



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL RIESGO DE
CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POR LA ACTIVIDAD DEL
CULTIVO DE FLORA EN LA ZONA DE LA CUENCA DEL RIO TEUSACA
ENTRE LA CALERA Y LA DESEMBOCADURA AL RIO BOGOTA UTILIZANDO
LA METODOLOGIA DRASTIC**

CRISTIAN CAMILO UYABAN MATIZ CÓDIGO: 503554

CRISTIAN SANTIAGO BUITRAGO CRUZ CÓDIGO: 505893

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C,

2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL RIESGO DE
CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POR LA ACTIVIDAD DEL
CULTIVO DE FLORA EN LA ZONA DE LA CUENCA DEL RIO TEUSACA
ENTRE LA CALERA Y LA DESEMBOCADURA AL RIO BOGOTA UTILIZANDO
LA METODOLOGIA DRASTIC**

CRISTIAN CAMILO UYABAN MATIZ CÓDIGO: 503554

CRISTIAN SANTIAGO BUITRAGO CRUZ CÓDIGO: 505893

DOCENTE ASESOR:

**INGENIERO JESÚS ERNESTO TORRES QUINTERO
MAGISTER EN RECURSOS HÍDRICOS**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C,

2019



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A nuestros padres que confiaron y creyeron en nosotros.

Al ingeniero Jesús Ernesto Torres Quintero por ser guía y tutor en este proyecto.

A la Universidad Católica de Colombia quien nos ayudó con la solicitud de información y estuvo al tanto de nuestro desempeño para el desarrollo de este proyecto.

BOGOTÁ D.C.

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN..... | 15 |
| 1. GENERALIDADES..... | 16 |
| 1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN..... | 16 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 16 |
| 1.2.1 Antecedentes del problema..... | 17 |
| 1.2.2 Pregunta de investigación..... | 18 |
| 1.2.3 Problema a resolver..... | 18 |
| 1.2.4 Alcances y limitaciones..... | 19 |
| 1.2.4.1 Alcance..... | 19 |
| 1.2.4.2 Limitaciones..... | 20 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN..... | 20 |
| 1.4 OBJETIVOS..... | 21 |
| 1.4.1 Objetivo general..... | 21 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 21 |
| 2. MARCOS DE REFERENCIA..... | 22 |
| 2.1 MARCO CONCEPTUAL..... | 22 |
| 2.2 MARCO TEÓRICO..... | 24 |
| 2.2.1 Historia del agua subterránea..... | 24 |
| 2.2.2 Origen del agua subterránea..... | 25 |
| 2.2.3 Ciclo hidrológico..... | 26 |
| 2.2.4 Balance hídrico..... | 28 |
| 2.2.5 Clasificación de acuíferos..... | 29 |
| 2.2.6 Conflicto por el uso hídrico..... | 30 |
| 2.3 MARCO JURÍDICO..... | 31 |
| 2.3.1 Normatividad reglamentaria..... | 31 |
| 2.3.2 Normatividad ambiental..... | 33 |
| 2.3.3 The des guide to groundwater protection..... | 35 |
| 2.4 MARCO GEOGRÁFICO..... | 36 |
| 2.5 MARCO DEMOGRÁFICO..... | 37 |
| 2.6 ESTADO DEL ARTE..... | 40 |
| 3. METODOLOGÍA..... | 43 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.1 | FASES DEL PROYECTO..... | 43 |
| 3.1.1 | <i>Recopilación de información.....</i> | 43 |
| 3.1.2 | <i>Caracterización de la zona de estudio</i> | 43 |
| 3.1.3 | <i>Metodología DRASTIC.....</i> | 43 |
| 3.1.3.1 | D (profundidad):..... | 44 |
| 3.1.3.2 | R (recarga)..... | 45 |
| 3.1.3.3 | A (litología del acuífero) | 46 |
| 3.1.3.4 | S (naturaleza del suelo)..... | 47 |
| 3.1.3.5 | T (pendiente del terreno)..... | 48 |
| 3.1.3.6 | I (naturaleza de la zona no saturada)..... | 49 |
| 3.1.3.7 | C (permeabilidad)..... | 50 |
| 3.1.2 | <i>Ponderación método DRASTIC.....</i> | 51 |
| 3.2 | HERRAMIENTAS | 52 |
| 3.3 | ÁREA DE ESTUDIO | 53 |
| 4. | DESARROLLO DEL PROYECTO..... | 53 |
| 4.1 | CARACTERIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO..... | 53 |
| 4.1.1 | <i>Calculo de datos faltantes</i> | 54 |
| 4.1.1.1 | Método de correlación lineal | 55 |
| 4.1.1.2 | Método de regresión lineal y razón normal | 56 |
| 4.1.2 | <i>Estaciones hidrológicas.....</i> | 57 |
| 4.1.3 | <i>Precipitación</i> | 58 |
| 4.1.3.1 | Isoyetas | 62 |
| 4.1.4 | <i>Clima.....</i> | 64 |
| 4.1.5 | <i>Temperatura</i> | 64 |
| 4.1.5.1 | Isotermas | 65 |
| 4.1.6 | <i>Evaporación.....</i> | 68 |
| 4.1.7 | <i>Humedad relativa.....</i> | 69 |
| 4.1.8 | <i>Hidrología.....</i> | 71 |
| 4.1.8.1 | Área de estudio..... | 71 |
| 4.1.8.2 | Delimitaciones de la cuenca del rio Teusacá..... | 73 |
| 4.1.8.3 | Curva hipsométrica | 75 |
| 4.1.8.4 | Polígonos de thiessen..... | 78 |
