meses con precipitación horizontal	Mar, Abr, May, Jun	Mar, Abr, May, Jun
Piso ecológico	Bosque húmedo nublado	Bosque húmedo nublado
Temperatura máxima	25°C; 17°C	20°C
Temperatura mínima	5°C; 8°C	5°C
Humedad relativa	60% - 70% - 100%	60% - 70% - 100%
Velocidad del viento	3 a 10 m/s	
Captación de agua atmosférica	5 – 25 L/m^2/día (Ene, Feb, Mar); 5 – 13 L/m^2/día (Jun a Dic)	0 – 5 L/m^2/día (Sep a Feb) 15 L/m^2; máx (Feb y Mar) 25 L/m^2/día
Volumen mensual	200 L (Ene, Feb, Mar); 100 L/m^2/día (May, Jun, Jul y Ago)	170 – 200 L; (Jun, Ago, Sep)

Fuente: (Huertas & Molina Torres, 2016)

En el escenario del Valle del Cauca en Roldanillo. Esta investigación abarco períodos de lluvia, los valores promedio de colección en los sitios más productivos fueron de 4,53 litros de agua por metro cuadrado por día y para los meses secos de 2,54 litros de agua por metro cuadrado por día para algunos meses representativos como diciembre, febrero y marzo.

Diciembre resultó ser el mes de mayor colección de neblina y esta iniciativa nació como una idea de la población (Ver página 10).

A continuación, se presentan los datos meteorológicos de los escenarios de Valle del Cauca.

Tabla 26. Experiencia en Colombia (Valle del Cauca)

	Valle del Cauca
País	Colombia
Región	Valle del Cauca
Provincia	Roldanillo
Altitud (msnm)	1600-1650
Precipitación total anual (mm)	1116
Meses con precipitación de lluvia	Abril, may, sep, oct
Meses con precipitación horizontal	Abril, mayo
Piso ecológico	Bosque húmedo
Temperatura máxima	34,5ºC
Temperatura mínima	34,5ºC
Humedad relativa	65%-75%
Velocidad del viento	1,6 m/s - 3m/s
Captación de agua atmosférica	nov, may (0,14-3,68 l/m^2) - ener, mar (0,05-2,54 l/m^2)
Volumen mensual	ene, mar (1,6-76,3 l/m^2) - abril, may (9-135,9 l/m^2)

Fuente: (Huertas & Molina Torres, 2016)

En la tabla 27, se puede apreciar el comparativo de los escenarios a nivel nacional e internacional anteriormente mencionados, con datos de producción de caudal, velocidad del viento, humedad relativa, altitud y temperatura. Estos datos son fundamentales dentro de la metodología de cálculo para determinar la ecuación final. Modelo tomado de la tabla 3, correspondiente al estudio realizado en Ráquira Cundinamarca.

Tabla 27. Datos de Escenarios de Proyectos de Atrapanieblas

Escenarios	Producción (l/día)	Velocidad del viento (m/s)	Humedad Relativa	Altitud msnm	Temperatura mínima °C
Chanchamayo	3	4	95%	1687	15
Chincha	4	5	99%	676	17
Canchaque	0,25	2,5	70%	1269	18
Morropón	0,25	2,5	70%	611	18
Alto del veladero	13	10	90%	2860	6,5
Cruce de Pucará	5	6	78%	2750	5
Valle del Cauca	2,54	3	70%	1850	16,4
Cogua	X	2,4	80%	3019	3,3

Fuente: (Huertas & Molina Torres, 2016)

1.1. Punto de Rocío

El Punto de Rocío es el valor al que debe descender la temperatura del aire para que el vapor de agua existente comience a condensarse. El punto de rocío se calculó directamente con los datos de temperatura y humedad relativa existentes para nuestro objeto de investigación proveniente de los informes de datos meteorológicos, la metodología que se desarrolla en este punto se basó en un modelo de Celemín, 2009 en la cual se muestra una tabla para calcular fácilmente el "punto de rocío".

Se evidencia una matriz que relaciona la humedad relativa y la temperatura, por lo tanto para cada una de ellas existe un valor de °C correspondiente al punto de rocío como se muestra a continuación.

Figura 36. Punto de Rocío

TEMPERATURAS (en grados C)	Humedad relativa																
	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
40º	13	16	19	21	24	26	28										
39º	13	15	18	20	23	25	27	28									
38º	12	14	17	20	22	24	26	27									
37º	11	13	16	19	21	23	25	26	28								
36º	10	12	15	18	20	22	24	25	27	28							
35º	9	11	15	17	19	21	23	24	26	27	28						
34º	8	10	14	16	18	20	22	23	25	26	27	28					
33º	7	10	13	15	17	19	21	22	24	25	26	27	28				
32º	6	9	12	14	16	18	20	21	23	24	25	26	27	28			
31º	5	8	11	13	15	17	19	20	22	23	24	25	26	27			
30º	4	7	10	12	15	17	18	20	21	22	23	25	26	27	28		
29º	4	6	9	11	14	16	17	19	20	21	22	24	25	26	27	28	
28º	3	5	8	10	13	15	17	18	20	20	21	23	24	25	26	27	28
27º	2	4	7	9	12	14	16	17	19	20	20	22	23	24	25	26	27
26º	1	3	6	8	11	13	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26
25º	1	3	6	8	10	12	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25
24º	0	2	5	7	9	11	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24
23º	0	1	4	6	8	10	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23
22º	-1	1	3	5	7	9	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21	22
21º	-2	0	2	5	6	8	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21
20º	-3	-1	2	4	6	7	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20

Fuente: (Celemín, 2009)

Según la fuente encontrada los datos estaban establecidos solo hasta los 20 °C de temperatura, teniendo en cuenta que la temperatura que buscamos es 10°C se tuvo que realizar una interpolación de datos de la siguiente manera:

Con la ecuación 1, se buscó encontrar la tasa media de crecimiento para realizar la interpolación de datos de la tabla 25 para obtener el punto de rocío.

Ecuación 1. Capital de aumento

$$M = Co\ (1 + r)^n$$

Donde:

M: Capital aumentado

Co: Coeficiente inicial

r: Tasa media de crecimiento

n: Número de datos que se quieren encontrar

Luego despejamos la tasa de crecimiento para obtenerla y la ecuación resultante es:

Ecuación 2. tasa de crecimiento

$$r = \left[\sqrt[n]{\frac{M}{Co}}\right] \text{-}1$$

Donde: n: Dato final

Dicha interpolación arrojo los datos faltantes a partir de 20°C (Subrayado en color verde claro) hasta 10°C, lo cual indico según la tabla 25. Que a una temperatura de 10°C y una humedad del 80% el punto de rocío es 10°C.

Tabla 28. Tabla para Obtener el Punto de Rocío

T	HUMEDAD RELATIVA (%)																
(°C)	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
40	13	16	19	21	24	24	28										
39	13	15	18	20	23	23	27	28									
38	12	14	17	20	22	22	26	27									
37	11	13	16	19	21	21	25	26	28								
36	10	12	15	18	20	20	24	25	27	28							
35	9	11	15	17	19	19	23	24	26	27	28						
34	8	10	14	16	18	18	22	23	25	26	27	28					
33	7	10	13	15	17	17	21	22	24	25	26	27	28				
32	6	9	12	14	16	17	20	21	23	24	25	26	27	28			
31	5	8	11	13	15	16	19	20	22	23	24	25	26	27			
30	4	7	10	12	15	15	18	20	21	22	23	25	26	26	28		
29	4	6	9	11	14	14	17	19	20	21	22	24	25	26	27	28	
28	3	5	8	10	13	13	17	18	20	20	21	23	24	25	26	27	28
27	2	4	7	9	12	12	16	17	19	20	20	22	23	24	25	26	27
26	1	3	6	8	11	11	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25	26
25	1	3	6	8	10	10	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25
24	0	2	5	7	9	9	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24
23	0	1	4	6	8	8	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23
22	-1	1	3	5	7	7	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21	22
21	-2	0	2	5	6	6	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21
20	-3	-1	2	4	6	5	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20
19	-3	-1	2	4	6	5	9	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19
18	-3	-1	2	3	5	4	8	9	10	12	13	14	15	16	16	17	18
17	-4	-1	1	3	5	4	8	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18
16	-4	-2	1	3	5	4	7	8	9	11	12	13	13	14	15	16	17
15	-4	-2	1	3	4	3	7	8	8	10	11	12	13	14	14	15	16
14	-5	-2	1	2	4	3	6	7	8	10	11	11	12	13	14	15	16
13	-5	-2	1	2	4	3	6	7	7	9	10	11	12	13	13	14	15
12	-5	-3	1	2	3	3	6	6	7	9	10	11	11	12	13	13	14
11	-6	-3	1	2	3	2	5	6	7	8	9	10	11	12	12	13	14
10	-6	-3	1	2	3	2	5	6	6	8	9	10	10	11	12	12	13

Fuente: (Celemín, 2009)

1.2. Cálculo de la Temperatura Media Anual

Para el cálculo de la temperatura media anual de todos los escenarios, se tuvo como referencia la ecuación de temperatura media promedio anual extraída de una base de datos de estaciones meteorológicas de la cuenca del río Sumapaz, en donde se evidencia que por cada mes la ecuación de temperatura varía, obteniendo una ecuación anual como resultado de correlaciones y constantes con un valor de la relación R^2. Cabe resaltar que en cuanto a la determinación de la ecuación de temperatura media anual, se tuvo como referencia el POMCA del río Sumapaz componente II, en el cual la metodología consiste en convertir las ecuaciones resultantes de las correlaciones en ecuaciones regionales, con las cuales se pueda encontrar una temperatura determinada para un sitio especifico en función de la elevación.

