

**ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DE  
IMPACTOS NEGATIVOS RELACIONADOS CON FENÓMENOS  
METEOROLÓGICOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA CUENCA BAJA  
DEL RÍO TUNJUELO EN LA LOCALIDAD DE USME.**

**PRESENTADO POR:**

MILTON DANIEL CONTRERAS CAMPO 506763  
JEISSON CAMILO MUJICA JIMÉNEZ 506373

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.**

**2021**



**ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DE  
IMPACTOS NEGATIVOS RELACIONADOS CON FENÓMENOS  
METEOROLÓGICOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA CUENCA BAJA  
DEL RÍO TUNJUELO EN LA LOCALIDAD DE USME.**

**PRESENTADO POR:**

MILTON DANIEL CONTRERAS CAMPO 506763  
JEISSON CAMILO MUJICA JIMÉNEZ 506373

**Trabajo de Grado para optar al título  
de Ingeniero Civil**

**Director**

ANDRES CAMILO SALAZAR SANCHÉZ  
Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2021**



## Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the license. [Advertencia.](#)

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

**Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia



### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



## Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente  
del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, 4 de junio del 2021



A Dios, a nuestros padres  
que fueron el apoyo  
incondicional y a los nuestros  
que están desde el cielo.

## AGRADECIMIENTOS

Primero que todo gracias a Dios por darnos la vida y la salud para poder alcanzar este maravilloso logro, a nuestras familias por siempre apoyar hasta el último momento sin importar las caídas y tropiezos que se han presentado, a nuestros seres queridos que nos observan desde el cielo y nos ven cumplir cada objetivo que nos proponemos, en especial a Milton Mujica y José Antonio Campo.

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Católica de Colombia por brindarnos el espacio y la oportunidad de crecer como estudiantes y como personas, a los ingenieros Andrés Camilo Salazar y Fidel Alberto Pardo por ofrecernos su conocimiento y ponerlo a nuestra disposición para realizar este trabajo que hemos realizado con mucho cariño y mucho esfuerzo, asimismo a todos los decentes que hicieron parte de ese camino que hemos recorrido con el paso de los años y que han sido la base de todo para poder estar cada vez más cerca de alcanzar la meta.

Gracias a todos aquellos amigos que siempre confiaron en nosotros, a los compañeros de clase que nos brindaron su apoyo, al IDEAM y a la CAR por poner a nuestra disposición las herramientas e información solicitada. Gracias y mil gracias.



## TABLA DE CONTENIDO

TÍTULO.....	30
ABSTRAC.....	30
INTRODUCCIÓN.....	31
1. GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO .....	32
1.1 ALTERNATIVA.....	32
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	32
1.2.1. Antecedentes.....	36
1.2.2. Pregunta de investigación.....	39
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	40
1.4. OBJETIVOS.....	41
1.4.1. Objetivo general.....	41
1.4.2. Objetivo específicos.....	41
2. MARCO DE REFERENCIAS .....	41
2.1. MARCO TEÓRICO.....	41
2.1.1. Temperatura: .....	42
2.1.2. Fenómenos del Niño y la Niña: .....	42
2.1.3. El fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS): .....	42
2.1.4. Alteraciones climáticas y su predicción: .....	43
2.1.5. Escenarios del ENOS: .....	43
2.1.6. Planificación:.....	44
2.1.7. Hidrográfica: .....	44
2.1.8. Características de la cuenca hidrográfica: .....	44
2.1.9. Elementos de una Cuenca:.....	45
2.1.10. Los Afluentes: .....	45
2.1.11. El relieve de la cuenca:.....	45
2.1.12. Tipos de Cuencas. ....	46
2.1.13. El área de la cuenca: .....	47
2.1.14. El planímetro:.....	47
2.1.15. El curvómetro:.....	48
2.1.16. Determinación del área de la cuenca mediante el uso de la cuadrícula: ..	48
2.1.17. Semejanzas geográficas de una cuenca:.....	48
2.1.18. Factor de forma (Ff): .....	48



2.1.19. Índice o coeficiente de compacidad (Kc):.....	48
2.1.20. Razón de alargamiento (Ra): .....	49
2.1.21. Tiempos De Concentración.....	49
2.1.22. Pendiente promedia de la cuenca:.....	49
2.1.23. Histograma de frecuencias altimétricas:.....	49
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	50
2.3. MARCO GEOGRÁFICO .....	50
3. METODOLOGÍA.....	53
3.1. FASES DEL TRABAJO DE GRADO .....	53
3.1.1. Análisis Y Verificación De La Información .....	54
3.1.1.2. Modelo digital del terreno.....	55
3.1.2. Análisis De La Información Hidrometeorológica.....	59
3.1.3. Principales Problemas Causados Por Fenómenos Meteorológicos. ....	72
3.1.4. Identificación De Zonas Afectadas.....	74
3.1.5. Análisis de estrategias .....	77
3.2. HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....	79
4. ANALISIS DE RESULTADOS.....	80
4.1. ALTERNATIVAS .....	82
4.1.1. Vereda Curubital Usme.....	82
4.1.2. Puente cuatro caminos, barrio Santa Marta, Usme.....	85
4.1.3. Embalse la Regadera. ....	88
4.1.4. Barrios entre nubes, ciudadela Bolonia, La Esperanza, Juan Rey, La Flora Y Brazuelos. ....	91
4.1.5. Zona de canteras.....	93
4.1.6. Estaciones meteorológicas. ....	94
5. CONCLUSIONES .....	95
6. RECOMENDACIONES.....	97
7. BIBLIOGRAFÍA.....	98





## TABLA DE ILUSTRACIÓN

<i>Ilustración 1. Amenaza por avenidas torrenciales.</i>	32
<i>Ilustración 2. Amenaza por cambio climático.</i>	34
<i>Ilustración 3. Amenaza por cambio climático.</i>	34
<i>Ilustración 4. Escenarios del fenómeno.</i>	43
<i>Ilustración 5. Cuenca de la Plata, una de las más importantes de América del Sur.</i>	46
<i>Ilustración 6. Cuenca endorreica del lago de Valencia.</i>	46
<i>Ilustración 7. Cuenca Arreicas.</i>	47
<i>Ilustración 8. Mapa de la zona sur de Bogotá y del río Tunjuelo.</i>	52
<i>Ilustración 9. Ubicación de la Sub-cuenca.</i>	55
<i>Ilustración 10. Sub-Cuenca río Tunjuelo.</i>	56
<i>Ilustración 11. Sub-cuenca con sus respectivas curvas de nivel.</i>	57
<i>Ilustración 12. Sub-cuenca con sus respectivas cotas del terreno.</i>	57
<i>Ilustración 13. Pendientes del terreno.</i>	58
<i>Ilustración 14. Idiger.</i>	75
<i>Ilustración 15. Resultados de registros.</i>	75
<i>Ilustración 16. Parámetros de consulta.</i>	75
<i>Ilustración 17. Resultados de parámetros de consulta.</i>	76
<i>Ilustración 18. Localidad de Usme.</i>	76
<i>Ilustración 19. Quebrada Piedra Gorda, en Usme.</i>	83
<i>Ilustración 20. Vereda Curubital, en Usme.</i>	83
<i>Ilustración 21. Jarillones como medida de mitigación.</i>	84
<i>Ilustración 22. Ubicación del Jarillón.</i>	84
<i>Ilustración 23. Detalle de obra, Jarillón.</i>	85
<i>Ilustración 24. Vereda Curubital, en Usme.</i>	86
<i>Ilustración 25. Gaviones en el Cauce.</i>	86
<i>Ilustración 26. Ubicación de gaviones.</i>	87
<i>Ilustración 27. Detalle de muros en gaviones.</i>	87
<i>Ilustración 28. Embalse de la Regadera, Vía parque Natural del Sumapaz, Bogotá.</i>	89
<i>Ilustración 29. Tipo de reservorio que se podría implementar.</i>	89
<i>Ilustración 30. Ubicación del reservorio.</i>	90
<i>Ilustración 31. Detalle de reservorio.</i>	90
<i>Ilustración 32. Afectados por incendio, Localidad de Usme.</i>	91
<i>Ilustración 33. Afectados por incendio, Localidad de Usme.</i>	92
<i>Ilustración 34. Barrios propensos a incendios forestales.</i>	92
<i>Ilustración 35. Canteras, Localidad de Usme.</i>	93
<i>Ilustración 36. Estaciones meteorológicas.</i>	94
<i>Ilustración 37. Posible ubicación de las estaciones requeridas.</i>	94



## CONTENIDO DE TABLA

<i>Tabla 1. Posibles efectos por cambios climáticos .....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 2. Análisis Climático. ....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 3. Metodología. ....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 4. Medidas de la Sub-cuenca, Área, cota Max y cota Min. ....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 5. Datos de la Sub-cuenca. ....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 6. Datos de pendiente exportados por ARCGIS. ....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 7. Valores totales mensuales de brillo solar. ....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 8. Valores medio mensuales de temperatura. ....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 9. Valores totales mensuales de evaporación. ....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 10. Valores medios mensuales de humedad relativa. ....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 11. Valores totales mensuales de precipitación. ....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 12. Valores medios mensuales de punto de rocío. ....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 13. Valores medios mensuales de radiación solar. ....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 14. Valores medios mensuales de temperatura del suelo 10 cm. ....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 15. Valores medios mensuales de temperatura del suelo 20 cm. ....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 16. Valores medios mensuales de velocidad y dirección del viento. ....</i>	<i>71</i>



## TABLA DE GRÁFICA

<i>Grafica 1. Histórico brillo solar.</i>	<i>61</i>
<i>Grafica 2. Histórica temperatura media °C.</i>	<i>62</i>
<i>Grafica 3. Histórica evaporación total anual.</i>	<i>64</i>
<i>Grafica 4. Histórico humedad relativa %.</i>	<i>65</i>
<i>Grafica 5. Precipitación valores totales anuales.</i>	<i>66</i>
<i>Grafica 6. Histórico punto de rocío °C.</i>	<i>67</i>
<i>Grafica 7. Histórico radiación solar valores medios mensuales.</i>	<i>69</i>
<i>Grafica 8. Histórico temperatura del suelo 10 cm °C.</i>	<i>70</i>
<i>Grafica 9. Histórico temperatura del suelo 20 cm.</i>	<i>71</i>
<i>Grafica 10. Histórico velocidad media del viento m/s.</i>	<i>72</i>



## GLOSARIO

### A

#### **Acuífero**

Los acuíferos son unidades de roca o sedimentos compuestos de material permeable, capaz de almacenar y transmitir cierta cantidad de agua. Constituyen depósitos de agua que pueden ser aprovechadas mediante obras de captación. Pueden clasificarse, según: i) las características litológicas: detríticos, carbonatados, ii) el tipo de huecos: poroso, kárstico, fisurado, iii) la presión hidrostática: libres, confinados y semiconfinados.

#### **Acuífero artesiano**

Es un acuífero confinado que puede dar lugar a pozos surgentes. Este tipo de acuífero se encuentra limitado por capas impermeables o por capas con una permeabilidad baja, encontrándose completamente saturado de agua, con una presión superior a la atmosférica.

#### **Acuífero libre**

También llamados no confinados o freáticos. Se trata de un acuífero que no se encuentra confinado por ninguna capa impermeable o de baja permeabilidad y existe una superficie libre y real del agua almacenada, que está en contacto con el aire y a la presión atmosférica.

#### **Acuífero confinado**

También llamados cautivos. Son acuíferos cuya parte superior está delimitada por un nivel impermeable o de muy baja permeabilidad por la que el flujo de agua es prácticamente inexistente. El acuífero se encuentra completamente saturado y la presión a la que se encuentra sometida el agua es superior a la atmosférica.

#### **Acuífero semiconfinado**

Se considera como un caso particular de los acuíferos confinados o cautivos, en donde la parte superior (techo) y la parte inferior (base) no es totalmente impermeable, permitiendo una filtración vertical lenta del agua que alimenta el acuífero en cuestión, a partir de una masa o acuífero situado encima o debajo del mismo. Esta transferencia de agua se da cuando existe una transferencia de potenciales hidráulicos entre ambos acuíferos.

#### **Acuífero colgado**

Es un pequeño volumen de agua retenido por la presencia de zonas impermeables intercaladas (lentejones) en la zona no saturada.



## **Adaptación**

*Comprende el ajuste de los sistemas naturales o humanos a los estímulos climáticos actuales o esperados o a sus efectos, con el fin de moderar perjuicios o explotar oportunidades beneficiosas. En el caso de los eventos hidrometeorológicos la adaptación al cambio climático corresponde a la gestión del riesgo de desastres en la medida en que está encaminada a la reducción de la vulnerabilidad o al mejoramiento de la resiliencia en respuesta a los cambios observados o esperados del clima y su variabilidad (Ley 1523 de 2012).*

## **Agua**

*Fase líquida de un compuesto químico formado aproximadamente por dos partes de hidrógeno y 16 partes de oxígeno en peso. En la naturaleza contiene pequeñas cantidades de agua pesada, gases y sólidos -principalmente sales- en disolución.*

### **Agua cruda**

*Agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización (Decreto 1575/2007)*

### **Agua dulce**

*Agua con baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada para producir agua potable. (WMO, 2012). El agua dulce es la que se encuentra naturalmente en la superficie de la Tierra en capas de hielo, humedales, lagunas, lagos, ríos y arroyos, y bajo la superficie como agua subterránea en acuíferos y corrientes bajo tierra. Se caracteriza generalmente por tener una baja concentración de sales y sólidos disueltos. (Tomado de <https://www.iaqua.es/>)*

### **Aguas residuales**

*Aguas que contienen residuos líquidos o materias sólidas evacuadas como desechos. (WMO, 2012). Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales).*

### **Aguas Residuales Tratadas**

*Son aquellas aguas residuales, que han sido sometidas a operaciones o procesos unitarios de tratamiento que permiten cumplir con los criterios de calidad requeridos para su reúso. (Decreto 1207 de 2014).*



### **Aguas negras**

*Agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes. Aguas de consumo de una comunidad después de haber sido contaminadas por diversos usos. (WMO, 2012).*

### **Aguas subterráneas**

*El agua subterránea es parte de la precipitación que se penetra a través de los poros y fisuras de las rocas hacia el subsuelo, hasta llegar al material rocoso haciendo parte del agua que se encuentra en los acuíferos. Desde este punto, el agua subterránea circula siguiendo los gradientes hidráulicos en donde se mueve de una zona de mayor potencial hidráulico a otro de menor valor; posteriormente se filtra en arroyos, ríos y lagos, sale naturalmente a través de manantiales o artificialmente a través de pozos u obras de captación o entregará finalmente sus aguas hacia el mar o lagos. El agua subterránea es la mayor fuente de agua dulce para el ser humano. Constituyen el 30 % del agua dulce disponible en el mundo.*

### **Alerta amarilla (Alertas hidrológicas)**

*Se declara cuando la persistencia e intensidad de las lluvias mantiene una tendencia ascendente del nivel de un río y por ello, es posible que se den situaciones de riesgo y se produzca el desbordamiento del río en un tiempo corto (días).*

### **Alerta naranja (Alertas hidrológicas)**

*Se declara cuando la tendencia ascendente del nivel de un río y la persistencia de las lluvias impliquen situaciones inminentes de riesgo y de anegamientos o inundaciones que empiecen a afectar zonas pobladas.*

### **Alerta roja (Alertas hidrológicas)**

*Se declara cuando el nivel del río ha alcanzado o superado niveles críticos, produciéndose su desbordamiento y la afectación de zonas pobladas ubicadas por fuera del cauce.*

### **Altura piezométrica**

*Es la altura que alcanza el agua dentro del piezómetro medida desde el nivel del mar. Es la suma de la cota de superficie libre y de la altura dinámica del agua en un pozo o piezómetro.*



### **Aluvial**

*De, perteneciente a, o formado por aluvión depositados por aguas fluyentes o pertenecientes a depósitos aluviales. Materiales no consolidados de época reciente.*

### **Amenaza**

*Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Ley 1523 de 2012).*

### **Arroyo**

*Curso de agua pequeño y poco profundo, por lo general de flujo permanente y en cierto modo turbulento.*

### **Avenidas torrenciales**

*Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor que 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada (Hunger, et. al. 2001). Es uno de los movimientos en masa con características de ocurrencia súbita y altas velocidades. (UNGRD, 2017)*

### **Aviso (Alertas)**

*Indica la presencia de un fenómeno. No implica amenaza inmediata y por lo tanto es catalogado como un mensaje para informar. El aviso implica vigilancia continua ya que las condiciones son propicias para el desarrollo de un fenómeno, sin que se requiera permanecer alerta.*

## **B**

### **Balance Hídrico**

*Evaluación de los aportes y descargas de agua de un acuífero o una cuenca hidrográfica para un período de tiempo determinado. (WMO, 2012). Cálculo numérico basado en el principio de que el flujo de salida de una cuenca hidrográfica o masa de agua determinadas debe ser igual al flujo de entrada más o menos la variación en el almacenamiento. (WMO, 2012).*

### **Boletín (Alertas)**

*Es un mensaje oficial por el cual se difunde información. Por lo regular se refiere a eventos observados, reportados o registrados y puede contener algunos elementos de pronóstico a manera de orientación. Por sus características*



*pretéritas y futuras difiere del aviso y de la alerta y por lo general no está encaminado a alertar sino a informar.*

### **Brazo**

*Cauce natural y claramente diferenciado que contiene agua en movimiento, de forma permanente o periódica, y/o que enlaza dos masas de agua y/o tramos del mismo río. Cuando se trate de un estero, localizado en zonas no tradicionales para éste (zona del Pacífico) se califica como brazo y se coloca el nombre del estero.*

## **C**

### **Calidad del agua**

*Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia. (Decreto 1575/2007).*

### **Canal**

*Cauce artificial abierto cuya sección transversal tiene una forma generalmente constante, claramente diferenciado, que contiene agua en movimiento de forma permanente o periódica, o que enlaza dos masas de agua.*

### **Carga contaminante**

*Es el producto de la concentración másica de una sustancia por el caudal volumétrico del líquido que la contiene determinado en el mismo sitio. Se expresa en unidades de masa sobre tiempo. (Decreto 050/2018)*

### **Capa de Ozono**

*Capa de la atmósfera, que se encuentra a una altura entre 10 y 50 km, en la que el porcentaje del ozono es relativamente alto. La concentración máxima está situada generalmente a unos 20 o 25 km.*

### **Contaminación atmosférica**

*Presencia de contaminantes en la atmósfera, tales como polvo, gas, emanaciones, humo, niebla, olor o vapor, en cantidades, características y duraciones tales que son perjudiciales para la vida humana, vegetal y animal o para las propiedades. Impurezas gaseosas, líquidas o sólidas presentes en la atmósfera y también en el interior de los locales.*





## **Cuenca**

*Área de drenaje de un curso de agua, río o lago. Partiendo del concepto real de cuenca ambiental es aquella área fisiográfica superficial que drena sus aguas, sedimentos y los materiales disueltos hacia una corriente en un punto y tiempo dado; rodeada por una frontera o divisoria de aguas que separa la superficie, una de otra, por donde fluye la escorrentía superficial y subterránea cuyos desagües corren hacia un punto común.*

*También se define como una unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o divisoria de aguas se definen naturalmente y en forma práctica corresponden a las partes más altas del área que encierra un río.*

## **Criterio de calidad**

*Conjunto de parámetros y sus valores mediante los cuales se determina si un cuerpo de agua es apto para un uso específico. (Decreto 050/2018).*

## **Caudal crítico**

*Caudal que mantiene en un canal el régimen crítico en una sección dada para un calado determinado. (WMO, 2012). Condición del caudal en la que la velocidad media corresponde a uno de los valores críticos, generalmente a la profundidad y velocidad críticas de Belanger. Se usa también con referencia a las velocidades críticas de Reynolds que definen el punto en el cual el caudal deja de ser laminar o no turbulento.*

## **Capacidad del cauce o caudal a sección llena**

*Es la magnitud de caudal que puede circular por un curso de agua en un tramo sin producir desbordamientos.*

## **Captación de aguas subterráneas**

*Es toda obra o captación hidráulica que permite el aprovechamiento y uso del agua contenida en un acuífero. Éstas pueden ser: pozos, aljibes, drenes, galerías, zanjas, socavones, pozos de drenes radiales y otras similares.*

## **Cuenca hidrogeológica**

*Es una unidad fisiográfica que contiene un gran acuífero o varios conectados o interrelacionados, cuyas aguas fluyen a un desagüe común, o a otras cuencas hidrogeológicas, y que está delimitada por una divisoria de aguas subterráneas.*

## **Carga en suspensión**

*Material relativamente fino en suspensión, casi permanente, en un sistema fluvial y que es transportado enteramente a través del sistema sin depositarse. Sedimentos que permanecen en suspensión en la corriente de agua, durante un*



*período de tiempo considerable, sin entrar en contacto con el lecho de la corriente o depositarse en él.*

### **Cauce**

*Canal por donde se lleva el agua de un lugar a otro. Parte profunda de un río o curso de agua por la que fluye la corriente principal. Lecho o lugar por donde corren las aguas de un río o arroyo.*

### **Cauce natural**

*Cauce natural o artificial a lo largo o a través del cual puede fluir el agua. Canal por el que circula el agua de una corriente. En el cauce de un río se distinguen el fondo y las paredes. En las avenidas el agua puede rebasar el cauce y ocupar el lecho de inundación.*

### **Caudal ambiental**

*Volumen de agua por unidad de tiempo, en términos de régimen y calidad, requerido para mantener el funcionamiento y resiliencia de los ecosistemas acuáticos y su provisión de servicios ecosistémicos. (Decreto 050 de 2018).*

### **Cota desbordamiento**

*Nivel mínimo para el cual el agua sobrepasa la sección del cauce principal en inmediaciones de un sitio o tramo de interés en una corriente o cuerpo de agua. (WMO, 2012).*

### **Creciente ordinario máxima o desbordamiento**

*Magnitud de caudal asociado por encima del cual se sobrepasa la sección natural de un río o cauce principal. (CONAGUA, 2004)*

### **Caño**

*Curso natural de agua de flujo intermitente propio de zonas planas.*

### **Cuerpos o cursos de agua**

*Corresponden aquellos cauces o almacenamientos de agua como: arroyos, quebradas, ríos, lagos, lagunas, pantanos, humedales y acuíferos que conforman el sistema hidrográfico de una cuenca geográfica. Son las aguas corrientes superficiales y subterráneas, lagos, lagunas, ciénagas, manantiales, humedales, embalses de formación natural o artificial, chucuas o madre vieja o antiguos cauces con flujos estacionales, esteros, bahías, lagunas costeras, golfos y las aguas marinas.*



### **Comunicación del riesgo**

*Es el proceso constante y transversal que se realiza para proveer, compartir y obtener información y comprometer tanto a la comunidad, las instituciones y el sector privado en la gestión del riesgo de desastres (UNGRD).*

### **Curva de gasto**

*Curva que muestra la relación entre la altura y el caudal de un curso de agua en una estación hidrométrica. (WMO, 2012).*

## **D**

### **Desastre**

*Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción (Ley 1523 de 2012).*

### **Deslizamiento**

*Movimiento en masa de grandes volúmenes de materiales (suelos, rocas, cobertura vegetal) que se desprenden y se desplazan pendiente abajo. Los deslizamientos son movimientos caracterizados por desarrollar una o varias superficies de ruptura, una zona de desplazamiento y una zona de acumulación de material desplazado bien definidas.*

### **Drenaje**

*Evacuación del agua superficial o subterránea, de una zona determinada, por gravedad o bombeo.*

## **E**

### **Ecosistema**

*La definición adoptada para el país, según el Convenio de Diversidad Biológica es “Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos en su medio no viviente, que interactúan como una unidad funcional materializada en un territorio, la cual se caracteriza por presentar una homogeneidad, en sus condiciones biofísicas y antrópicas”.*



### **Embalse**

*Los embalses constituyen lagos o lagunas artificiales creados por el hombre para almacenar agua, usualmente con el propósito de generación de electricidad, aunque también para prestar otros servicios como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua y para riego*

### **Escasez**

*Corresponde a una condición de la presión de la demanda hídrica sobre la oferta hídrica y, por tanto, está en función de la relación entre ambas variables (IDEAM, 2010).*

### **Estación Agrometeorológica (AM) (Redes)**

*En esta estación se realizan observaciones meteorológicas y biológicas, incluyendo fenológicas y otras observaciones que ayuden a determinar las relaciones entre el tiempo y el clima, por una parte y la vida de las plantas y los animales, por la otra. Incluye el mismo programa de observaciones de la estación CP, más registros de temperatura a varias profundidades (hasta un metro) y en la capa cercana al suelo (0, 10 y 20 cm sobre el suelo).*

### **Estación Climatológica Ordinaria (CO) (Redes)**

*Este tipo de estaciones poseen obligatoriamente un pluviómetro, pluviógrafo y psicrómetro. Es decir miden lluvias y temperaturas extremas e instantáneas.*

### **Estación Climatológica Principal (CP) (Redes)**

*Es aquella en la cual se hacen observaciones de visibilidad, tiempo atmosférico presente, cantidad, tipo y altura de las nubes, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, humedad, viento, radiación, solar, brillo solar, evaporación y fenómenos especiales. Gran parte de estos parámetros se obtienen de instrumentos registradores. Por lo general se efectúan tres observaciones diarias.*

### **Estación de Radiosonda (RS)**

*La estación de radiosonda tiene por finalidad la observación de temperaturas, presión, humedad y viento en las capas altas de la atmósfera (tropósfera y baja estratósfera), mediante el rastreo, por medios electrónicos o de radar, de la trayectoria de un globo meteorológico que asciende libremente.*

### **Estación Pluviográfica (PG) (Redes)**

*Registra en forma mecánica y continua la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y periodo en que ha ocurrido la lluvia. Actualmente se utilizan los pluviógrafos de registro diario.*



### **Estación Pluviométrica (PM) (Redes)**

*Es una estación meteorológica dotada de un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas.*

### **Estaciones Meteorológicas (Redes)**

*Se entiende como Estación Meteorológica el sitio donde se hacen observaciones y mediciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos usando instrumentos apropiados, con el fin de establecer el comportamiento atmosférico en las diferentes zonas de un territorio.*

### **Estero**

*Zona de litoral comprendida entre el nivel máximo de la pleamar y el nivel mínimo de bajamar. Se llama también zona intertidal*

## **F**

### **Flujo o corriente de lodo**

*Flujo de agua con concentración de material fino en una proporción suficiente para cambiar las propiedades del agua en movimiento.*

## **G**

### **Granizo (Pronósticos)**

*El granizo es un tipo de precipitación de partículas irregulares de hielo. Se forma en tormentas intensas en las que se producen gotas de agua sobre enfriadas, es decir, aún líquidas, pero a temperaturas por debajo de su punto normal de congelación (0 °C), y ocurre tanto en verano como en invierno.*

## **H**

### **Huracán (Meteorología)**

*Se presenta cuando los vientos del ciclón tropical alcanzan los 117 kph. Las nubes tienen una forma más circular y una rotación alrededor de su centro, conocido como "ojo", zona con un radio de acción entre 10 y 30 km/h. Alrededor del ojo se producen lluvias abundantes que se extienden a distancias entre 300 y 2000 km del centro. Bordeando el ojo se encuentra la parte más devastadora.*

### **Hidrografía**

*Ciencia que se ocupa de la descripción y medición de extensiones de agua con lámina libre tales como océanos, mares, arroyos, ríos, lagos y embalses. Cartografía de extensiones de agua para su uso en navegación (WMO, 2012).*

### **Humedal**

*Este cuerpo de agua se define como un surgimiento natural el cual presenta por sí mismo acumulaciones en las superficies de rocas minerales con materiales*



orgánicos, colmatada de agua llamada torfa. El grosor de la torfa no es menor a 30 centímetros y sobre él crecen en plantas de pantanos específicas que se adaptan a estas humedades extremas. En los territorios donde la torfa es menor de 30 cm generalmente es llamada tierra colmatada.