| 4.1.8.5 | Cauces principales | 80 |
| 4.1.9 | <i>Morfometria de la cuenca</i> | 82 |
| 4.1.10 | <i>Geología.....</i> | 82 |
| 4.1.10.1 | Estructura geológica | 83 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.1.10.1.1 | Formación Chipaque..... | 83 |
| 4.1.10.1.2 | Formación arenisca dura..... | 84 |
| 4.1.10.1.3 | Formación plaeners..... | 84 |
| 4.1.10.1.4 | Formación labor y tierna..... | 84 |
| 4.1.10.1.5 | Formación guaduas..... | 84 |
| 4.1.10.1.6 | Formación arenisca del cacho..... | 85 |
| 4.1.10.1.7 | Formación Bogotá..... | 85 |
| 4.1.10.1.8 | Formación arenisca de la regadera..... | 85 |
| 4.1.11 | <i>Perfil rio Teusacá.....</i> | 87 |
| 4.1.12 | <i>Fisiografía.....</i> | 88 |
| 4.1.14 | <i>Conductividad hidráulica.....</i> | 92 |
| 4.2 | CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE LA METODOLOGÍA DRASTIC..... | 92 |
| 4.2.1 | <i>Profundidad del agua subterránea (D).....</i> | 92 |
| 4.2.2 | <i>Recarga neta (R).....</i> | 95 |
| 4.2.3 | <i>Litología y estructura del acuífero (A).....</i> | 98 |
| 4.2.4 | <i>Naturaleza del suelo (S).....</i> | 100 |
| 4.2.5 | <i>Pendiente del terreno (T).....</i> | 102 |
| 4.2.6 | <i>Naturaleza de la zona no saturada (I).....</i> | 104 |
| 4.2.7 | <i>Conductividad hidráulica (C).....</i> | 106 |
| 4.3 | VULNERABILIDAD INTRÍNSECA DRASTIC..... | 108 |
| 5. | CONCLUSIONES..... | 110 |
| 6. | RECOMENDACIONES..... | 112 |
| 7. | BIBLIOGRAFIA..... | 114 |
| 8. | ANEXOS..... | 119 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|------------|
| <i>Ilustración 1 Metodología conceptual.....</i> | <i>23</i> |
| <i>Ilustración 2 Ciclo del agua</i> | <i>27</i> |
| <i>Ilustración 3 esquema en perfil del suelo con condiciones de nivel freático</i> | <i>28</i> |
| <i>Ilustración 4 mapa cuenca de Teusacá</i> | <i>36</i> |
| <i>Ilustración 5 mapa de la Cuenca del rio Teusacá.....</i> | <i>37</i> |
| <i>Ilustración 6 población desagregada 2018.....</i> | <i>38</i> |
| <i>Ilustración 7 Población por sexo.....</i> | <i>39</i> |
| <i>Ilustración 8 Población étnica.....</i> | <i>39</i> |
| <i>Ilustración 10 zona de estudio.....</i> | <i>54</i> |
| <i>Ilustración 11 Precipitación estación san Luis 1 y 2.....</i> | <i>59</i> |
| <i>Ilustración 12 Precipitación estación Santa Teresa.....</i> | <i>60</i> |
| <i>Ilustración 13 Precipitación estación La Casita</i> | <i>61</i> |
| <i>Ilustración 14 Precipitación estación San Pedro.....</i> | <i>61</i> |
| <i>Ilustración 15 Isoyetas de la cuenca rio Teusacá.....</i> | <i>63</i> |
| <i>Ilustración 16 isotermas de la cuenca del rio Teusacá</i> | <i>67</i> |
| <i>Ilustración 17 Evaporación estación San Pedro.....</i> | <i>68</i> |
| <i>Ilustración 18 Evaporación estación San Luis 1 y 2.....</i> | <i>69</i> |
| <i>Ilustración 19 Humedad relativa estación San Pedro.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Ilustración 20 Humedad relativa estación San Luis 1 y 2.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Ilustración 21 Localización de la cuenca del rio Teusacá</i> | <i>73</i> |
| <i>Ilustración 22 Cuenca del rio Teusacá.....</i> | <i>74</i> |
| <i>Ilustración 23 mapa curvas hipsométricas.....</i> | <i>76</i> |
| <i>Ilustración 24 curvas hipsométricas</i> | <i>77</i> |
| <i>Ilustración 25 polígonos de thiessen</i> | <i>79</i> |
| <i>Ilustración 26 drenajes de la cuenca.....</i> | <i>81</i> |
| <i>Ilustración 27 Columna Estratigráfica Generalizada</i> | <i>86</i> |
| <i>Ilustración 28 perfil rio Teusacá.....</i> | <i>87</i> |
| <i>Ilustración 29 Ubicación de los pozos.....</i> | <i>90</i> |
| <i>Ilustración 30. Mapa de la profundidad del agua subterránea de la zona de estudio (D)</i> | <i>94</i> |
| <i>Ilustración 31 Mapa de la recarga del agua subterránea de la zona de estudio (R).....</i> | <i>97</i> |
| <i>Ilustración 32 Mapa de la litología y estructura del acuífero de la zona de estudio, (A).....</i> | <i>99</i> |
| <i>Ilustración 33 Mapa del tipo de suelo en la zona de estudio, (S)</i> | <i>101</i> |
| <i>Ilustración 34 Mapa de pendientes de la zona de estudio, (T).....</i> | <i>103</i> |
| <i>Ilustración 35 Mapa de la naturaleza y de las zonas no saturadas de la zona de estudio, (I).....</i> | <i>105</i> |