A continuación, se muestra la base de datos y la explicación anterior para hallar la ecuación:

Ecuación 3. Temperatura

$$T = -0{,}0066\,X + 29{,}94$$

Cálculo de la Temperatura en las Estaciones de Precipitación																				
#	Código	Nombre	Elevación (m.s.n.)	Coordenadas		Temperatura Mensual														
				Latitud	Longitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual		
						Ecuación	Ecuación	Ecuación	Ecuación	Ecuación	Ecuación	Ecuación	Ecuación	Ecuación	Ecuación	Ecuación	Ecuación			
						y = -0,0068x + 30,294	y = -0,0068x + 30,328	y = -0,0066x + 30,204	y = -0,0064x + 29,639	y = -0,0063x + 29,384	y = -0,0064x + 29,489	y = -0,0068x + 30,173	y = -0,0071x + 31,013	y = -0,0068x + 30,577	y = -0,0065x + 29,597	y = -0,0064x + 29,255	y = -0,0064x + 29,398	y = -0,0066x + 29,946		
						R^2 = 0,9926	R^2 = 0,9937	R^2 = 0,9927	R^2 = 0,9922	R^2 = 0,9924	R^2 = 0,9915	R^2 = 0,9927	R^2 = 0,989	R^2 = 0,9896	R^2 = 0,9903	R^2 = 0,9888	R^2 = 0,9885	R^2 = 0,9922		
1	2119022	Pajas Blancas	75	04 21	74 33	25,2	25,2	25,2	24,8	24,7	24,7	25,0	25,7	25,4	24,7	24,4	24,6	25,0		
2	2119046	El Batán	2699	04 15 43,7	74 18 43,8	11,9	12,0	12,4	12,4	12,2	12,2	11,8	11,9	12,2	12,1	12,0	12,1	12,1		
3	2119047	Hacienda La Mesa	2500	04 18 16,7	74 18 43,7	13,3	13,3	13,7	13,6	13,5	13,5	13,2	13,3	13,6	13,3	13,3	13,4	13,4		
4	2120184	Laguna del Indio	1681	04 24 38,7	74 27 30,2	18,9	18,9	19,1	18,9	18,7	18,7	18,7	19,1	19,1	18,7	18,5	18,6	18,9		
5	2120215	América	1378	04 26 54	74 27 39,6	20,9	21,0	21,1	20,8	20,7	20,7	20,8	21,2	21,2	20,6	20,4	20,6	20,9		
6	2120634	Paraíso Perdido	2756	04 29 51,7	74 17 27,9	11,6	11,6	12,0	12,0	11,9	11,9	11,4	11,4	11,8	11,7	11,6	11,8	11,8		
7	2120637	Las Violetas	4155	04 22 41 ,2	74 41 17	27,5	27,5	27,5	27,0	26,8	26,8	27,4	28,1	27,8	26,9	26,6	26,7	27,2		
8	2120644	Argelia	3111	04 21 29,3	74 45 6,5	28,2	28,2	28,1	27,6	27,5	27,5	28,1	28,8	28,5	27,6	27,3	27,4	27,9		
9	2120629	Venecia	2690	04 50 39,2	74 23 58,2	12,0	12,0	12,4	12,4	12,3	12,3	11,9	11,9	12,3	12,1	12,0	12,2	12,2		
10	2119514	Universidad Fusagasugá Udec	1712	04 20 8,41	74 22 12,8	18,7	18,7	18,9	18,7	18,5	18,5	18,5	18,9	18,9	18,5	18,3	18,4	18,6		
11	2119517	Aguas Claras	19	04 08 41.6	74 25 42.0	16,9	16,9	17,2	17,0	16,8	16,8	16,7	17,0	17,1	16,7	16,6	16,7	16,9		

			77															
12	2119 0270	San Juan	2900	04°01 ´00''	74°18 ´00	10,6	10,6	11,1	11,1	10,9	10,9	10,5	10,4	10,9	10,7	10,7	10,8	10,8
13	2120 1200	Esc la Unión	3320	04°20 ´00''	74°11 ´00	7,7	7,8	8,3	8,4	8,2	8,2	7,6	7,4	8,0	8,0	8,0	8,2	8,0
14	2119 0090	Cabrera	1900	03°59 ´00''	74°29 ´00	17,4	17,4	17,7	17,5	17,3	17,3	17,3	17,5	17,7	17,2	17,1	17,2	17,4
15	2119 0330	Núñez	1950	03°54 ´00''	74°30 ´00	17,0	17,1	17,3	17,2	17,0	17,0	16,9	17,2	17,3	16,9	16,8	16,9	17,1
16	2120 2160	Hidropa raíso	1600	04°34 ´00''	74°24 ´00	19,4	19,4	19,6	19,4	19,2	19,2	19,3	19,7	19,7	19,2	19,0	19,2	19,4
17	2119 0310	Pinarel	1900	04°23 ´00''	74°19 ´00	17,4	17,4	17,7	17,5	17,3	17,3	17,3	17,5	17,7	17,2	17,1	17,2	17,4
18	2119 5120	Ita Valsalic e	1460	04°23 ´00''	74°23 ´00	20,4	20,4	20,6	20,3	20,1	20,1	20,2	20,6	20,6	20,1	19,9	20,1	20,3
19	2119 0210	Nilo	4900	04°18 ´00''	74°38 ´00	27,0	27,0	27,0	26,5	26,4	26,4	26,8	27,5	27,2	26,4	26,1	26,3	26,7
20	2119 5090	Jamaica	6000	04°19 ´00''	74°35 ´00	26,2	26,2	26,2	25,8	25,6	25,6	26,1	26,8	26,5	25,7	25,4	25,6	26,0
21	2119 0240	Ospina Pérez	1450	04°04 ´00''	74°29 ´00	20,4	20,5	20,6	20,4	20,2	20,2	20,3	20,7	20,7	20,2	20,0	20,1	20,4
22	2119 5060	Pandi	950	04°11 ´00''	74°29 ´00	23,8	23,9	23,9	23,6	23,4	23,4	23,7	24,3	24,1	23,4	23,2	23,3	23,7
23	2119 5070	Pasca	2256	04°18 ´00''	74°18 ´00	15,0	15,0	15,3	15,2	15,1	15,1	14,8	15,0	15,2	14,9	14,8	15,0	15,1
24	2119 0350	Tulcán	27	04°09 ´00''	74°21 ´00	11,9	12,0	12,4	12,4	12,2	12,2	11,8	11,8	12,2	12,0	12,0	12,1	12,1

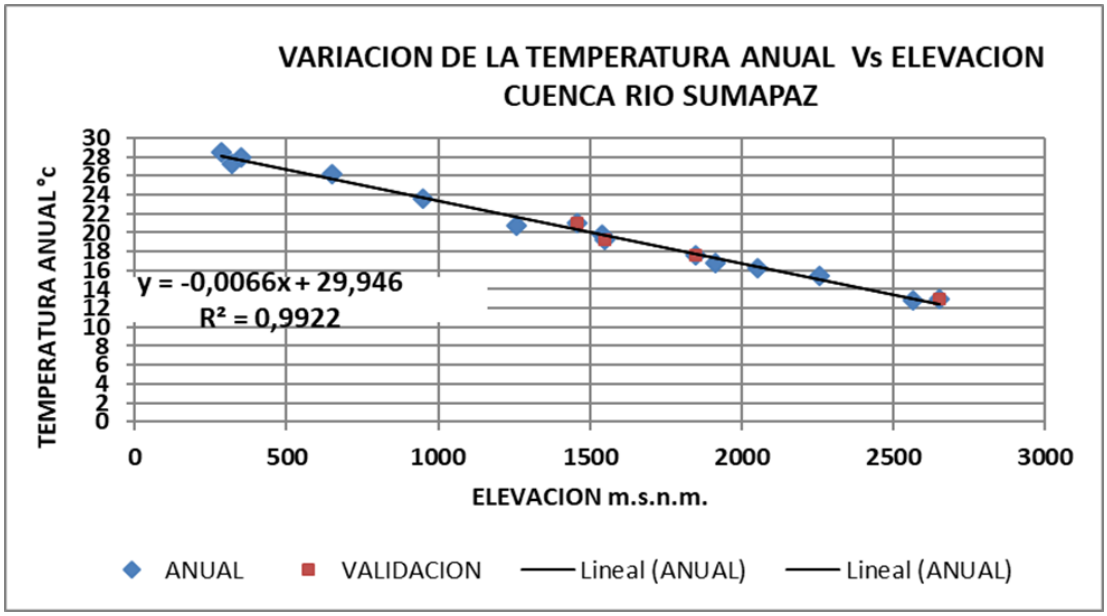
			0 0															
25	2120 1310	Preventorio Infant	265 0	04°27 ´00''	74°16 ´00	12,3	12,3	12,7	12,7	12,5	12,5	12,2	12,2	12,6	12,4	12,3	12,4	12,5
26	2120 1320	Launión	264 0	04°30 ´00''	74°16 ´00	12,3	12,4	12,8	12,7	12,6	12,6	12,2	12,3	12,6	12,4	12,4	12,5	12,5
27	2120 1920	Alto San Miguel	275 0	04°26 ´00''	74°18 ´00	11,6	11,6	12,1	12,0	11,9	11,9	11,5	11,5	11,9	11,7	11,7	11,8	11,8
28	2120 1090	Viotá	567 0	04°26 ´00''	74°32 ´00	26,4	26,5	26,5	26,0	25,9	25,9	26,3	27,0	26,7	25,9	25,6	25,8	26,2
29	2114 0010	El Venado	584 0	03°17 ´00''	74°54 ´00	26,3	26,4	26,3	25,9	25,8	25,8	26,2	26,9	26,6	25,8	25,5	25,7	26,1
30	3202 0020	La Uribe	950 0	03°14 ´00''	74°21 ´00	23,8	23,9	23,9	23,6	23,4	23,4	23,7	24,3	24,1	23,4	23,2	23,3	23,7
31	2119 0290	Carmen de Apicalá	328 0	04°09 ´00''	74°42 ´00	28,1	28,1	28,0	27,5	27,4	27,4	27,9	28,7	28,3	27,5	27,2	27,3	27,8
32	2116 0030	Cunday	450 0	04°04 ´00''	74°41 ´00	27,2	27,3	27,2	26,8	26,6	26,6	27,1	27,8	27,5	26,7	26,4	26,5	27,0
33	2118 5040	Apto Santiago Vila	286 0	04°16 ´00''	74°47 ´00	28,3	28,4	28,3	27,8	27,7	27,7	28,2	29,0	28,6	27,7	27,4	27,6	28,1
34	2118 0160	Suárez	300 0	04°03 ´00''	74°50 ´00	28,3	28,3	28,2	27,7	27,6	27,6	28,1	28,9	28,5	27,6	27,3	27,5	28,0
35	2119 0410	Granja La Hda	112 0	04°09 ´00''	74°35 ´00	22,7	22,7	22,8	22,5	22,3	22,3	22,6	23,1	23,0	22,3	22,1	22,2	22,6
36	2119 5080	Base Aérea Melgar	319 0	04°12 ´00''	74°38 ´00	28,1	28,2	28,1	27,6	27,4	27,4	28,0	28,7	28,4	27,5	27,2	27,4	27,8
37	2116 0180	Pto Lleras	119 5	03°50 ´00''	74°41 ´00	22,2	22,2	22,3	22,0	21,8	21,8	22,0	22,5	22,5	21,8	21,6	21,8	22,1
38	2116 0200	Concl Bustamante	16	03°53 ´00''	74°34 ´00	19,3	19,3	19,5	19,3	19,1	19,1	19,2	19,5	19,6	19,1	18,9	19,0	19,3