### **Hidrometría**

Ciencia que se ocupa de la medición y de los análisis del ciclo del agua, incluidos los métodos, las técnicas y los instrumentos utilizados en hidrología. (WMO, 2012)

## I

### **Índice de sequía**

Valor calculado con relación a algunos de los efectos acumulativos de una prolongada y anormal deficiencia de humedad. Un índice de sequía hidrológica se referiría a niveles por debajo de la media en los cursos de agua, lagos y embalses. Sin embargo, un índice de sequía agrícola ha de referirse a los efectos de un déficit total o anormal de transpiración en los cultivos.

### **Índice de Escasez**

Relación porcentual entre la demanda de agua del conjunto de actividades sociales y económicas con la oferta hídrica disponible, luego de aplicar factores de reducción por calidad del agua y caudal ecológico (Resolución 865 de 2004). En Estudios Nacionales del Agua anteriores a 2010 el Índice de Escasez se calculaba con factores de reducción de la oferta total de agua superficial y unidades de análisis distintas, generando confusiones en la aplicación local y regional para la determinación de las tasas por uso de agua, sumando a esto que la relación oferta-demanda en el ámbito internacional es definida como Índice de presión o de extracción de agua. En este orden, desde el ENA 2010 esta relación se identifica como Índice de Uso del Agua, ya que la escasez corresponde a una condición de la presión de la demanda sobre la oferta más no el objeto de medición del indicador (IDEAM, 2010).

### **Índice de Vulnerabilidad al desabastecimiento Hídrico (IVH)**

Mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta que permita el abastecimiento de agua de sectores usuarios del recurso, tanto en condiciones hidrológicas promedio como extremas de año seco. Se calcula a partir de una matriz de relación entre el Índice de Regulación Hídrica y el Índice de Uso del Agua (IDEAM, 2019).

### **Índice de Eficiencia en el Uso del Agua (IEUA)**

Relación entre la huella hídrica azul y la demanda hídrica (IDEAM, 2019).





### ***Inundación (Alertas hidrológicas)***

*Es un evento natural que se traduce en el desbordamiento en las corrientes de agua, como resultado de lluvias intensas o continuas que, al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces, inundan en general, aquellos terrenos aledaños a los cursos de agua. Las inundaciones se pueden dividir de acuerdo con el régimen de los cauces en: lenta o de tipo aluvial, súbita o de tipo torrencial y encharcamiento.*

### ***Inundación de tipo torrencial / inundación súbita***

*Producida en ríos de montaña y originada por lluvias intensas. El área de la cuenca aportante es reducida y tiene fuertes pendientes. El aumento de los caudales se produce por la intensidad de las tormentas en determinadas épocas del año, por lo que las crecientes suelen ser repentinas y de corta duración.*

### ***Inflamabilidad (Meteorología)***

*Tiempo transcurrido hasta la emisión de gases inflamables por acción de un foco de calor constante. Hay especies vegetales con mayor grado de inflamabilidad que otras y la capacidad de propagación del fuego está dada por la estructura de cada cobertura vegetal, sean estas sabanas, matorrales, bosques, plantaciones, etc.*

### ***Infiltración***

*Flujo de agua que penetra en un medio poroso a través de la superficie del suelo. (WMO, 2012). Un estuario es el lugar donde confluye la desembocadura de un río con el mar, haciendo que se unan el agua dulce del río con el agua salada del mar, cuando esta sube. Los estuarios suelen tener forma de embudos, es en la zona más ancha donde se mezclan los dos diferentes tipos de agua.*

## **L**

### **Lodos**

Parte sólida que se produce, decanta o sedimenta durante el tratamiento de aguas. Sólidos acumulados separados por diversas clases de agua como resultado de procesos naturales o artificiales.

## **J**

### **Jagüey**

*Son depósitos artesanales contruidos para almacenamiento de agua durante la época de sequía.*

## **K**

## **L**



### **Laguna**

*Es un depósito natural más o menos considerable de agua dulce o salada, en conexión con el mar o sin ella que no abastece ni es abastecido, o abastece sin ser abastecido o es abastecido sin abastecer y cuya profundidad es mayor a los 10 m.*

## **M**

### **Microcuenca**

*Este término no figura en ningún diccionario hidrológico de la OMM o en un libro sobre la temática. Sin embargo, dado el uso continuo y la aplicación que se está dando en los planes de ordenamiento territorial –POT, se define igual que cuenca, con la acotación que se refiere a cuencas con áreas menores a 10 Km<sup>2</sup>.*

### **Manantial**

*Es una fuente natural de agua que surge del interior de la tierra por un punto específico. El agua puede fluir con fuerza, o bien, brotar con lentitud. Sus características dependen de la topografía del terreno, la posición de la capa freática y de las unidades permeables e impermeables del suelo, la roca o el sedimento.*

## **N**

### **Nevados**

*Son cuerpos de agua sólida localizados a una altitud mayor de 4000 metros sobre el nivel del mar.*

### **Neviza**

*Material cuya densidad está comprendida entre 0.55 g/cm<sup>3</sup> y la densidad del hielo. Sin embargo, ciertos autores nombran neviza una nieve que tiene más de un año de edad. En una gama de densidad de 0.8-0.84 g/cm<sup>3</sup>, la neviza se transforma en hielo.*

### **Nieblas (Pronósticos)**

*Se conocen también como nubes a nivel del suelo. Consisten en altas concentraciones de agua en suspensión en la atmósfera a nivel del suelo, en las cuales el valor de la humedad relativa es de 100%. Hay dos clases principales de nieblas: Las de masa que se forman en el interior de una determinada masa de aire y las frontales que se desarrollan en el suelo en regiones limítrofes que separan dos masas de aire.*

### **Nivel crítico o de inundación**

*El nivel de referencia, o nivel crítico, corresponde a aquél en el cual se comienza a presentar desbordamientos y anegamientos que puedan causar inundaciones,*





*en el sitio o áreas aledañas localizadas aguas abajo o aguas arriba del sitio de referencia. Por lo general las zonas inundables corresponden a la planicie inundable de la zona baja de las cuencas.*

### **Nivel freático**

*Nivel del agua subterránea en un acuífero no confinado, es decir, aquel que está en contacto con la presión atmosférica. Profundidad de la superficie de un acuífero libre con respecto a la superficie del terreno. Superficie en la zona de saturación de un acuífero libre sometido a la presión atmosférica.*

### **Nivel del agua subterránea**

*Es la altura, en un determinado punto y para un tiempo en concreto, del nivel freático o de la superficie piezométrica de un acuífero. Puede variar con la profundidad.*

### **Nivel piezométrico**

*Es el nivel al que asciende el agua de un determinado acuífero cuando se mide con un piezómetro o pozo. Es la suma de los términos de energía potencial y de presión, expresados en unidades de longitud.*

## **O**

### **Ozono (Lluvia ácida)**

*Se refiere para el caso de la lluvia ácida, al ozono troposférico generado en las capas bajas de la atmósfera y que forma parte de las neblinas de contaminación. Es irritante y tóxico para el ser humano, también afecta de manera importante a materiales poliméricos al ser un fuerte oxidante.*

## **P**

### **Parámetro**

*Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico. (Decreto 1076/2015)*

### **Prevención de riesgo**

*Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la vulnerabilidad ante la misma en forma definitiva para impedir que se genere nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible. (Ley 1523 de 2012).*



## **Pozo**

*Agujero o perforación excavado o taladrado en la tierra para extraer agua subterránea.*

## **Q**

### **Quebrada**

*Curso natural de agua normalmente pequeño y poco profundo, por lo general de flujo permanente, en cierto modo turbulento y tributario de un río y/o mar.*

## **R**

### **Rayo**

*Poderosa descarga electrostática natural producida durante una tormenta eléctrica generando un pulso electromagnético. La descarga es acompañada por un relámpago. La electricidad (corriente eléctrica) que pasa a través de la atmósfera caliente y expande rápidamente el aire, produciendo el ruido característico del rayo. La disciplina que, dentro de la meteorología, estudia los rayos es la ceraunología.*

### **Recarga de un acuífero**

*Es la entrada neta de agua en el terreno durante un periodo de tiempo, a causa del agua de las precipitaciones que se infiltra (infiltración menos evaporación menos escorrentía subsuperficial) y que llega hasta los acuíferos. Definida también como recarga directa o difusa.*

### **Río**

*Corriente de agua de grandes dimensiones que sirve de canal natural en una cuenca de drenaje.*

### **Reserva de agua subterránea o reserva hídrica de un acuífero subterráneo**

*Es la cantidad de agua almacenada en la zona saturada de un acuífero.*

### **Riesgo de desastres**

*Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad (Ley 1523 de 2012).*

### **Red hidrográfica**

*Conjunto de ríos y otros cursos de agua permanentes o temporales, incluyendo lagos y embalses, en una zona determinada. (WMO, 2012).*



## S

### **Sedimento**

*Material transportado por el agua en suspensión o como arrastre de fondo desde su lugar de origen al de depósito. (WMO, 2012).*

### **Superficie piezométrica**

*Es una superficie que se proyecta en dos dimensiones (X, Y), y representa la geometría que une los puntos que indican la altura de la tabla de agua en un acuífero a una determinada profundidad en el mismo. Este tipo de superficies son representadas mediante isopiezas (líneas que unen puntos de igual valor del **nivel piezométrico**), donde el valor de las isopiezas debe ser expresada siempre junto a las mismas y se debe procurar que la separación entre ellas sea equidistante.*

*Las superficies piezométricas tienen como finalidad demostrar la evolución espacial de la profundidad del agua en factores como la superficie del terreno, el valor de los gradientes hidráulicos, la dirección y sentido del flujo de agua subterránea, entre otros.*

### **Sequía (meteorológica):**

*Ausencia prolongada o escasez acusada de precipitación. (WMO, 2012).*

### **Sequía hidrológica (déficit hídrico)**

*Período de tiempo anormalmente seco, lo suficientemente prolongado para ocasionar una escasez de agua, que se refleja en una disminución apreciable en el caudal de los ríos y en el nivel de los lagos y/o en el agotamiento de la humedad del suelo y el descenso de los niveles de aguas subterráneas por debajo de sus valores normales (RT). (WMO, 2012).*

### **Sistema acuífero**

*Corresponde a un dominio espacial, limitado en superficie y en profundidad, en el que existen uno o varios acuíferos con porosidad primaria o secundaria, relacionados o no entre sí, pero que constituyen una unidad práctica para la investigación o explotación.*

## T

### **Tormentas (pronósticos)**

*La tormenta es la manifestación extrema de la inestabilidad atmosférica. Se produce dentro de un cumulonimbo y va acompañada de un cierto número de fenómenos que suponen un peligro en potencia para la aviación. Los accidentes de aviación relacionados con tormentas incluyen la formación de hielo y la turbulencia.*



### **Turbulencia (pronósticos)**

*En meteorología el término turbulencia se refiere normalmente a unos movimientos atmosféricos menores a la corriente media, por consiguiente, comprende un espectro amplio de movimientos. A los efectos del vuelo de aeronaves sólo importa una banda estrecha de la turbulencia. El término turbulencia aeronáutica se utiliza para designar aquella parte del espectro turbulento que representa un problema para la aviación; las respuestas de las aeronaves a esos movimientos se conocen como meneos o sacudidas.*

### **Tormenta tropical (meteorología)**

*En esta etapa de desarrollo del ciclón tropical, el conglomerado de nubes toma forma ovalada, con una notable extensión, parecida a una coma. Esta prolongación recibe el nombre de banda espiral o banda de alimentación. Las bandas se pueden extender a cientos de kilómetros de su centro y afectar con lluvias intensas a zonas alejadas, en donde se pueden generar inundaciones y deslizamientos de tierra.*

### **Tsunami (meteorología)**

*Serie de grandes olas marinas generadas por el desplazamiento súbito de agua del mar a causa de un terremoto (maremoto), erupción volcánica (géisers), caída de meteoritos o deslizamiento de suelo submarino. Alcanza velocidades de hasta 800 kph y alturas de 30 m, pudiendo propagarse sobre largas distancias.*

## **U**

### **Uso del suelo**

*El uso del suelo caracteriza los arreglos, actividades e insumos que las personas realizan en un determinado tipo de cobertura de la tierra para producir en ella, cambiarla o mantenerla. La definición del uso del suelo de esta manera establece un vínculo directo entre la cobertura de la tierra y las acciones de las personas en su entorno. (Di Gregorio A, LJM Jansen; 2005).*

## **V**

### **Variable hidrológica**

*Valor resultante de una medición hidrológica que varía en el espacio y en el tiempo. (WMO, 2012).*

### **Variabilidad del clima:**

*La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a*



*procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa) (IPCC, 2013).*

### **Vertimiento**

*Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido. (Decreto 1076/2015)*

### **Vulnerabilidad**

*Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos (Ley 1523 de 2012). El concepto de vulnerabilidad en el contexto de la gestión del riesgo de desastres, es usado para determinar “los diferentes niveles de preparación, resiliencia y capacidades con las que cuenta un individuo ante la ocurrencia de un desastre” (Cannon et al, 2003). Una persona puede ser más o menos vulnerable ante la ocurrencia de eventos críticos externos dependiendo en como el individuo administre sus activos tangibles e intangibles, y cómo estos pueden verse afectados ante la ocurrencia de un desastre. La vulnerabilidad social entonces, va más allá de la afectación de estructuras físicas, e incluye las diferentes características y capacidades de los individuos (UNGRD & IEMP, 2016)*

**W**  
**X**  
**Y**  
**Z**



## TÍTULO

**ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DE IMPACTOS NEGATIVOS RELACIONADOS CON FENÓMENOS METEOROLÓGICOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO TUNJUELO EN LA LOCALIDAD DE USME.**

## ABSTRAC

In the history its very known that the low basin in the Tunjuelo river has been affected by the climate impacts, in this área we can talk about of many acontecement that had caused a lot of the deterioration in various sectors in the zona, like the inundations in the 1993, 2002, and the more recent in 2012, that was caused by the phenomenon La Niña, and generated a critical damage in the socioeconomic aspect, because afected a big number of peoples, and the exist estructura was afected in a lot of sectors as the urban as the rural. At the same time its necessary to mention the phenomenon El Niño, that on the contrary generate the temperature rise causing droughts, shortages and forestal incerenements in the basin, like the principals problems. Its correct accept like the firts step that we need focus more efforts in prevent, and mitigate that impacts, to garantice the security and the bienestar of all community that habits here.



## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha evidenciado que a nivel global existe una gran preocupación por la variabilidad climática, ya que debido a los impactos generados por el hombre, el cambio de temperatura y los problemas generados a raíz de dichos cambios han venido en ascenso y cada vez son más frecuentes entre nosotros, sin embargo, la posición oficial de muchos de los gobiernos a nivel mundial era la de explicar que estos acontecimientos son originados por la variabilidad climática que se presenta cada año, con la convicción de que era posible buscar soluciones en un corto plazo.

Con el paso del tiempo, este problema ha incrementado hasta el punto en el que se podría volver irreversible, teniendo en cuenta que si bien se han implementado diferentes formas de combatir o mitigar los impactos negativos generados no hay cambios realmente significativos que permitan afirmar que las cosas se han hecho de la manera más adecuada, debido a esto muchos países acordaron firmar el protocolo de Kyoto en la convención del marco de las naciones unidas, con el fin de buscar la manera de reducir las emisiones de GEI (Gases de efecto invernadero) que son los principales causantes del cambio climático, no obstante también ha habido convenciones posteriores con el fin de tratar estos temas que son de vital importancia para la humanidad de cara al futuro.

Para la reducción de los problemas originados a causa del cambio climático, el hombre ha buscado estrategias con las cuales pueda mejorar la seguridad de su entorno y de su hábitat frente a estos eventos y de esta manera tener una mejor calidad de vida. Un primer paso para encontrar la solución es la implementación de estudios hidrológicos y climatológicos para analizar los comportamientos del clima y cómo afecta en las zonas más vulnerables. Teniendo en cuenta lo mencionado, Bogotá D.C., que es una ciudad ubicada en un sector con alta probabilidad de amenazas y desastres, en la que aparte de tener una gran cantidad de comunidades conviviendo alrededor de los cuerpos de agua, tiene una topografía con grandes pendientes; estas características hacen que las comunidades que viven en la parte baja de la ciudad estén expuestas a inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos de tierra. Para poder desarrollar un diagnóstico de estos problemas se enfocará este trabajo a analizar la afectación y la variabilidad climática la parte baja de la cuenca de Tunjuelito, en la localidad de Usme y las maneras de reducir los impactos negativos del cambio climático.



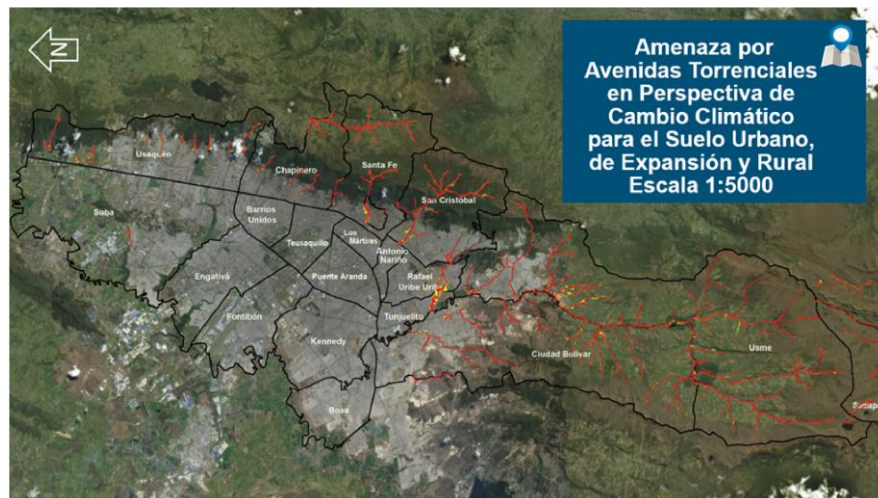
## 1. GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO

### 1.1 ALTERNATIVA

Teniendo en cuenta el acuerdo 213 del año 2015 de la Universidad Católica de Colombia, donde se establece las alternativas de trabajo de grado en los programas de pregrado en el área de ingeniería; se ha optado por la alternativa de trabajo de investigación, donde se analizará el comportamiento climatológico e hidrológico al sur de la ciudad de Bogotá.

### 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

*Ilustración 1. Amenaza por avenidas torrenciales.*



*Fuente:* <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>.

En Colombia se han presentado importantes desastres naturales que han ocasionado daños de gran magnitud tanto económica como socialmente, como podemos evidenciar en los desastres ocasionados por el fenómeno de la Niña entre los años 2010-2011 que ocasiono pérdidas por 6.052 millones de dólares. (Banco Interamericano de Desarrollo – CEPAL, 2012).

La magnitud del cambio climático y sus impactos dependerá totalmente de las decisiones que se tomen durante los próximos 5 años, los escenarios de emisiones futuras avalados por el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) indican que si no se imponen controles efectivos a las emisiones que causan el fenómeno, para el año 2100 el aumento de la temperatura será de 3 grados y el nivel promedio del mar puede aumentar hasta 60 cm (IDEAM - 2019), las precipitaciones serán redistribuidas, aumentando en los lugares donde son





frecuentes y disminuyendo en zonas áridas y secas, de esta manera se espera un aumento de los desiertos y las zonas inhabitables.

El IDEAM estima que para el año 2050 el 60% de los páramos de Colombia estarán altamente degradados afectando la flora y la fauna, aun sabiendo que es en ellos donde se encuentra la mayor parte de la biodiversidad de los páramos del mundo, además, esto afectará la oferta hídrica en Bogotá y en el eje cafetero.

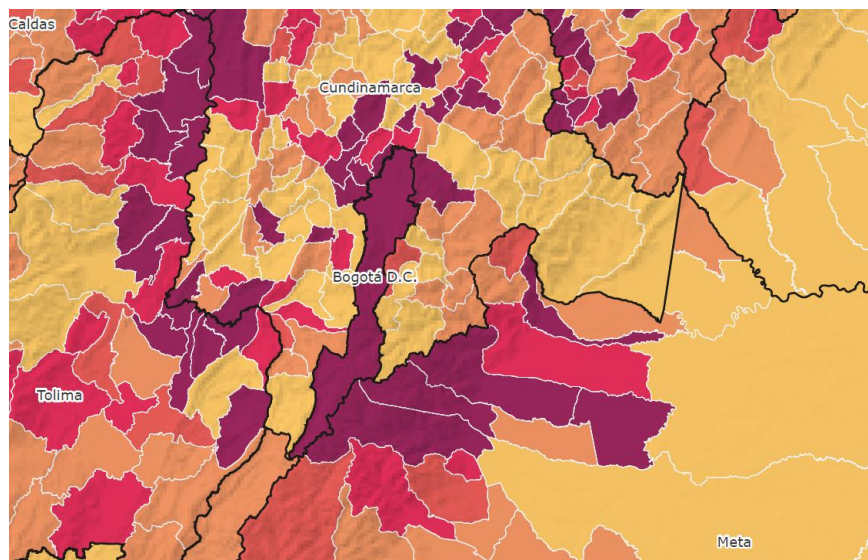
Por otra parte, aunque la cantidad de lluvia no ha cambiado mucho, se evidencia en los datos del IDEAM que la intensidad de las lluvias ha aumentado teniendo en cuenta los estudios realizados en los últimos años. Esto coincide con las conclusiones del IPCC: aumento de la intensidad de lluvias y huracanes en todo el planeta. Lo anterior tiene implicaciones serias para la población y los sectores en riesgo de desastres naturales, porque una mayor intensidad de las lluvias y los huracanes implica mayor número de crecientes súbitas, de inundaciones y de deslizamientos de tierra que son los eventos que generan el 90% de los desastres del país. (IDIGER 2019).

Hablando específicamente de Bogotá, se evidencia que por su localización geográfica se presenta un régimen de lluvias bimodal, es decir, hay dos temporadas de lluvias intercaladas por dos temporadas secas al año. Como consecuencia del cambio climático las diferentes variables meteorológicas tienen cambios anormales lo cual genera efectos positivos o negativos en las ciudades. Recordemos que una modificación en el patrón de temperatura y lluvias por leve que sea puede alterar la cantidad, intensidad y frecuencia de los eventos extremos hidrometeorológicos como lluvias intensas, vendavales, heladas, sequías, descargas eléctricas, granizo, entre otros. Estos eventos pueden verse intensificados especialmente cuando llega a nuestro país el Fenómeno de la Niña o el Niño. (Alcaldía Mayor de Bogotá - IDIGER 2019).

En Bogotá, el agua fluye por quebradas que nacen en los cerros orientales y drenan hacia el occidente la ciudad. Inician como corrientes de fuerte inclinación, con recorridos cortos, de alta pendiente y velocidad. En el área urbana y rural del Distrito Capital encontramos aproximadamente 70 cuencas de acuerdo con Secretaría Distrital de Ambiente y los POMCA realizados por la Universidad Nacional de Colombia en el año 2009 de los ríos Tunjuelo, Salitre y Fucha, de las cuales 53 son susceptibles a avenidas torrenciales. Se puede evidenciar en los diferentes estudios realizados por la CAR y el IDEAM que los cuerpos de agua que vienen de los cerros orientales son los principales causantes de los diferentes estragos que ha sufrido la ciudad ya que el territorio presenta fuertes precipitaciones que son producto del fenómeno de La Niña, que se presenta en las temporadas invernales que por lo general son notorias en los meses de abril

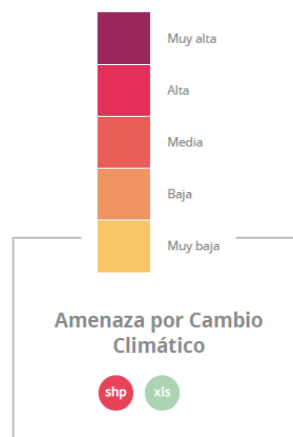
y octubre, causando crecimiento y desbordamiento de los afluentes naturales, caída de árboles, destrucción de estructuras para la prevención de desastres (Jarillones) generando daños y perjuicios a la población. Bogotá cuenta con un plano normativo de amenazas de inundaciones adoptado mediante el Decreto 190 de 2004 en el cual se dice que el área de inundación por desbordamientos de los cauces es de unas 6928.17 Ha, con efectos potencialmente dañinos en los que está: el río Tunjuelo, la quebrada Chiguaza, que es uno de sus principales afluentes, entre otros. El área superficial de la zona de alto riesgo es de 1903.1 Ha, la zona de riesgo medio de 3920.70 Ha y la zona de bajo riesgo de 1097.37 Ha. (IDIGER, 2019).

Ilustración 2. Amenaza por cambio climático.



Fuente: <http://concejodebogota.gov.co/bogota-entre-las-ciudades-con-mayor-riesgo-por-el-cambio-climatico/cbogota/2019-02-21/143027.php>.

Ilustración 3. Amenaza por cambio climático.



Fuente: <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>

El "Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo por Cambio Climático en Colombia", presentado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM- muestra a Bogotá como una ciudad con riesgo muy alto por cambio climático. Así mismo, señala que, en relación a las dimensiones analizadas, los temas sobre recurso hídrico y seguridad alimentaria deben ser prioritarios para la ciudad, puesto que tienen valores muy altos de riesgo, y en conjunto tienen una contribución moderada al valor total de riesgo por cambio climático de la ciudad. (Concejo de Bogotá 2019).

En este orden de ideas, el IDEAM señala que por ser la ciudad que mayor número de habitantes alberga, entre muchas otras características que denotan la complejidad del territorio, Bogotá se configura como una de las ciudades con Riesgo Alto por cambio climático en el país. Las demandas hídricas, la seguridad alimentaria, la gestión de los eventos meteorológicos, la cobertura vegetal urbana, son algunos de los aspectos que permiten generar reflexión sobre el destino adaptativo de la ciudad. Se deben considerar cada una de las dimensiones y sus indicadores que las componen para orientar la toma de decisión respecto a los riesgos por cambio climático proyectados a 2040.

El IDEAM desarrolló un análisis basado en indicadores de amenaza, sensibilidad y capacidad adaptativa, tomando como base los escenarios de lluvias y temperatura anteriormente presentados y las principales amenazas a las que se enfrenta Bogotá, entre ellas, deslizamientos e inundaciones. Los resultados de este estudio permiten identificar los posibles efectos de los cambios climáticos en seis 6 dimensiones. A continuación, los resultados del estudio para Bogotá. (Concejo de Bogotá-2015).

Tabla 1. Posibles efectos por cambios climáticos.

Figura 6. Posibles efectos por cambios climáticos en las dimensiones de vulnerabilidad (Fuente: SDP, 2018 e IDEAM, 2017).