Ilustración 36 Mapa de conductividad hidráulica en la zona de estudio, (C)..... 107
Ilustración 37 Mapa de vulnerabilidad..... 109

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|------------|
| <i>Tabla 1 Valores parámetro D método DRASTIC.....</i> | <i>45</i> |
| <i>Tabla 2 Valores parámetro R método DRASTIC.....</i> | <i>46</i> |
| <i>Tabla 3 Valores parámetro A método DRASTIC.....</i> | <i>47</i> |
| <i>Tabla 4 formaciones geológicas.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Tabla 5 Valores parámetro S método DRASTIC.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Tabla 6 Valores parámetro T método DRASTIC.....</i> | <i>49</i> |
| <i>Tabla 7 Valores parámetro I método DRASTIC.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Tabla 8 Valores parámetro C método DRASTIC.....</i> | <i>51</i> |
| <i>Tabla 9 Factores de ponderación para el método DRASTIC.....</i> | <i>51</i> |
| <i>Tabla 10 vulnerabilidad del método DRASTIC.....</i> | <i>52</i> |
| <i>Tabla 11. Estaciones del cuenca del rio Teusacá.....</i> | <i>58</i> |
| <i>Tabla 12 Temperatura estación San Luis 1 y 2.....</i> | <i>64</i> |
| <i>Tabla 13 Temperatura estación Santa Teresa.....</i> | <i>65</i> |
| <i>Tabla 14 Temperatura estación La Casita.....</i> | <i>65</i> |
| <i>Tabla 15 Temperatura estación San Pedro.....</i> | <i>65</i> |
| <i>Tabla 16 Distribución territorial de la cuenca.....</i> | <i>72</i> |
| <i>Tabla 17 áreas acumuladas curva hipsométrica.....</i> | <i>77</i> |
| <i>Tabla 18 áreas de las estaciones.....</i> | <i>78</i> |
| <i>Tabla 19 parámetros morfométricos de la cuenca.....</i> | <i>82</i> |
| <i>Tabla 20 pozos municipio la Calera.....</i> | <i>89</i> |
| <i>Tabla 21 nivel estático de los pozos.....</i> | <i>91</i> |
| <i>Tabla 22 formaciones y usos presentes en la cuenca baja del río Teusaca.....</i> | <i>100</i> |
| <i>Tabla 23 Valores DRASTIC para la zona de estudio.....</i> | <i>108</i> |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| <i>Anexo 1 valores medios de caudales estación puente La Calera</i> | 119 |
| <i>Anexo 2 valores medios de caudales estación puente 2120989</i> | 120 |
| <i>Anexo 3 Valores medios de caudales estación 2120788</i> | 121 |
| <i>Anexo 4 Valores totales de precipitación estación 2120112</i> | 122 |
| <i>Anexo 5 Valores totales de precipitación estación 2120103</i> | 123 |
| <i>Anexo 6 Valores totales de precipitación estación 2120040</i> | 124 |
| <i>Anexo 7 Valores totales de precipitación estación 2120125</i> | 125 |
| <i>Anexo 8 Valores totales de precipitación estación 2120125 parte 2</i> | 126 |
| <i>Anexo 9 Valores totales de temperatura estación San pedro</i> | 127 |
| <i>Anexo 10 Valores totales de temperatura estación Suasuke</i> | 128 |
| <i>Anexo 11 Valores totales de temperatura estación El Verjon</i> | 129 |
| <i>Anexo 12 Valores totales de temperatura estación San Luis 1 y 2</i> | 130 |
| <i>Anexo 13 Información de los POZOS de la CAR</i> | 131 |
| <i>Anexo 14 Valores de evaporación media estación San pedro</i> | 132 |
| <i>Anexo 15 Valores de evaporación media estación San Luis 1 y 2</i> | 132 |
| <i>Anexo 16 Valores de humedad relativa estación San pedro</i> | 132 |
| <i>Anexo 17 Valores de humedad relativa estación San Luis 1 y 2</i> | 132 |
| <i>Anexo 18 Cartografía 228 I A</i> | 133 |
| <i>Anexo 19 Cartografía 228 I C</i> | 134 |
| <i>Anexo 20 Cartografía 228 III A</i> | 135 |
| <i>Anexo 21 Cartografía 228 III C</i> | 136 |
| <i>Anexo 22 Cartografía 247 I A</i> | 137 |
| <i>Anexo 23 Geología 228 I A</i> | 138 |
| <i>Anexo 24 Geología 228 III A</i> | 139 |
| <i>Anexo 25 Geología 228</i> | 140 |
| <i>Anexo 26 Hidrogeología cuenca baja del rio Teusacá</i> | 141 |
| <i>Anexo 27 Registro fotográfico</i> | 142 |
| <i>Anexo 28 Solicitud cartográfica de la Universidad Católica de Colombia</i> | 147 |
| <i>Anexo 29 Respuesta a petición cartográfica ministerio de defensa</i> | 148 |

RESUMEN

Para determinar la vulnerabilidad por contaminación de las aguas subterráneas de la cuenca del río Teusacá delimitada entre la calera y la desembocadura del río Teusacá en el río Bogotá, sector ubicado en Cundinamarca y afecta principalmente los municipios de la calera y sopo, se utilizó la metodología DRASTIC. La cual es un método de evaluación de vulnerabilidad de agua subterránea que involucra siete parámetros importantes. La profundidad del nivel de agua subterránea, la litología del acuífero, la recarga neta, la naturaleza del suelo, la pendiente del terreno, la naturaleza de la zona no saturada y la conductividad o permeabilidad.

La zona de estudio comprende una profundidad del nivel de agua de las aguas subterráneas de 15.1 m a 22.9 m en la mayoría de la superficie, la precipitación media del sector es de 847,98 mm al año, la temperatura de la zona es de 12,74 °C en promedio, la litología está conformada en su gran mayoría por arenisca masiva, el tipo de suelo correspondiente en la zona es de agregado arcilloso en la parte norte de la cuenca y el resto de la zona está conformado por arenisca y en unas pequeñas zonas por arena, las pendientes de la zona son mayores al 18%, excepto en las partes centrales que corresponden a la zona del río del Teusacá en donde las pendientes no superan el 2%.

De acuerdo con la metodología de trabajo realizada en la zona estudiada y teniendo en cuenta el cálculo de los parámetros DRASTIC, la vulnerabilidad intrínseca de la zona de la cuenca del río Teusacá delimitada entre la calera y la desembocadura al río Bogotá corresponde a un grado de vulnerabilidad moderado en la gran mayoría de la superficie, en las zonas correspondientes al norte de la calera y en el sector central del municipio de sopo la vulnerabilidad corresponde a un grado alto.

En general, se puede identificar que la zona de estudio presenta gran cantidad de agentes contaminantes debido a la agricultura, ganadería, industrias y usos doméstico, este documento podría aportar información para ser utilizado como base o referencia para futuras investigaciones y proyectos dirigidos a los diagnósticos de aguas subterráneas y planes ambientales para salvaguardar la

calidad del agua, ya que resulta de gran importancia para los municipios de La Calera, Sopo y otros.

Palabras clave:

Acuífero, ArcGIS, Cundinamarca, recursos hídricos, vulnerabilidad.

Palabras clave: Definición de la Real Academia Española (RAE)

Acuífero:

Dicho de una capa o vena subterráneas: Que contiene agua.

ArcGIS:

Software aplicado en los sistemas de información geográfico.

Cundinamarca:

Departamento de la república de Colombia.

Recursos hídricos:

Perteneciente o relativo al agua como elemento de la naturaleza.

Vulnerabilidad:

Cualidad de vulnerar.

ABSTRACT

In order to determine the vulnerability of the Teusacá river basin to groundwater pollution delimited between the Calera and the mouth of the Teusacá River in the Bogotá River, sector located in Cundinamarca and mainly affects the municipalities of the Calera and Sopo, was used the DRASTIC methodology. Which is a groundwater vulnerability assessment method involving seven important parameters. The depth of the groundwater level, the lithology of the aquifer, the net recharge, the nature of the soil, the slope of the soil, the nature of the unsaturated zone and the conductivity or permeability. The study area comprises a depth of groundwater water level from 15.1 m to 22.9 m at most surface, the average precipitation of the sector is 847.98 mm per year, the temperature of the area is 12.74 [C on average, the lithology is largely formed by massive sandstone, the corresponding soil type in the area is of clay aggregate in the noticeable part of the basin and the rest of the area is made up of sandstone and in some small areas by sand, the slopes of the area are greater than 18%, except in the central parts corresponding to the area of the Teusacá river where the slopes do not exceed 2%. According to the working methodology carried out in the area studied and taking into account the calculation of the DRASTIC parameters, the intrinsic vulnerability of the zone of the basin of the river Teusacá delimited between the Calera and the mouth to the river Bogota corresponds to a moderate degree of vulnerability in the vast majority of the area, in the areas north of the Calera and in the central sector of the municipality of Sopo the vulnerability corresponds to a high degree.