			20															
	Q. La Apicala	QA-1	1000	922879,9858	936914,6683	23,5	23,5	23,6	23,2	23,1	23,1	23,4	23,9	23,8	23,1	22,9	23,0	23,3
	Q. Negra	QN-1	3700	957799,7595	914465,8933	5,1	5,2	5,8	6,0	5,8	5,8	5,0	4,7	5,4	5,5	5,6	5,7	5,5
	R. Alt Sum.	RAS-1	2650	968610,1399	931289,0965	12,3	12,3	12,7	12,7	12,5	12,5	12,2	12,2	12,6	12,4	12,3	12,4	12,5
	R. Alt Sum.	RAS-2	3200	965697,8044	919173,0507	8,5	8,6	9,1	9,2	9,0	9,0	8,4	8,3	8,8	8,8	8,8	8,9	8,8
	R. Alt Sum.	RAS-3	3700	958595,5605	906470,0514	5,1	5,2	5,8	6,0	5,8	5,8	5,0	4,7	5,4	5,5	5,6	5,7	5,5
	Rio Pilar	RP-1	2650	967995,3867	934428,6484	12,3	12,3	12,7	12,7	12,5	12,5	12,2	12,2	12,6	12,4	12,3	12,4	12,5
	Rio Pilar	RP-2	3000	970983,0262	945741,4931	9,9	9,9	10,4	10,4	10,3	10,3	9,8	9,7	10,2	10,1	10,1	10,2	10,1
	Rio Pilar	RP-3	3750	980904,5693	951850,854	4,8	4,8	5,5	5,6	5,5	5,5	4,7	4,4	5,1	5,2	5,3	5,4	5,2
	R. San Juan	RSJ-1	2750	970102,7335	932843,2823	11,6	11,6	12,1	12,0	11,9	11,9	11,5	11,5	11,9	11,7	11,7	11,8	11,8
	R. San Juan	RSJ-2	3100	973811,4978	935608,5935	9,2	9,2	9,7	9,8	9,6	9,6	9,1	9,0	9,5	9,4	9,4	9,6	9,5
	R. San Juan	RSJ-3	3950	981753,7788	937527,1755	3,4	3,5	4,1	4,4	4,2		3,3	3,0	3,7	3,9	4,0	4,1	3,9

Fuente: (CAR, 2018)

Según lo anterior, a continuación se muestra la correlación que arroja la ecuación 3 mencionada en el POMCA del río Sumapaz, entre variación de la temperatura anual Vs la elevación la cuenca del río Sumapaz, la cual arrojó un valor R^2 = 0,99 por lo que se dedujo que es un valor aceptable y bueno.

Figura 37. Temp. vs Elevación



Fuente: (POMCA SUMAPAZ componente II, 2018)

2. Metodología de Correlaciones

2.1. Relación Humedad Relativa y Punto de Rocío vs. Producción

A continuación, se muestra la identificación de variables teniendo en cuenta la ecuación encontrada anteriormente, fijando como valores constantes los resultados de esta, para hallar la relación Humedad Relativa y Punto de Rocío :

Tabla 29. Relación entre Humedad Relativa y Punto de Rocío

Producción l/m^2/día	Const	Elev	Const* elev	Const	T	Hr	P.R	Hr/P.R
3	-0,0066	1675	-11,055	29,94	18,9	95	18	5,3
4	-0,0066	676	-4,4616	29,94	25,5	99	23	4,3
0,25	-0,0066	1269	-8,3754	29,94	21,6	70	15	4,7
0,25	-0,0066	611	-4,0326	29,94	25,9	70	20	3,5
13	-0,0066	2860	-18,876	29,94	11,1	90	9	10,0
5	-0,0066	2750	-18,15	29,94	11,8	78	10	7,8
2,54	-0,0066	1850	-12,21	29,94	17,7	70	12	5,8
?	-0,0066	3019	-19,9254	29,94	10,0	80	10	8,0
?	-0,0066	2	-17,226	29,94	13	73	10	7,3

Fuente: (Autoras, 2018)

A continuación, se puede evidenciar la primera correlación que se realizó, la cual corresponde a:

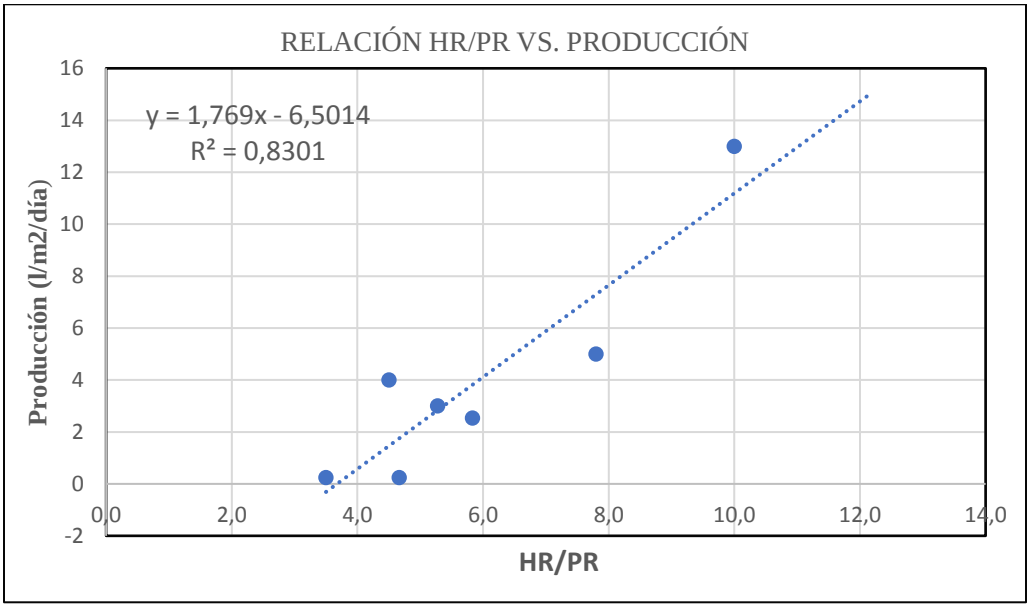
Tabla 30. Humedad Relativa y Punto de Roció vs Producción

Hr/PR	Producción l/m^2/día
5,3	3
4,3	4
4,7	0,25
3,5	0,25
10,0	13
7,8	5
5,8	2,54
8,0	?
	?

Fuente: (Autoras, 2018)

En la Figura 38, se evidencia la correlación que se realizó arrojando un valor de R^2 = 0,8301 el cual significa que es una relación buena.

Figura 38. Relación Humedad Relativa/Punto de Rocío vs. Producción



Fuente: (Autoras, 2018)

2.2. Análisis de las Correlaciones

La metodología de cálculo que se usó en las relaciones, fue la correlación lineal de Pearson en donde el valor del coeficiente de correlación puede variar de −1 a +1. Mientras mayor sea el valor absoluto del coeficiente, más fuerte será la relación entre las variables. Para la correlación de Pearson, un valor absoluto de 1 indica una relación lineal perfecta. Una correlación cercana a 0 indica que no existe relación lineal entre las variables. (Minitab 18, s.f).

En cuanto al análisis de la correlación figura 40, se realizaron 2 pasos que a continuación serán descritos:

Paso 1: Examinar la relación lineal entre las variables (Pearson). Para examinar esta relación HR/PR vs. PRODUCCIÓN, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para examinar la fuerza y la dirección de la relación lineal entre estas dos variables continuas.

- Fuerza: El valor del coeficiente de correlación dio como resultado 0,83 el cual indica que la relación es más o menos fuerte llegando a ser fuerte, teniendo como referencia que un valor absoluto de 1 indica una relación lineal perfecta y una correlación cercana a 0 indica que no existe relación lineal entre las variables.
- Dirección: Teniendo en cuenta que el signo del coeficiente indica la dirección de la relación, que en este caso es (+) y si ambas variables tienden a aumentar o disminuir a la vez, el coeficiente es positivo y la línea que representa la correlación forma una pendiente hacia arriba. Por lo tanto, para este caso la relación se clasifica en Relación Positiva Moderada, ya que, algunos puntos están cerca de la línea, y otros puntos están lejos de ella, indica que solo existe relación lineal moderada entre las variables.

Paso 2: Determinar si el coeficiente de correlación es significativo. Para determinar si la correlación entre las variables es significativa, se tuvo que comparar el valor p con su nivel de significancia. Por lo general, un nivel de significancia (denotado como α o alfa) de 0.05 funciona adecuadamente. Un α de 0.05 indica que el riesgo de concluir que existe una correlación, cuando en realidad no es así, es 5%. El valor p indica si el coeficiente de correlación es significativamente diferente de 0. (Un coeficiente de 0 indica que no existe una relación lineal).

- Valor $p \leq \alpha$: La correlación es estadísticamente significativa ya que el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, entonces se puede concluir que la correlación es diferente de 0.

2.3. Relación Velocidad del Viento vs Producción

Para la determinación de la ecuación fue indispensable tener en cuenta la velocidad de los vientos ya que es una de las variables determinantes en el marco de esta investigación.