					
Hábitat humano	Recurso hídrico	Biodiversidad y servicios ecosistémicos	Infraestructura	Salud	Seguridad alimentaria
Afectación en viviendas y edificaciones por: inundaciones, encharcamientos, incendios, vientos, granizadas, deslizamientos.	Por una posible disminución de lluvias en el municipio de Medina, uno de los 11 del Sistema Chingaza puede verse afectado el abastecimiento de agua potable.	Modificación en el comportamiento (floración) y dispersión (cambio pisos térmicos) de algunas especies de plantas y animales; incremento de especies invasoras principalmente en los cerros orientales incrementando posibilidad de incendios forestales.	Afectación y colpaso en las redes del sistema de acueducto, alcantarillado, gas, electricidad, puentes urbanos: encharcamientos en vías; afectación en la prestación de servicios de equipamientos (salud, educación, etc).	Exposición a temperaturas altas o frías (estrés térmico); aumento de enfermedades de la piel y oculares por exposición directa al sol; aumento de enfermedades respiratorias asociadas a la contaminación del aire por partículas suspendidas, polvo elevado, e incendios forestales.	Interrupción en el abastecimiento de alimentos por alteración en las cosechas (regionales) por sequías e inundaciones o deslizamientos sobre vías las acceso.

Fuente: <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>.

Teniendo en cuenta todos los estudios realizados y los artículos analizados, el presente trabajo tendrá su foco en la localidad de Usme ubicada en la zona sur de la ciudad de Bogotá, ya que según los antecedentes es una de las zonas más afectadas por el cambio climático, al ser susceptible a las inundaciones y avenidas torrenciales que son los principales problemas que han causado desastres y afectaciones a la población desde hace mucho tiempo, debido a esto se debe buscar la forma de mitigar los impactos que son causados, para garantizar el bienestar de toda la comunidad que habita en este sector y ha sido víctima de este problema durante décadas.(IDIGER).

La tarea de hacer frente a los desafíos producidos por los diferentes fenómenos meteorológicos puede parecer abrumadora e impedir la adopción de medidas. Sin embargo, es posible abordar la cuestión del cambio climático y es evidente que la planificación de la infraestructura y la adaptación tendrán una importancia fundamental. Las consecuencias del cambio climático que afectan al medio ambiente y a la vida humana de muchas maneras son muy complejas. Sin embargo, cada problema, y esto incluye el reto de combatir el cambio climático, puede resolverse, siempre que se pueda estructurar en partes manejables. Esto requiere un cambio de mentalidad cuando se planifican proyectos en condiciones de incertidumbre y cuando se trata de riesgos directos e indirectos que a menudo no se pueden estimar cuantitativamente. Hacer frente al cambio climático requiere un esfuerzo mundial.

### **1.2.1. Antecedentes**

Se puede afirmar teniendo en cuenta el estudio realizado y publicado por las *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* en 1992 desarrollado por el grupo intergubernamental de expertos sobre los cambios climáticos en la Organización Meteorológica Mundial, programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente, que hay prácticamente un consenso científico universal sobre el hecho de que el cambio climático es una realidad y que su causa principal es la emisión de gases de efecto invernadero, como resultado de la actividad humana. La mayoría de países firmaron en 1994 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático con la intención de cooperar para mantener el fenómeno bajo control. Hoy el tema está conceptualmente retrasado en cuanto a las decisiones e inversiones en materia de reducción de emisiones, pero aún más en preparativos para enfrentar los impactos del cambio climático. (IDEAM).

ILF CONSULTING ENGINEER es una empresa internacional de consultoría que publicó el estudio *CLIMATE CHANGE CHALLENGES AND SOLUTIONS IN*



*INFRASTRUCTURE PLANNING AND ADAPTATION* realizado por el Dr. Ralph Bergmüller, experto en evaluación del impacto ambiental y social (ESIA) y gestor de permisos con amplia experiencia en proyectos internacionales de infraestructura a gran escala, Andreas Schwarz responsable del campo de negocio Plantas Térmicas de ILF Austria, ofreciendo servicios profesionales durante todo el ciclo de vida de un proyecto, soluciones innovadoras para los clientes, servicios de ingeniería de configuración, adaptación y eficiencia empresarial y El Dr. Stephan Tischler que es el jefe del Departamento de Transportes de ILF Austria, profesor titular de Transportes y Medio Ambiente de la Universidad de Innsbruck y Defensor del Medio Ambiente del distrito de Landeck y que describieron en su artículo como el cambio climático trae consigo problemas que afectan el ámbito social, económico y ambiental en gran magnitud ya que los acontecimientos causados no sólo afectan negativamente a las economías emergentes, sino que también generan olas de migración, amenazando así la estabilidad social en todo el mundo.

Hoy en día, en todo el mundo se han realizan estudios para caracterizar cuáles son los principales problemas que trae consigo este fenómeno que es causado principalmente por los GEI como lo indica José Luis Useros Fernández, académico de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid y la Consejería de Sanidad de la Junta de Castilla y León, Valladolid en su artículo *EL CAMBIO CLIMÁTICO: SUS CAUSAS Y EFECTOS MEDIOAMBIENTALES*, teniendo en cuenta lo anterior y que es preocupación para todo el mundo, en Colombia se ha estudiado la hidrología y la hidráulica, ya que es el país con la mayor tasa de desastres Naturales en América Latina, según el Departamento Nacional de Planeación (DNP). Es también uno de los países con más índice de inundaciones, por la cantidad de mares, ríos y quebradas que presenta en su territorio, y por las grandes pendientes que se presentan en la mayor parte del país.

La evidencia sobre el calentamiento del planeta es incontrovertible. El monitoreo sistemático del IDEAM permite afirmar que, de manera similar al resto del planeta, los glaciares colombianos pierden entre 50 centímetros y un metro de espesor al año. El nevado de Santa Isabel tiene hoy veinticinco metros (25m.) de espesor en el sitio de más profundidad, si consideramos que está perdiendo un metro (1.0 m.) de espesor al año, su existencia no debe superar treinta años. (DPAE, Bogotá 2006).

Otro de los estudios para el desarrollo del proyecto, ha sido el ANÁLISIS DE INUNDACIÓN DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO TUNJUELO APOYADOS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS EN EL TRAMO ESTACIÓN AV. BOYACÁ – INTERSECCIÓN RÍO BOGOTÁ, CON EL PROGRAMA HEC – RAS 5.03, Desarrollado por colegas ingenieros para la Universidad Católica de



Colombia en el año 2017, que en base a modelaciones realizadas para la zona de inundación del río Tunjuelo permite concluir que pueden verse afectados más de 500.000 habitantes de este sector si no se toman las debidas precauciones y se encuentran formas de mitigar los impactos generados por los diferentes fenómenos meteorológicos.

Una vez revisada la información captada en los estudios y artículos anteriormente mencionados, se entiende la importancia de conocer la hidrología y los diferentes factores que afectan el clima en la zona en la que transcurre el cauce del río Tunjuelo, para dar con mayor precisión las consecuencias y las posibles soluciones a los problemas que se evidencian en Bogotá y que son originados por la variabilidad climática, ya que este afluente es uno de los principales causantes de desbordamientos en la zona que hemos delimitado para este estudio.

Con el fin de reducir o mitigar este problema se han invertido en la intervención del río Tunjuelo un aproximado de 13.500 millones de pesos, para mitigar el impacto negativo que este genera en las comunidades aledañas, que va desde un revestimiento hidráulico hasta una mejor red de alcantarillado. (Empresa de acueducto de Bogotá, 2017).

Teniendo en cuenta los problemas que son generados a causa de los cambios climáticos, que traen consigo precipitaciones marcadas en la temporada de lluvias, que generan inundaciones, movimientos en masa, entre otros, es necesario analizar las noticias encontradas en periódicos nacionales y artículos de internet que permitan identificar las zonas más afectadas y cuáles son los causantes principales de estos problemas, para poder buscar una solución y mitigar el riesgo. (Alcaldía de Bogotá).

El 23 de abril del año en curso, a causa de la primera temporada invernal, se generaron 586 emergencias en 370 barrios en la localidad de Ciudad Bolívar al sur de la ciudad de Bogotá D.C., ya que hubo un deslizamiento que ocasionó que múltiples casas del sector se vinieran abajo y no quedará más que escombros, dejando más de 50 familias damnificadas. (Periódico El Tiempo, 2019).

El río Tunjuelo ha presentado varios desbordamientos ocasionados por las fuertes lluvias que se presentan en las épocas invernales, sumado a la contaminación que causada en los sistemas de desagüe, humedales y quebradas. En la localidad de Tunjuelito el 8 de junio de 2014 se ocasionó una inundación en las que se reportaron emergencias en la que se atendieron



familias que fue necesario trasladar debido al nivel tan alto del agua. (Periódico El Tiempo, 2014).

El 13 de abril de 2016 se generó en Bogotá una alerta por inundación y deslizamiento en el cual el IDIGER ejerció labores de monitoreo en la zona del río Tunjuelo, para prevenir situaciones que ameritan una emergencia a causa de los fuertes aguaceros, que causaron leves inundaciones y encharcamientos tanto en la zona norte como la zona sur de la ciudad. (Periódico El Tiempo, 2016).

También es necesario recalcar que las diferentes entidades públicas han desarrollado múltiples estudios en varias quebradas y humedales, entre ellos la quebrada Limas y Chiguaza en la localidad de Usme ubicada al sur de la ciudad de Bogotá ya que son los principales afluentes del río Tunjuelo y de esta manera entender el comportamiento hidráulico y su afectación en esta zona, debido a que la población y el ecosistema en general se ve afectado por varios problemas que se han identificado, uno de ellos es el que se presentan concentraciones bajas de oxígeno disuelto y altas concentraciones de sólidos, fósforo total y coliformes fecales, lo que genera que en la parte alta del río Tunjuelo donde se encuentra el Embalse La Regadera, suministro de agua potable para la localidad de Usme, operado por la Empresa de Acueducto, cuando las compuertas se abren, la calidad en el tramo alto del río varía, y esto se ve reflejado especialmente en la concentración de sólidos suspendidos totales. (Secretaría de Ambiente, 2018).

Este río presenta diferentes caudales, han sido registrados en diferentes puntos geográficos en los cuales registraron en un momento dado caudales que varían, el caudal promedio de  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  que en época de lluvias aumenta a  $90 \text{ m}^3/\text{s}$ , lo que permite afirmar que los impactos que son causados por los fenómenos meteorológicos tienen un fuerte efecto sobre su cuenca baja.

### **1.2.2. Pregunta de investigación.**

¿Cómo afecta la variabilidad climática a la infraestructura urbana y la población de la localidad de Usme a causa de los fenómenos meteorológicos y de qué manera se puede adaptar la sociedad a dichos cambios para incorporarlos a esta nueva realidad?



### 1.3. JUSTIFICACIÓN

Manejar los temas mitigación, prevención y control de impactos ambientales debería ser considerado una línea fundamental, debido a los volúmenes de agua dulce existentes en el país. Los eventos climatológicos extremos, las malas prácticas en los sectores económicos y la falta de planeación territorial hace que cada año se presenten en los mismos sectores problemas de inundación, desbordamientos, incendios forestales y erosión que dejan como resultando pérdidas humanas, económicas y paisajísticas en el país; aun cuando estos eventos son conocidos por los institutos de investigación y cada vez son más las inversiones que se realizan para potenciar estudios enfocados en investigación para reducir el riesgo a nivel técnico y desde lo jurisprudencial.

Lograr un resultado académico exitoso con este estudio en el cual se cumplan los objetivos a partir del estudio de las variables que permitan realizar un análisis predictivo en la zona afectada, el cual servirá para ser replicado en otras zonas del país en las cuales se presente esta misma problemática. Contribuyendo a la reducción de la vulnerabilidad del país frente a las consecuencias por ocurrencia de eventos; ya que en el país se actúa solo en manejo del desastre una vez este se presenta, entendiendo que en la mayoría de los casos pueden ser previsibles técnicamente.

Una de las soluciones debido a la presencia de comunidades en las zonas de ronda del río Tunjuelo es el diseño de estructuras para contención de inundaciones, las cuales tienen una fuerte repercusión en la calidad de vida y desarrollo económico de la zona. Para el diseño y el análisis de las inundaciones es necesario realizar el estudio de los registros históricos anuales y determinar los registros máximos que se pueden presentar, con el fin de realizar aproximaciones de la realidad sin quedar sobredimensionadas, ni generando incremento en sus costos.





## 1.4. OBJETIVOS

### 1.4.1. Objetivo general.

Establecer estrategias de prevención, mitigación y adaptación de impactos negativos relacionados con fenómenos meteorológicos de variabilidad climática en la Cuenca Baja del Río Tunjuelo en la Localidad de Usme.

### 1.4.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar los fenómenos meteorológicos generados a partir de la variabilidad climática y su afectación en la Cuenca Baja del Río Tunjuelo en la localidad de Usme entre el año 1997 y 2020.
- Recopilar y analizar la información sobre los fenómenos meteorológicos más comunes en la localidad de Usme ubicada en la zona sur de Bogotá, a través de las entidades estatales, tales como el IDEAM, el IDIGER y la CAR.
- Establecer algunas estrategias de prevención, mitigación y adaptación de los impactos negativos relacionados con la variabilidad climática en la localidad de Usme, acordes a la información analizada.

## 2. MARCO DE REFERENCIAS

### 2.1. MARCO TEÓRICO

El presente trabajo se desarrolla teniendo en cuenta que el clima incide en diferentes aspectos y procesos que se desarrollan en un territorio. Se plantea que el clima es uno de los factores que incide en la organización del espacio geográfico en una región y de determinada, en diverso grado y forma, e influye tanto en la distribución espacial y estacional de los ecosistemas y de los sistemas humanos. El clima está caracterizado por los estados y evoluciones del tiempo, durante un periodo y un lugar y controlado por los denominados factores determinantes y también por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático (atmósfera, hidrosfera, litosfera, biósfera y antroposfera). El clima influye de manera directa en las actividades que se desarrollan en un territorio y es uno de los principales factores del medio natural que las limita o propicia.



### **2.1.1. Temperatura:**

“La temperatura es una magnitud que es referida al calor o frío, por lo general un objeto más “caliente” tendrá una temperatura mayor. Físicamente es una magnitud escalar dada por una función creciente del grado de agitación, mayor temperatura.”

### **2.1.2. Fenómenos del Niño y la Niña:**

“El ciclo que es conocido como “el Niño” y su fase opuesta “la Niña” son la causa de la mayor señal de variabilidad climática en la franja tropical del océano Pacífico, en la escala interanual. Son las componentes oceánicas del ENOS (Oscilación del Sur) que corresponde a la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) que lo normal en el pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia.”

“El Fenómeno de "el Niño" es un evento climático que se genera cada cierto número de años por el calentamiento del océano Pacífico. Sus efectos son notables en el norte de la región Pacífica, los departamentos de la región Andina y en los departamentos de la región Caribe.”

### **2.1.3. El fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS):**

“Es un patrón climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del Pacífico tropical. En períodos que van de tres a siete años, las aguas superficiales de una gran franja del Océano Pacífico tropical se calientan o enfrían entre 1 ° C y 3 ° C, en comparación a la normal. Este calentamiento oscilante y el patrón de enfriamiento, es conocido como el ciclo ENOS (o ENSO por sus siglas en inglés), afectando directamente a la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales y puede tener una fuerte influencia sobre el clima en los otras partes del mundo.”

“El fenómeno causa variaciones en los patrones de lluvia, temperaturas superficiales y vientos. Estos cambios alteran los movimientos de aire a gran escala en los trópicos, desencadenando una cascada de efectos secundarios globales.”

#### 2.1.4. Alteraciones climáticas y su predicción:

“El análisis de la información histórica, indica que las alteraciones que se producen en el régimen de lluvias en Colombia son explicadas en buena parte, por la variabilidad climática interanual, relacionada con los fenómenos El Niño y La Niña, los cuales han sido causa de sequías extremas y lluvias extraordinarias en diferentes regiones del país, ocasionando un efecto negativo sobre el medio físico natural y un impacto social y económico de grandes proporciones.”

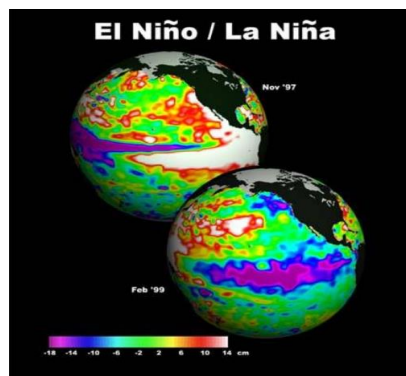
Una forma directa de mitigar o reducir el impacto socioeconómico generado por la variabilidad interanual de la precipitación es el conocimiento previo de sus fluctuaciones y tendencias con anticipación de meses (predicción climática).

#### 2.1.5. Escenarios del ENOS:

Para comprender el fenómeno ENOS es fundamental tener un panorama general del comportamiento temporal y espacial de las temperaturas superficiales y subsuperficiales de las aguas ecuatoriales del Océano Pacífico.

Dichas temperaturas modifican sus valores, tanto espacial como temporalmente, año tras año. Los tres escenarios representativos de las condiciones en las que se puede encontrar el Océano Pacífico Tropical, desde el punto de vista de sus temperaturas, se muestran en la figura. Estos escenarios, como se señaló anteriormente, son una muestra entre una gran cantidad de valores en los que se pueden encontrar las temperaturas del Océano Pacífico, sin embargo, siempre se presentará una de las tres condiciones con mayor o menor intensidad.

*Ilustración 4. Escenarios del fenómeno.*



**Fuente:** <https://www.shoa.cl/php/enos.php?idioma=es>.

“Las áreas abarcadas por estos fenómenos pueden ser mayores o menores que lo que se muestra, dependiendo de la intensidad del fenómeno, el cual puede ser débil, moderado, fuerte y muy fuerte. (Instituto Meteorológico Nacional Fundado en 1888).”

#### **2.1.6. Planificación:**

“Existen diferentes formas de entender el concepto de planificación, según la Real Academia Española, planificar se entiende como “Plan general, metódicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud, para obtener un objetivo determinado, tal como el desarrollo armónico de una ciudad, el desarrollo económico, la investigación científica, el funcionamiento de una industria” (RAE, 2012). Si se revisan otras conceptualizaciones, la planificación es “dominar el futuro desconocido y conocer por adelantado, qué se desea hacer, cómo puede alcanzarse el propósito establecido, cuándo van a ejecutarse cada una de las acciones previstas, quién va a desempeñarlas, qué recursos se utilizarán para su logro y cómo van a evaluarse los resultados conseguidos.”

#### **2.1.7. Hidrográfica:**

“Las cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas". El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes, pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona isométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior.”

#### **2.1.8. Características de la cuenca hidrográfica:**

Las principales características de una cuenca son:

- La curva cota superficie: esta característica da una indicación del potencial hidroeléctrico de la cuenca.
- El coeficiente de forma: da indicaciones preliminares de la onda de avenida que es capaz de generar.
- El coeficiente de ramificación: también da indicaciones preliminares respecto al tipo de onda de avenida.



### **2.1.9. Elementos de una Cuenca:**

En una cuenca identificamos los siguientes elementos:

#### **2.1.9.1. Divisoria de aguas**

La divisoria de aguas es una línea que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas.

#### **2.1.9.2. El río principal**

El río principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud o mayor área de drenaje. Tanto el concepto de río principal como el de nacimiento del río son arbitrarios, como también lo es la distinción entre río principal y afluente.

En el curso de un río distinguimos tres partes:

- El curso superior, ubicado en lo más elevado del relieve, en donde la erosión de las aguas del río es vertical. Su resultado: la profundización del cauce.
- El curso medio, en donde el río empieza a zigzaguear, ensanchando el valle.
- El curso inferior, situado en las partes más bajas de la cuenca. Allí, el caudal del río pierde fuerza y los materiales sólidos que lleva se sedimentan, formando las llanuras aluviales o valles.

### **2.1.10. Los Afluentes:**

“Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada subcuenca.”

### **2.1.11. El relieve de la cuenca:**

“El relieve de una cuenca consta de los valles principales y secundarios, con las formas de relieve mayores y menores y la red fluvial que conforma una cuenca. Está formado por las montañas y sus flancos; por las quebradas o torrentes, valles y mesetas.”

### 2.1.12. Tipos de Cuencas.

Existen tres tipos de cuencas:

- **Exorreicas:** “Una cuenca exorreica es un sistema «abierto» de circulación de agua por la superficie de la tierra, cuyos ríos principales de recolección y desagüe desembocan en el mar, es decir fuera del territorio. En el mundo existen siete cuencas exorreicas que corresponden a los siete grandes cuerpos de agua oceánica y dos de los mares más grandes. Un ejemplo es la cuenca del Plata, en Sudamérica.”

*Ilustración 5. Cuenca de la Plata, una de las más importantes de América del Sur.*



*Fuente:* [https://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca\\_del\\_Plata](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_del_Plata)

- **Endorreicas:** “Una cuenca endorreica es un sistema “cerrado” tanto de circulación como de drenaje de agua, los ríos desembocan en cuerpos de agua internos a las masas de tierra sin salida alguna al mar. Estos cuerpos de agua desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación o salida fluvial al mar. Por ejemplo, la cuenca del Lago de Valencia, en Venezuela.”

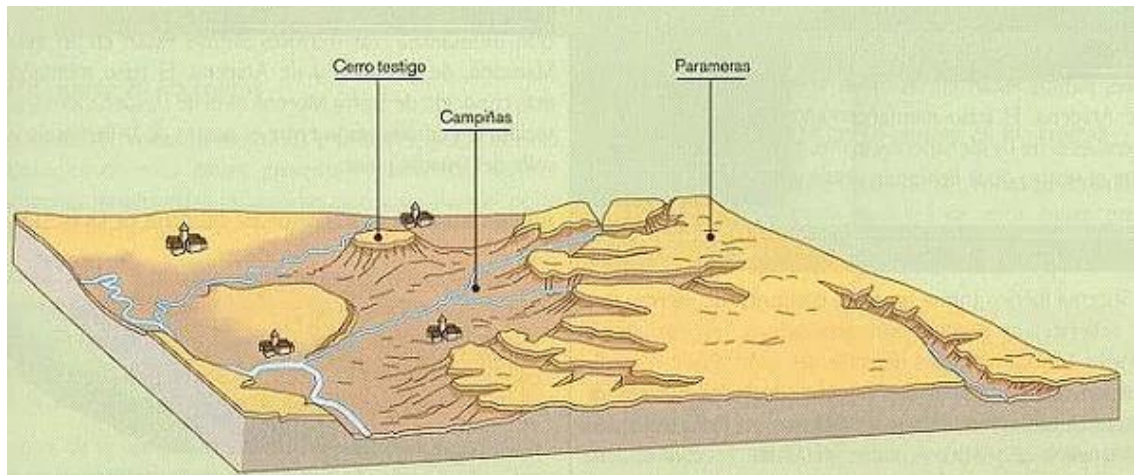
*Ilustración 6. Cuenca endorreica del lago de Valencia.*



*Fuente:* <https://regiondevalmar.wordpress.com/lago-de-valmar/>

→ **Arreicas:** “las cuencas arreicas son aquellas cuencas hidrográficas cuyas aguas no desembocan ni en mares, ni en lagos, pues terminan evaporándose o se infiltran en el suelo hasta desaparecer. Por lo general estas cuencas se presentan en zonas donde los climas son áridos o desérticos, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia.”

*Ilustración 7. Cuenca Arreicas.*



*Fuente: <https://www.pinterest.com.mx/pin/30328997478153494/>*

### **2.1.13. El área de la cuenca:**

“Es probablemente la característica geomorfológica más importante para el diseño. Está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido-directa o indirectamente a un mismo cauce natural.”

### **2.1.14. El planímetro:**

“Es un aparato que realiza una integración mecánica que permite el cálculo de la superficie de la cuenca, el cual trabaja con una constante para cada escala de medición recorriendo perimetralmente la cuenca con el visor del aparato.”





#### **2.1.15. El curvímetro:**

“Es un aparato con el cual, recorriendo con un cursor la cuenca desde un punto de inicio hasta regresar al mismo, se lee directamente la longitud en km en la escala correspondiente a la cartografía de trabajo.”

#### **2.1.16. Determinación del área de la cuenca mediante el uso de la cuadrícula:**

“Se debe dibujar la cuenca en un papel milimetrado transparente. Luego se determina el área de manera que se lee el número de cuadros marcados dentro del perímetro de la cuenca (los cuadros completos se tratan de completar con alguno o algunos otros, también incompletos que asumen el área de un cuadro o que dé al menos una fracción).”

#### **2.1.17. Semejanzas geográficas de una cuenca:**

“Sucede cuando dos cuencas son similares. En donde se calcula el índice de compacidad, el factor de forma, razón de alargamiento, entre otros.”

#### **2.1.18. Factor de forma (Ff):**

“Compara una cuenca de forma regular a una con forma irregular, en donde necesitamos el ancho y la longitud axial. La longitud axial se mide desde la desembocadura hasta el sitio más alejado de la cuenca, en una línea recta.”

$$Ff = \frac{An}{Lax}$$

Donde:

An: Ancho promedio.

Lax: longitud axial.

#### **2.1.19. Índice o coeficiente de compacidad (Kc):**

“Se determina comparando el perímetro de la cuenca receptora con un perímetro de una cuenca circular de igual área.”





$$Kc = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P: perímetro de la cuenca.

A: área de la cuenca, igual a la de un círculo.”

#### **2.1.20. Razón de alargamiento (Ra):**

“Es la relación entre el diámetro de igual área de la cuenca receptora.”

$$Kc = 1,128 \frac{\sqrt{A}}{Lax}$$

Donde:

Lax: longitud axial.

A: área de la cuenca.

#### **2.1.21. Tiempos De Concentración**

“Para los métodos lluvia – escorrentía, la duración de la lluvia se toma igual al tiempo que tarda en llegar una gota de agua de las partes más alejadas de la cuenca al sitio de interés, es decir, que toda la cuenca contribuya a la escorrentía. Dicha duración se define como el tiempo de concentración de la cuenca.”

Para determinar estos tiempos de concentración es necesario emplear las ecuaciones planteadas por los siguientes autores por Témex, Johnstone & Cross, Kirpich, Gianduiotti, Bransby-Williams y Soil Conservation Service.

#### **2.1.22. Pendiente promedia de la cuenca:**

“Este parámetro es de importancia pues da un índice de la velocidad media de la escorrentía y su poder de arrastre y de la erosión sobre la cuenca.

#### **2.1.23. Histograma de frecuencias altimétricas:**

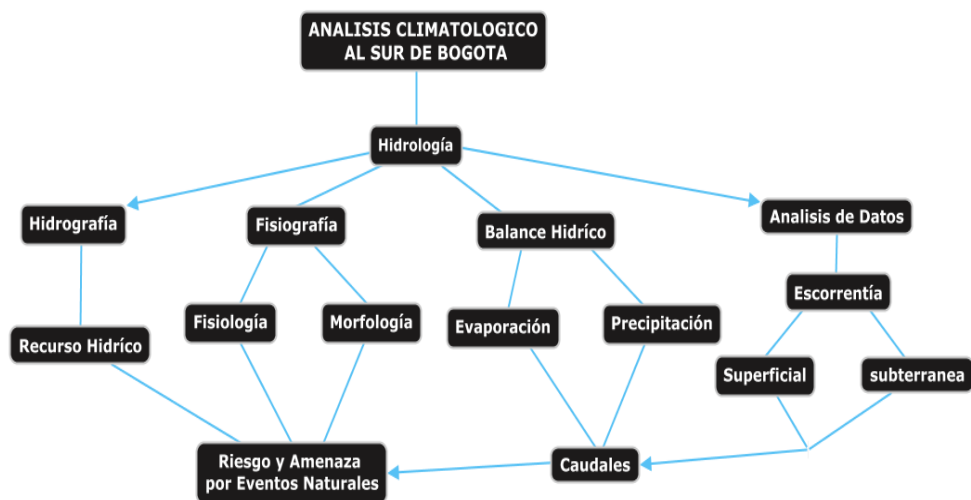
“Es la representación de la superficie, en  $Km^2$  o en porcentaje, comprendida entre dos niveles, siendo la marca de clase el promedio de las alturas.