INTRODUCCIÓN

En muchos casos se desconoce las fuentes de agua provenientes del subsuelo, el agua subterránea día a día está tomando más importancia debido a las necesidades vitales que el agua tiene en el planeta. La escasez de agua debido al mal uso que el ser humano le ha dado ya no es un tema desconocido en la actualidad, por eso los acuíferos han tomado cierta importancia y relevancia, se ha convertido en un recurso de aprovechamiento en cuencas que ayuda al desarrollo de la sociedad mediante la demanda de agua potable, agroindustrias, minería y en las industrias de hidrocarburos, la gran mayoría de los lugares del mundo dependen del recurso hídrico subterráneo.

Debido a esto se ha querido estudiar y evaluar la vulnerabilidad y debilidad del agua subterránea, debido a procesos como contaminación, extracción entre otros.

En este trabajo se dará a conocer de manera cuantitativa, exponiendo datos reales, la oferta de agua subterránea, la demanda y la calidad para el consumo humano según la normatividad vigente. Con la finalidad de darle un primer plano y una importancia al agua subterránea para que esta sea tratada de una manera adecuada y óptima. Se aplicó la metodología DRASTIC la cual evalúa la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos del río Teusacá entre la zona de la calera y su desembocadura al río Bogotá.

1. GENERALIDADES

1.1 Línea de investigación

Saneamiento de comunidades.

1.2 Planteamiento del problema

La calidad del agua subterránea comparada con el agua superficial es mucho mejor, debido a las condiciones en que se encuentra el agua, esta no se encuentra tan expuesta a todos los contaminantes que normalmente perjudican la calidad del agua superficial. Aparte de eso se puede extraer en cantidades económicamente aprovechables. Este recurso es utilizable gracias a las cuencas.

Varios sectores de la Sabana de Bogotá han reportado contaminación por la floricultura, debido a la disposición de grandes cantidades de desechos sólidos, especialmente material vegetal impregnado de plaguicidas (83% del total de desechos), plástico (7%), costales (3%) y envases de plaguicidas. El agua lluvia y la descomposición del material vegetal hacen que las sustancias tóxicas pasen al suelo y al agua superficial y subterránea, generando una contaminación que puede llegar a ser peligrosa localmente en el largo plazo. (ALVAREZ-PUGLIESE, 2014)

Aunque este tipo de aguas es mejor en calidad a la del agua superficial, se han presentado contaminantes provenientes de la agricultura y de las actividades de la población.

De igual manera, el flujo de agua subterránea y la infiltración de contaminantes no es posible observarlos y medirlo con facilidad, no todos los tipos de suelos ni las condiciones hidrogeológicas son efectivos para mitigar los contaminantes.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores surge la necesidad de conocer la forma en que responde el medio que protege las aguas subterráneas en zonas expuestas a la contaminación. Por esto se realiza una determinación de la

vulnerabilidad del recurso hídrico subterráneo en el municipio de la calera y sus alrededores.

Por lo anterior es necesario conocer los tipos de afectaciones que traen los procesos urbanísticos, de floricultura, de extracción de materia prima para elaboración de materiales para construcción y la vulnerabilidad de las aguas subterráneas en el municipio de la Calera. Con el fin de presentar información que indiquen el estado del recurso, para que se realice control y vigilancia. Desarrollando métodos de mitigación para los contaminantes.

1.2.1 Antecedentes del problema

Se han desarrollado estudios de hidrogeología para evaluar las características físicas y químicas de las aguas subterráneas, en las provincias de la sabana de Bogotá, con el propósito de evaluarla explotación y los manejos del agua subterránea. Estos Estudios han sido realizados por Ingeominas y la CAR en el año 1985.

Campañas de monitoreo de calidad de agua subterránea en la Sabana de Bogotá efectuadas por la CAR han indicado, según parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos y de plaguicidas, que hay riesgo de presencia de estos contaminantes en algunos acuíferos, que es necesario monitorear y confirmar aplicando técnicas de vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación; por tanto, se establecen metodologías para realizar el seguimiento a los sistemas acuíferos por riesgo de contaminación, en la Sabana de Bogotá y orientarlo asimismo a la Zona Crítica. (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA (CAR, 2008)

A escala global unos de los grandes proyectos que se han hecho para analizar el estado del agua, fue realizado por las Naciones Unidas a través de un informe que se presentó sobre el desarrollo del recurso hídrico en el mundo, dicho informe se trató de un estudio exhaustivo que ofreció un panorama global sobre el estado del recurso del agua dulce del planeta, además, el estudio apporto importante

herramientas para los responsables de las tomas de decisiones para la implementación del uso sostenible de los recursos hídricos, del mismo modo, el informe aporta guías de mejores prácticas, así como análisis teóricos en profundidad con el fin de estimular ideas y acciones que mejoren la administración en el sector del agua (UNESCO, 1992)

El método DRASTIC tiene como finalidad generar y suministrar información de una cuenca o acuífero en los cuales se pueda determinar qué tan vulnerable es este con respecto a los valores que genera el mismo; en un estudio realizado por Franco, Llanos y Garfias en el año 2002, en el cual mediante un análisis de vulnerabilidad aplicando la metodología DRASTIC en México, afirman que esta metodología permitió generar mapas de vulnerabilidad más confiables y a la vez suministra información complementaria para el ordenamiento del área de estudio y complementar bases de datos de información general del país. Este tipo de estudios se han realizado recientemente en México y Uruguay enfocados en la contaminación del agua subterránea.

1.2.2 Pregunta de investigación

¿Es posible mediante la modelación del método DRASTIC determinar con efectividad la vulnerabilidad del recurso hídrico subterráneo generado por la actividad del cultivo floral para que este pueda ser utilizado por empresas para el desarrollo de proyectos de saneamiento a comunidades?

1.2.3 Problema a resolver

La provincia de la sabana es uno de los sectores más saturados de acuíferos, por ende es una zona donde el agua subterránea tiene mucha demanda para la población y las industrias, principalmente la de floricultura. Debido a los procesos de urbanización y agricultura específicamente de flores. Sin tener ningún tipo de control y planificación para la protección y mitigación de contaminantes como

plaguicidas y bacterias que se infiltran en el suelo y a su vez en las aguas subterráneas, este desarrollo urbanístico e industrial y genera actividades que generen todo tipo de contaminantes los cuales afectaran directamente las aguas subterráneas utilizadas para el desarrollo del municipio de la calera.

1.2.4 Alcances y limitaciones

1.2.4.1 Alcance

Para este proyecto de investigación se utilizara el método DRASTIC para determinar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas del sector comprendido entre la calera y la desembocadura del rio Teusacá en el rio Bogotá, afectando directamente a la población del municipio de la Calera. Por lo tanto se realizara principalmente una investigación y un marco teórico en donde se pueda dar a conocer todos los conceptos principales de contaminación que afectan los acuíferos, también se abordara los parámetros y condiciones para evaluar la vulnerabilidad mediante la metodología DRASTIC. Del mismo modo se expondrá información general del sistema de información geográfica (SIG), además hacer uso del SIG para realizar mapas de vulnerabilidad de acuíferos, Para facilitar información la cual puede complementar y servir de ayuda para gestionar proyectos de saneamiento de comunidades.