Tabla 31. Datos para Generar Relación

Escenarios	Producción (l/día)	Velocidad del viento (m/s)	Humedad Relativa	Altitud msnm	Temperatura mínima °c
Chanchamayo	3	4	95	1687	15
Chincha	4	5	99	676	17
Canchaque	0,25	2,5	70	1269	18
Morropon	0,25	2,5	70	611	18
Alto del veladero	13	10	90	2860	6,5
Cruce de pucara	5	6	78	2750	5
Valle del Cauca	2,54	3	70	1850	16,4
Cogua	X	2,1	85	3019	4

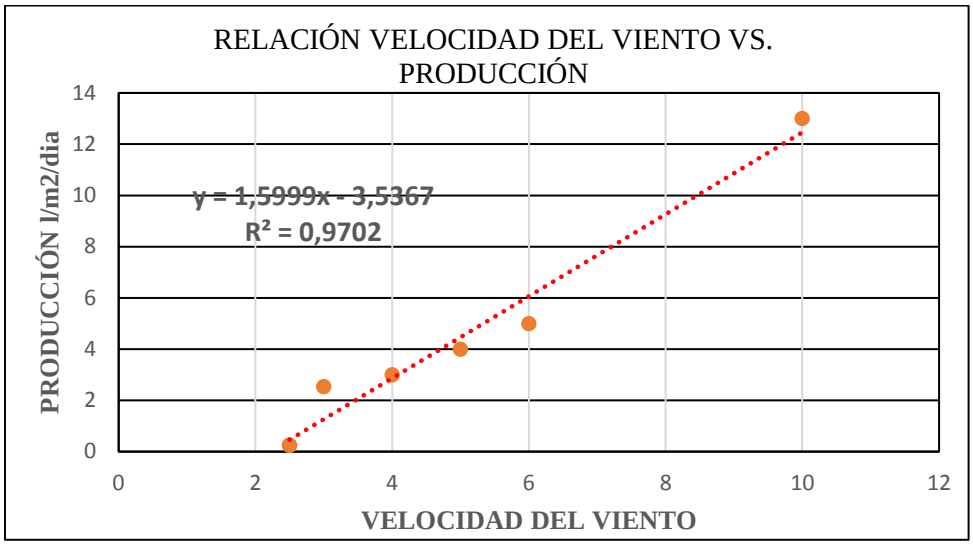
Fuente: (Autoras, 2018)

Tabla 32. Relación Velocidad del Viento vs Producción

Velocidad del Viento (m/s)	Producción l/m^2/día
4	3
5	4
2,5	0,25
2,5	0,25
10	13
6	5
3	2,54
2,1	

Fuente: (Autoras, 2018)

Figura 39. Relación Velocidad del Viento vs. Producción



Fuente: (Autoras, 2018)

2.4. Análisis de la Correlación

En cuanto al análisis de la correlación figura 39, se realizaron 2 pasos que a continuación serán descritos:

Paso 1: Examinar la relación lineal entre las variables (Pearson).

Para examinar esta relación HR/PR vs. PRODUCCIÓN, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para examinar la fuerza y la dirección de la relación lineal entre estas dos variables continuas.

- Fuerza: El valor del coeficiente de correlación dio como resultado 0,97 el cual indica que la relación es muy fuerte, teniendo como referencia que un valor absoluto de 1, indica una relación lineal perfecta y una correlación cercana a 0, indica que no existe relación lineal entre las variables.
- Dirección: Teniendo en cuenta que el signo del coeficiente indica la dirección de la relación, que en este caso es (+) y si ambas variables tienden a aumentar o disminuir a la vez, el coeficiente es positivo y la línea que representa la correlación forma una pendiente hacia arriba. Por lo tanto, para este caso la relación se clasifica en Relación Positiva Grande, es decir que, los puntos se ubican cerca de la línea, lo que indica que existe una relación lineal fuerte entre las variables. La relación es positiva porque a medida que una variable aumenta, la otra variable también aumenta.

Paso 2: Determinar si el coeficiente de correlación es significativo.

Para determinar si la correlación entre las variables es significativa, se tuvo que comparar el valor p con su nivel de significancia. Por lo general, un nivel de significancia (denotado como α o alfa) de 0.05 funciona adecuadamente. Un α de 0.05 indica que el riesgo de concluir que existe una correlación, cuando en realidad no es así, es 5%. El valor p indica si el coeficiente de correlación es significativamente diferente de 0. (Un coeficiente de 0 indica que no existe una relación lineal).

- Valor $p \leq \alpha$: La correlación es estadísticamente significativa ya que el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, entonces se puede concluir que la correlación es diferente de 0.

3. Ecuación para la Determinación del Potencial Hídrico.

Tabla 33. Cálculos de Ecuación de Estación Meteorológica "Embalse del Neusa"

CONST	HR	PR	HR/PR	CONST*(HR/PR)	CONST	Y	CONST	CONST* HR	Q (l/m^2.dia)	K	Q (l/m^2.dia)
1,769	80	10	8,0	12,2987619	-6,5014	5,8	1	0,73	8,5	0,97	**8,2**

Fuente: (Autoras, 2018)

Tabla 34. Cálculos de Ecuación Estación Meteorológica "Checua"

CONST	HR	PR	HR/PR	CONST*(HR/PR)	CONST	Y	CONST	CONST* HR	Q (l/m2.dia)	K	Q (l/m2.dia)
1,769	73	10,5	7,0	12,2987619	-6,5014	5,8	1	0,73	6,5	0,97	**6,3**

Fuente: (Autoras, 2018)

Finalmente determinamos la ecuación final, en donde se calculó y se determinó el potencial hídrico o caudal de producción que generarían dos escenarios correspondientes a la estación Checua y Embalse del Neusa, dos estaciones principales a las cuales se les realizó el análisis según los datos meteorológicos obtenidos de cada estación, lo que significa que arroja la producción resultante de la captación de agua atmosférica.

A continuación, la ecuación 4, resultante de la Relación Humedad Relativa/Punto de Rocío vs. Producción y la constante K resultante de la Relación Velocidad del Viento vs. Producción, anteriormente mencionada.

Ecuación 4. Cálculo del Potencial Hídrico

$$\boldsymbol{Q = \left\{1,769\left(\frac{HR}{PR}\right) - 6,5014 + 1 * HR\right\} * K}$$

En Donde:

HR: Humedad Relativa

PR: Punto de rocío

K= 0,97

Una vez comprobada la ecuación, se realiza el cálculo con los datos de la ladrillera, obteniendo así que el potencial hídrico en esa zona es de 6,33 l/m^2*día.

$$Q = \left\{1,769\left(\frac{73}{10,5}\right) - 6,5014 + 1 * 73\right\} * 0,97$$

$$Q = 6,331541$$

Capítulo III

Estimar la Oferta Hídrica Necesaria para Abastecer la Población de 50 Personas y el Consumo Hídrico en el Proceso Productivo en la Ladrillera el Trébol Mediante una Red Atrapanieblas

1. Características Propias de la Ladrillera El Trébol

1.1. Tipo de Industria

La industria ladrillera es considerada del tipo extractiva-transformadora, ya que extrae el material útil y además lo procesa y transforma para obtener productos diferentes a la materia inicial; A nivel general, en Colombia las plantas de transformación se encuentran en la misma zona en la que se realiza la extracción.

Dentro de este tipo de industrias se encuentran los chircales y las ladrilleras, estas últimas son consideradas empresas de mediana a altamente organizadas dedicadas a la producción de ladrillo tolete común, tolete prensado y semiprensado, entre otros. Por lo general son empresas totalmente mecanizadas; solo las pequeñas ladrilleras presentan algún grado de semimecanización tanto en la planta productora como en la mina. (CAR, BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, & CINSET, 2010).

1.1.1. Fase de Ejecución de Minería a Cielo Abierto

Minería a cielo abierto, hace referencia al conjunto de operaciones necesarias para extraer el mineral de interés económico en el caso de las arcillas a este tipo de minería se le denomina cantera; el principio de extracción consiste en el arranque y movimiento de rocas que desde la superficie cubren la capa, filón o masa principal. (CAR, BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, & CINSET, 2010).

1.1.2. Transformación Industrial

El proceso productivo del ladrillo abarca una secuencia de operaciones unitarias, éstas dependen del tipo de arcilla que se utilice. En términos generales se siguen cuatro etapas descritas a continuación:

Tabla 35.Etapas de la Producción Ladrillera

Etapa	Descripción
Preparación de arcilla	Una vez es extraída la arcilla se deja al aire libre, esto con el fin de favorecer su degradación. Este efecto se logra gracias a los cristales de agua que se presentan durante las heladas, lo cual aumenta el volumen de la masa. Luego se mezcla con arena, dejándose en reposo en un proceso de envejecimiento que favorece la elaboración de los bloques.
Moldeo o extrusión	Se realiza en la parte interna de las bodegas, y generalmente cuenta con una o dos líneas de producción que operan alternamente; los equipos utilizados son básicamente tolva de recibo de material, bandas transportadoras, desmenuzadora, laminadora, extrusora, y cortadora; aunque el modelo se realiza generalmente en una zona cubierta, estas operaciones no son un riesgo ambiental para la atmósfera.
Secado	Se acondiciona el producto, a través de una deshidratación relativamente rápida como para someterlo a una cocción definitiva con las propiedades deseadas.
Cocción	Esta etapa se lleva a cabo en un horno de cocción, los cuales pueden llegar a medir hasta 120 m de longitud. En éstos la temperatura pueden llegar a los 1.000°C.

Fuente: (CAR, BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, & CINSET, 2010)

1.2. Descripción Técnica del Proyecto Minero en El Trébol

A continuación, se describe de manera breve la infraestructura, instalaciones, maquinaria, equipos, herramientas y accesorios con que cuenta la Ladrillera El Trébol, observadas en las diferentes visitas realizadas a las instalaciones de esta.

1.2.1. Infraestructura

Vías de Acceso. El acceso principal a la Ladrillera El Trébol, es la vía Zipaquirá – Ubaté, entrada al sector El Olivo de la vereda Neusa, municipio de Cogua, Cundinamarca, en una longitud aproximada de 1.200 m por vía destapada con un alto contenido de material particulado muy fino que levantan los vehículos que por allí circulan; esta vía tiene un ancho aproximado de 6 m y no tiene cunetas laterales.

En estas vías es necesario realizar un mantenimiento adecuado recebándolas y construyendo cunetas y alcantarillas.

A la cantera se puede ingresar por tres accesos, dos en la parte superior a la cota 2.650 aproximadamente y uno en la parte inferior de la cantera, a la cota 2.610.

Puede decirse que este acceso inferior es el ingreso de la maquinaria pesada para la explotación y los superiores para el servicio a los clientes.; en este costado, la vía se encuentra pavimentada en una longitud aproximada de unos 500 m, con una capa de concreto.

Reservorios. La Ladrillera cuenta con dos reservorios de agua, en los cuales se almacena el agua lluvia, el agua de escorrentía y el agua que se capta al interior de las operaciones de explotación, mediante las cunetas construidas en la pata de las terrazas.

Esta agua sirve para el remojo del material y para adecuar la pasta arcillosa. Posteriormente es eliminada, tanto durante el secado, como en la cocción.

Figura 40. Vía Interna de Acceso a la Planta

Fuente: (Autoras, 2018)

Figura 41. Reservorio Principal

Fuente: (Autoras, 2018)

1.2.2. Instalaciones Administrativas

Área de Oficinas. La Ladrillera posee amplias instalaciones para oficinas y áreas administrativas.