El clima siempre ha sido un problema socio económico grande a nivel mundial, que en sus ocurrencias ha generado, muerte, problemas económicos, por toda la cuestión del en grandes cantidades que se lleva a su paso, problemas de salud, por todas las enfermedades que genera por la gran cantidad de contaminantes.”

Conociendo la importancia y la historia de la hidrología e hidráulica, se puntualiza el problema en Bogotá, más exactamente en las corrientes de agua que bajan de los cerros orientales, en el cual se percata que se producen inundaciones o alto riesgo por desbordamiento del río Tunjuelo tanto en la parte alta como en la baja. Las quebradas Limas y Chiguaza son afluentes del río Tunjuelito y estos aportan  $297.9 m^3/s$  en la confluencia de la Quebrada Chiguaza, y  $340.4 m^3/s$  en la confluencia de la Quebrada Limas. (CÁRDENAS, 2003) Con el fin de tener una recopilación de información y una idea específica de cómo se comportan los afluentes del río, y el clima en la zona del sur de Bogotá para ayudar a la problemática.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

Tabla 2. Análisis Climático.



Fuente: Autores.

## 2.3. MARCO GEOGRÁFICO



La zona de estudio comprende 388 km<sup>2</sup> en la cuenca del río Tunjuelo, la cual se encuentra ubicada en el centro del país, sobre la cordillera Oriental, en el departamento de Cundinamarca, sobre la subzona hidrográfica del río Bogotá, en el municipio de Bogotá (Figura 2.2-1). La cota más alta de la cuenca, de acuerdo con el sistema de referenciarían del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), se localiza a 3.850 msnm, en tanto que la cota más baja se localiza a 2.530 msnm.

A partir de los cauces de los ríos Chisacá, Mugroso y Curubital se forma el Río Tunjuelo, que tiene una longitud total de 73 km hasta su desembocadura en el río Bogotá; su caudal medio multianual cerca de su desembocadura corresponde a 4.35 m<sup>3</sup>/s.; sin embargo, en temporadas de invierno registra caudales superiores a los 70 m<sup>3</sup>/s (Torres & Velásquez, 2009).

La cuenca baja del río Tunjuelo cubre 32% del área del río y se torna receptor del recurso hídrico de las quebradas Chiguaza, Limas, Santa Librada y Tibanica, entre otras. El cauce del río se encuentra totalmente delimitado por diques de contención en sus riberas. Los desbordamientos son frecuentes ya que se producen en el sector anterior. Las condiciones de drenaje pluvial hacia el río resultan deficientes debido a que los barrios se encuentran localizados en un nivel más bajo que el propio del río (Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial).

Es este un sector con desarrollo urbano, su actividad industrial la soporta la explotación de canteras sin un adecuado proceso de planificación y compensación al medio ambiente, lo que genera problemas hidráulicos y de saneamiento, lo que hace que se tornen prioritaria la ejecución de proyectos que mitiguen riesgos mayores (Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial).

El río Tunjuelo presenta en su valle aluvial, principalmente en sus cuencas media y baja, una fuerte intervención por asentamientos humanos y la explotación minera, lo cual ocasiona que se presenten riesgos de inundación a lo largo del mismo en sus dos márgenes. Lo anterior dio origen a la construcción de los tres embalses y la construcción de jarillones en las cuencas media y baja para el control de inundaciones, obras que por la intervención de los mismos asentamientos han perdido parte de su capacidad de amortiguación para crecientes superiores a periodos de retorno mayor a los diez (10) años (Secretaría Distrital de Ambiente, 2013).

Adicionalmente el río presenta una pendiente fuerte en su cuenca media, al inicio de su recorrido por la ciudad, que se refleja en un equilibrio morfológico precario

y susceptible de procesos de erosión regresiva y socavación de taludes con eventos hidrológicos extremos (Alcaldía mayor de Bogotá D.C).

En el contexto de la identificación de las cuencas ya enunciadas, la visualización de su problemática que radica esencialmente en los asentamientos, inicialmente subnormales, sin que preceda algún tipo de planeamiento aun precario, con la consiguiente ausencia de infraestructura de servicios públicos, aun cuando algunos, han ingresado paulatinamente en procesos de normalización sobre la marcha. Se constituyen severas amenazas por inundación, máxime cuando un número representativo de población se ha asentado en zonas ribereñas que en el componente ambiental, correspondería a zonas de ronda y zonas de manejo y preservación ambiental.

*Ilustración 8. Mapa de la zona sur de Bogotá y del río Tunjuelo.*



**Fuente:** <https://www.google.com/maps/@4.6759055,-74.0417513,15z>



### 3. METODOLOGÍA

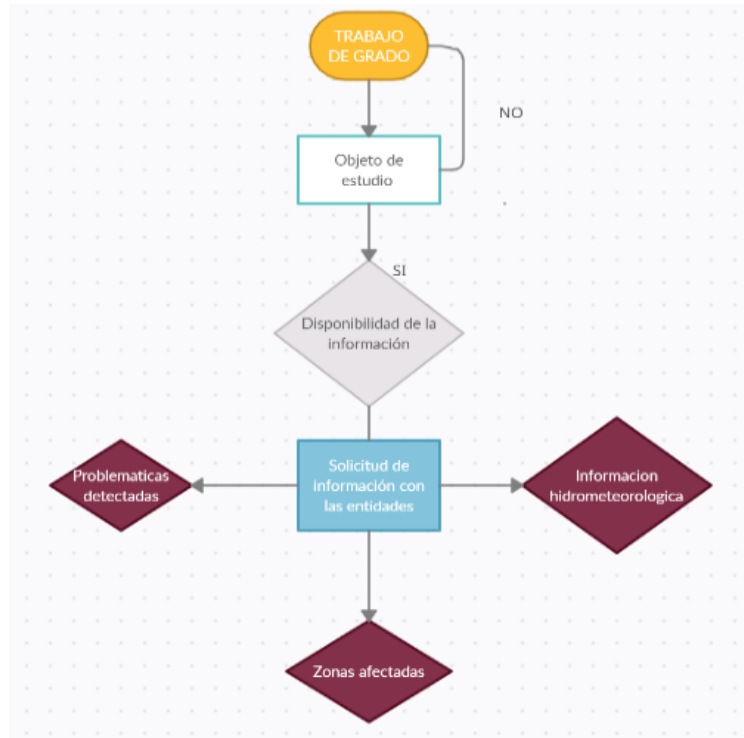
#### 3.1. FASES DEL TRABAJO DE GRADO

La primera instancia o primer paso al momento de realizar el trabajo de grado comienza cuando se encuentra un objeto de estudio que permita aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera para comprender e implementar algunas soluciones a los problemas que han sido causados en algunos sectores de la cuenca baja del río Tunjuelo a raíz de los fenómenos meteorológicos consecuencia del cambio climático.

Teniendo en cuenta los objetivos del estudio, se plantea una investigación de tipo descriptiva-analítica, esta investigación supone además la metodología de revisión de información documental, en donde a través de entidades estatales, tales como el IDEAM, el IDIGER y la CAR se recopiló y analizó la información sobre el cambio en las diferentes variables climáticas en la localidad de Usme ubicada en la zona sur de Bogotá. Este estudio retoma la revisión documental, dado que se trata de una recolección de información formal, teórica, donde se recogió, registró, analizó e interpretó información contenida en documentos físicos o digitales.

La revisión documental constituye un método que implica la sistematización de medios de información relevantes procedente de las entidades estatales anteriormente mencionadas que da cuenta de sobre los estudios que se han hecho en las zonas más afectadas, como lo son la hidrología y el comportamiento climatológico que se pueden obtener de las estaciones meteorológicas en los diferentes puntos críticos, para que de esta manera se recopile información existente de antecedentes.

Tabla 3. Metodología.



Fuente: Autores.

### 3.1.1. Análisis Y Verificación De La Información

#### 3.1.1.1. Fuentes de información.

-El IDEAM es una institución pública de apoyo técnico y científico al Sistema Nacional Ambiental, que genera conocimiento, produce información confiable, consistente y oportuna, sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente, que facilite la definición y ajustes de las políticas ambientales y la toma de decisiones por parte de los sectores público, privado y la ciudadanía en general.

-El Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático – IDIGER, anteriormente conocido como Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE – cambió de nombre y tiene como misión, dirigir, coordinar y orientar el Sistema Distrital de Gestión de Riesgos y promover políticas, normas, planes, programas y proyectos con el fin de reducir los riesgos para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población de Bogotá.

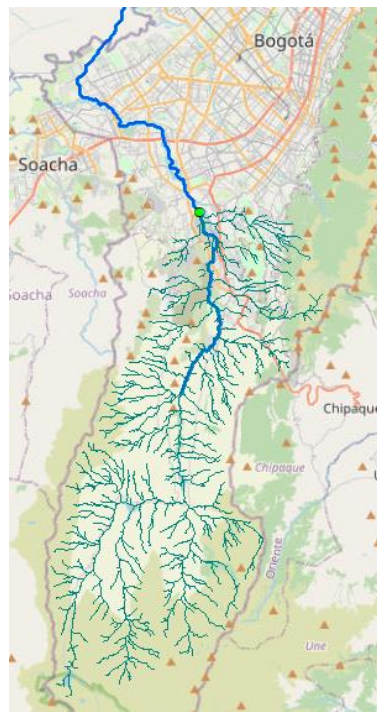
-La CAR al igual que las demás corporaciones tienen por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como el cumplimiento y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.

### 3.1.1.2. Modelo digital del terreno.

#### 3.1.1.2.1. Ubicación e información de la cuenca.

Ubicación del Río Tunjuelo con sus afluentes de la cuenca baja. El punto verde es la ubicación del cierra la cuenca una vez todas las aguas provenientes de las diferentes quebradas y humedales han desembocado en el río, se observa la zona baja de la localidad de Usme.

Ilustración 9. Ubicación de la Sub-cuenca.

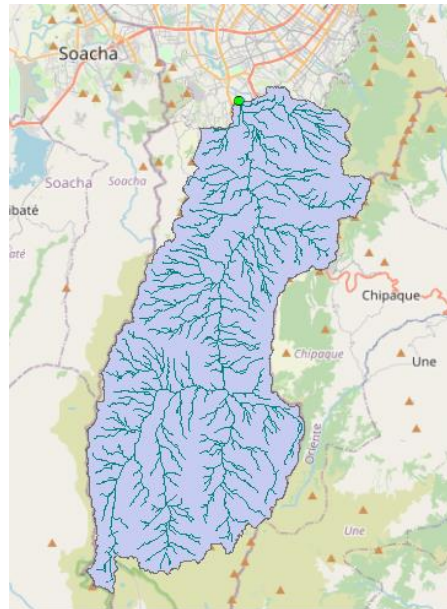


**Fuente:** Autores.

Con ayuda del programa ARCGIS, se realiza la delimitación de la cuenca baja del río Tunjuelo.



Ilustración 10. Sub-Cuenca rio Tunjuelo.



Fuente: Autores.

En ARCGIS, se establece una máscara de la cuenca principal con el fin de extraer datos geográficos de la cuenca delimitada de forma vectorial, este programa cuenta con opciones de exportar los datos a tablas en las cuales se pueden determinar los valores geométricos de un terreno. El área está en unidades de  $Km^2$ .

Tabla 4. Medidas de la Sub-cuenca, Área, cota Max y cota Min.

Area	Cota Maxim	Cota Minim
324,312871	3988,8123	2600

Fuente: Autores.

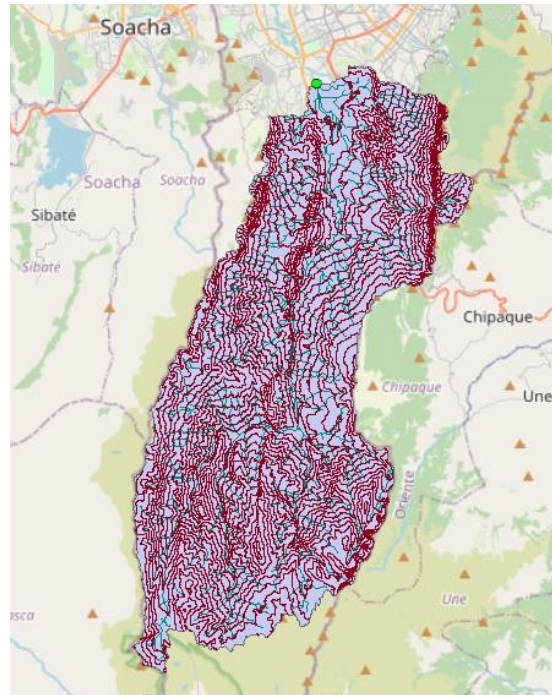
### 3.1.1.2.2. Elevación y curvas de nivel de la zona.

Con el fin de analizar las características físicas y el comportamiento del flujo dentro de la cuenca se realiza un análisis morfométrico, en el cual los parámetros y variables a obtener darán un estimativo acerca de los eventos y funcionalidades hidrológicas que pueden ocurrir dentro de la zona.

Para determinar las características, se establece la creación de las curvas de nivel mediante el programa de ARCGIS.

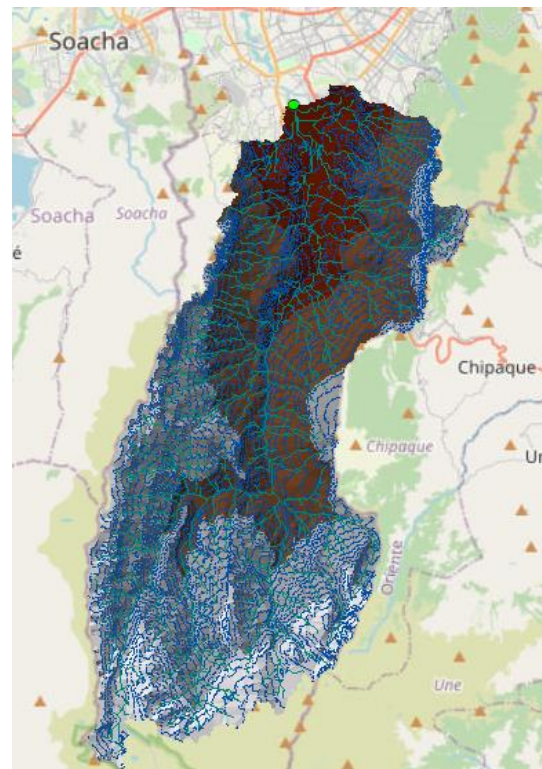


Ilustración 11. Sub-cuenca con sus respectivas curvas de nivel.



Fuente: Autores.

Ilustración 12. Sub-cuenca con sus respectivas cotas del terreno.



Edge type
— Hard Edge
Elevation
3644,444 - 4050
3238,889 - 3644,444
2833,333 - 3238,889
2427,778 - 2833,333
2022,222 - 2427,778
1616,667 - 2022,222
1211,111 - 1616,667
805,556 - 1211,111
400 - 805,556

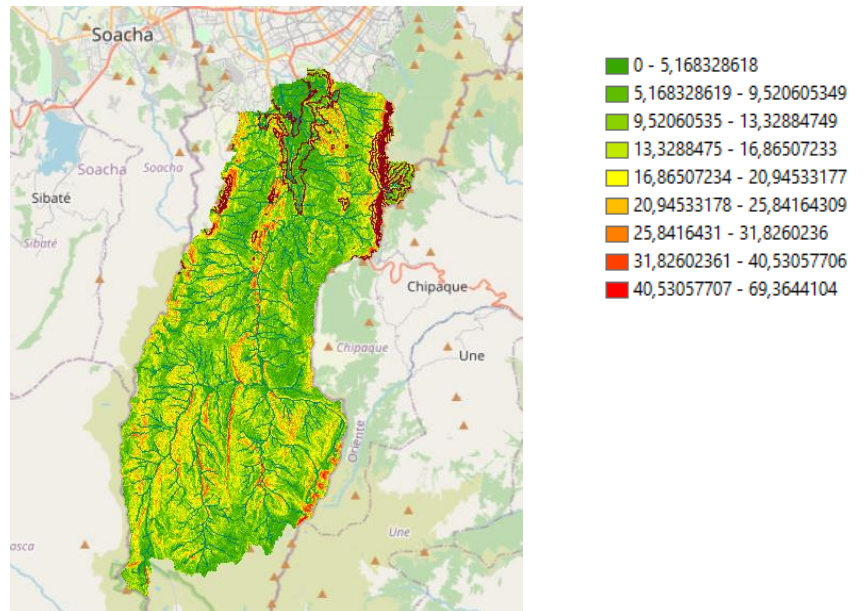
Fuente: Autores.

Cada color tiene sus cotas de elevación.

### 3.1.1.2.3. Cálculo de las pendientes.

Haciendo uso del programa ARCGIS se puede obtener la modelación digital integrada del terreno, teniendo así la capacidad de conocer los terrenos y zonas de la cuenca que presentan las mayores pendientes y analizar qué sectores pueden ser más susceptibles a los fenómenos meteorológicos y su afectación en el medio.

Ilustración 13. Pendientes del terreno.



Fuente: Autores.

ARCGIS arroja una ventana con diferentes características. Áreas de cada pendiente, Pendientes máximas y mínimas.

Tabla 5. Datos de la Sub-cuenca.

ZonalSt_Reclass1						
	OBJECTID *	Value	COUNT	AREA	MIN	MAX
▶	1	1	487980	76246875	0	6,936248
	2	2	824237	128787031,25	7,209121	13,719327
	3	3	491241	76756406,25	13,873369	20,806791
	4	4	171530	26801562,5	20,833118	27,724051
	5	5	51983	8122343,75	27,749659	34,675842
	6	6	15541	2428281,25	34,720592	41,616905
	7	7	4468	698125	41,670879	48,549259
	8	8	988	154375	48,555908	55,408348
	9	9	358	55937,5	55,50473	62,398411
	10	10	126	19687,5	62,433071	69,36441

Fuente: Autores.

Para realizar el cálculo de valor de la pendiente promedio de la cuenca, se apoya con ayuda de Excel, estableciendo la siguiente tabla:

Tabla 6. Datos de pendiente exportados por ARCGIS.

Número De Convención	Rango Pendiente			Número de Ocurrencias	(Número de Ocurrencias*Promedio)
	Inferior	Superior	Promedio		
1	0	10	5	487980	2439900
2	10	20	15	824237	12363555
3	20	30	25	491241	12281025
4	30	40	35	171530	6003550
5	40	50	45	51983	2339235
6	50	60	55	15541	854755
7	60	70	65	5568	361920
8	70	80	75	988	74100
9	80	90	85	358	30430
10	90	100	95	126	11970
<b>TOTAL</b>				2049552	36760440
<b>PENDIENTE</b>				<b>5,57543</b>	

*Fuente:* Autores.

Se halló la pendiente promedio de la Sub-Cuenca, y con ella se puede entender que las pendientes en la zona a estudiar para tener en cuenta ya que presentan valores significativos y que pueden generar inconvenientes al momento de presentarse precipitaciones excesivas que deriven en fuertes avenidas torrenciales, o deslizamientos de tierra que son las principales amenazas que se presentan en el sector.

### 3.1.2. Análisis De La Información Hidrometeorológica.

Para realizar el estudio de la zona respecto a la variabilidad climática se recolectó la información de la única estación activa climatológica principal del sector ubicada en la cuenca baja del río Tunjuelo, la estación Doña Juana identificada con el código 2120630 en la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), esta estación fue instalada en el año 1989 y registra once variables que serán analizadas en el presente trabajo de grado y que evidencian el cambio que ha tenido el clima con el paso del tiempo y la tendencia de los datos estadísticos obtenidos para su respectivo análisis.



Respecto a los datos obtenidos por parte de la entidad fue necesario complementar en algunos casos valores que no estaban registrados mediante la interpolación de datos a partir de la ecuación de la recta que permite completar los valores faltantes sin alterar la tendencia de los datos ya registrados, estos valores fueron registrados con fondo amarillo con el fin de diferenciarlos de los datos originales.

### 3.1.2.1. Brillo Solar.

El Brillo Solar es la medición de las horas de sol efectivo en el día (brillo solar o insolación), que se asocia a la cantidad de tiempo durante el cual la superficie del suelo es irradiada por la radiación solar directa. El Brillo Solar Mensual está dado por la sumatoria de Brillo Solar Diario, sumando todos los días del mes.

La principal fuente de energía que posee la tierra es la radiación solar. La medición de la cantidad de horas diarias en que los rayos del sol llegan de manera efectiva sobre la tierra es conocida como brillo y su medición solar se efectúa por medio del heliógrafo.

Tabla 7. Valores totales mensuales de brillo solar.

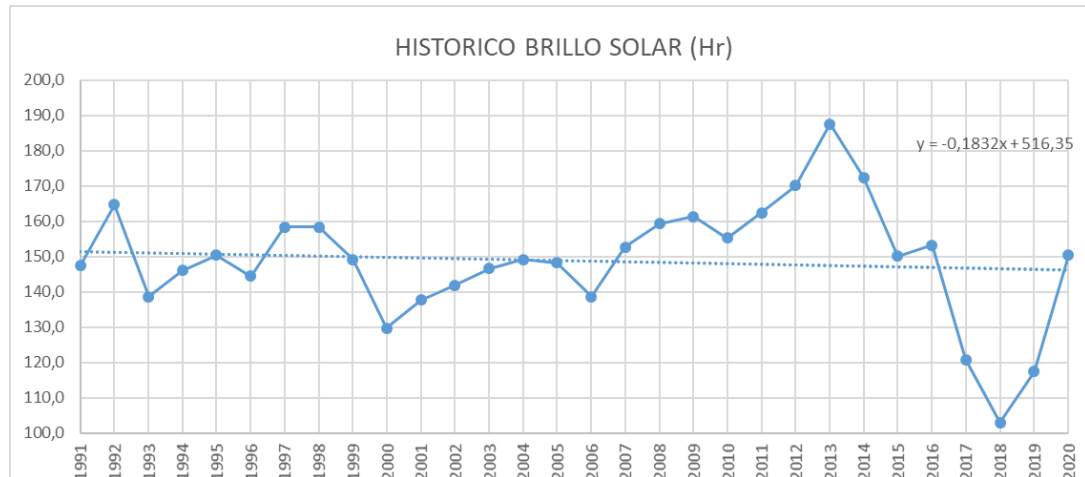
BRILLO SOLAR, VALORES TOTALES MENSUALES (HORAS)													PROMEDIO
ESTACION	DOÑA JUANA												
	CODIGO 2120630												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1991	229,5	163,8	138	143,7	126,7	137,1	97,3	123,4	146,4	182,8	100,9	179,2	147,4
1992	204,9	177,4	200,1	143,8	162,3	161,6	105,4	160,9	174,2	150,6	133,8	200,9	164,7
1993	182,4	153,9	148,4	117,4	132,26	148,2	131,3	64,3	170,3	63,5	139,4	211,6	138,6
1994	186,3	154,5	137,4	90,4	108,9	173,2	130,4	141,6	139,7	167,7	127,2	194,9	146,0
1995	230	203,4	125,1	134,1	116,5	133	149,5	145,4	164	137,4	92,6	173,9	150,4
1996	205,4	85,3	144,5	144,2	122,1	143,6	113,9	197,7	163,1	132,5	143,4	138,4	144,5
1997	173,3	145,2	151,9	128,1	150,1	162,5	94,2	168,9	168,9	166,8	155,1	235,8	158,4
1998	230,6	169,9	134,6	147,5	133,8	135,3	132,8	161,1	176,4	159,7	136,9	180,9	158,3
1999	149	110,9	170,1	141,4	167,8	165,8	180,7	156,6	103,9	130,2	159,3	154,3	149,2
2000	173,6	148,6	150,3	108,6	97,9	120	124,1	147,7	112,3	104,2	163	112,3	129,7
2001	242,7	132,8	118,7	44,6	126,4	97,4	133,7	147,4	155,9	138,5	136	177,8	137,7
2002	196,7	160	147,2	124	135,2	143,6	137	61,3	110,8	174	136,2	176	141,8
2003	247	153,4	155,1	40,9	135,5	143	134,2	149,3	155,7	134,3	135,5	175,7	146,6
2004	194,5	161,7	146,9	125,7	135,8	142,5	134,5	150,4	155,6	132,2	135,2	174,6	149,1
2005	155,8	162,5	146	126,5	136,1	142	134,8	151,3	174,8	145,9	143,8	158,4	148,2
2006	167,5	179,4	108,6	84,2	133,8	123,5	120,9	158,6	172,9	118,7	127,8	168,2	138,7
2007	198,2	229,4	108,2	133,6	127,6	103,8	181,6	135,2	151,6	135,9	170,8	156,3	152,7
2008	181,6	175,1	192,6	160,8	123,4	143,6	162,2	159	147,7	155,7	125,3	184,5	159,3
2009	130,7	167,3	143,3	135,3	160,8	137,2	151,3	181,6	177,5	162,4	161,7	227,6	161,4
2010	242,1	196,7	171,9	110,5	135,1	157,7	164,2	157,1	160	89,8	112,8	165,6	155,3
2011	246,8	126,8	133,8	121,7	115,8	190,7	157,1	215,3	179	159,8	133	169	162,4
2012	170,5	167,8	151,3	115,3	176,2	202,5	135,5	159,1	192,2	155,4	200,2	206,5	170,1
2013	234,2	137,4	149	183,9	178,6	206,5	210,6	196,3	210,1	198,4	157,8	186,8	187,5
2014	218,2	192,9	182,6	184,8	150,6	126,2	165,1	157,6	189,1	144,3	166,2	190,9	172,4
2015	218,4	182,8	150,4	164,3	157,5	98,9	150,8	132,2	168,4	63,9	121,9	191,9	150,1
2016	218,7	151,8	175,4	124,2	128,7	135,5	136,1	159,6	161,9	169	136,2	141,5	153,2
2017	66,6	205,6	131,3	144,1	139,8	118,3	84,1	162	138,6	8,9	93,7	166,5	120,8
2018	163,3	136,8	98,3	76,7	129,1	126	50,2	161,2	62,9	34,4	114,3	83,1	103,0
2019	111,2	161,3	103	144	128,3	82,9	102,8	119,7	101,6	117,3	106,5	131,1	117,5
2020	198,6	194,4	187,4	159,2	114,7	149	141,3	171,4	182,8	35,5	85,8	184,5	150,4

Fuente: Autores.

Como se observa en la información esta variable climatológica en los últimos años ha tenido un comportamiento muy variable, alcanzando en el año 2013 los valores máximos históricos de 187.5 Hr y en el 2018 los valores mínimos registrados con un valor de 103 Hr, lo que corrobora lo evidenciado en la línea de tendencia que permite tener una aproximación del comportamiento futuro de la variable y que indica que la misma ha ido disminuyendo con el paso de los años con una pendiente del 18% aproximadamente, esto es causado principalmente por el fenómeno de la Niña que

genera la disminución de la variable a lo amplio del territorio nacional debido al aumento de la nubosidad y las precipitaciones.