Compilando y reuniendo la información obtenida por el método DRASTIC y haciendo el uso de la aplicación del SIG se obtendrán mapas de vulnerabilidad de acuíferos, y así determinar el grado de contaminación al que está siendo expuesta la zona estudiada. Además se propondrán medidas de seguimiento medioambientales que vayan enfocadas a minimizar el daño causado por la presencia de floricultura y técnicas de remediación de aguas subterráneas.

1.2.4.2 Limitaciones

- Este proyecto está condicionado y limitado por la información proveniente de empresas privadas. Por lo tanto tendremos que acondicionarnos a las políticas que tienen las empresas con el uso y préstamos de información.
- Acceder a los lugares cercanos al área de estudio ya que muchos de estos por ser utilizados para la floricultura son de propiedad privada y es por esto que se dificulta el acceso a estos lugares.
- La cartografía en formato shape número 228 IA, 228IIC Y 247 IA requiere de un permiso especial por parte del ministerio de defensa nacional, ya que tiene una restricción especial para hacer uso de estos.

1.3 Justificación

El siguiente documento pretende reunir información cuantitativa y cualitativa básica sobre los datos hidrogeológicos de algunos pozos de agua subterránea, ubicados en la subcuenta del río de Teusacá limitada entre la calera y la desembocadura del río Teusacá en el río Bogotá. Ya que este representa un recurso natural muy aprovechable en el municipio de la calera para actividades como la floricultura y las demandas de agua potable para la comunidad, También representa un desarrollo económico para este municipio y sus alrededores.

Por lo anteriormente mencionado en la problemática del problema se requiere de información para que esta sea utilizada como una herramienta para entidades encargadas, que procedan con una gestión y control del recurso hídrico subterráneo. Ya que esta agua representa una dependencia de las actividades industriales y vitales para el municipio de la calera y sus alrededores.

Los resultados obtenidos en esta investigación serán de bastante utilidad y serán complementos para estudios que se hayan realizado o que se realicen en un futuro.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Determinar la vulnerabilidad del recurso hídrico subterráneo del Municipio de la Calera utilizando una modelación conceptual con la metodología DRASTIC.

1.4.2 Objetivos específicos

- Aplicar la metodología DRASTIC para determinar índices de vulnerabilidad en la zona de estudio.
- Realizar mapas de vulnerabilidad de acuíferos por medio del SIG (sistema de información geográfica).
- Proponer algunas medidas de seguimiento medioambientales las cuales puedan minimizar el daño causado por los cultivos de flores en las aguas subterráneas del río Teusacá.

2. MARCOS DE REFERENCIA

2.1 Marco conceptual

Este proyecto plantea una secuencia metodológica la cual abarca diferentes conceptos para cada una de las etapas de la metodología los cuales son importantes definir para realizar la ejecución del proyecto, estos conceptos se encuentran definidos y ordenados de acuerdo a la metodología utilizada en la ilustración 1.

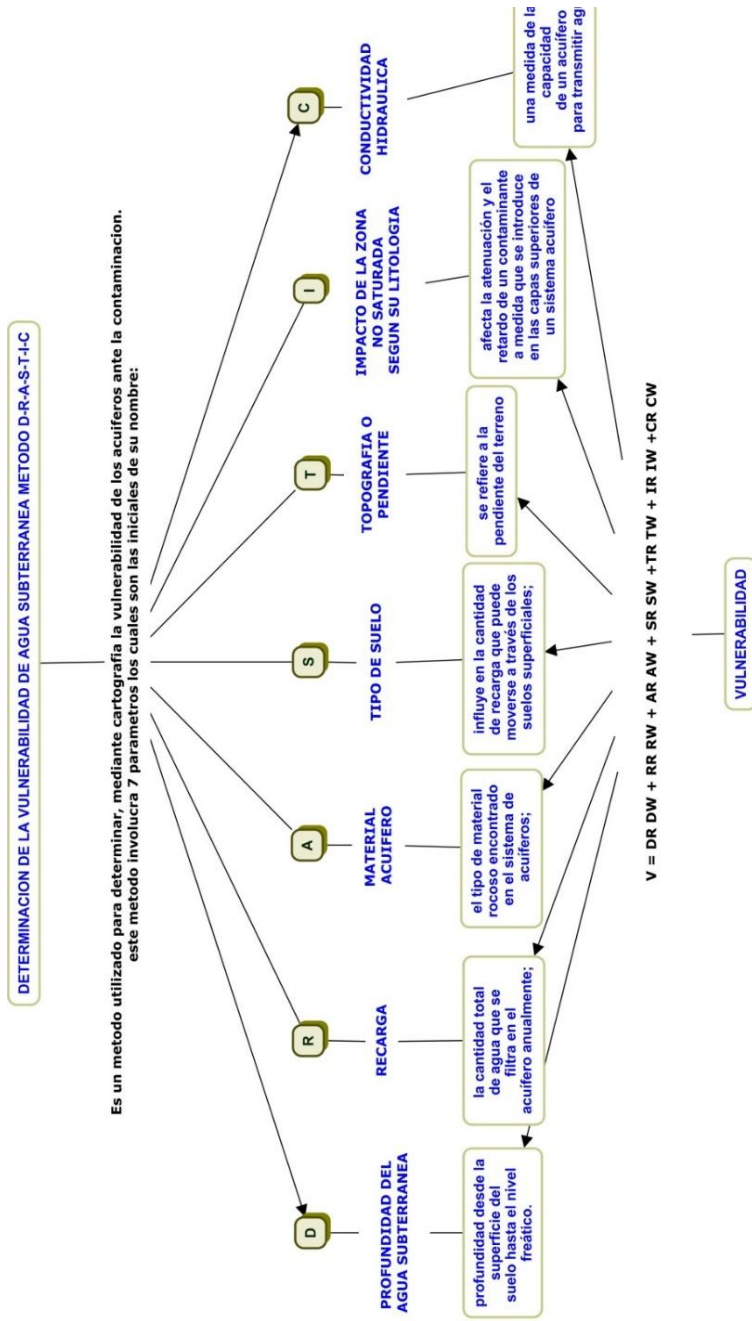
También hay que identificar unos conceptos que serán utilizados durante toda la etapa del proyecto como lo son:

Acuífero: los acuíferos representan una manera de crecimiento socioeconómico del país, debido a sus condiciones y características físicas que permiten ser utilizadas de una manera versátil, ya que funcionan como tanques naturales de almacenamiento y red de distribución, permitiendo extraer agua en cualquier época del año, además sus condiciones ayudan a preservar la calidad del. (MÉXICO, 2018)

vulnerabilidad de un acuífero: se refiere a la vulnerabilidad del agua subterránea debido a los contaminantes superficiales como plaguicidas, compuestos químicos utilizados en la agricultura, lixiviados y demás contaminantes. La facilidad con la que cualquier tipo de contaminante aplicado en la superficie puede afectar los depósitos de agua subterránea, dependiendo de las propiedades de los contaminantes y las características hidrogeológicas de la zona. (IDEAM, 2018)

Contaminación del agua: La contaminación del agua se refiere al hacinamiento de sustancias tóxicas y fluidos como lixiviados en un sistema hídrico (río, lagos, cuenca, etc.) Produciendo alteraciones en la calidad del agua. (Ambiente, 2016)

Ilustración 1 Metodología conceptual



Fuente: Propia

2.2 Marco teórico

2.2.1 Historia del agua subterránea

El concepto "agua subterránea", tiene su origen entre la época de esplendor greco-romana y el año 1400, siendo también en esos años cuando se construyen los primeros pozos de Arabia y los Khanats de Persia; en éste tiempo denominado Período de Especulación, el arquitecto romano Marco Vitrubio estableció que el agua subterránea proviene de las infiltraciones de la lluvia y la nieve (Campos, 1992) y que cuando ésta última se derrite a la altura de las montañas, se coloca hacia el subsuelo y aparece o aflora a cierta distancia en forma de manantiales (Arreguín, 1994)

Entre los años 1400 a 1600 destacan las aportaciones de Leonardo da Vinci y Bernard Pelissy, quienes lograron una correcta comprensión del Ciclo Hidrológico, especialmente a lo relativo a la infiltración de la lluvia y al retorno del agua a través de manantiales (Campos, 1992); sin embargo, es hasta la Edad Media que inicia la ciencia de la hidrología con los estudios de evaporación de Perrault y los de infiltración de Marriotte, en los que se concluye que los manantiales eran alimentados por agua de lluvia infiltrada hacia el subsuelo, demostrando el Ciclo Hidrológico (Arreguín, 1994).

Es en el siglo XVII cuando inician los primeros estudios de pozos artesianos; aunque de acuerdo con Arreguín, el primer pozo artesiano se perforó en la ciudad de Artois, Francia en el año 1126, de ahí su nombre. Los dos siglos subsecuentes, XVIII y XIX conocidos desde el punto de vista hidrológico como "Periodo de Experimentación" y "Periodo de Modernización" respectivamente, fueron fundamentales para el avance de la ciencia, pero la mayoría de sus contribuciones se presentaron en materia de aguas superficiales, salvo las leyes de Darcy sobre el flujo de aguas subterráneas.

Durante los "Periodos de la Racionalización" de 1930 a 1950 y el vigente de "Teorización" son donde se han gestado los grandes análisis matemáticos para

resolver problemas hidrológicos entre los que destacan los trabajos de Sherman, Theism y Horton (Campos, 1992).

2.2.2 Origen del agua subterránea

Una gran parte del agua subterránea se origina como agua meteórica que cae de precipitaciones en forma de lluvia o nieve, aunque hay una gran parte de esta que se pierde debido a distintos fenómenos, como lo es la evaporación, en la cual se pasa de un estado líquido a uno gaseoso mediante una transición lenta debido a los cambios de temperatura que hay en el entorno; también debido a la transpiración de las plantas la cual consiste en la pérdida de agua en forma de vapor que se produce en las plantas.

“At lower depths and in the presence of adequate water volume, all the holes are filled to produce a saturation zone, the upper level is the water table or water table (aquifer level). The water present in the saturation zones is called groundwater” (E.Manahan, 2005 (eight edition))

La porosidad y estructura del suelo son claves para la determinación del tipo de acuífero y la circulación de aguas subterráneas, ya que esta puede circular y almacenarse en distintas cantidades debido al tipo de suelo que presente la zona; como suele suceder en los suelos que son porosos, donde el agua circula y se almacena; o donde hay presencia de fisuras, esta circula a través de las fisuras localizadas o dispersas. Aunque no siempre se almacena en cavidades o túneles, si no que se pueden mantener en los poros de las rocas o en los sedimentos los cuales se encargan de hacer un efecto esponja para hacer la retención del agua.

Un fenómeno interesante con las aguas subterráneas es que éstas se mueven en el subsuelo, aunque a velocidades muy diferentes a las aguas superficiales. Normalmente, este tipo de aguas, las superficiales, se mueven a velocidades de unos cuantos metros por día, aunque en algunos casos pueden llegar hasta cientos de metros por día. En general las aguas subterráneas se mueven dependiendo del

tipo y forma del subsuelo, siguen el relieve de la superficie terrestre: de las zonas altas (montañas) hacia las bajas (los valles). (Olivera, 2009).

2.2.3 Ciclo hidrológico

La energía solar y la gravedad terrestre son fuerzas que actúan para mantener en agua en la naturaleza en un contante proceso de evaporación, precipitación, infiltración, almacenamiento, escurrimiento superficial, (...), lo cual se le conoce como ciclo hidrológico (Pérez Franco, 1995)

Earth's water is always in movement, and the natural water cycle, also known as the hydrologic cycle, describes the continuous movement of water on, above, and below the surface of the Earth. Water is always changing states between liquid, vapor, and ice, with these processes happening in the blink of an eye and over millions of years. (USGS).

En la siguiente grafica se puede apreciar cómo funciona el ciclo del agua de manera detallada, mostrando los procesos por los cuales esta pasa, del mismo modo, se puede reconocer como funciona este ciclo para aguas subterráneas, como se explicaba anteriormente, mediante filtraciones, en las cuales parte de esta agua es almacenada y re dirigida hacia los océanos y otra parte realiza una descarga que puede bifurcarse en manantiales, pozos, cuevas, entre otros.