Bodegas. La Ladrillera cuenta con instalaciones exclusivas para almacenamiento de los productos terminados, así como para el secado al aire. Recientemente se construyó una nueva bodega para el mezclado en cubierta de los materiales que son llevados a la tolva. El área de estas bodegas incluyendo el horno, supera los 7.500 m^2.

Baños. La Ladrillera posee baños con completa estructura sanitaria. El agua para uso doméstico proviene del acueducto del municipio de Cogua y los desechos se tratan mediante pozo séptico.

Patio de Almacenamiento de Carbón. La Ladrillera implementó una bodega cubierta para acumular el carbón que se utiliza en los hornos. Se emplea tanto carbón pulverizado como carbón en bruto. Este almacenamiento bajo cubierta es sumamente eficiente, pues a la vez que protege el carbón de la humedad proveniente de la lluvia, protege el medio ambiente por cuanto el viento no puede llevarse el carbón pulverizado.

1.2.3. Instalaciones de Producción

Tolva. Contenedor donde llega el material después del proceso de maduración.

Laminación. El material arcilloso crudo pasa a través de una desintegradora y posteriormente por una laminadora, que aplana, homogeniza, humedece y reblandece la pasta. El material se transporta mediante bandas desde la tolva a la laminadora y de ésta, a la extrusora.

Extrusora. Máquina utilizada para moldear el material de acuerdo al producto que se quiera fabricar.

Cortadora. Posteriormente al moldeo, el producto es cortado en unidades según dimensiones de cada uno de los productos.

Bandas Transportadoras. Utilizadas para transporte interno del material crudo dentro del proceso de producción.

Figura 42. Tolva

Fuente (Autoras, 2018)

Figura 43. Laminadora

Fuente: (Autoras, 2018)

Figura 44. Extrusora en Proceso

Fuente: (Autoras, 2018)

Figura 45. Extrusora

Fuente: (Autoras, 2018)

Estructura de Enrramada. Se refiere a las zonas de secaderos naturales. La ladrillera dispone de aproximadamente 4.000 m^2 de secaderos naturales. Una vez los ladrillos están en el punto de secado requerido, son transportados en carros tipo planchón (de los cuales se tienen 5) de mediana capacidad con destino a los hornos, donde son descargados, organizados consecutivamente y distribuidos en las cámaras del horno, de acuerdo con el tipo de producto.

Horno Zigzag tipo Hoffman. Utilizado en el proceso de cocción, es un horno de tipo continuo que consta de 6 cámaras túneles y es alimentado con carbón inyectado.

Chimenea. La Ladrillera cuenta con una chimenea para la emisión de material particulado y gases producto de la cocción; esta chimenea, del horno zigzag, tiene 18 m de altura, lo que garantiza un excelente manejo de gases y material particulado a la atmósfera.

Figura 46. Zonas de Secado

Fuente: (Autoras, 2018)

1.3. Proceso Productivo en la Ladrillera El Trébol

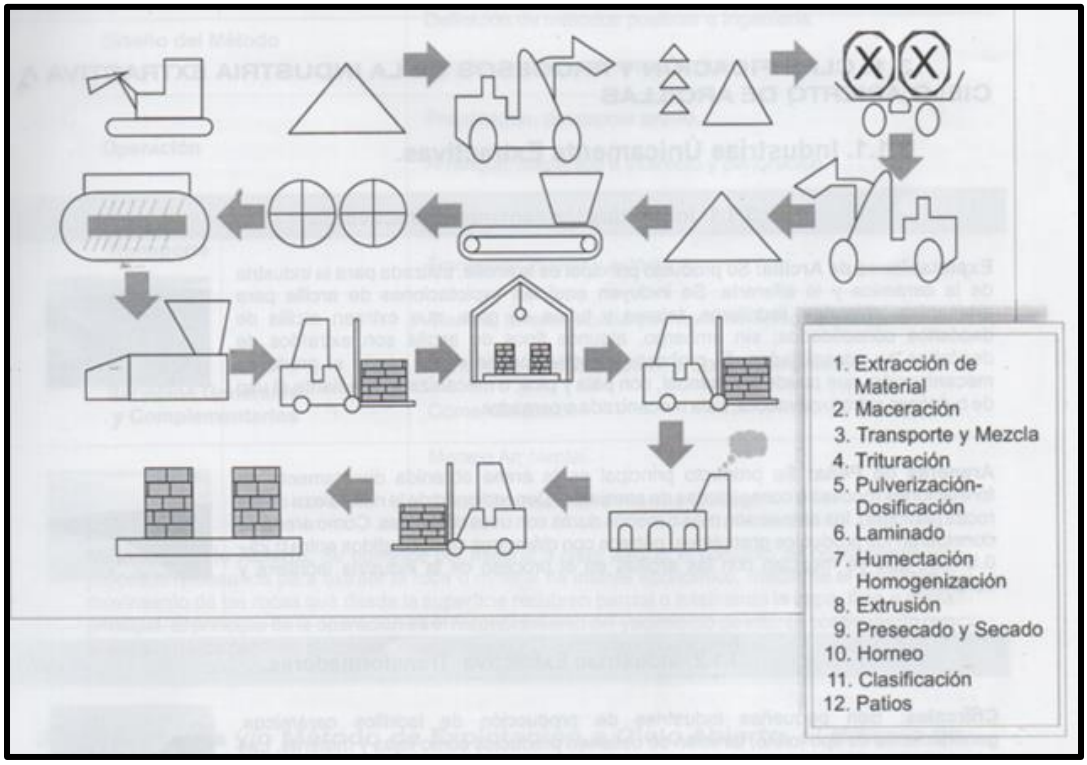
El proceso de producción de ladrillo comienza con la extracción de la materia prima (arcilla), transformación y beneficio, secado, cocción, acopio y termina con el mercadeo y la comercialización.

En las regiones ladrilleras de Colombia, este sector productivo se caracteriza por ser una actividad ancestral que ha pasado de generación en generación, inicialmente de manera muy empírica y artesanal, pero, que ha tenido un repunte en la introducción de tecnologías limpias, muy significativo en los últimos 10 años. (Consultora EELA, 2013).

En efecto, hoy en día la mayoría de chircaleros o alfareros han dado paso a una nueva generación de propietarios, miembros de la familia, que han asumido el mando, que se han preparado, ya sea con estudios universitarios, con el apoyo del Sena, o con la participación en cursos de distintas entidades regionales, (las Cars, las cámaras de comercio, gobernaciones y municipios), nacionales (MADS, ANM, UPME, Ongs) o incluso internacionales (BID, USAID, BM, entre otros), lo que los ha llevado a un mejoramiento continuo en sus procesos, involucrando las variables Técnica, Económica, Social y Ambiental en este importante sector económico.

La preocupación por los efectos contaminantes de esta industria, por la generación de medidas de equidad social en las regiones ladrilleras, por la inserción de prácticas reales que lleven a la mitigación y adaptación al cambio climático, es hoy en día una realidad de estos empresarios Pyme que luchan por transformar sus industrias, cambiar su imagen y sobre todo por lograr asegurar que su actividad sea considerada como un proceso sostenible en el tiempo.

Figura 47. Proceso Productivo del Ladrillo y sus Derivados



Fuente: (CAR, BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, & CINSET, 2010)

La ladrillera El Trébol, cuenta con más de 20 años en el mercado; en la última década la ladrillera se ha interesado por implementar estrategias de producción más limpia y en el mejoramiento de sus tecnologías con el fin de generar cada vez menos impactos al ambiente.

Para lograr esto, implementaron un ciclo de producción en el que cada uno de los factores que en el se encuentran son de gran importancia y permite observar cada una de las fases, y las posibles oportunidades de mejora:

Tabla 36. Ciclo del proceso productivo en la Ladrillera El Trébol

Ciclo de Producción en la Ladrillera El Trébol	
Extracción	Es el procedimiento mecanizado de extraer la arcilla de su estado natural mediante la utilización de la retroexcavadora.
Amontonamiento	Se realiza en zona de almacenamiento de arcilla con el apoyo de la retroexcavadora.
Remojo y Mezcla	En este proceso el material pasa inicialmente por un desterronador que rompe el material grueso (proceso en seco), luego el material se procesa en la desintegradora, la cual afina las partículas permitiendo una textura más arenosa (proceso en seco); posteriormente una laminadora termina de afinar el material que es transportado en bandas a la máquina extrusora (proceso en seco). En esta instancia se realiza la mezcla de material con agua (remojo) hasta obtener la consistencia requerida según el producto a procesar en la línea.

Vacío	La mezcla húmeda pasa a una cámara de vacío donde, bajo presión y temperatura, se le da una mayor plasticidad al material.
Tolveo y corte	El material es ubicado en la tolva, y mediante la moldeadora, se le da la forma al producto deseado, el cual pasa a la cortadora primaria la cual permite obtener cortes de mayor tamaño que posteriormente son transportados a la cortadora multi alambres que corta el producto a su tamaño final.
Retiro y encarramiento	Se retiran los ladrillos de la máquina cortadora en carretillas y se encarrilan permitiendo el paso del aire entre secciones para su secado.
Secado	El secado se hace en primera instancia por aireación natural en patio. Su duración depende del clima y de un buen encarramiento de 15 a 20 días. Posteriormente se realiza el secado artificial mediante horno; este proceso tarda aproximadamente 24 horas.
Acarreo de ladrillos y carbón	Consiste en trasladar los ladrillos y el carbón al horno de cocción por medio de carretillas.
Endague	Consiste en cargar las seis cámaras del horno zigzag con ladrillos dejando canales de ventilación o circulación del aire.
Cocción	Consiste en la quema del ladrillo por medio de carbojet inyectado al horno.
Enfriamiento	Corresponde al tiempo en que permanece el horno cargado, pero sin fuego: 36 horas, aproximadamente.
Descargue	Proceso conocido como "deshornar", consiste en extraer manualmente los ladrillos de los hornos mediante una carretilla.
Revisión y apilamiento para distribución y venta	Consiste en la separación de producto terminado por parte de los deshornadores según su calidad (material de primera o segunda calidad y mermas).

Fuente: (Autoras, Basado en PMA, 2015)

2. Características Demográficas de la Ladrillera El Trébol

2.1. Empleados

En la Ladrillera el Trébol se generan empleos directos para el proyecto minero e industrial, y empleos indirectos difíciles de cuantificar. La generación de empleo es alta, la duración, es temporal (mientras duran las actividades de explotación) y el área de influencia es zonal, para los empleos directos, y regional, para los indirectos.