Grafica 1. Histórico brillo solar.



Fuente: Autores.

### 3.1.2.2. Temperatura

La temperatura atmosférica a uno de los elementos constitutivos del clima que se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados, así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas. Constituye el elemento meteorológico más importante en la delimitación de la mayor parte de los tipos climáticos. Por ejemplo, al referirnos a los climas macro térmicos (es decir, de altas temperaturas; climas A en la clasificación de Köppen), mesotérmicos (climas templados o climas C en la clasificación de Köppen) y microtérmicos (climas fríos o climas E) estamos haciendo de la temperatura atmosférica uno de los criterios principales para caracterizar el clima.



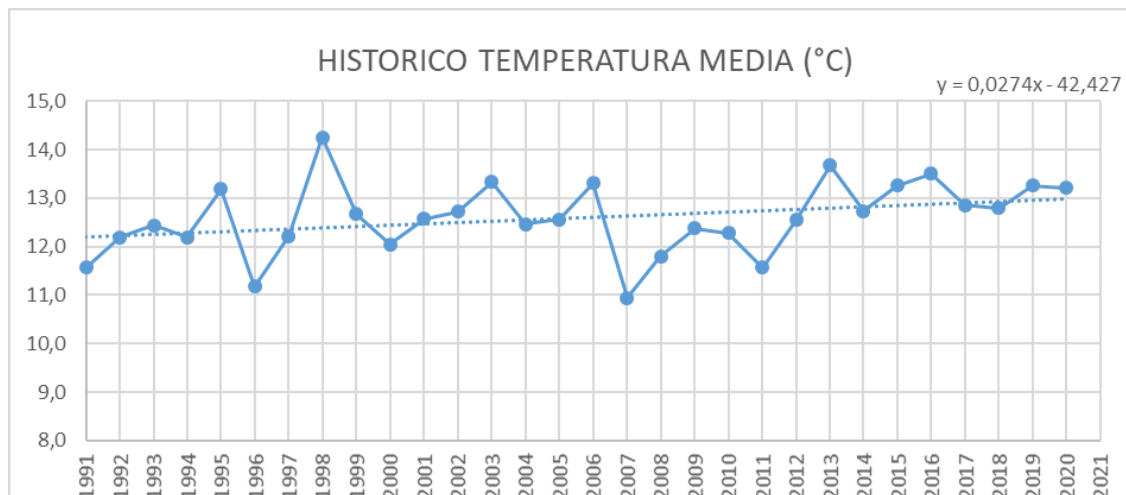


Tabla 8. Valores medio mensuales de temperatura.

TEMPERATURA. VALORES MEDIOS MENSUALES (°C)													
ESTACION DOÑA JUANA												CODIGO	
												2120630	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROBLEMA
1991	11,9	12,1	12,5	11,7	10,9	10,3	10,1	10,7	11,7	11,6	12,3	13,1	11,6
1992	13,1	12,8	13,4	13,5	12,7	11,3	10	11,3	11,7	11,9	12,2	12,5	12,4
1993	12,4	12,6	12,5	12,6	12,3	12,7	11	11,8	12,3	13	12,9	13,2	12,2
1994	11,6	11,1	11,4	11,9	12,5	11,9	11,4	11,5	12,8	13,7	13,1	13,4	12,2
1995	12,4	13,6	13,4	14	13,1	13	12,6	13	13,3	12,9	13,9	13	13,2
1996	12,1	11,9	12,1	12,4	11,9	11,5	9,6	10	10,4	11,1	10,6	10,5	11,2
1997	10,8	10,7	11	11,7	12,8	12,7	10,6	11,6	13,1	14	13,9	13,8	12,2
1998	14,4	15,3	15,1	15,5	13,2	13,8	13,3	14,1	14,1	14,7	14,9	12,6	14,3
1999	12,4	12,5	13,3	13,3	12,5	13,8	11,3	12,7	12,3	12,5	12,8	12,7	12,7
2000	12,4	12,6	12,7	12,9	12,6	13,9	11,4	9,7	10,6	10,3	12,8	12,7	12,1
2001	13	12,2	12,8	12,7	13	11,2	11,7	11,4	12,1	13,4	13,2	14,2	12,8
2002	13,1	14,6	14	13,4	12,8	11,6	12,4	11,1	12,3	12,2	12,6	12,4	12,7
2003	12,8	12	12,8	11,7	11,7	25,1	11,5	11,8	12,4	12,6	12,9	12,7	13,3
2004	12,5	12,7	12,9	13	12,7	12,7	11,5	11,3	12,1	12,6	12,9	12,7	12,5
2005	13	12,8	12,9	13,1	12,8	11,9	11,6	11,9	12,4	12,7	13	12,7	12,6
2006	12,9	14,3	13,5	13,7	13,7	13,1	12,2	12,9	13,3	13,4	13,6	13,1	13,3
2007	12,1	11,4	11,3	11	12,8	12	11,7	12	12,5	8	8,6	7,9	10,9
2008	12,2	11,7	11,7	11,9	12,2	11,6	11	11,8	11,6	11,9	12,2	11,9	11,8
2009	11,2	12,3	12,4	13	12,8	12,4	11,6	12,6	12,3	12,6	13	12,4	12,4
2010	12,5	13,7	13,1	13	12,6	12	12,2	11,4	11,4	11,8	11,9	11,8	12,3
2011	11,7	11,9	11,9	12,3	12,2	11,5	10,8	11,5	11,2	11,4	11,2	11,2	11,8
2012	11,4	11,6	12,8	12,1	10,6	11,9	12,3	12,7	13,4	14,2	13,8	13,8	12,8
2013	12,6	13	13,2	13,5	13,1	12	11,9	15,6	12,7	15,9	17,8	12,8	13,7
2014	12,9	13,6	13,5	13,2	13,4	12,2	11,8	11,6	12,4	12,6	13	12,6	12,7
2015	11,4	13,1	13	19,4	13,2	11,9	12,3	12,3	12,9	12,8	13	13,8	13,3
2016	14,7	14,2	14,9	14	13,8	12,9	12,7	12,2	12,7	12,8	13,5	13,7	13,5
2017	13	13	13,3	13,1	13,8	12,7	11	12,5	13	13	12,9	13	12,9
2018	12,4	12,5	13,3	12,8	13,1	11,8	12	12	13	13,6	14	13	12,8
2019	13,2	14,4	14,4	14,1	13,8	12,6	12,2	11,7	13	12,8	13,5	13,5	13,3
2020	13,2	13,7	14	13,9	13,5	13,1	12,4	12,8	12,7	12,7	13,2	13,3	13,2

Fuente: Autores.

Grafica 2. Histórica temperatura media °C.



Fuente: Autores.

Teniendo en cuenta la tendencia que ha tenido la temperatura a lo largo de los últimos años, es correcto afirmar que hay un calentamiento global que crece de manera acelerada, estos cambios en la temperatura son causados por que la mitad de la luz que llega a la atmósfera de la Tierra pasa a través del aire y las nubes hasta la superficie, donde se absorbe y luego se irradia hacia arriba en forma de calor y este es absorbido por los diferentes gases de efecto invernadero que han venido en aumento y no permiten la liberación de esta energía, alterando los ecosistemas, la fauna y la flora, generando largos periodos de sequias, alterando el comportamiento natural de los suelos y su composición.



### 3.1.2.3. Evaporación.

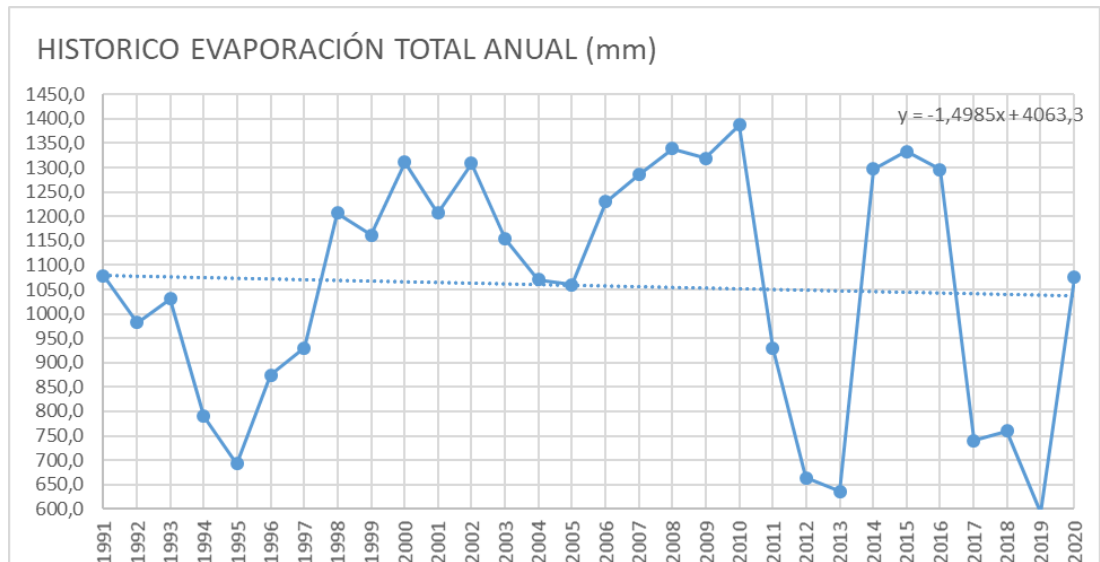
La evaporación es el proceso físico por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, retornando directamente a la atmósfera en forma de vapor. También el agua en estado sólido puede pasar directamente a vapor y el fenómeno se denomina sublimación. A efectos de estimar las pérdidas por evaporación en una zona, el término se entenderá en sentido amplio, incluyendo la sublimación. La radiación solar proporciona a las moléculas de agua la energía necesaria para el cambio de estado. Todo tipo de agua en la superficie terrestre está expuesta a la evaporación. El fenómeno es tanto más débil cuanto menor es la agitación de las moléculas que es causada por el aumento de la temperatura, y tanto más intenso cuanto mayor es la cantidad de agua con posibilidad de evaporarse. Además, es necesario que el medio que envuelve la superficie evaporante tenga capacidad para admitir el vapor de agua. Esto último se conoce como poder evaporante de la atmósfera. Los factores que condicionan la tasa de evaporación, que generalmente se la expresa en mm/día o mm/mes, son, por un lado, los que caracterizan el estado de la atmósfera en la vecindad de la superficie evaporante y, por el otro, los factores que caracterizan la naturaleza y el estado de la superficie evaporante (agua libre, hielo, suelo desnudo, vegetación).

Tabla 9. Valores totales mensuales de evaporación.

EVAPORACIÓN, VALORES TOTALES MENSUALES (mm)													SUMATORIA
ESTACION	DOÑA JUANA												
	CODIGO 2120630												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1991	100.2	87.6	91.3	93.6	102.5	94.6	80	81	84.3	102.5	84	76.6	1078.2
1992	100.4	64.3	91.6	93.3	88.7	93.7	69.8	66.5	65.2	101.5	83.8	61.6	982.4
1993	100.5	89	92	92	100	92.8	80.1	81.5	76	77.6	76.1	71.9	1030.5
1994	85.4	70.8	50	53.8	66.2	79.7	56.3	59.7	52.2	81.1	72.8	62.5	790.5
1995	49.6	25.4	53.7	66	63.7	58.5	73.5	49.6	49.3	86.1	39.1	76.5	693.0
1996	72.5	87.6	55.7	73.8	57.2	79.9	74.7	84.9	70.2	72.3	69.2	76.5	874.5
1997	66.8	50.8	99.6	82	94.6	95.5	51.8	85.1	59.6	65.2	68.9	110.3	930.2
1998	75.4	111.2	81.5	134.7	77	94.6	101.3	108.5	128.4	123.3	97.2	73.5	1206.6
1999	88.4	94.8	86.4	100.3	112.5	96.3	92.1	109.6	97.9	96.1	77.4	110.4	1162.2
2000	105.5	108.9	136.4	109	104.3	120.6	107.3	104.6	104.2	112.6	109.8	87.8	1311.0
2001	149.5	113.6	114.3	88.4	107.7	74.3	72.7	66.6	102.7	113.8	114	89.6	1207.2
2002	141.4	119.7	123.9	101.1	152	56.9	84.5	84.8	115.5	140.7	104.9	73.4	1308.8
2003	150.2	84.2	99.2	107.9	114.6	84.7	80.3	83	86.7	92.7	82.4	88	1153.9
2004	101.5	90.3	94.6	90	86.8	83.8	80.3	83.5	87	96.2	88.3	88.2	1070.5
2005	101.7	90.5	95	89.6	85.5	82.9	80.4	84	87.4	90.9	82	90	1059.9
2006	144.2	135.5	111.9	86.9	94.8	114.4	69.6	106.1	99.8	70.7	89.2	106.5	1229.6
2007	136.7	105.8	129.5	87.8	114.7	84.1	120.3	85.3	114.6	110.6	96.4	99.9	1285.7
2008	119.8	133.9	139	106.1	108.7	104.2	103.1	99	101.5	111.9	95.9	115.7	1338.8
2009	90.6	109.6	117.2	113.2	97.7	92.5	84.4	108.8	118.3	118.4	120	149.1	1319.8
2010	180.3	155	131.3	95.7	106.8	103.6	106.1	104.2	138.6	100.8	75.8	88.9	1387.1
2011	120.5	102.7	76.5	74	46.2	69.5	74.1	26.3	79.2	106.1	82.1	71.6	928.8
2012	61.7	57	61.1	46.4	51.8	62.9	64.8	62.3	51.7	44.1	45	54.5	663.3
2013	63.9	64.4	68.1	61.6	46.3	76.8	45.2	65.1	53	46.8	25	30.1	636.3
2014	57.6	110.7	130.3	119.4	109.5	97.3	92.7	110	118.7	121.4	117.6	111.5	1296.7
2015	116.4	102.6	94.7	140.9	92.6	86.8	96.7	100.6	124.3	131.5	90.3	155.9	1333.3
2016	148.9	112.9	158.3	126.3	91.2	96.1	97.3	85.7	73.6	98	97.5	110.2	1296.0
2017	94.2	42.7	30	85	28.8	18.6	3.2	85.5	89.6	81.1	80.5	101.42	740.6
2018	103	53.7	111.4	63.8	37.9	74.7	71.2	61.6	11.9	35.8	59.8	75	759.8
2019	61.1	71	63.3	2	40.6	32.6	80.7	55.6	58.2	19	86.1	52.4	592.6
2020	63.2	83.9	63.4	97.9	67.3	76.6	106	117	113.5	78.7	79.4	127.9	1074.8

Fuente: Autores.

Grafica 3. Histórica evaporación total anual.



Respecto a los valores de evaporación dan una evidencia del comportamiento de esta variable en los últimos años, que indica que cada vez hay más presencia de agua en el ambiente toda vez que la misma no se está evaporando con la misma intensidad de antes a excepción del año 2020 que presentó un incremento significativo con respecto al año inmediatamente anterior donde se alcanzó el valor mínimo registrado históricamente por la estación de estudio con un valor de 592.6 mm en todo el año.

#### 3.1.2.4. Humedad Relativa.

Cantidades relativamente pequeñas de vapor pueden dar lugar a importantes cambios de tiempo. Por lo tanto, es preciso estudiar las variaciones de humedad o de contenido de vapor en la misma. La humedad relativa es una medida que permite saber qué tan húmedo o seco se encuentra el aire. Se expresa en unidades enteras correspondiendo el 0 (cero) a la sequedad absoluta y el 100% a la saturación. Los instrumentos utilizados para determinar la humedad o el contenido de vapor de agua de la atmósfera son el sicrómetro y el hidrógrafo.



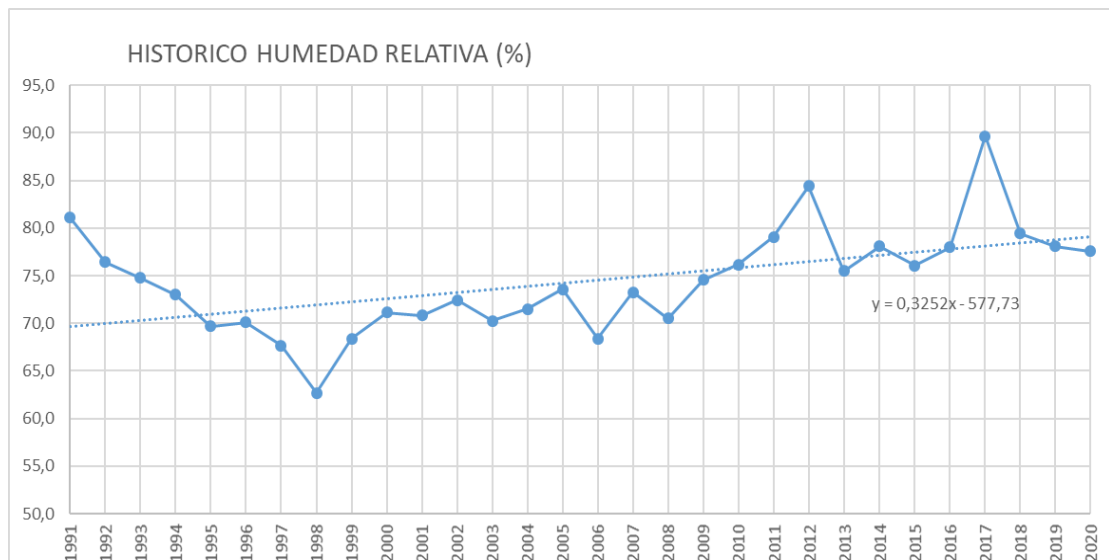


Tabla 10. Valores medios mensuales de humedad relativa.

HUMEDAD RELATIVA, VALORES MEDIOS MENSUALES (%)													
ESTACION	DOÑA JUANA												
	CODIGO 2120630												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1991	76	79	80	85	85	85	88	83	79	75	80	78	81,1
1992	69	71	75	76	76	79	86	81	74	75	78	77	76,4
1993	71	71	68	69	73	72	75	77	77	78	81	85	74,8
1994	64	67	69	70	83	82	77	78	73	68	72	73	73,0
1995	65	59	76	74	79	69	66	69	66	70	66	77	69,7
1996	69	70	68	68	72	74	76	70	68	64	69	73	70,1
1997	69	67	64	65	73	64	76	71	66	66	67	64	67,7
1998	60	58	63	60	65	67	73	60	55	57	60	74	62,7
1999	65	85	74	67	65	63	68	68	67	69	65	65	68,4
2000	63	59	65	71	75	76	78	74	69	73	72	79	71,2
2001	55	69	70	68	73	77	72	80	71	70	68	77	70,8
2002	61	62	67	72	75	79	76	78	71	81	73	74	72,4
2003	56	65	65	71	71	69	78	76	72	72	74	74	70,3
2004	67	69	72	74	76	77	79	77	66	67	69	65	71,5
2005	60	70	73	74	77	78	80	77	73	74	74	73	73,6
2006	62	60	68	72	73	75	76	67	63	72	68	65	68,4
2007	58	52	66	66	77	79	80	78	75	87	82	79	73,3
2008	59	60	58	59	61	83	84	80	79	73	77	73	70,5
2009	77	73	76	77	76	77	80	79	72	71	67	70	74,6
2010	96	69	71	77	80	79	82	78	77	76	81	78	76,2
2011	74	78	80	83	84	80	78	76	80	78	82	81	79,1
2012	81	80	83	86	87	86	90	86	85	86	81	82	84,4
2013	70	72	75	77	79	82	82	84	82	63	65	75	75,5
2014	76	73	77	77	77	83	82	81	75	80	79	77	78,1
2015	72	76	77	79	78	85	81	81	73	74	73	64	76,1
2016	71	76	74	81	81	80	80	81	78	77	83	74	78,0
2017	77	88	95	94	95	96	98	95	94	84	84	76	89,7
2018	78	77	74	83	83	85	83	82	78	78	79	73	79,4
2019	75	70	75	79	79	84	81	83	77	77	80	77	78,1
2020	75	70	76	76	81	80	82	79	78	77	82	75	77,6

Fuente: Autores.

Grafica 4. Histórico humedad relativa %.



Fuente: Autores.

Con una pendiente de 30% es una de las variables que más ha presentado incremento con el paso del tiempo, toda vez que cada vez serán más evidentes los impactos causados el cambio climático.



### 3.1.2.5. Precipitación.

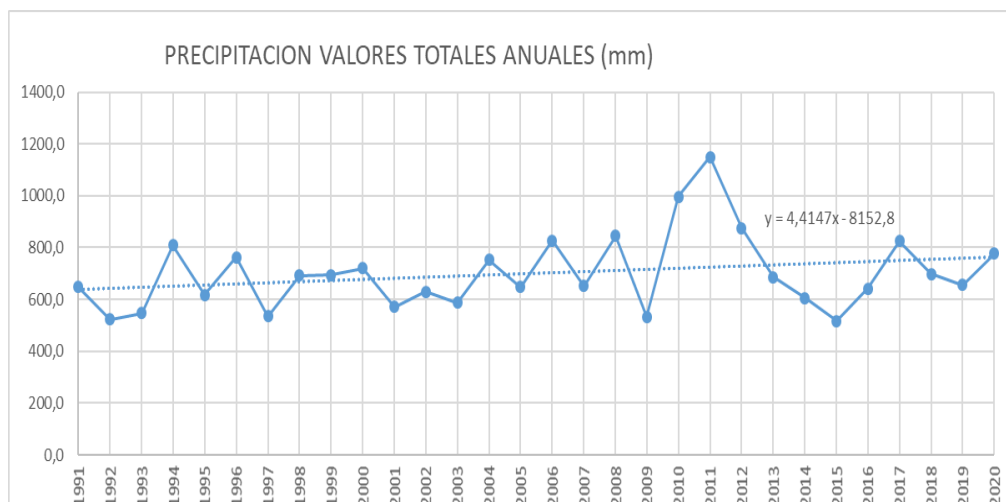
Las precipitaciones llegan al suelo en forma de lluvia, llovizna, nieve, granizo, etc. La medida de las precipitaciones permite determinar la distribución de las mismas en el tiempo y en el espacio. El objetivo fundamental de todo método de medida de las lluvias es obtener una muestra que sea verdaderamente representativa de la precipitación caída en la región a que se refiere la medición. El pluviómetro y el Pluviógrafo son los instrumentos utilizados para medir y registrar, respectivamente, las cantidades de precipitación. La cantidad de precipitación se mide en milímetros (mm). Decir que llovió un milímetro, significa que cayó un litro de agua en cada metro cuadrado de terreno.

Tabla 11. Valores totales mensuales de precipitación.

PRECIPITACIÓN, VALORES TOTALES MENSUALES (mm)													
ESTACION DOÑA JUANA	CODIGO 2120630												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMATORIA
1991	4,8	15,7	114,7	85,3	73,6	34,4	81,7	96,9	30,4	14,3	57,8	38,3	647,9
1992	18,8	31,9	23,6	67,4	37	33	63,4	53,2	51,2	14,9	105,9	22,6	522,9
1993	30,5	10,8	67,8	67,5	84,1	47,6	54,2	16,6	37	24,6	102,3	3,7	546,7
1994	58	47,5	103,8	82,4	109,9	50,6	72,7	47,5	27,4	54,5	143,6	10,5	808,4
1995	5,3	10,3	48,5	64	96,9	63,4	30,7	45,1	18,9	49,9	95,5	89,6	618,1
1996	63,6	63,4	109,2	43,1	109,7	31,7	81	35,3	32,8	73,2	73,4	47,1	763,5
1997	105,2	20,3	54,2	30,8	32,7	79,3	65,3	27,9	31,2	30	56,3	2	535,2
1998	3,9	10,5	55,6	20,7	166,6	56,8	69,5	45	27	56,2	58,6	122,2	692,6
1999	38,2	99,2	47,7	54,6	57,6	51,6	16,5	40,9	81,4	85,6	95,5	25,5	694,3
2000	31,6	87,2	93,4	75,6	86,2	40,1	49,7	56,7	59,8	64,7	44,7	29,7	719,4
2001	7,8	76,4	72,4	50,9	87,8	55,8	42,9	30,3	57,6	21,2	42,3	46,8	572,2
2002	6,8	6,6	28,9	100,7	115,2	120,1	42,9	51,1	27,9	79,4	26,5	23,9	630,0
2003	9,1	15,8	45,5	95,7	16,7	64	80,8	46,8	39,9	66,1	85,4	41,7	587,5
2004	24,4	35	64,6	81,8	84,3	65,7	61,4	47,1	1,2	139,8	112,4	34	751,7
2005	14,3	39,3	35,7	84,8	119,1	53,2	37	22	59	91,4	63,8	27,4	647,0
2006	53,7	4,8	90,8	141,3	80,5	102,9	45,1	35,7	22,8	156,3	84	9,5	827,4
2007	0	11,1	34,4	85,5	35,1	85	41,9	61,5	15,9	155,6	31,5	95,1	652,6
2008	4,6	22,8	36,8	74,3	152,9	90,3	64,5	79,2	36,7	77,6	124,3	80,7	844,7
2009	28,4	59,8	58	77,7	24,2	40,7	46,4	35,9	26,5	83,1	47,1	4,2	532,0
2010	0,3	27,1	25,8	193,1	144,3	91,6	104,1	40,8	42,9	95,6	158,7	72,8	997,1
2011	27,4	61,1	116,6	203,7	140,5	38,1	88,2	16	44,2	120,5	197,7	95,2	1149,2
2012	45,5	55,7	98,1	152,7	48,1	41,9	81,7	61,3	23,4	137,3	65,7	64,9	876,3
2013	2,4	34,3	64,2	93	120,8	39,7	77,5	41,9	39,2	42,8	103,8	26,5	686,1
2014	10,3	23,6	28,1	58,3	64,5	97,7	81,1	31	28,6	56	90,8	35,6	605,6
2015	19,2	39,9	62,7	27,1	38,8	137,6	65,6	43,4	35,5	21,1	22,2	4,2	517,3
2016	3,9	18,5	60	74,7	96	37,9	54,2	66	49,4	53,3	103,5	24,4	641,8
2017	18,1	50,5	146,8	48,3	107,2	120,7	53,2	74,6	25	50,8	82,1	48,4	825,7
2018	19,5	16,2	58	129,3	80,9	58,4	86,9	78,9	46,9	53,2	57,1	13,2	698,5
2019	6,1	13,5	52,9	100,1	70,8	116,7	58,3	61,5	19,7	59,1	73,9	20,4	655,0
2020	45,4	35,2	29	49,3	67,1	96,6	92,9	33,6	77	5,9	230,1	15,6	777,7

Fuente: Autores.

Grafica 5. Precipitación valores totales anuales.



Fuente: Autores.



### 3.1.2.6. Punto De Rocío.

El punto de rocío es la temperatura a la cual se debe enfriar el aire para que el vapor de agua se condense en rocío o escarcha. A cualquier temperatura hay una cantidad máxima de vapor de agua que puede contener el aire. Esta cantidad máxima se llama presión de saturación de vapor de agua. La adición de más vapor de agua produce condensación.