Ilustración 2 Ciclo del agua

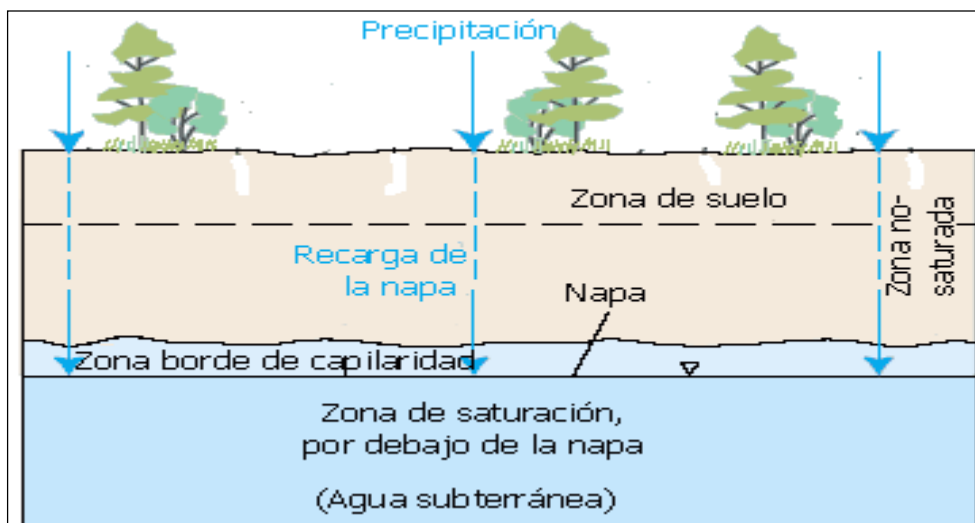


Fuente: (USGS Ciencias del agua)

Mediante estudios que se llevaron a cabo a través de la historia se puede inferir que el agua subterránea forma parte del agua del subsuelo, encontrándose en los vacíos que existen entre las partículas del suelo y de las rocas o entre las grietas del lecho rocoso; Las áreas donde existen grandes cantidades de aguas subterráneas que pueden abastecer pozos o manantiales se llaman acuíferos, palabra que significa "portador de agua".

Un acuífero es una formación geológica subterránea que se ha creado a lo largo de varios años como resultado de la infiltración del agua de lluvia o del agua de los ríos, lagos y deshielos. A la infiltración que ocurre en los acuíferos se le conoce como recarga y esta puede ser natural, inducida, incidental o artificial (Chávez, 2004)

Ilustración 3 esquema en perfil del suelo con condiciones de nivel freático



Fuente: (ABC, 2009)

2.2.4 Balance hídrico

El Balance Hídrico tiene como objetivo identificar la variabilidad de las lluvias y el comportamiento del agua que se precipita sobre la superficie del área de estudio, desde una parcela o una cuenca; así como establecer los periodos de déficit o excedente de agua de esas áreas (Azzi, 1971).

El balance hídrico o ecuación de continuidad, es una de las leyes de la hidrología que cuantifica los recursos hídricos que ingresan a un sistema y salen del mismo en un intervalo de tiempo determinado (Gálves, 2011)

Según la resolución 865 de 2004 la base física del balance hidrológico es la formulación de las ecuaciones de conservación de masa para volúmenes de control o unidades hidrográficas determinadas, representándolas de la siguiente forma:

$$I - O = \Delta s \Delta t$$

Dónde: *I*: Entradas *O*: Salidas

$\Delta s \Delta t$: Cambio de almacenamiento

Determinar el balance hídrico es útil en el presente estudio ya que permite establecer el estado actual del recurso hídrico de la cuenca.

2.2.5 Clasificación de acuíferos

Se entiende como acuífero a la parte saturada del perfil del suelo y tienen la facilidad de transmitir y almacenar agua.

El perfil del suelo está constituido de sedimentos no consolidados o débilmente consolidados, estructurados o depositados horizontalmente, en capas definidas o no definidas. Una de las características más frecuentes de ciertas capas es la de ser de poco espesor en relación con su extensión horizontal.

Según fines hidrogeológicos estas capas se clasifican en:

Acuífero libre o freático:

Es aquel que se encuentra en la parte superior, en la superficie del terreno y en la parte inferior cuenta con una capa la cual es semi impermeable o impermeable. El agua que se encuentra en este tipo de acuífero está influenciada directamente por la presión de la atmosférica.

Acuífero confinado:

También llamados acuíferos cautivos, en los cuales se presencia que el agua se encuentra sometida a una presión aun mayor a la atmosférica, con una capa superior e inferior impermeable, generando una zona saturada completamente.

Acuífero semi-confinado:

Estos acuíferos son aún más comunes que los confinados, este presenta alguna de sus capas semi impermeables; estos acuíferos se caracterizan por recibir cierto tipo de recargas, ya que cuentan con un techo acuitado, conocido de otro modo como goteo, permitiendo que se vincule con el agua de otra de sus capas.

Ilustración 3 tipos de acuíferos



Fuente: (Irrigación, 2019)

2.2.6 Conflicto por el uso hídrico

Se identifica con mayor claridad el conflicto de uso por el recurso hídrico, en razón a la calidad y cantidad, (escasez y contaminación) a causa de las prácticas agropecuarias ineficientes, de los diferentes megaproyectos realizados en la cuenca, de los procesos de deforestación y explotación de canteras y el poblamiento desordenado y presión que se ejerce desde la ciudad sobre el territorio del río Teusacá (Oikos Alea 1998 & Ramírez 2004, Contreras, 2004, Camargo 2001). Estas situaciones conlleva a problemas en el abastecimiento del recurso para los domicilios rurales principalmente, con lo cual la población ha manifestado una preocupación latente. Ramírez (2009), enfatiza en el conflicto que surge con el acueducto comunitario de ACUALCOS, el cual toma el agua del río Teusacá para disponerla a algunos barrios cercanos de las veredas de los verjones. La población alega por la ausencia de retribuciones a la comunidad por la captación del recurso y disposición del mismo a otras zonas, situación validada por las entrevistas realizadas. (NIÑO, 2012)

“(…) hay un conflicto ahí, en que debe haber mayor retribución con los acueductos barriales con un aporte para apoyar la conservación y la vereda, no hay un canal de comunicación, y la inversión en conservación por parte de la organización no ha funcionado” (Entrevista líder Fundación Macro bosque) (NIÑO, 2012)

2.3 Marco jurídico

Para establecer el marco legislativo y de política ambiental para el plan de ordenación de la cuenca del río Teusacá, es necesario conocer el Sistema Jurídico Ambiental, los lineamientos de política ambiental, y bajo que reglamento se está regido, esto con el fin de tener un acercamiento directo con las leyes y prohibiciones que están presentes en la ciudad de Bogotá y alrededores. Como base se van a presentar los marcos legislativos que influyen directamente en el trato del recurso hídrico, con el fin de dar el enfoque a este proyecto.

2.3.1 Normatividad reglamentaria

Normas reglamentarias específicas: constitución política de Colombia 1991 (Ecoforest Ltda, 2013)

- Art. 8: Obligación estatal y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
- Art. 58: La propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal, le es inherente una función ecológica.
- Título II, Capítulo III Art. 78 a 82: Derechos colectivos y del ambiente, su regulación y protección por parte del Estado.
- Art. 313: Corresponde a los Concejos dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio.
- Art. 332: El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes.