Ladrillera El trébol cuenta con 50 personas que trabajan en una jornada de 8 horas diarias de lunes a viernes, y los sábados medio día.

Tabla 37. Categorización de la Mano de Obra

Categorización de la Mano de Obra		
Profesionales graduados	5	Administrador Negocios Internales 1
		Administrador de empresas 2
		Ingeniero mecanico 1
		Contador 1
Técnico	1	
Operarios de planta	37	
Servicios generales	2	
Directivos y personal administrativo	8	
Hombres	38	
Mujeres	12	

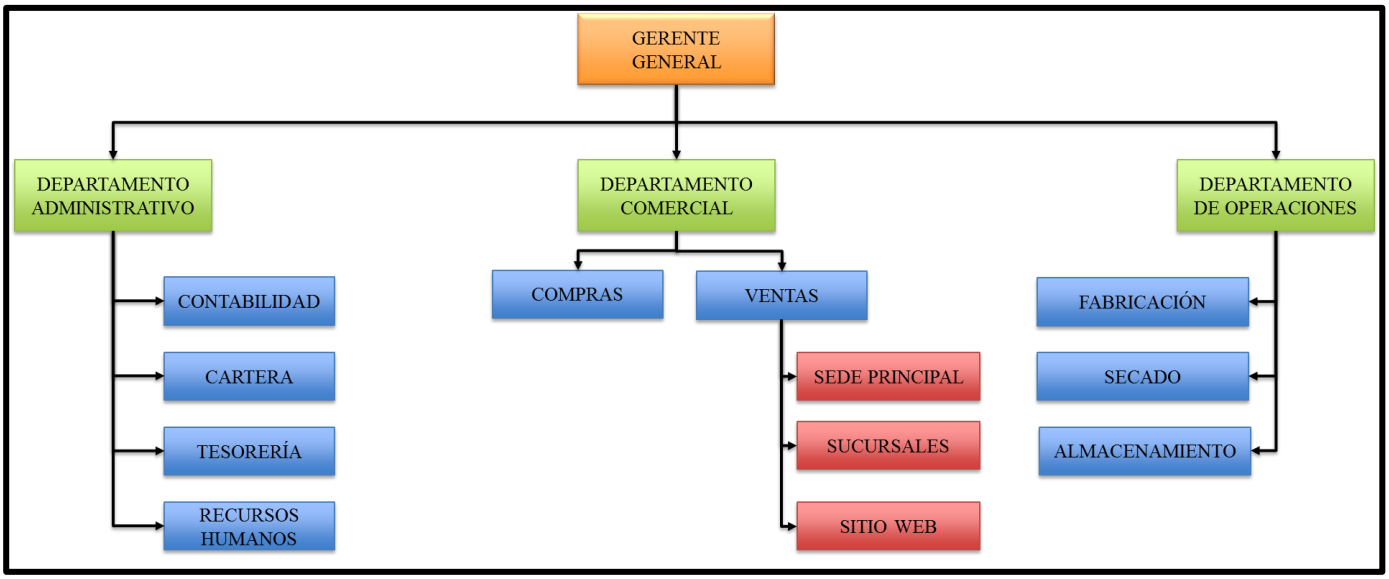
Fuente: (Autoras, 2018)

Figura 48. Equipo de Trabajo

Fuente: (Ladrillera El Trébol, 2018)

2.2.Organigrama Institucional

Figura 49. Organigrama Ladrillera El Trébol



Fuente: (Autoras, 2018)

3. Determinación del Consumo de Agua

Es importante destacar que el recurso hídrico es considerado de los más importantes, esto gracias a que todos los seres vivos están compuestos en una proporción alta de agua; así, el agua se vuelve un elemento importante para la existencia de la vida. Cada persona en la tierra requiere al menos 20 a 50 litros de agua potable para suplir sus necesidades básicas.

A continuación, se indican los litros diarios consumidos por persona:

Tabla 38. Aproximación de los Litros de Agua Consumidos por Persona/día

Variable	Litros utilizados
Ducha	10
Lavado de manos	3
Uso de la cisterna de baño	6
Uso de lava platos	4
Hidratación	3
Aseo del hogar	10
Total	36

Fuente: (Manco Silva, Guerrero Erazo, & Ocampo Cruz, 2012)

Las Naciones Unidas consideran que el acceso al agua potable es un derecho fundamental de cada ser humano, y como un progreso para lograr una mejora en los estándares de calidad de vida en todo el mundo. (GLOBAL HEALTH AND EDUCATION FOUNDATION, 2018).

3.1. Agua Potable para Consumo Humano en la Ladrillera el Trébol

Dado que la población considerada en esta investigación es estimada como población flotante, ya que no viven en las instalaciones de la fábrica, si no que trabajan allí en una jornada laborar de 8 horas, tan sólo se tiene en cuenta el consumo de agua diaria generada por el uso de los baños, lavamanos e hidratación diaria.

Es por esto que para efectos del cálculo del consumo de agua potable se tomaron 12 L/persona*día como dato de referencia.

Ecuación 5. Cálculo del Consumo de Agua para Consumo Humano

$$consumo\ diario\ de\ agua\ potable = \frac{litros\ de\ agua\ consumidos}{persona * día} * cantidad\ de\ personas$$

$$consumo\ diario\ de\ agua\ potable = \frac{12\ l}{1\ persona * día} * 50\ personas = \frac{600 l}{1\ día}$$

Esto quiere decir que el consumo teórico promedio de la ladrillera es de 600 litros diarios para suplir las necesidades básicas de los 50 trabajadores de esta.

3.2. Agua Utilizada para la Producción Ladrillera

En la ladrillera no se necesita realizar la solicitud del permiso de concesión de aguas debido a que el proceso de fabricación de los productos de arcilla demanda de muy poca agua, sin embargo considerando que el agua que se utiliza en este proceso proviene de fuentes hídricas que pueden ser utilizadas para abastecer a las comunidades aledañas, se plantea la posibilidad de integrar el recurso obtenido por las redes en el proceso productivo.

Por lo tanto, es importante rescatar que según el ICA (Informe de Cumplimiento Ambiental), presentado en marzo de 2018, de la Ladrillera El Trébol para el año 2017 la producción, para ese año, se dio de la siguiente manera:

Tabla 39. Producción de la Industria Ladrillera el Trébol para el Año 2017

Producto	Unidades Producidas
Ladrillo	400.000
Teja	1’600.0000
Bloque N°5	9´400.000
Bloque N°4	4’200.000
TOTAL	15’600.000

Fuente: (ICA, 2017)

Con el propósito de calcular el consumo diario de agua durante el proceso productivo de ladrillo se determinó que según la Revista Conservemos, el proceso productivo de ladrillo consume un promedio de 5.000 litros de agua para la producción de 15.000 ladrillos. (Conservemos, 2018).

A continuación, se muestra el cálculo del consumo de agua para dicha producción:

Ecuación 6. Cálculo del Consumo en la Producción

$$consumo\ para\ producción = \frac{litos\ de\ agua\ consumuda}{unidades\ producidas} * \frac{\text{unidades producidas}}{tiempo}$$

$$consumo\ para\ producción = \frac{5000l}{15.000\ unidades} * \frac{15’600.000\ unidades}{1\ año} = \frac{5´200.000l}{1\ año}$$

$$consumo\ para\ producción = \frac{5´200.000l}{1\ año} * \frac{1\ año}{365\ día} = 14.247\ \frac{l}{día}$$

Así los cálculos, se necesitaría elaborar un proyecto de redes atrapanieblas cuya captación diaria fuera de por lo menos de 14.847 litros.

Tabla 40. Resumen del Consumo Diario en la Ladrillera el Trébol

Ítem	Consumo (l/día)
Agua Potable	600
Producción	14.247
Total	14.847

Fuente: (Autoras, 2018)

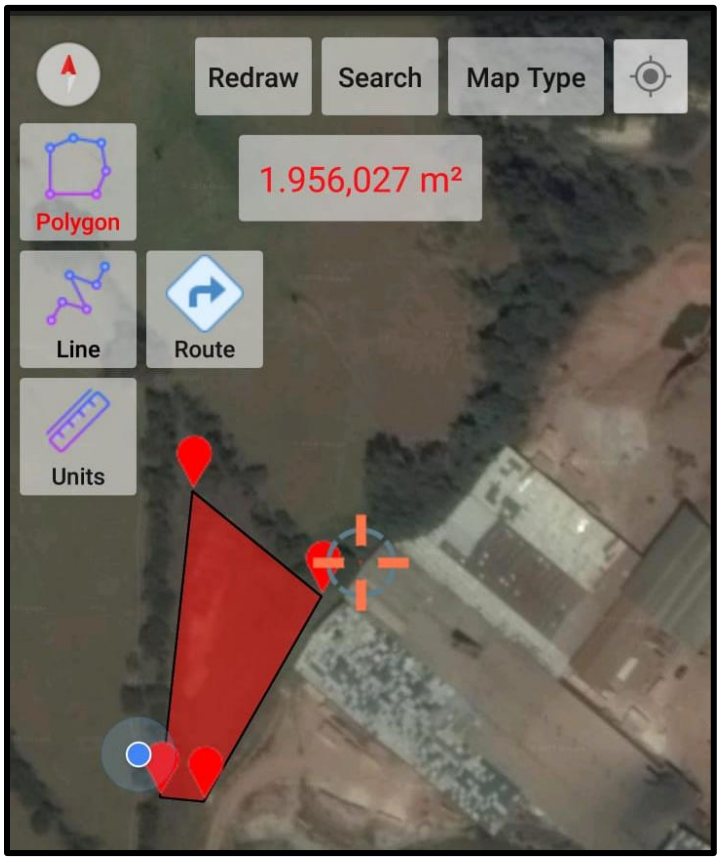
4. Determinación del Tamaño del Proyecto

4.1.Cantidad de Redes Atrapanieblas Requeridas

Para determinar el tamaño del proyecto, se usó el valor calculado con la ecuación elaborada en el Capítulo Dos de esta investigación. Dicha ecuación nos permite calcular el potencial hídrico de la zona, el cual fue de 6,33 l/m^2Xdía.