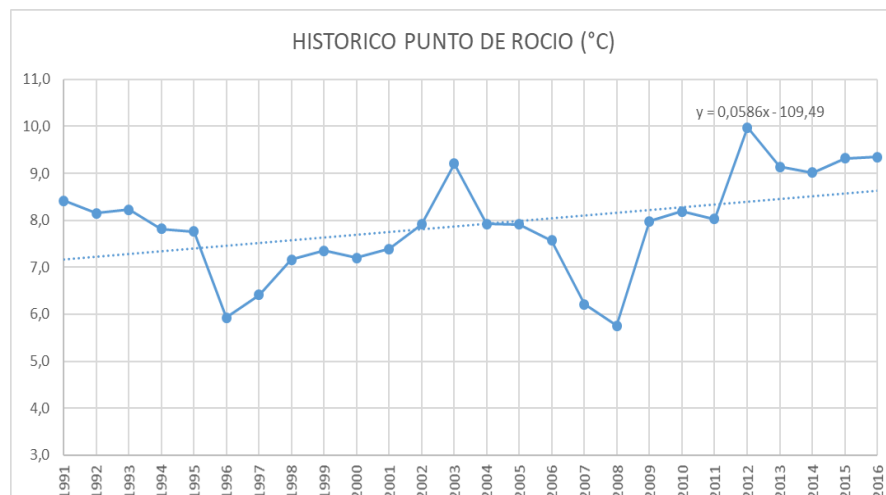
Esta variable está asociada a la humedad relativa que una vez está saturada al máximo y llega al punto de rocío. La saturación se produce por un aumento de humedad relativa con la misma temperatura, o por un descenso de temperatura con la misma humedad relativa.

Tabla 12. Valores medios mensuales de punto de rocío.

PUNTO DE ROCÍO, VALORES MEDIOS MENSUALES (°C)													
ESTACION	DOÑA JUANA												
CODIGO	2120630												
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1991	7,8	8,5	9,2	9,2	8,5	7,9	8,2	8	8,1	7,3	8,9	9,4	8,4
1992	7,6	7,6	9,1	9,3	8,6	7,8	7,7	8,1	7,2	7,7	8,5	8,6	8,2
1993	7,3	7,6	7,3	7	7,9	7,8	7,9	7,9	8,5	9,2	9,6	10,7	8,2
1994	6,3	6,5	7,4	7,1	9,7	8,8	7,5	7,8	8	8	8,2	8,5	7,6
1995	6,1	5,8	9,2	9,5	9,6	7,5	6,6	7,4	7,1	7,6	7,7	9	7,8
1996	6,7	6,7	6,4	6,7	7	7,1	5,5	4,7	4,8	4,5	5,2	5,8	5,9
1997	5,4	4,9	4,4	5,3	8,1	6,2	6,6	6,5	6,8	7,8	7,8	7,2	6,4
1998	6,7	7,1	8	7,7	6,7	7,9	8,5	6,4	5,1	6,4	7,2	8,3	7,2
1999	6,3	6,8	8,9	7,2	6,1	6,7	8,4	6,8	7,2	7,6	8	8,2	7,4
2000	6,3	6,9	7,6	7,9	8,2	8,4	8,5	5,3	5,3	5,7	8,1	8,2	7,2
2001	4,2	6,7	7,5	6,9	8,4	7,3	6,9	8,1	6,9	8,2	7,4	10,2	7,4
2002	5,9	7,4	8	8,5	8,6	8,1	8,2	7,5	7,3	9	8,3	8,2	7,9
2003	4,3	5,7	6,3	6,6	6,5	18,9	22,6	7,8	7,4	7,9	8,3	8,1	9,2
2004	6,3	7	7,7	8,3	8,4	8,7	8,8	7,9	7,5	8	8,4	8,1	7,9
2005	5,4	7,1	7,8	8,4	8,5	8,8	8,9	8	7,6	8	8,4	8	7,9
2006	5,8	6,6	7,8	8,8	8,9	8,7	8	6,9	6,4	8,5	7,8	6,6	7,6
2007	4,2	1,8	5,1	4,8	8,5	8,8	9	8,3	7,8	6	5,7	4,6	6,2
2008	4,4	4,1	3,7	4	4,8	8,9	8,3	0	8,2	7,2	8,3	7,2	5,8
2009	7,3	7,6	8,3	9	8,7	8,5	8,3	9,1	7,4	7,4	7	7,1	8,0
2010	6,4	8,2	7,9	9,1	9,3	8,4	9,1	7,7	7,5	7,8	8,8	8	8,2
2011	6,5	7,7	8,5	9,4	9,5	8,3	7,1	7,4	7,8	7,7	8,3	8,1	8,0
2012	8,3	8,4	10	9,8	8,5	9,6	10,6	10,4	10,9	11,9	10,6	10,7	10,0
2013	6,3	7,6	8,1	9,4	8,8	9,4	9,6	13	9,7	8,8	11,1	7,9	9,1
2014	8,9	8,9	9,5	9,2	9,4	9,5	8,9	8,5	8,2	9,2	9,4	8,6	9,0
2015	6,6	9	9,1	15,6	9,4	9,5	9,1	9,2	8,2	9,1	9,2	7,8	9,3
2016	6,3	9,8	10,2	10,7	10,5	9,5	9,3	9	8,5	8,6	10,7	9,1	9,4

Fuente: Autores.

Grafica 6. Histórico punto de rocío °C.



Fuente: Autor.



De manera similar a lo evidenciado en la Humedad Relativa esta variable tiene una tendencia a crecer ya que está directamente relacionadas, en los últimos años se han registrado los valores más altos alcanzados históricamente, y seguramente con el pasar del tiempo seguirá incrementando toda vez que el calentamiento global y su afectación en los territorios es cada vez más evidente.

### 3.1.2.7. Radiación Solar.

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La energía procedente del Sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrógeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar.

La radiación solar es la causa de todos los fenómenos meteorológicos y procesos que ocurren en la atmósfera. Los rayos del sol que llegan a la tierra pueden traspasar la atmósfera y caer en forma directa al suelo; por esta razón se llama radiación solar directa. Cuando hay nubes, polvo y otras clases de impurezas en la atmósfera, los rayos solares son obligados a pasar a través de esos obstáculos y no llegan en forma directa al suelo. Esta radiación recibe el nombre de radiación solar difusa. El instrumento empleado para registrar continuamente la radiación total es el Actinógrafo de Robitzche.

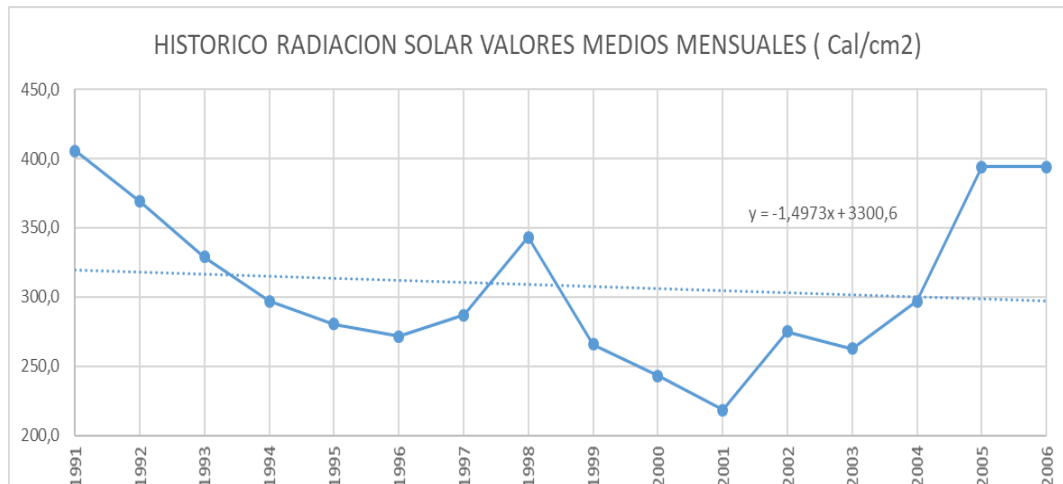
Esta variable únicamente fue registrada hasta el año 2006.

Tabla 13. Valores medios mensuales de radiación solar.

RADIACION SOLAR, VALORES MEDIOS MENSUALES (Cal/cm <sup>2</sup> )													
ESTACION	DOÑA JUANA										CODIGO		
											2120630		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1991	500	435	413	382	421	430	315	380	449	420	345	377	405,6
1992	400	409	412	369	409	361	315	372	384	361	283	353	369,0
1993	345	316	329,1	328,6	328,1	322,2	287	321,8	368	340	315	347	329,0
1994	258	308	289	335	296	311	270	299	300	321	266	309	296,8
1995	290	325	255	273	291	274	303	301	313	246	231	261	280,3
1996	312	266	261	265	265	242	255	299	309	276	256	253	271,6
1997	290	303	297	270	280	273	243	272	326,9	301	282,3	303,6	286,8
1998	384	291	305	356	290	340	368	380	400	370	312	324	343,3
1999	250,6	273	307,6	302,1	282,3	269,2	280,9	265,6	206,2	221	286,4	245,6	265,9
2000	245,6	262,6	261,1	276,8	240,7	255,1	228,9	250,3	210,3	185,6	256,1	241	242,8
2001	287,4	255,8	247,4	248,4	266	239,1	212,6	120,8	168	157,9	178,1	237,9	218,3
2002	293	319,2	278,4	245,5	241	258,9	278,1	282	290,7	283,9	248,7	278,4	274,8
2003	310,3	260,6	245	207,1	244,1	242,9	217,4	277,5	303,3	265,8	286,26	290,6	262,5
2004	293,6	308	273,3	261	271	272,2	276,2	273	383,4	321,4	320,6	309,8	297,0
2005	288,5	305,8	268,2	254,9	265,7	267,7	275,2	268,7	295,5	254	287,6	286,2	394,2
2006	397,7	477,2	375,6	348,8	411,4	398,5	379	397,4	428,1	348,2	379,1	389,2	394,2

Fuente: Autores.

Grafica 7. Histórico radiación solar valores medios mensuales.



Fuente: Autores.

### 3.1.2.8. Temperatura Del Suelo.

La Temperatura del Suelo es fácil de medir y los datos recogidos son muy útiles para los científicos y para el alumnado. La temperatura del suelo afecta al clima, al crecimiento de las plantas, al momento en que aparecen los brotes o se cae la hoja, a la velocidad de descomposición de los desechos orgánicos y a otros procesos químicos, físicos y biológicos que suceden en el suelo.

La temperatura del suelo también determina si el agua en el suelo se encuentra en estado gaseoso, líquido o sólido. La cantidad y estado del agua influye en las características de cada horizonte de un perfil de suelo. Por ejemplo, en suelos fríos no hay tanta descomposición de materia orgánica porque los microorganismos actúan a velocidades más bajas, quedando un suelo más de color oscuro. El calor intenso en climas tropicales aumenta la erosión y la producción de óxidos de hierro dando al suelo colores rojizos. En latitudes al norte y al sur, a altitudes elevadas, hay capas de suelo que están permanentemente congeladas y que reciben el nombre de permafrost.

Para esta variable se realizaron 2 mediciones, una a 10cm de profundidad del suelo y una a 20cm de profundidad, para comparar su comportamiento según la altura de excavación de los ensayos.

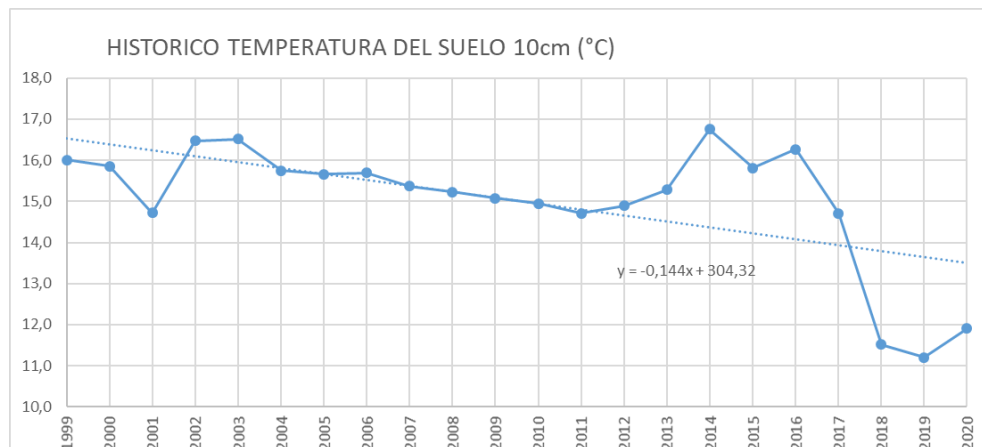


Tabla 14. Valores medios mensuales de temperatura del suelo 10 cm.

TEMPERATURA DEL SUELO 10cm, VALORES MEDIOS MENSUALES (°C)													
ESTACION	DOÑA JUANA												
	CODIGO 2120630												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1999	16,5	16,4	16,6	15,6	15,2	15,6	15,7	15,5	15,1	15,5	17,2	17,2	16,0
2000	18	16,8	17,2	15,6	14,7	16,3	15,1	14,6	15,3	16,6	17,2	12,9	15,9
2001	14,1	12,8	12,9	14,9	12,2	11,6	14,6	13,9	15,9	17,9	17,9	17,9	14,7
2002	18,2	19	18,4	16,3	16,2	14,1	14,9	13,7	16,1	17	16	17,8	16,5
2003	19,6	19	17,6	15,6	17,2	14,6	14,4	14,3	15,8	16,7	16,9	16,4	16,5
2004	18	17,3	16,4	15,4	15	14,4	14,5	14,1	15,4	16	15,9	16,5	15,7
2005	17,2	17,2	16,3	15,3	14,9	14,3	14,3	14	15,5	16,3	16,5	16,1	15,7
2006	18,1	19,4	15,8	14,6	14,9	14,5	13,5	13,9	15,4	16,1	16,3	15,9	15,7
2007	16,9	17,1	16,1	15	14,8	14	14	13,6	15,2	15,9	16,1	15,7	15,4
2008	16,8	17,1	15,9	14,9	14,7	13,9	13,8	13,5	15	15,7	15,8	15,6	15,2
2009	16,7	17	15,8	14,8	14,6	13,7	13,6	13,3	14,9	15,5	15,6	15,4	15,1
2010	16,5	17	15,7	14,7	14,5	13,6	13,4	13,2	14,7	15,3	15,4	15,3	14,9
2011	16,4	16,8	14,6	14,7	14,4	13,5	13,3	13	14,6	15,1	15,2	15,1	14,7
2012	16,2	16,9	15,4	13,6	14,5	14,3	13,5	13,6	13,5	15,4	16,4	15,4	14,9
2013	16,1	16,8	15,4	14,3	14,2	13,2	12,9	12,7	18,9	16,5	16,5	15,9	15,3
2014	18,5	20,9	19,1	17,7	16,6	15,1	14,5	14,5	16,2	17	15,5	15,5	16,8
2015	18,2	16,8	16,7	15	15,7	13,8	14,1	13,3	14,6	17,5	16,6	17,4	15,8
2016	19,8	19,2	18,1	16,9	15,1	14,5	14,4	14,5	14,6	16,8	15,3	16	16,3
2017	15,9	19,1	15,1	15	15,5	15	13,5	13,9	15,3	12,5	11,9	13,8	14,7
2018	11,5	14,9	12,2	10,9	11,3	10,9	11	8,8	10,3	12	12,6	11,8	11,5
2019	12,4	12,9	12,4	11,6	12,1	9,5	9,2	9,5	10,8	10,7	12,1	11,3	11,2
2020	13,2	13,1	13,9	12,3	11,1	10,4	10,6	11,2	11,5	11	11,2	13,4	11,9

Fuente: Autores.

Grafica 8. Histórico temperatura del suelo 10 cm °C.



Fuente: Autores.

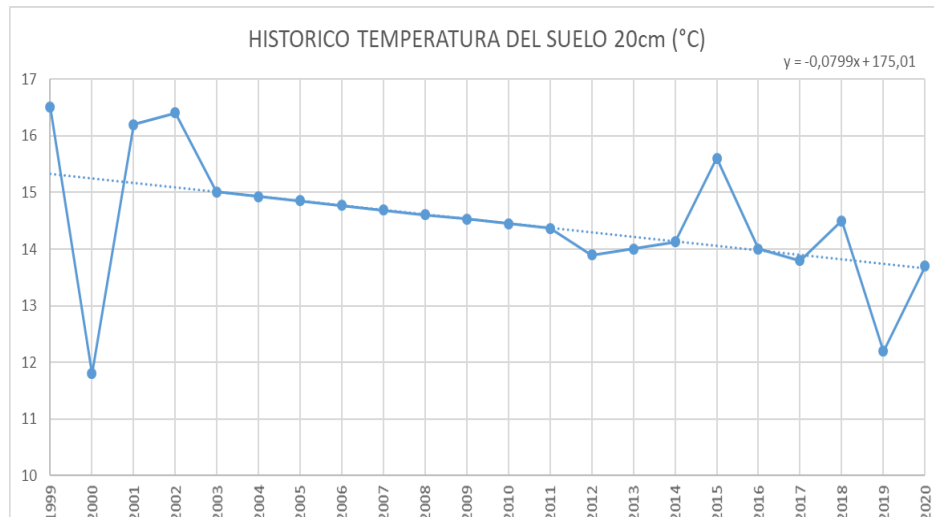
Tabla 15. Valores medios mensuales de temperatura del suelo 20 cm.

TEMPERATURA DEL SUELO 20cm, VALORES MEDIOS MENSUALES (°C)													
ESTACION	DOÑA JUANA												
	CODIGO 2120630												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1999	15,8	15,5	15,9	15,3	15	15,3	15,4	15	15,2	15	16,2	16,5	15,5
2000	17,3	16,3	16,6	15,3	14,5	16,1	15,3	14,8	15,3	16,2	16,2	11,8	15,5
2001	12,8	11,8	11,4	11,5	11,1	10,8	13,4	12,8	14,5	15,9	16,2	16,2	13,2
2002	17	17,4	17	15,5	15,1	13,6	14,2	12,3	14,9	15,3	14,3	16,4	15,3
2003	17,7	17,3	16,1	14,5	15	13,2	11,6	13,6	14,7	15,4	15,7	15	15,0
2004	15,8	15,9	15,1	14	14,1	13,5	13,5	13,4	13,6	15,3	15,5	14,9	14,6
2005	15,7	15,9	15,1	14	14,0	13,3	13,3	13,3	14,5	15,1	15,4	14,8	14,1
2006	15,5	16,8	14,4	12,7	13,2	12,8	12	12,2	14,4	15	15,2	14,8	14,1
2007	15,4	15,8	14,9	13,8	13,9	13	13	13	14,3	14,9	15,1	14,7	14,3
2008	15,3	15,8	14,9	13,7	13,8	12,9	12,8	12,8	14,1	14,8	15	14,6	14,2
2009	15,2	15,7	14,8	13,7	13,7	12,7	12,6	12,7	14	14,6	14,8	14,5	14,1
2010	15,1	15,7	14,8	13,6	13,7	12,5	12,4	12,6	13,9	14,5	14,7	14,4	14,0
2011	15	15,7	14,7	13,5	13,6	12,4	12,3	12,4	13,8	14,4	14,5	14,4	13,9
2012	14,9	15,6	13,8	12,5	13,4	13,1	12,4	12,4	12,1	13,7	14,7	13,9	13,5
2013	14,8	15,6	14,6	13,3	13,5	12,1	11,9	12,1	16,3	14,5	14,6	14	13,9
2014	16	18,5	16,7	15,8	14,7	13,4	12,7	12,8	14,2	15,3	15,7	14,1	15,0
2015	16	14,7	15,2	13,5	14,6	12,3	12	12,4	14	15,4	15	15,6	14,2
2016	16,4	15,5	14,4	13,1	13,3	12,5	12,8	13,2	13,1	14,8	13,5	14	13,9
2017	14	16,4	13,8	13,4	13,9	13,6	12,3	12,8	14,3	14,2	13,4	13,8	13,8
2018	11,8	15	13,3	10,8	10,4	9,1	10,2	10,3	12,1	13,4	13,9	14,5	12,1
2019	12,7	14	14	13,2	13,5	8,7	8,4	8,5	10,2	11,3	12,3	12,2	11,6
2020	14,3	14	14,5	13,2	12,5	11,3	11,3	11,4	12,8	12	11,9	13,7	12,7

Fuente: Autores.



Grafica 9. Histórico temperatura del suelo 20 cm.



Fuente: Autores.

### 3.1.2.9. Velocidad Y Dirección Del Viento.

La dirección del viento es aquella de donde sopla. Se expresa en grados, contados a partir del norte geográfico, en el sentido de las manecillas del reloj. Las distintas direcciones del viento están referidas a la rosa de los vientos que señala los puntos cardinales. En las estaciones climatológicas se observa la dirección del viento refiriéndola a una rosa de 8 direcciones.

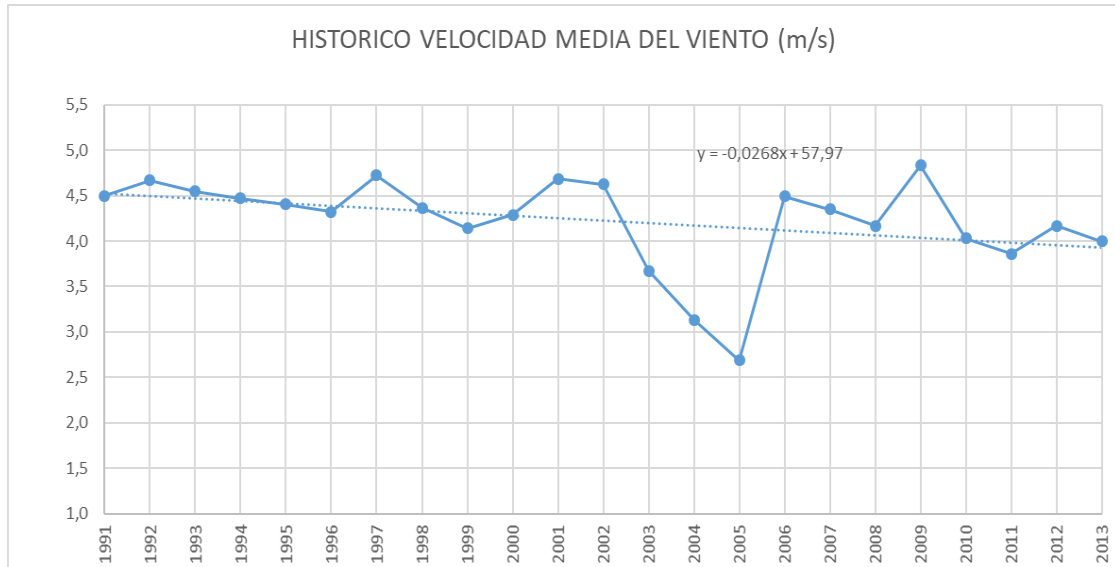
La velocidad, es decir la distancia recorrida por una partícula de aire en la unidad de tiempo, se expresa en metros por segundo (m/s) o kilómetros por hora (Km/h) Existen varios instrumentos para medir y registrar la dirección y velocidad del viento en superficie sin embargo el más utilizado es el anemómetro o anemógrafo.

Tabla 16. Valores medios mensuales de velocidad y dirección del viento.

VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO, VALORES MEDIOS MENSUALES (m/s)													
ESTACION	DOÑA JUANA												
	CODIGO 2120630												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1991	3,9	4,8	3,2	4,9	4,5	5,3	4,6	5,5	4,5	5,3	3,5	4	4,5
1992	4,6	4,5	4,4	4,2	4,5	5,6	5,8	5,4	4,6	4,9	3,2	4,3	4,7
1993	4,3	4,1	4	4,5	4,5	5	5,2	5,2	4,9	4,7	3,5	4,8	4,6
1994	4	4,7	4,3	4,6	4,6	4,5	5,4	4,9	4,4	3,8	4	4,4	4,5
1995	4,9	4,5	4	4,2	4,5	4,8	4,7	4	5,2	4,4	3,5	4,1	4,4
1996	4,3	4,1	4,1	4,3	4,4	4,6	4,6	4,8	5,1	3,9	3,4	4,3	4,3
1997	3	4,6	4,8	4,9	5,3	4,5	5,7	5	4,9	4,4	4,8	4,8	4,7
1998	5,4	4,3	4,5	4,3	3	4,9	4,4	5,2	4,4	4,2	4	3,8	4,4
1999	4	3,8	4	3,7	4,5	4,4	5	4,6	4	4,2	3,4	4,1	4,1
2000	3,6	4,1	4,1	4,4	4,3	4,5	4,5	4,7	3,8	4,7	4,1	4,7	4,3
2001	4,5	5,1	4	4,6	4,6	5,3	5,1	5,5	4,5	4,9	4	4,1	4,7
2002	4,7	4,7	4,8	4	4,5	5,4	5	5	4,4	4,7	4,2	4,2	4,6
2003	5,5	4	3,8	3,9	5	4,9	5,4	1,8	1,9	1,9	2	4,0	3,7
2004	4,2	1,9	1,8	3,8	4,5	4,9	4,9	4,2	1,9	1,8	1,9	1,8	3,1
2005	1,8	1,7	1,7	1,8	4,5	4,9	4,8	1,9	1,8	1,8	1,7	3,9	2,7
2006	4,3	4,8	6,4	3,7	4,5	3,8	4,8	4,4	4,8	3,9	4,2	4,3	4,5
2007	5,2	4,8	4,7	3,9	4,2	4,8	4,8	4,2	4,4	3,7	3,2	4,4	4,4
2008	4,3	4,3	4,3	4,1	4,1	4,6	4,8	4,4	4,8	4,1	2,8	3,4	4,2
2009	4,2	4,5	4,2	4,3	4,8	7		4,6	5,2	5,1	4,1	5,2	4,8
2010	4,7	4,7	4,9	4	3,8	4,4	4,3	4,5	3,5	3,6	2,8	3,2	4,0
2011	3,9	3,6	3,7	3,1	4,4	4,3	4,3	4,5	4,8	3,4	3	3,3	3,9
2012	3,8	3,9	4,5	3,2	5,1	4,7	4,8	3,9	4,9	3,8	3,5	3,9	4,2
2013	4,5	4	4,2	3,3	4,5	4,8	4,6	3,7	3,9	3,1	3,4	4	4,0

Fuente: Autores.

Grafica 10. Histórico velocidad media del viento m/s.



Fuente: Autores.

La velocidad del viento ha venido disminuyendo con el paso de los años con un valor del 2.6% aproximadamente, esto se atribuye a dos factores principalmente, al cambio climático que cada vez es más evidente y la repoblación forestal, zonas plantadas más abundantes y más altas aumentan la 'rugosidad de la superficie' terrestre, absorbiendo algo de la energía del viento y reduciéndola.

### 3.1.3. Principales Problemas Causados Por Fenómenos Meteorológicos.

Dada su localización geográfica, Colombia recibe la influencia directa de los procesos que se suscitan en el sistema acoplado océano-atmósfera del Pacífico tropical, asociados al Ciclo ENOS. Se ha podido establecer claramente que la intensidad de los fenómenos El Niño y La Niña está en función directa con la magnitud de las anomalías registradas en la temperatura superficial y subsuperficial del océano y con el área cubierta por las mismas. La influencia de dicha intensidad no es lineal y puede ser diferente de la magnitud del efecto climático y del impacto producido por los fenómenos en las actividades humanas, como bien se observó en el evento intenso de El Niño 1982-83. El efecto climático depende de la época del año en que se presentan los fenómenos y el impacto socioeconómico está más relacionado con la vulnerabilidad de las diferentes regiones del país y de los sectores de la actividad nacional.