Esto quiere decir que en una red atrapanieblas cuyas dimensiones son 1m^2 en área, se producen 6,33 litros diarios, dado que la ladrillera cuenta con un área libre de 1.950 m^2 aproximadamente como se muestra en la figura 50 y que según la rosa de los vientos éstos vienen del sur, plantea la implementación de las redes atrapanieblas de la siguiente manera:

Figura 50. Polígono del Área Libre, Disponible para la Implementación de las Redes



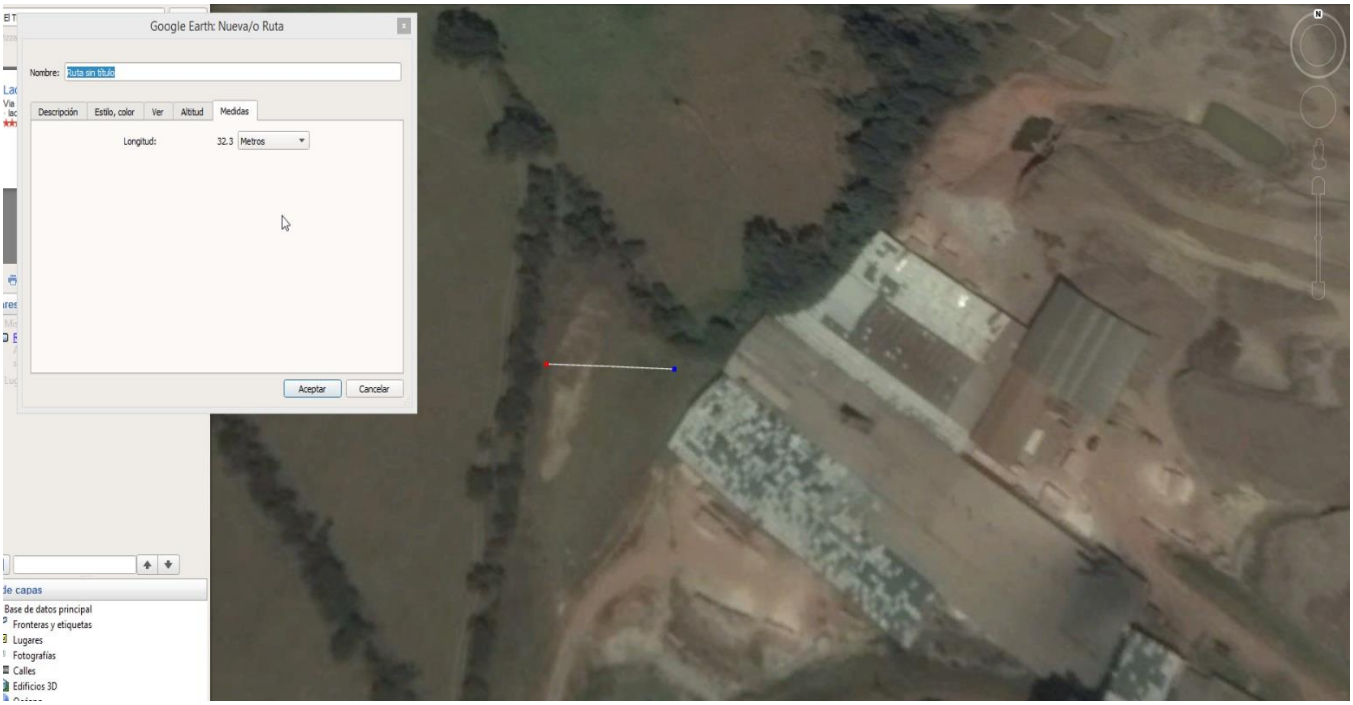
Fuente: (Autoras, 2018)

Figura 51. Fotografía del Área Libre

Fuente: (Autoras, 2018)

Debido a la dirección del viento, los páneles deben ser ubicados en contra del viento, esto con el objetivo de lograr una mayor eficiencia, la figura 52, muestra la orientación y la longitud real del terreno que puede ser utilizado para la implementación de estas redes.

Figura 52. Orientación de las Redes



Fuente: (Autoras, 2018)

Se calcula la cantidad de redes necesarias para cubrir el consumo de agua total de la ladrillera, (1.408.47l/día), con mallas de 6m^2.

Ecuación 7. Cálculo de la Producción de una Malla de 6m^2

$$1m^2 \rightarrow 6{,}33l$$
$$6m^2 \rightarrow x$$
$$x = \frac{(6m^2)(6{,}33l)}{1m^2} = 37{,}98l$$

Ecuación 8. Cálculo de la Cantidad de Redes Necesarias para Cubrir el Consumo de Agua Potable

$$1\ malla\ \rightarrow 37{,}98\ l$$
$$x\ \leftarrow\ 600l$$
$$x = \frac{(600l) * (1\ malla)}{37{,}98l} = 16\ mallas$$

Ecuación 9. Cálculo de la Cantidad de Redes Necesarias para Cubrir el Consumo del Proceso Productivo

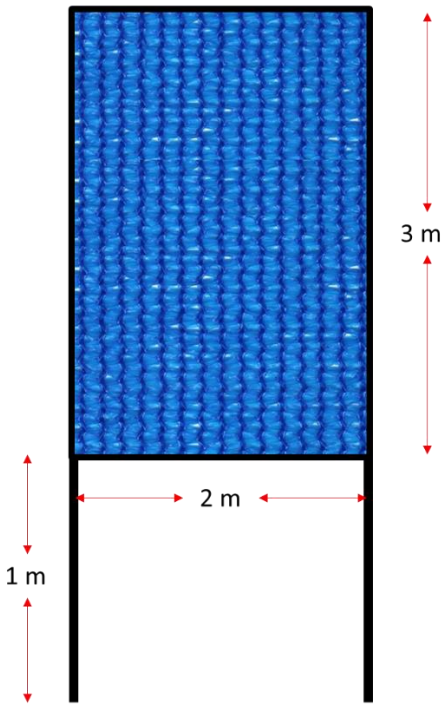
$$1\ malla\ \rightarrow 37{,}98\ l$$
$$x\ \leftarrow\ 14.247l$$
$$x = \frac{(14.247l) * (1\ malla)}{37{,}98l} = 375{,}11\ mallas$$

Se puede notar que, debido a la disposición de espacios libres, tan sólo es posible implementar un proyecto que cubra las necesidades de agua potable de la ladrillera, ya que la ladrillera no cuenta con el área libre suficiente para instalar un total de 376 mallas para poder recolectar el agua necesaria para el proceso productivo.

4.2. Caracteristicas Propias de las Redes Atrapanieblas

Como se mencionó anteriormente, el área recomendada que debe ocupar cada una de las redes atrapanieblas es de 6m^2, lo que significa que sus dimensiones deben ser de 2 m de largo por 3m de alto, y con una estructura de soporte que permita una distancia de 1,5 m del suelo, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 53. Dimensiones de la Red



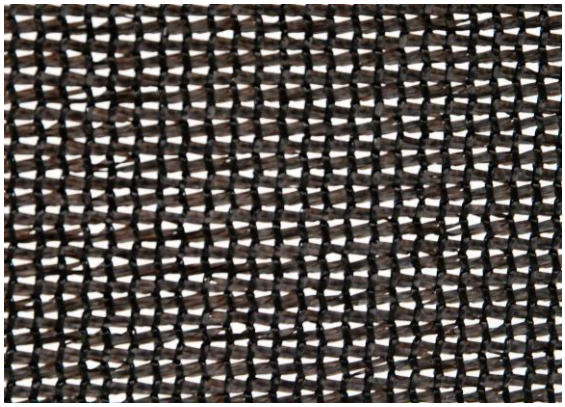
Fuente: (Autoras, 2018)

4.2.1. La Malla

Los atrapanieblas son redes rectangulares de gran tamaño formados principalmente por una malla, la cual generalmente es plástica, tejida en diagonal, lo que beneficia el transporte de las gotas de agua, su textura posee diámetros menores a 2 milímetros.

Para ello se utiliza una malla Raschel tipo Sarán, que está fabricada con cintas de polipropileno de aproximadamente 2 milímetros de ancho (ver figura); sin embargo, existe diversidad de mallas plásticas que pueden ser apropiadas.

Figura 54. Malla Raschel (Sarán)



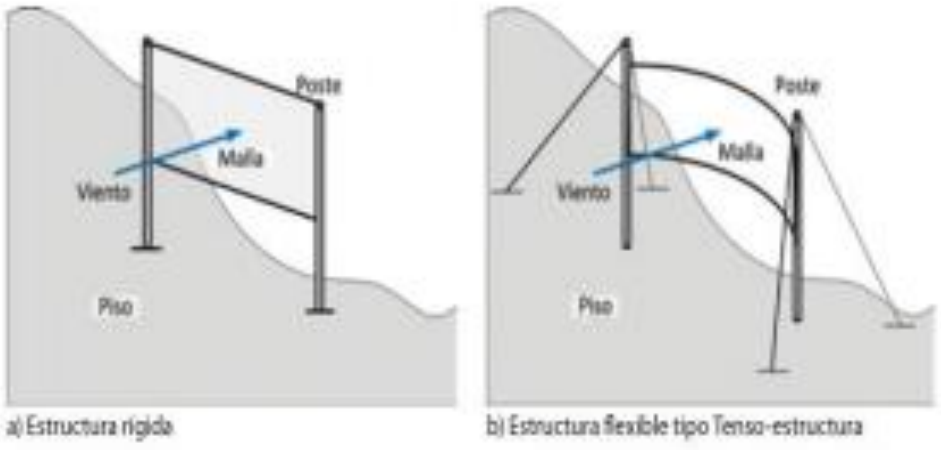
Fuente: (FOGQUEST, 2018)

4.2.2. Estructura de Soporte

Debe ser una estructura resistente, ya que esta sostiene el peso propio con la malla saturada de agua, las fuerzas del viento y provisionalmente cargas producidas por personas durante su montaje, mantenimiento y reparación.

Existen dos tipos de estructura, una básicamente consiste en marcos rígidos a los cuales se fija la malla (estructura rígida) y, otra con postes rígidos que tensan la malla (tenso-estructuras), y cables flexibles. (FOGQUEST, 2018).

Figura 55 . Tipos de Estructuras de un Atrapaniebla



Fuente: (FOGQUEST, 2018)

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, se logró concluir que, para la caracterización climatológica se debe contar con estaciones meteorológicas de mayor cercanía y similitud con respecto a las condiciones topográficas, en las que se obtengan datos completos mensuales multianuales, para así, lograr mayor exactitud en los cálculos y poder conocer el comportamiento mensual del clima. Sin embargo, se logró un acercamiento al manejo de tendencias cualitativas y cuantitativas de variables de las principales estaciones meteorológicas de la zona de estudio de esta investigación.

Se logró determinar la ecuación para cuantificar el potencial hídrico incluyendo las variables meteorológicas principales que inciden y son fundamentales para el proceso de captación de precipitación horizontal, como lo son, la humedad relativa, la temperatura, el punto de rocío y la velocidad de los vientos, lo cual significa que puede ser de gran ayuda para futuras investigaciones que se realicen acerca de la posible implementación de redes atrapanieblas.

Las redes atrapanieblas no pueden ser consideradas una estrategia eficiente de producción más limpia en esta industria, si el objetivo es captar agua y reincorporarla en el proceso productivo, ya que para su montaje se necesita contar con espacios abiertos y libres donde se pueda disponer de terreno; de acuerdo con los resultados arrojados, para este caso específico, se necesitaría un total de 376 mallas, por lo que no es viable ni rentable debido a que este tipo de industria en su mayoría considera todas sus áreas libres, un potencial minero.

En el caso de la cantidad de redes necesarias para cubrir el consumo de agua potable, se pudo concluir que efectivamente es una opción viable, ya que, al cuantificar el potencial hídrico, se calculó que para este escenario se necesitaría contar con la instalación de 16 mallas atrapanieblas en total, para cubrir la demanda de agua para los colaboradores, por lo tanto, el uso del agua de la neblina se presenta como una alternativa viable para el consumo humano, pero se debe implementar un sistema de purificación del agua obtenida para que pueda ser apta para el consumo humano.

En el marco de la ingeniería ambiental esta investigación es un aporte innovador ya que se logró determinar una ecuación que cuantifica el potencial hídrico, logrando de la misma manera incentivar la implementación de alternativas de captación de agua potable como ayuda a problemáticas que abordan de manera holística aspectos sociales, económicos y ecológicos. Es decir, que estas alternativas impulsan la generación hídrica y logran aprovechar un recurso, analizando diferentes variables meteorológicas que inciden en la captación y finalmente satisfacen las necesidades básicas de una población.

Recomendaciones

- ✓ Se recomienda seguir investigando en este tipo de proyectos en los que se consideren relevantes datos climáticos meteorológicos de manera mensual ya que existe información escasa y corta, por lo que es importante ahondar en esto para futuras investigaciones.

- ✓ Se recomienda llevar a cabo este proyecto en la ladrillera El Trébol como una propuesta de implementación, la cual traerá beneficios económicos, ambientales y sociales siempre y cuando sea usada la captación de niebla como agua potable y suplir diferentes necesidades de la población flotante que conforma la industria.

- ✓ Se debe promover la investigación de alternativas eficientes de captación de niebla en esta zona, ya que es conocida por su alta influencia relacionada con la industria ladrillera, por lo que la población se ve altamente afectada, entonces se requiere mejorar todos los procesos relacionados con la captación de niebla, desde la selección de sitios, análisis en terreno y el diseño de nuevos atrapanieblas más duraderos y de bajo costo para poder tener un proyecto privado económicamente viable. Así mismo, se espera que en el futuro, las nuevas tecnologías de prospección y captación de niebla puedan permitir la captación de agua potable de niebla a escala industrial, respetando el medio ambiente y obteniendo una nueva fuente de agua para zonas áridas.

Bibliografía

Alcaldía de Cogua Cundinamarca. (2012). *PBOT 2012-2015.*

Alcaldía Municipal de Cogua en Cundinamarca. (Octubre de 2018). *Alcaldía Municipal de Cogua en Cundinamarca*. Obtenido de Alcaldía Municipal de Cogua en Cundinamarca: http://www.cogua-cundinamarca.gov.co/

Bernal. (2006). *Metodología de la Investigación. 2°. México: PEARSON EDUCACIÓN*

Buckley, B., Hopkins, E., & Whitaker, R. (2004). *Weather, a Visual Guide.* (R. Monasterio, R. Monasterio, & A. Bonet, Trads.) Círculo de Lectores

Buitrago Manrique, M., & Sanchez Guevara, E. (2016). *RECOPILACIÓN DOCUMENTAL DEL ESTADO ACTUAL DEL RECURSO HÍDRICO Y USOS DEL AGUA EN EL TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE COGUA.* Obtenido de:

http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3585/1/RECOPILACI%C3%93N-DOCUMENTAL-DEL-ESTADO-ACTUAL-DEL-RECURSO-H%C3%8DDRICO-Y-USOS-DEL-AGUA-EN-EL-TERRITORIO-DEL-MUNICIPIO-DE-COGUA.pdf

Bustamante, C., Rodríguez, M., & Pérez, A. (2010). *El cambio climático y el agua*

CAR. (2001). *Atlas Ambiental CAR 2001.* Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca

CAR, BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, & CINSET. (2010). OPORTUNIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA INDUSTRIA LADRILLERA. *proyecto GA+P*

Celemín, A. (2009). *Tabla para obtener el Punto de Rocío.* Obtenido de http://www.paranauticos.com/notas/meteorologia/tabla-punto-rocio.htm

CEPAL. (Febrero de 2009). *Cambio climático y desarrollo en América Latina.* Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3640/1/S2009028_es.pdf

Cereceda, P., Hernández, P., & Leiva, J. (2014). *Agua de Niebla.* Obtenido de http://www.cda.uc.cl/wp-content/uploads/2015/12/Libro-Agua-de-Niebla-1.pdf

Consultora EELA. (2013). *CARTILLA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA PARA LADRILLERAS ARTESANALES.* La Paz, Bolivia: Artes Graficas Sagitario Srl

CORREA ARROYAVE, Á. D. (2015). *ACTUALIZACIÓN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL CONTRATO DE CONCESIÓN DCQ-091 ARCILLA.* Bogotá

CEPAL. (2008). *Cambio climático. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos.* Obtenido de Cambio climático. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos.:

http://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/dmaah/noticias/paginas/2/35382/P35382.xml&xsl=/dmaah/tpl/p18f.xsl&base=/dmaah/tpl/top-bottom.xsl

CARE. (Octubre de 2010). ¿Qué es la adaptación al cambio climático? Documentos sobre Cambio Climático de CARE Internacional. Recuperado, de

http://www.careclimatechange.org/files/adaptation/Que_es_adaptacion_al_cambio_climatico.pdf

Constitución de 1991, Artículo 79,80. Colombia

DANE. (2005). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística.* Obtenido de Departamento Administrativo Nacional de Estadística:

http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/7Proyecciones_poblacion.pdf

ECOCOCOS. (31 de Mayo de 2012). Obtenido de http://ecococos.blogspot.com/2012/05/

FERNÁNDEZ GARCÍA, F., & RASILLA ALVAREZ, D. (2010). *CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN BIOCLIMÁTICO MEDIO DEL ÁREA METROPOLITANA DE MADRID, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TEMPERATURA FISIOLÓGICA (PET).* Madrid: Universidad Autónoma de Madrid

FogQuest1. (2009). First Operational Fog Collection Project in Colombia. Buga, Colombia

Gallicchio , E. (2013). *Identificación de proyecto de desarrollo regional – local para la zona de Chungungo, La Higuera, Chile.* La Higuera

GLOBAL HEALTH AND EDUCATION FOUNDATION. (2018). *Behring Global Educational Foundation*. Obtenido de Behring Global Educational Foundation: https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Overview/Why-is-Safe-Water-Essential.html

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigacion Sexta edición.* México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V

HUERTAS RODRIGUE, J. P., & MOLINA TORRE, P. A. (2016). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE ATRAPANIEBLAS EN EL MUNICIPIO DE RÁQUIRA.* . BOGOTA D.C : UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

Huertas, J., & Molina Torres, P. (2016). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE ATRAPANIEBLAS EN EL MUNICIPIO DE RÁQUIRA.* Obtenido de http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3976/1/MolinaTorresPaulaAndrea2016.pdf

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA. (2014). *INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA.* Obtenido de INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/RadiacionSolar13.pdf

Ladrillera El Trébol. (Octubre de 2018). *Ladrillera El Trébol*. Obtenido de Ladrillera El Trébol: http://ladrilleraeltrebol.com/nosotros/

Landa, R., Magaña, V., & Neri, C. (2008). Agua y clima: Elementos para la adaptación al cambio climático. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado, dehttp://www.atmosfera.unam.mx/editorial/libros/agua_y_clima/agua_y_clima.pdf Ley N° 99

Ley N°2811. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio ambiente, Colombia, 1994.

Ley Nacional Ambiental, Colombia, 22 de Diciembre de 1993.

Lancheros Sanchez, F. (2018).

Manco Silva, D. G., Guerrero Erazo, J., & Ocampo Cruz, A. M. (2012). *EFICIENCIA EN EL CONSUMO DE AGUA DE USO RESIDENCIAL.* Mexico D.F.

Mendoza, J. (2006). PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN LA LADRILLERA CUCUTA. Recuperado, de http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14795/00798256.pdf?sequence=1

Minitab 18. (s.f). *Interpretar los resultados clave para Correlación.* Obtenido de https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/how-to/correlation/interpret-the-results/key-results/

Molina, J. (31 de Agosto de 2005). *LA NEBLINA COMO FUENTE DE AGUA: Evaluación en su colección en el sur de los andes colombianos usando mallas de polipropileno.* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/320107746_La_Niebla_como_Fuente_de_Agua_Evaluacion_de_su_Coleccion_en_el_Sur_de_los_Andes_Colombianos_Usando_Mallas_de_Polipropileno

Mosera, S. C., & Ekstrom, J. A. (2010). *A framework to diagnose barriers to climate.* Santa Cruz, CA: SUSTAINABILITY SCIENCE.

Muñoz Enrique, E., & Navarro Gonzalez, P. (2011). *Análisis del Déficit Hídrico en la Agricultura de la Región del Maule, Chile.* Obtenido de http://riat.utalca.cl/index.php/test/article/view/141/pdf

PNUD. (2010). *El cambio climático en Colombia y en el Sistema de las Naciones Unidas.* Bogotá.

PNUD. (2016). *Reforzar la acción climática para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible.* Copyright.

Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico. Colombia. 2010

Soto, G. (2010). *CAPTACIÓN DE AGUA DE LAS NIEBLAS COSTERAS (CAMANCHACA).* Lima.

UNDP. Objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado de http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html

UNGRD. (2014). *Plan Nacional de Contingencia ante el fenómeno del Niño. Bogotá,.* Bogotá.

Anexos

Anexo 1. Datos suministrados por la CAR

Anexo 2. Plano topográfico de la ladrillera

Anexo 3. Informe de cumplimiento ambiental