Las alteraciones que se producen en el régimen de lluvias derivadas de los fenómenos El Niño y La Niña han sido causa de sequías extremas y lluvias extraordinarias en diferentes regiones del país, ocasionando un efecto negativo sobre el medio físico natural y un impacto social y económico de grandes proporciones. En términos generales se ha podido identificar que cuando se presenta el fenómeno El Niño hay una clara tendencia hacia la disminución generalizada de los volúmenes de precipitación, particularmente en las regiones Andina y Caribe. En marcado contraste con la situación anterior, las lluvias son más abundantes de lo tradicional en el sur de la región Pacífica, el suroccidente de la Amazonia colombiana y en algunas áreas del piedemonte llanero (Montealegre, 2007). Durante el fenómeno El Niño, debido a la reducción de la precipitación y al aumento de la evaporación y la evapotranspiración, se produce una disminución de la disponibilidad hídrica en las diferentes regiones hidrográficas del país. (Rivera & Pabón, 1993; Poveda, 1994). El déficit en los rendimientos hídricos reduce considerablemente la oferta natural de agua para el abastecimiento de la población, la generación energía, los sistemas de riego para la agricultura y la navegación, entre otros.

El análisis de la fase fría (La Niña) permite establecer que el efecto climático se traduce en los excedentes de agua lluvia que se registran durante gran parte del periodo de permanencia del evento, en las regiones Andina, Caribe y Pacífica (Montealegre y Pabón, 1998a). De la misma forma, se ha comprobado que el efecto de estos fenómenos sobre los regímenes de lluvia y temperatura del aire en el país, son muy significativos durante el tercero y cuarto trimestres del primer año y el primer trimestre del segundo año. El mayor efecto climático, tanto para los eventos El Niño como para la Niña, ocurre durante el primer trimestre del segundo año, el cual es muchas veces coincidente con la fase madura de los eventos, es decir, cuando se presentan las mayores anomalías en el océano y la atmósfera del Pacífico tropical (Montealegre, 2007).

#### **3.1.3.1. Impactos Negativos Asociados Al Fenómeno El Niño.**

Con el paso del tiempo has sido más evidentes los principales problemas que son generados a raíz del aumento de temperatura en la zona de estudio que es causado por este fenómeno y que en afectan de manera directa tanto a la sociedad como al ecosistema natural:

1. Variaciones en el rendimiento de algunos cultivos.
2. Disminución del caudal de los ríos.



3. Incremento en el riesgo de incendios forestales.
4. Disponibilidad de agua, tanto para riego, consumo animal y humano.
5. Sequias y pérdida de la capa vegetal.
6. Erosión del suelo.
7. Cambio de uso del suelo.
8. Reducción de Fauna y Flora
9. Reducción del nivel útil de los embalses para producir energía.
10. Aumento en el número de enfermedades por restricción de agua potable.

### **3.1.3.2. Impactos Negativos Fenómeno La Niña.**

Este fenómeno es el que a lo largo de la historia más ha causado problemas en la sociedad que habita en la cuenca ya que ha traído consigo un sinnúmero de desastres, que han ocasionado pérdidas de gran magnitud en cuestión socioeconómica y ambiental:

1. Incremento en las precipitaciones con valores superiores 100% del promedio de la época.
2. Incremento de la humedad relativa.
3. Inundaciones.
4. Crecientes súbitas y desbordamiento de los cauces.
5. Avenidas torrenciales
6. Deslizamientos del suelo erosionado.
7. Tormentas eléctricas.
8. Vendavales.
9. Reactivación de riesgos asociados a movimientos en masa sobre zonas de mayor pendiente.

### **3.1.4. Identificación De Zonas Afectadas.**

Teniendo en cuenta la información recopilada es correcto afirmar que debido al aumento en la variable de precipitación en los últimos años y a las altas pendientes que se tienen en el sector, en su mayoría del 6 al 13%, al momento de presentarse un fenómeno de la niña se podrían presentar precipitaciones que generen rebosamiento de los cauces e incluso avenidas torrenciales, ya que Bogotá cuenta con 70 cuencas que son susceptibles a este tipo de eventos, todo esto evidenciado en las plataformas del IDIGER y la Hemeroteca de Emergencias permiten informarse sobre estos eventos.



Ilustración 14. Idiger.



Fuente: <https://www.idiger.gov.co/>

Ilustración 15. Resultados de registros.

Se encontraron **143** reportes registrados

Barrio	Upz	Dirección
DANUBIO AZUL	56 - DANUBIO	KR 3D 54 SUR 17
N.N	61 - CIUDAD USME	CL 136C SUR 13 34
LOS SOCHES	52 - LA FLORA	KR 15 ESTE 89B SUR 2
PORTAL	59 - ALFONSO LOPEZ	DG 98A SUR 7C ESTE 1
ARRAYANES I	52 - LA FLORA	CL 90 SUR 22 ESTE 51
TIGUAQUE	52 - LA FLORA	KR 20A ESTE 92 SUR 3
VILLA DIANA	52 - LA FLORA	CL 88G SUR 13 ESTE 1
VILLA DIANA	52 - LA FLORA	CL 88G SUR 12H ESTE
EL MORTIÑO	58 - COMUNEROS	DG 99 SUR 6 07
PLAZA	58 - COMUNEROS	KR 14A BIS 90 SUR 25
EL REFUGIO II	59 - ALFONSO LOPEZ	KR 10 ESTE 107 SUR 7

Fuente: <https://www.idiger.gov.co/>

Ilustración 16. Parámetros de consulta.

Parámetros de Consulta

Tipo de Evento:

Fecha Inicial:

Fecha Final:

Localidad:

Fuente: <https://www.idiger.gov.co/>

Ilustración 17. Resultados de parámetros de consulta.

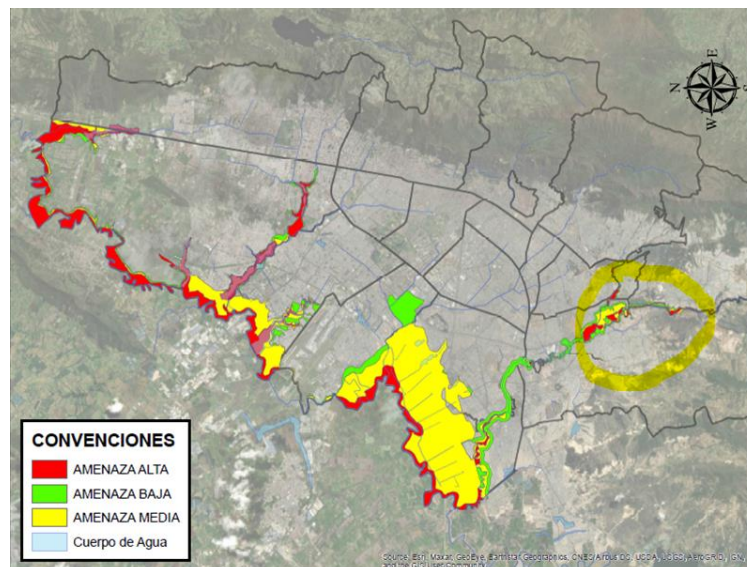
Se encontraron 767 reportes registra

Localidad	Barrio	Upz	
5 Usme	A.S.D.	52 - LA FLORA	CL 91C SUR
5 Usme	CHAPINERITO	57 - GRAN YOMASA	CL 87D SUR
5 Usme	CHAPINERITO	57 - GRAN YOMASA	CL 87D SUR
5 Usme	CHAPINERITO	57 - GRAN YOMASA	CL 87B SUR
5 Usme	CHAPINERITO	57 - GRAN YOMASA	KR 7C ESTE
5 Usme	BELLA VISTA	58 - COMUNEROS	CL 87B SUR
5 Usme	BULEVAR SUR	57 - GRAN YOMASA	CL 81A SUR
5 Usme	SAN GERMAN II	52 - LA FLORA	KR 11F ESTI
5 Usme	GRANJAS DE SAN PEDRO	57 - GRAN YOMASA	KR 10 74 SU

Fuente: <https://www.idiger.gov.co/>

La localidad de Usme tiene población rural y urbana, ambas situadas alrededor del río Tunjuelito, que al desbordarse por el exceso de precipitación en el sector genera inundaciones y afectaciones en sectores de amenaza alta como el sector de los barrios Santa Marta, El Danubio, o como es el caso de la Vereda Curubital, afectada por la erosión y desbordamiento que se presenta aguas arriba, como en otros casos por el contrario se han visto afectados por los incendios forestales que han sido frecuentes en la extensa vegetación que existe en la zona.

Ilustración 18. Localidad de Usme.



Fuente: <https://www.idiger.gov.co/documents/20182/316391/AmenInundacionUrb.png/dad9abbb-d33e-4b9c-85c4-11a0b2b79f28?t=1614094629317>



### 3.1.5. Análisis de estrategias.

Una vez estudiado la zona y los problemas que pueden ser generados por los diferentes fenómenos se pueden establecer cierto tipo de medidas que las autoridades locales deberían implementar como mínimo en sus diferentes planes de riesgo de atención para desastres que podrían ayudar al momento de presentarse una emergencia en sitios donde la población es vulnerable.

#### 3.1.5.1. Prevención.

- Es necesario realizar actividades con campañas de preparación que permitan a la comunidad observar cuales son las consecuencias y efectos negativos que pueden afectarla, y las diferentes medidas que han sido tomadas en todo el mundo con el fin estar mejor capacitados para contrarrestar los efectos de este tipo de fenómenos.
- Participar en actividades de información y educación pública sobre el uso racional del agua y la prevención de los riesgos a los que se está expuesto, tal como lo son el desabastecimiento del líquido y las enfermedades que podrían afectar la población en general.
- Incentivar la asistencia técnica en la formulación de los Planes de Emergencia y Contingencia para los prestadores de acueducto, alcantarillado y aseo.
- Campañas de ahorro y uso eficiente del agua, consolidación de información de posibles fuentes de abastecimiento y el uso sostenible de las aguas subterráneas y aprobación de proyectos que mitiguen el riesgo por desabastecimiento de agua potable.
- Adquisición de equipos, suministros e insecticidas, para prevención y control de vectores (Transmisores de enfermedades).
- Gestionar con las entidades públicas como el IDIGER los suficientes recursos financieros que permitan facilitar la implementación de medidas de mitigación.
- Potencializar los instrumentos de protección financiera (Fondos Territoriales) que en caso de ocurrencia del evento permitan a los afectados soportar, recuperar, indemnizar y, o reconstruir de manera rápida y económica las pérdidas.
- Compra o alquiler de carro tanques, motobombas, plantas de potabilización y demás herramientas que permitan estar preparados al momento de atender requerimientos urgentes.



- Planificar turnos de riego y uso del agua para que todos tengan acceso al recurso.
- Adquisición de kits alimentarios, colchones o colchonetas, hamacas, kits de aseo, kits de cocina.
- Fortalecer el sistema de monitoreo y de alertas tempranas del IDEAM.
- Identificación y promoción de medidas de reducción de la vulnerabilidad para edificaciones en zona de riesgo por fenómenos hidrometeorológicos.
- Formulación e implementación de protocolos nacionales y territoriales para la respuesta frente a temporadas de fenómenos climáticos.
- Identificación de las zonas anteriormente afectadas por inundaciones, desbordamientos y deslizamientos.

#### **3.1.5.2. Mitigación.**

- Ampliar, mejorar o construir reservorios preferiblemente cubiertos que tengan la suficiente capacidad de almacenamiento para suplir la necesidad del recurso cuando se presenten sequías.
- Implementación de planes de producción de lluvias artificiales que eviten los efectos negativos que genera el fenómeno.
- Diseño y construcción de redes de acueducto que suministren el agua a las zonas más dispersas y con poca cobertura para suplir el desabastecimiento del agua.
- Verificar y optimizar el estado de operación de las estaciones de bombeo para garantizar el suministro de agua en situaciones de emergencia.
- Desarrollo de planes de contingencia que reduzcan la afectación en la población vulnerable.
- Capacitación y entrenamiento para integrantes de los Cuerpos de Bomberos de Colombia mediante Cursos de Bomberos Forestales.
- Construcción, mantenimiento y optimización de los canales de aguas lluvias para un para evitar rebosamiento y desbordes de los causes.
- Limpieza y optimización de los cauces entre los humedales y los ríos principales.
- Construcción de obras de drenaje, box culverts, sifones y similares.
- Realizar las obras necesarias para aumentar la capacidad de transporte de caños y ciénagas, que sirven como amortiguadores de las crecientes en partes medias y bajas de los grandes ríos.



- Construcción de obras de protección de laderas (Geo-textiles, Jarillones), y verificar que las obras existentes estén en óptimas condiciones de operación.
- Construcción de estaciones hidrometeorológicas que permitan un mayor control y vigilancia en la variabilidad climática que permitan realizar mejores predicciones climáticas y estar mejor preparados para los efectos negativos que estos conllevan.

### 3.2. HERRAMIENTAS UTILIZADAS

SOFTWARE	DESCRIPCIÓN	INTERFACE
Hemeroteca	Se empleo la investigación y mucha información para la ejecución del proyecto.	
ArcGis 10.1	Se empleo para obtener la subcuenca, niveles del terreno, medidas de área y perímetro.	
Autocad	Se empleo para diseñar los planos donde sera ubicado el proyecto	
Google Maps	Se empleo la localización del proyecto y la localidad de Usme.	
Excel	Se empleo los cálculos de balances para obtener resultados de graficas.	





#### 4. ANALISIS DE RESULTADOS

Después de analizar los datos recopilados es importante darse cuenta que hay un gran impacto que es generado en la cuenca debido a los diferentes escenarios que traen consigo los diferentes fenómenos de variabilidad climática, ya que en los últimos años en los cuales se presentaron los fenómenos de La Niña y El Niño se registraron los valores históricos más altos y más bajos de las diferentes variables meteorológicas en el siglo XXI, por lo que se hace realmente necesario enfocarse en preparar la sociedad para afrontar los cambios que estos puedan generar.

Respecto al brillo solar se observa en la información esta variable climatológica en los últimos años ha tenido un comportamiento muy variable, alcanzando en el año 2013 los valores máximos históricos de 187.5 Hr y en el 2018 los valores mínimos registrados con un valor de 103 Hr, lo que corrobora lo evidenciado en la línea de tendencia que permite tener una aproximación del comportamiento futuro de la variable y que indica que la misma ha ido disminuyendo con el paso de los años con una pendiente del 18% aproximadamente, esto es causado por el fenómeno de la Niña que genera la disminución de la variable a lo amplio del territorio nacional debido al aumento de la nubosidad y las precipitaciones, esto teniendo en cuenta que el relieve de la zona está compuesto en su mayoría por cerros altos que disminuyen esta variable mientras cubren grandes superficies.

Teniendo en cuenta la tendencia que ha tenido la temperatura a lo largo de los últimos años, es correcto afirmar que hay un calentamiento global que crece de manera acelerada, estos cambios en la temperatura son causados por que la mitad de la luz que llega a la atmósfera de la Tierra pasa a través del aire y las nubes hasta la superficie, donde se absorbe y luego se irradia hacia arriba en forma de calor y este es absorbido por los diferentes gases de efecto invernadero que han venido en aumento y no permiten la liberación de esta energía, alterando los ecosistemas, la fauna y la flora, generando largos periodos de sequias, alterando el comportamiento natural de los suelos y su composición, esto es causante de varios desastres ocasionados por los deslizamiento en la zona sin contar la alteración que hay en el sector debido a la explotación ilegal de material de cantera.

La humedad relativa ha presentado un gran incremento con el paso de los años, esto tiene mucho que ver con el comportamiento que ha tenido la temperatura y su aumento a causa del calentamiento global, que generan que haya una mayor cantidad de agua en el ambiente, esto indica que esta variable presenta un crecimiento bastante importante y será más notorio en el futuro, con una pendiente de 30% es una de las variables que más ha presentado incremento



con el paso del tiempo, toda vez que cada vez serán más evidentes los impactos causados el cambio climático.

Analizando las gráficas la precipitación ha incrementado en los últimos años su tendencia, y actualmente en el país se está viviendo una época invernal asociada al fenómeno de La Niña que al parecer será el más fuerte y más extenso registrado en la última década, esta variable está asociada a los principales desastres naturales y posibles amenazas por su intensidad y duración y si a eso le sumamos que los valores de evaporación dan una evidencia del comportamiento de esta variable en los últimos años, que indica que cada vez hay más presencia de agua en el suelo toda vez que la misma no se está evaporando con la misma intensidad, esto genera que la oferta hídrica se vea incrementada, y teniendo en cuenta la pendiente y la información geomorfológica de la cuenca es necesario enfatizar en controlar y evitar cualquier tipo de amenaza que se pueda presentar al momento de precipitaciones excesivas siendo esta la variable más importante a tener en cuenta.

Al analizar el histórico de la radiación solar se evidencia un aumento importante en la cantidad de energía recibida por parte de la estrella madre, esto genera la variabilidad climática en la zona, ya que puede generar cambios de temperatura poco predecibles generando afectaciones de todo tipo en la zona, la geografía de la cuenca baja de Usme, es afectada por este aumento de radiación de manera más directa con respecto a otras zonas de la ciudad por su altitud, que como se puede observar en los modelos digitales la altura promedio es de 2800 m.s.n.m., por cada 1000 metros de incremento de la altitud, la radiación UV aumenta entre un 10% a un 12%. Las nubes pueden tener un impacto importante en la cantidad de radiación UV que recibe la superficie terrestre, impactando no solo en el ecosistema sino en la salud de los habitantes del sector.

Es apreciable la relación que tiene la temperatura del suelo con la profundidad, ya que entre más profundo se realiza la medición menor es la tendencia a reducir su valor, seguramente la precipitación influye en las capas superiores enfriando el suelo y reduciendo su temperatura con respecto a las capas un poco más profundas, estos cambios de temperatura son causados por la acumulación de agua dentro de las partículas del suelo, toda vez que con el paso del tiempo ha habido una disminución en los valores de evaporación aumentando la cantidad de agua presente, el nivel freático y la saturación del suelo, teniendo esto en cuenta es correcto afirmar que cuando ocurren eventos causados por los fenómenos de variabilidad climática se tienen 2 escenarios, el primero que en situaciones de precipitaciones extremas el suelo esta tan saturado que el volumen de agua que escurre es mucho mayor a los valores registrados anteriormente, todo esto puede concluir en avenidas torrenciales,



desbordamientos e inundaciones que son frecuentes debido a las altas pendientes y morfología de la cuenca, el otro escenario es que en tiempo de sequía, se drene tanto el suelo que su cambio de composición por el aumento de temperatura fisure y erosione el terreno dejando partículas separadas que puedan generar derrumbes y deslizamientos en la zona como ha sucedido con el paso de los años.

#### **4.1. ALTERNATIVAS**

Al tener la información del comportamiento climático en el sector, la información geomorfológica del terreno y conocimiento de las zonas que han sido frecuentemente afectadas por los comportamientos de las variables meteorológicas se pueden establecer algunas alternativas que permitan mitigar o prevenir posibles desastres que son ocasionados en su mayoría por las precipitaciones excesivas y los incendios forestales en esta zona que posee una gran cantidad de hectáreas boscosas, para lo cual se ilustran algunas de ellas que reducirían los impactos negativos en presencia de los fenómenos climatológicos cuando se presenten.

##### **4.1.1. Vereda Curubital Usme.**

La Vereda ubicada en la localidad de USME ha sido gravemente afectada por las inundaciones y desbordamientos de la quebrada Piedra Gorda, ya que esta zona presenta pendientes que oscilan entre el 9% y el 14% causando que se presenten estos problemas con frecuencia, está ubicada a unos cuantos kilómetros de la estación hidrológica DOÑA JUANA, lo que permite comprobar que la variabilidad climática en esta zona genera impactos severos sobre los cauces que atraviesan la ladera de la vereda, La construcción de jarillones o gaviones en este afluente se considera como principal medida de mitigación y prevención para futuras afectaciones que impiden el correcto desarrollo de las actividades en el sector, de igual manera es necesario hacer un replanteo y reconstrucción del acueducto y alcantarillado que ha sido afectado por las frecuentes lluvias generadas por el fenómeno de La Niña, y además han sido superado los niveles de agua estimados en su diseño por lo cual es necesario optimizarlo para evitar futuros desastres, su drenaje está en condiciones ineficientes lo que evita que el flujo del agua siga su curso y

se empoce, causando los rebosamientos del cauce que generar las principales afectaciones.

Es necesario construir un muro de contención aguas abajo de la quebrada para evitar los estragos de los deslizamientos ocasionados por los desbordamientos del cauce, que han desprendido más de 300m<sup>3</sup> de tierra y que sigue siendo zona con alto riesgo de derrumbe, es necesario reforzar las zonas más inestables del sector para poder prevenir futuros accidentes.

*Ilustración 19. Quebrada Piedra Gorda, en Usme.*



**Fuente:** <https://www.colombia.com/actualidad/nacionales/bogota-desbordamiento-quebrada-usme-286371>

*Ilustración 20. Vereda Curubital, en Usme.*



**Fuente:** <https://www.rcnradio.com/bogota/las-desoladoras-imagenes-que-dejaron-desbordamientos-y-deslizamientos-en-sur-de-bogota>

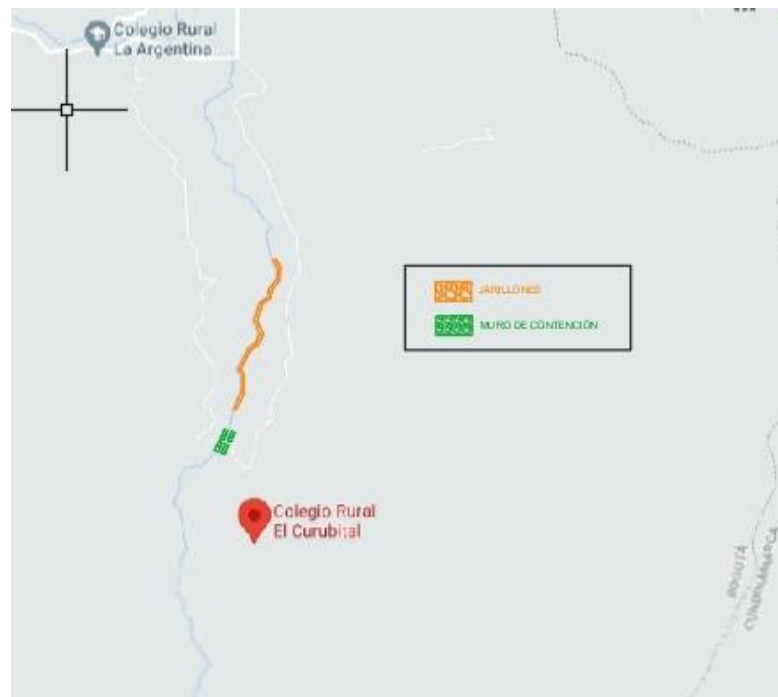


Ilustración 21. Jarillones como medida de mitigación.



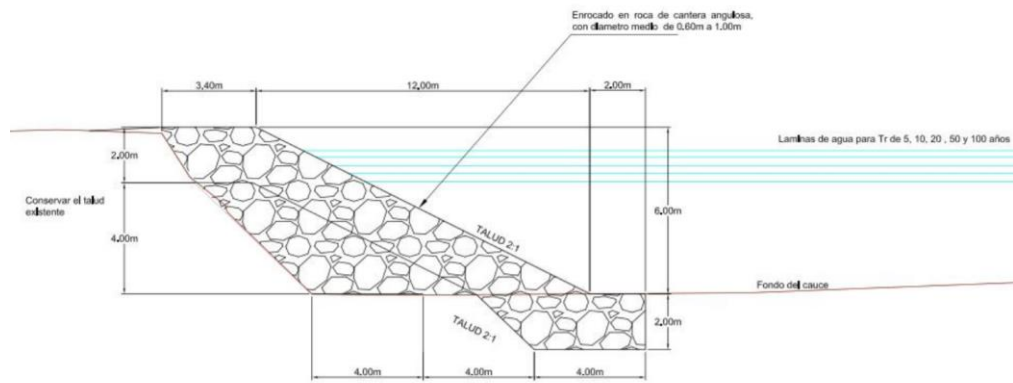
**Fuente:** <https://www.unisabana.edu.co/menu-superior-1/saladeprensa/noticias/detalle-de-noticias/noticia/el-conocimiento-y-la-experiencia-se-transmiten-la-sabana-ofrece-el-primer-curso-sobre-evaluacion-d/>

Ilustración 22. Ubicación del Jarillón.



**Fuente:** Autores.

Ilustración 23. Detalle de obra, Jarillón.



DETALLE DE OBRA PARA PREVENCIÓN DE LA SOCAVACION  
ESCOLLERA EN ENROCADO  
ESCALA 1:100

Fuente: Autores.

#### 4.1.2. Puente cuatro caminos, barrio Santa Marta, Usme.

El sector mencionado es aledaño a la quebrada La Olla del Ramo, zona que es afectada por la cantidad de desechos de basura y escombros que son arrojados al cauce aguas arriba además de la explotación de las canteras y zonas cercanas al afluente con metodologías poco técnicas, han generado represamiento y estancamiento de aguas que son las principales causantes de avenidas torrenciales cuando se presentan temporadas de lluvia, ya que la zona presenta una pendiente del 0,33 siendo catalogada como zona de alto riesgo.

Debido a esto es necesario reforzar este sector de la quebrada, los taludes existentes son improvisados y débiles, y al momento de las crecientes estos son erosionados y arrastrados por las corrientes generando taponamientos en las tuberías, causando incremento en los niveles de agua que generan inundaciones, es necesario construir nuevas obras de drenaje, y protección de las laderas de la quebrada, se debe impulsar la siembra de árboles en estas zonas, la reserva subterránea y constante de agua es liberada lenta y gradualmente por los árboles, ayudando así a evitar inundaciones y sequías estacionales. Sembrar árboles favorece el drenaje de los suelos y previene las inundaciones.



Ilustración 24. Vereda Curubital, en Usme.



Fuente: <https://www.rcnradio.com/bogota/las-desoladoras-imagenes-que-dejaron-desbordamientos-y-deslizamientos-en-sur-de-bogota>

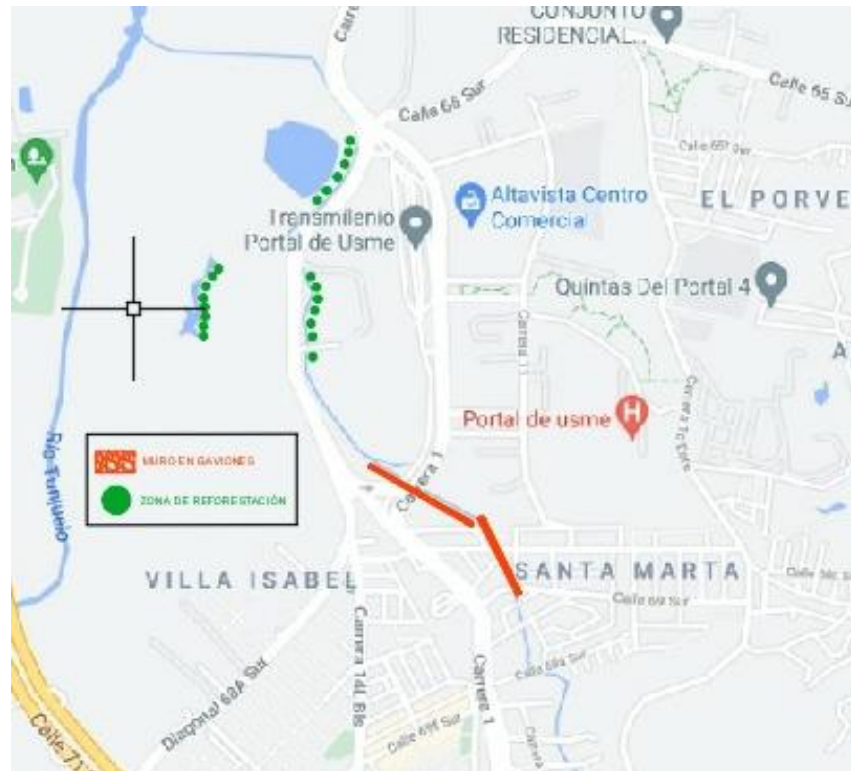
Ilustración 25. Gaviones en el Cauce.



Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Gavi%C3%B3n>

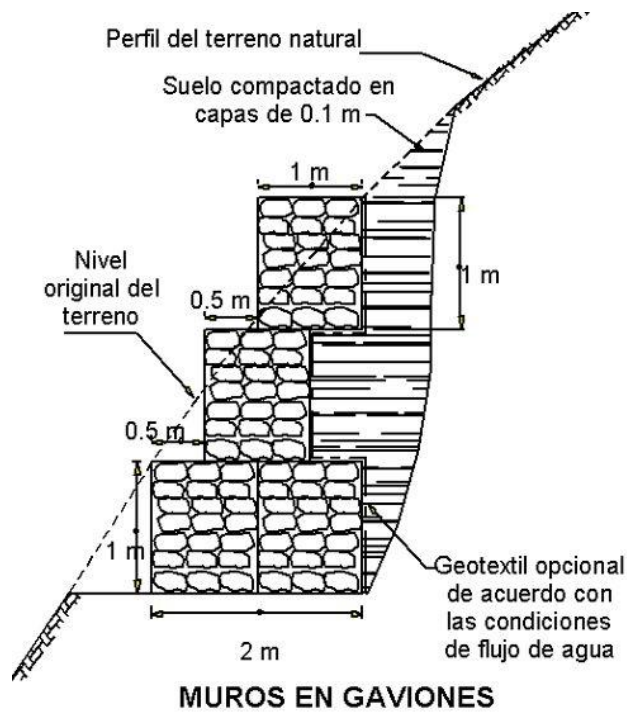


Ilustración 26. Ubicación de gaviones.



Fuente. Autores.

Ilustración 27. Detalle de muros en gaviones.



Fuente. <https://co.pinterest.com/pin/705024516643044610/>



#### 4.1.3. Embalse la Regadera.

Este embalse está ubicado en la cuenca media del río Tunjuelo y es uno de los principales afectados por los fenómenos de variabilidad climática, y en el cual se debe trabajar para mitigar los impactos que se presentan durante los mismos, cuando se presenta el fenómeno de La Niña el embalse se rebosa y vierte los excesos de agua al río lo que genera un aumento en el nivel de manera abrupta causando que las zonas cercanas al embalse se vean afectadas por los excesos de agua, adicionalmente al estar ubicado en zona de pendientes entre los 8% y 15% de inclinación genera que aguas abajo se creen corrientes de agua capaces de generar erosión y desprendimiento de las laderas del cauce, la cantidad de agua es tan excesiva cuando se presentan precipitaciones que no han podido ser controladas por los 3 embalses de amortiguación que han sido diseñados con anterioridad por el gobierno local, por otro lado cuando se presenta el fenómeno El Niño, los niveles del embalse se han visto tan afectados que incluso ha sido necesario racionar la dotación de agua en el sector y se han visto afectadas las personas que dependen del embalse para acceder al recurso, debido a esto se plantea la construcción de un reservorio de agua cubierto aguas abajo del embalse que permita controlar los excesos de agua en temporadas de lluvia ya que los embalses existentes aún no cubren la cantidad de agua necesaria para evitar posibles inconvenientes a futuro y al mismo tiempo aumenten las reservas del líquido en épocas de sequía, teniendo en cuenta que con el aumento de la temperatura evidenciado en las gráficas indica que en cualquier momento se puede presentar una temporada de sequía que obligue a racionar el recurso hídrico como ya ha sucedido en épocas anteriores.



*Ilustración 28. Embalse de la Regadera, Vía parque Natural del Sumapaz, Bogotá.*



**Fuente:** <https://mapio.net/pic/p-120794090/>

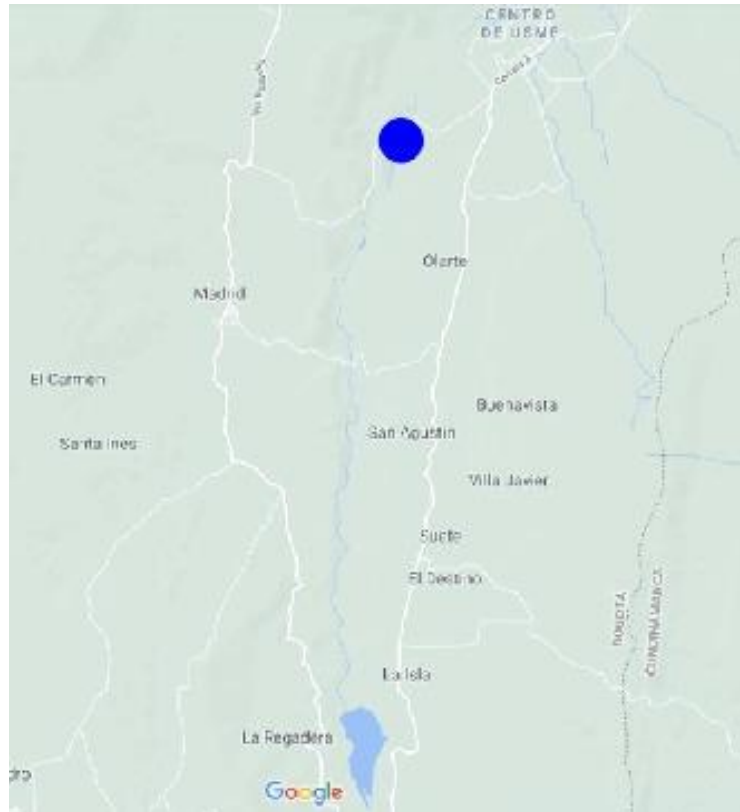
*Ilustración 29. Tipo de reservorio que se podría implementar.*



**Fuente:** <https://mapio.net/pic/p-120794090/>

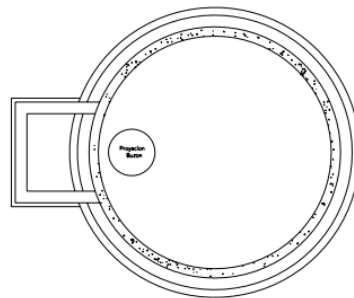


Ilustración 30. Ubicación del reservorio.

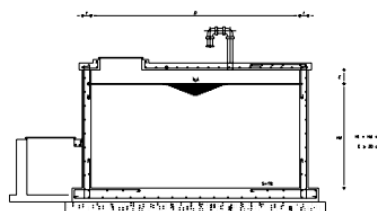


Fuente. Autores.

Ilustración 31. Detalle de reservorio.



PLANTA RESERVORIO V=10 m3



CORTE A-A

Fuente. Autores.



#### 4.1.4. Barrios entre nubes, ciudadela Bolonia, La Esperanza, Juan Rey, La Flora Y Brazuelos.

Son barrios urbanos que están ubicados cercanos a las zonas forestales y que se han visto afectados por los incendios que son frecuentes en épocas de sequía que son evidentes cuando se presenta el fenómeno El Niño, ya que está ubicada a una altura de casi 2650 m.s.n.m. motivo por el cual la radiación solar influye de manera más directa que en otros sectores ocasionando un incremento en el riesgo de incendio, debido a esto es necesario fortalecer los sistemas contra incendio y los recursos hídricos para control y mitigación de los mismos en estas zonas que han sido identificadas como vulnerables, fortalecer la adquisición de agentes extintores (agua, polvo, espuma, nieve carbónica), contenidos en extintores o conducidos por tuberías que los llevan hasta unos dispositivos (bocas de incendio, hidrantes, rociadores) que pueden funcionar manual o automáticamente y que permitan una reacción rápida al momento de presentarse una amenaza.

*Ilustración 32. Afectados por incendio, Localidad de Usme.*



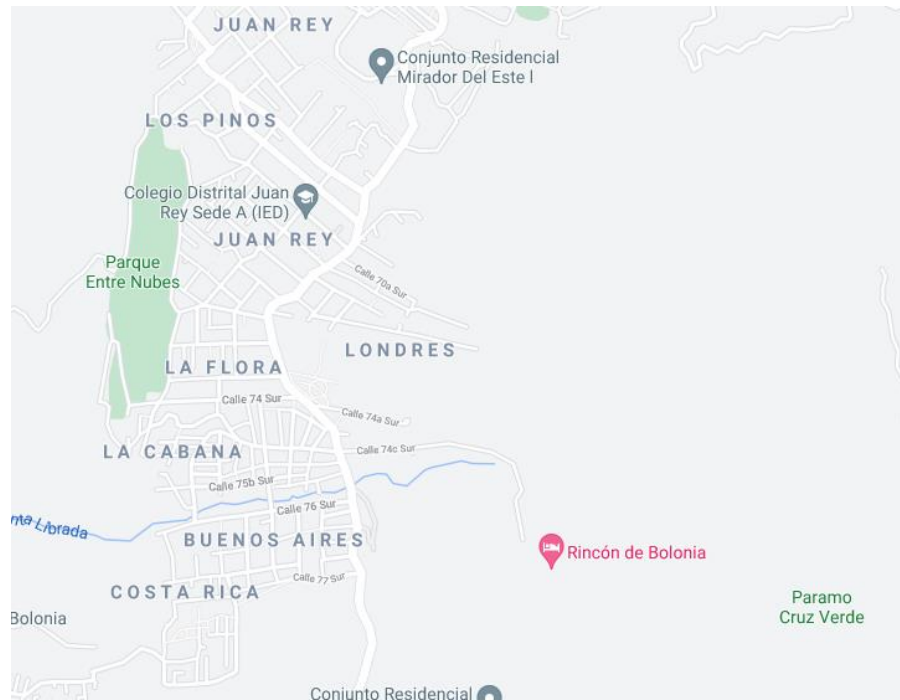
*Fuente:* <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/afectados-incendio-usme-sin-techo-galeria-593982/?page=1>

Ilustración 33. Afectados por incendio, Localidad de Usme.



Fuente: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/afectados-incendio-usme-sin-techo-galeria-593982/?page=1>

Ilustración 34. Barrios propensos a incendios forestales.



Fuente: Google Maps.

#### 4.1.5. Zona de canteras.

Entre los kilómetros 3 y 8 vía mochuelo es necesario implementar medidas rutinarias de dragado del río Tunjuelo en los sectores aguas abajo de donde se implementan actividades mineras, este sector ha sido afectado en su mayoría por la erosión y desprendimiento de partículas toda vez que al no tener capa vegetal gran parte de su área y la altitud en la que se ubica causa que los fenómenos de variabilidad climática en época de sequías generen el rompimiento y separación de grandes pedazos de tierra y sean arrojados hacia la parte baja de la montaña por acción del viento o del cauce cuando haya presencia de precipitaciones fuertes ya que toda el sector presenta pendientes superiores al 7%, adicionalmente este terreno ha sido expuesto a todo tipo de actividades que han generado alteraciones principalmente en el curso del río que ha ocasionado que el sistema amortiguador de los sistemas naturales y seminaturales se debilite ocasionando desbordamientos e inundaciones, todo este tramo es propenso por lo que se requiere una optimización y mejoramiento de las obras de contención existentes.

*Ilustración 35. Cantera, Localidad de Usme.*



**Fuente:** <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/localidades/usme/suspendidas-actividades-cinco-trituradoras-en-la-localidad-de-usme>



#### 4.1.6. Estaciones meteorológicas.

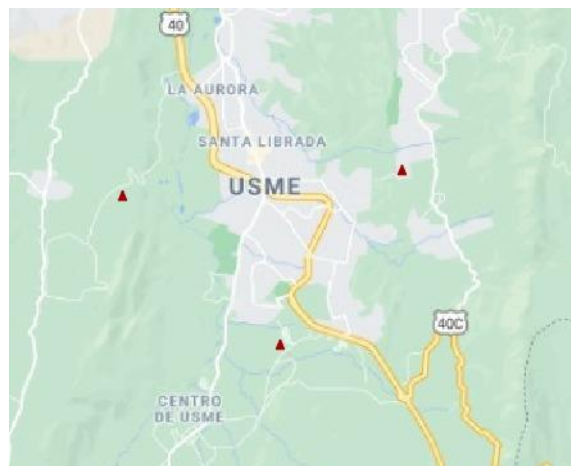
Es necesario construir y poner en funcionamiento al menos 2 estaciones meteorológicas principales, una a una altitud por encima de los 2900 m.s.n.m. y otra alrededor de los 2300 m.s.n.m. esto con el fin de poder complementar la información existente y tener un mejor análisis del comportamiento climático, y una mayor efectividad con la correlación de datos, las estaciones activas DOÑA JUANA 2120630 y USME HIDROLOGICA SAT 21207713 están a una altitud de 2663 y 2750 m.s.n.m. respectivamente. Es necesario comprender el comportamiento del clima en todo el territorio para poder ser más preciso a la hora de tomar decisiones, es indispensable tener información adecuada para saber con más precisión los requerimientos inmediatos o futuros que deban ser solucionados al momento de tener una emergencia.

*Ilustración 36. Estaciones meteorológicas.*



**Fuente:** <https://natura.org.co/estaciones-meteorologicas-hacen-mas-eficaz-monitoreo-climatico-santander/>

*Ilustración 37. Posible ubicación de las estaciones requeridas.*



**Fuente:** Google Maps



## 5. CONCLUSIONES

- La cuenca baja del río Tunjuelo es una zona de alto impacto climático es importante realizar controles y monitoreos constantes, su geografía y características geomorfológicas hacen que sea muy susceptible a los cambios en las diferentes variables meteorológicas, su relieve montañoso con promedio de 5% en sus pendientes lo hace propenso a desastres naturales cuando hay presencia de fenómeno de La Niña, aumentando de manera sustancial el volumen hídrico y caudal del río en épocas de lluvia, generando diversos problemas en la comunidad de la localidad, principalmente inundaciones en las zonas de ladera del río y erosión a lo largo del cauce que tienen afectada a la población y aún no se han adelantado actividades que reduzcan los riesgos y la vulnerabilidad en el sector.
- Las estructuras hidráulicas y obras de contención son las soluciones más adecuadas para la mayoría de los problemas que se presentan a raíz de la variabilidad climática por ello debemos hacer una mayor inversión en este tipo de proyectos y obras que disminuyan la vulnerabilidad en la comunidad cuando presentan épocas de sequía y desabastecimiento de agua que son comunes al momento de evidenciar presencia del fenómeno El Niño.
- El río Tunjuelo es una de los principales afluentes del río Bogotá y cuenta con muchos afluentes que hacen que tenga un caudal importante y que es necesario reforzar en temas hidráulicos, se deben seguir realizando estudios que permitan hacer un uso adecuado de sus propiedades y optimizar el potencial hídrico que brinda, toda vez que en la cuenca baja del río Tunjuelo hay muchas zonas de alta pendiente, y revisando los valores históricos de la zona, cada vez habrá más presencia de agua debido al aumento en la precipitación y en la disminución de la evaporación, lo que indica que si seguimos avanzando lentamente en temas de mitigación y prevención, lo más probable es que la zona se vea sorprendida por un evento que supere las especificaciones para las cuales fueron construidas las obras hidráulicas y de contención con anterioridad, y esto generaría un estado de emergencia que puede ser evitado si actuamos con celeridad y prontitud reduciendo la afectación tanto en la población como en el medio ambiente.
- Se requiere hacer énfasis en mejorar la comunicación del riesgo en torno al monitoreo y vigilancia de los factores que propician la ocurrencia de los



incendios y desbordamientos (temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento), y las actividades agrícolas cotidianas o criminales que pueden ocasionar conflagraciones. De igual forma, se debe promover a todos los niveles de gobierno, regímenes de regulación del riesgo que contemplen aspectos culturales, biofísicos y económicos.

- Se puede concluir que los eventos extremos en las diferentes condiciones que generan los fenómenos El Niño y La Niña afectan más del 50% del territorio en las regiones Caribe y Andina, y generan impactos significativos esto respaldado por diferentes estudios del IDEAM, teniendo en cuenta lo anterior y una vez analizadas las variables climatológicas en el sector es correcto afirmar que la variación en el parámetro de la precipitación es muy notorio y alcanza a tener impacto severo con respecto a lo que históricamente se debería presentar en la zona de estudio, por eso es el principal causante de los desastres ocasionados y las estrategias implementadas hacen énfasis en reducir su impacto y en controlar desbordamientos en las zonas comúnmente afectadas.



## 6. RECOMENDACIONES

Es necesario actuar de manera pronta y desarrollar un estudio integral que permita analizar y enfatizar en los diferentes escenarios de riesgo que se pueden presentar por la variabilidad climática y teniendo en cuenta el acelerado cambio que ha tenido el comportamiento climático ocasionado por el calentamiento global y sus posibles consecuencias, adicional a eso hay que tener en cuenta que por circunstancias políticas y de migración, en los sectores más vulnerables ha incrementado la densidad poblacional por lo tanto incrementando el número de posibles afectados en caso de algún evento indeseado.

Se debe fortalecer de manera urgente el sistema de alerta temprana que permita una mejor reacción ante cualquier circunstancia que perturbe la tranquilidad de la sociedad y el sistema de monitoreo del clima ya que uno de los principales problemas que se tiene en la cuenca baja del río Tunjuelo es la pequeña cantidad de estaciones meteorológicas hábiles, las existentes en su mayoría llevan inactivas desde el año 2006, y esto es algo gravísimo por lo tanto se requiere resolver la incertidumbre generada por la falta de estaciones de monitoreo y así lograr un mejor cubrimiento espacial, ya que son indispensables para tener un mayor control y eficacia sobre las predicciones y comportamientos de las diferentes variables climáticas que son las herramientas que permiten un mejor calculo y análisis de los posibles escenarios



## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. **IDIGER** - *Caracterización General del Escenario de Riesgo por Inundación - IDIGER 2016. Principales causas de inundación. [En línea] junio de 2016. [Citado el: 15 de septiembre de 2019.]* <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>.
2. **GLOSARIO - IDEAM. (s/f)**. Recuperado el 4 de junio de 2021, de Gov.co website: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>
3. **Fahn, J. (2019, abril 22)**. *Climate change: Investigating the story of the century. Recuperado el 4 de junio de 2021, de Gijn.org website: https://gijn.org/2019/04/22/investigating-the-story-of-the-century/.*
4. **Jackson, R. (s/f)**. *The effects of Climate Change. Recuperado el 4 de junio de 2021, de Nasa.gov website: https://climate.nasa.gov/effects/*
5. **IPCC — Intergovernmental Panel on Climate Change. (s/f)**. Recuperado el 4 de junio de 2021, de [ipcc.ch](https://www.ipcc.ch/) website: <https://www.ipcc.ch/>
6. **Epa, U. S., & ORD. (2014)**. *Climate change research. Recuperado de https://www.epa.gov/climate-research*
7. **Climate Science Investigations South Florida - causes of climate change. (s/f)**. Recuperado el 4 de junio de 2021, de [Fau.edu](http://www.ces.fau.edu/nasa/module-4/investigation-2.php) website: <http://www.ces.fau.edu/nasa/module-4/investigation-2.php>
8. **Concejo De Bogotá- Entre las Ciudades con Mayor Riesgo por el Cambio Climático-2015. [En línea] junio de 2015. [Citado el: 15 de septiembre de 2019.]** <http://concejodebogota.gov.co/bogota-entre-las-ciudades-con-mayor-riesgo-por-el-cambio-climatico/cbogota/2019-02-21/143027.php>.
9. **Banco Interamericano de Desarrollo - BID y Comisión Económica para América Latina y el Caribe - Cepa. 2012. Valoración de daños y pérdidas. Valoración de daños y pérdidas. [En línea] enero de 2012. [Citado el: 16 de septiembre de 2019.]** <https://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/47330/OlainvernalColombia2010-2011.pdf>.
10. **CÁRDENAS, Camilo. 2003. Bogotá cuenca del río Tunjuelito. Bogotá: s.n., 2003.**



11. **Dirección de prevención y atención de emergencias. 2015.** *Inundaciones en Bogotá. Bogotá: Dirección de prevención y atención de emergencias, 2015.*
12. **EL ESPECTADOR. 2017. EL ESPECTADOR. EL ESPECTADOR.** [En línea] 21 de noviembre de 2017. [Citado el: 17 de septiembre de 2019.] <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/en-riesgo-13-localidades-por-lluvias-articulo-724416>.
13. **EL TIEMPO. 2017. EL TIEMPO. EL TIEMPO.** [En línea] 13 de septiembre de 2019. [Citado el: 17 de septiembre de 2019.] <http://www.eltiempo.com/bogota/lluvias-de-la-noche-causaron-caidas-de-arboles-e-inundaciones-98362>.
14. **Empresa de acueducto de Bogotá. 2015.** *Modernizan redes de alcantarillado para frenar inundaciones en Tunjuelito. Bogotá: Empresa de acueducto de Bogotá, 2015.*
15. **IDIGER - Caracterización General del Escenario de Riesgo por Avenidas Torrenciales - IDIGER 2016. Principales causas de inundación.** [En línea] junio de 2016. [Citado el: 15 de septiembre de 2019.] <https://www.idiger.gov.co/riesgo-por-avenidas-torrenciales#3>.
16. **Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Primera comunicación nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá D.C.: Trade Link Ltda., 2001.** [Citado el: 15 de septiembre de 2019.] <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a10.pdf>.
17. **IDIGER. 2018.** *Caracterización general de escenario de riesgo por inundación. Bogotá: IDIGER, 2018.*
18. **Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).** “Cambio Climático 2007: La base científica física”. 2007. [Citado el: 15 de septiembre de 2019.]. <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>.
19. **INGENIERÍA CIVIL. 2017. Ingeniería civil. Ingeniería civil.** [En línea] enero de 2017. [Citado el: 18 de septiembre de 2019.] <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/02/historia-de-la-hidraulica.html>.





- 20. MARTINEZ ROJAS, Gabriel Orlando y VELANDIA SUAN, Juan Ernesto. 2017.** *Evaluación del funcionamiento hidráulico del alcantarillado pluvial del barrio Tunjuelito, según la variación de los niveles del río Tunjuelito, mediante swmm.* Bogotá: Universidad católica de Colombia, 2017.
- 21. MONROY DE JESÚS, Jordi. 2015.** *Hidrología superficial "la hidrología en la historia".* Oaxaca de Juárez: Instituto tecnológico de oaxaca, 2015.
- 22. RCN. 2016.** RCN. RCN. [En línea] 6 de abril de 2016. [Citado el: 18 de septiembre de 2019.] <https://www.rcnradio.com/bogota/desbordamiento-quebrada-ocasiono-inundaciones-ciudad-bolivar>.
- 23. SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE-SDA. 2013.** *Documento técnico de soporte-importancia ambiental de la cuenca media y baja del río Tunjuelito y afectación por polígonos de actividad minera.* Bogotá: s.n., 2013.
- 24. DPAE - 2006.** *Información general de la localidad de Tunjuelito.* [Citado el: 18 de septiembre de 2019.] [http://svrdpae8n1.sire.gov.co/portal/page/portal/fopae/localidades/tunjuelito/tunjuelito\\_info](http://svrdpae8n1.sire.gov.co/portal/page/portal/fopae/localidades/tunjuelito/tunjuelito_info)
- 25. Alcaldía de Bogotá. 2019.** *Plan de contingencia- 2019.* [Citado el: 19 de septiembre de 2019.] <https://www.sire.gov.co/documents/82884/384861/PC+temporada+de+lluvias+19.pdf>.
- 26. SIAC - 2010.** *Fenómenos del Niño y la Niña.* [Citado el: 19 de septiembre de 2019.] <http://www.siac.gov.co/ninoynina>.
- 27. Morales Alejandra - 2014.** *La Temperatura, 31 de mayo de 2014.* [Citado el: 19 de Septiembre de 2019.] <http://latemperaturogrupo.blogspot.com/2014/05/marco-teorico.html>
- 28. IDEAM - 2007.** *Fenómenos del Niño y la Niña. 31 de diciembre 2007.* [Citado el: 20 de septiembre de 2019.] <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/440517/Modelo+Institucional>





+El+Ni%C3%B1o++La+Ni%C3%B1a.pdf/232c8740-c6ee-4a73-a8f7-17e49c5edda0

**29. Instituto Meteorológico Nacional Fundado en 1888. ¿Qué es el Enos?**

[Citado el: 20 de septiembre de 2019.]

<https://www.imn.ac.cr/documents/10179/37774/1->

[Que+es+el+ENOS.pdf/df139b5d-6645-4c93-9606-085cf949e54b](https://www.imn.ac.cr/documents/10179/37774/1-Que+es+el+ENOS.pdf/df139b5d-6645-4c93-9606-085cf949e54b).

**30. GEOSPASTIAL. (2013). cálculo del tiempo de concentración. [Citado el:**

**22 de septiembre de 2019.]** [http://geospastialtrainings.com/recursos-](http://geospastialtrainings.com/recursos-gratuitos/calculo-del-tiempo-de-concentracion-segun-la-formulacion-de-temez/)

[gratuitos/calculo-del-tiempo-de-concentracion-segun-la-formulacion-de-temez/](http://geospastialtrainings.com/recursos-gratuitos/calculo-del-tiempo-de-concentracion-segun-la-formulacion-de-temez/)

**31. JOHNSTONE Y CROSS (1949). tiempos de concentración. [Citado el: 22**

**de septiembre de 2019.]**

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25640/39138>

**32. José Luis Useros Fernández (22 Noviembre 2012) , 1 Académico de**

**Número, Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid, Consejería de Sanidad de la Junta de Castilla y León, Valladolid.[Citado el: 20 de Octubre de 2019.]**

**33. Repositorio 2021. [online] Available at:**

[<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20564/Fenomeno\\_nino-2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y>](https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20564/Fenomeno_nino-2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

[Accessed 11 May 2021].

**34. Evaluación de la Gobernanza Del Riesgo en Colombia 9264860495,**

**9789264860490 - DOKUMEN.PUB. [online] Available at:**

[<https://dokumen.pub/evaluacion-de-la-gobernanza-del-riesgo-en-](https://dokumen.pub/evaluacion-de-la-gobernanza-del-riesgo-en-colombia-9264860495-9789264860490.html)

[colombia-9264860495-9789264860490.html>](https://dokumen.pub/evaluacion-de-la-gobernanza-del-riesgo-en-colombia-9264860495-9789264860490.html) [Accessed 11 May 2021].

**35. En Bogotá también puede haber cambio. 2021. ENTREVISTA. CANAL**

**CAPITAL. [online] Available at:**

[<https://riobogota1.wordpress.com/2014/10/18/entrevista-canal-capital/>](https://riobogota1.wordpress.com/2014/10/18/entrevista-canal-capital/)

[Accessed 11 May 2021].



*Milton Daniel Contreras*

---

**Milton Daniel Contreras Campo**  
Código:506763

*Jeisson Camilo Mujica Jiménez*

---

**Jeisson Camilo Mujica Jiménez**  
Código: 506373

---

**Ing. Andrés Camilo Salazar Sánchez**

FECHA 4 de junio del 2021