NORMAS REGLAMENTARIAS ESPECIFICAS Decreto – Ley 2811 de 1974
(Ecoforest Ltda, 2013)

- Art. 80: Las aguas son de dominio público, inalienable e imprescriptible.
- Art. 118 Los dueños de predios ribereños están obligados a dejar libre de edificaciones y cultivos el espacio necesario para los usos autorizados por ministerio de la ley.
- Art. 137: Objeto de protección y control especial: a) Las aguas destinadas al consumo doméstico humano y animal y a la producción de alimentos; b) Los criaderos... c) Las fuentes, cascadas, lagos y otros depósitos o corrientes de aguas, naturales o artificiales, que se encuentren en áreas declaradas dignas de protección.
- Art. 159: El cobro de tasas fijadas por el Gobierno Nacional se destinarán al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos acuíferos.
- Art. 308 Es área de manejo especial la que se delimita para administración, manejo y protección del ambiente y de los recursos naturales renovables.
- Art. 309 La creación de las áreas de manejo especial deberá tener objetos determinados y fundarse en estudios ecológicos y económico - sociales.
- Art. 312 Definición de cuenca u hoya hidrográfica.
- Art. 313 Cuando los límites de las aguas subterráneas de una cuenca no coincidan con la línea divisoria de aguas, sus límites serán extendidos subterráneamente más allá de la línea superficial de divorcio hasta incluir los de los acuíferos subterráneos cuyas aguas confluyen hacia la cuenca deslindada por las aguas superficiales.
- Art. 316 Definición de ordenación de una cuenca.
- Art. 317 Para la estructuración de un plan de ordenación y manejo se deberá consultar a los usuarios de los recursos de la cuenca y a las entidades, públicas y privadas, que desarrollan actividades en la región.
- Art. 318 La administración declarará en ordenación una cuenca cuando existan condiciones ecológicas, económicas y sociales que así lo requieran.

- Art. 319 El plan de ordenación y manejo de una cuenca en ordenación será de forzoso cumplimiento por las entidades públicas que realicen actividades en la zona.

2.3.2 Normatividad ambiental

Ley 2 de 1959: Sobre economía forestal de la Nación y Conservación de los Recursos Naturales Renovables.

LEY 99 DE 1993 (Ecoforest Ltda, 2013)

- Art. 1: Principios relacionados con la obligación de las autoridades ambientales para intervenir en el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables. Principio de precaución Instrumento jurídico para prevenir el daño jurídico por afectación o amenaza de extinción del recurso hídrico.
- Art. 31 Faculta a las CAR, para el ejercicio del principio de autoridad, ejerciendo las funciones de evaluación, control, seguimiento e intervención ambiental.
- Art. 43 Tasas por Utilización de Aguas
- Art. 107 Utilidad Pública e Interés Social, Función Ecológica de la Propiedad
- Art. 108 Adquisición por la Nación de Áreas o Ecosistemas de Interés Estratégico para la Conservación de los Recursos Naturales.
- Art. 111 Adquisición de Áreas de Interés para Acueductos Municipales

DECRETO 1541 DE 1978 (CARVAJAL, 2010)

Por el cual se reglamenta la parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974. “De las aguas no marítimas” y parcialmente la ley 23 de 1973.

Art. 119: fines para decretar reservas

Art. 124: El Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, podrá prohibir, temporal o definitivamente, ciertos usos, tales como los recreativos, deportivos y la pesca, en toda una cuenca o subcuenca hidrográfica o sectores ella, cuando del análisis de las aguas servidas a los desechos industriales que se viertan a una corriente o cuerpo de agua se deduzca que existe contaminación o peligro de contaminación que deba ser prevenida o corregida en forma inmediata.

Art. 204: Tanto los proyectos de represas o embalses como aquellos que impliquen drenaje, relleno o desecación de pantanos ciénagas, lagunas y similares, captación de aguas de diferentes cuencas, o interconexión entre ellas, deberán incluir el estudio ecológico y ambiental previo a que se refiere el Título IX de este Decreto.

Art. 270: En desarrollo de lo previsto por el artículo 338 del Decreto-ley 2811 de 1974, el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Inderena, promoverá la constitución de empresas comunitaria integradas por usuarios de aguas o cauces, las cuales tendrán como objetivos primordiales: Representar los intereses de la comunidad de usuarios de las aguas y cauces en los trámites administrativos de ordenación cuencas hidrográficas y reglamentación de corrientes.

Art. 283: La Comisión Nacional de Aguas emitirá concepto, cuando así lo requiera cualquier de las entidades que la integra, en los siguientes casos: Para recomendar las actividades que debe desarrollar cada entidad involucrada en la ordenación de una cuenca hidrográfica; para lograr la planeación coordinada de los usos del suelo de las aguas de la flora y de la fauna, así como el manejo adecuado de la cuenca

Resolución 872 de 2006: Por la cual se establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas subterráneas a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones (MAVDT, 2006) (PEDREROS, 2014)

Resolución 2115 de 2007: Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano (MPS & MAVDT, 2007) (PEDREROS, 2014).

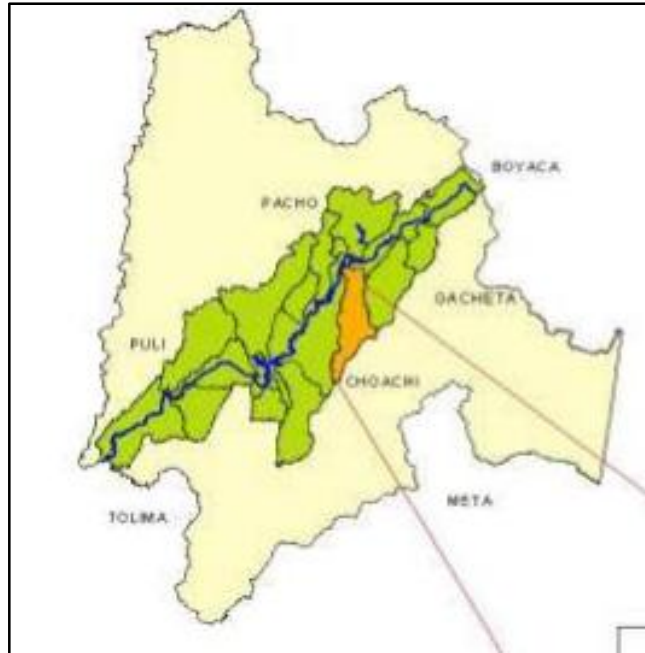
Resolución 1096 del 2000: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (MDE, 2000) (PEDREROS, 2014)

2.3.3 The des guide to groundwater protection

“Since the publication of sand-and-gravel aquifer maps in the mid-1970s, local planning and conservation officials have taken a keen interest in identifying, understanding, and protecting their groundwater resources for present and future use. When this guide was originally published in 1996, the goal was to help communities prevent contamination of groundwater, since there had been a number of high-profile contamination incidents involving leaking underground storage tanks and industrial sources. Since that time, the concern over groundwater protection has broadened to include ensuring groundwater availability, as well as preventing contamination. While DES has addressed and continues to address groundwater availability concerns on the state level, there is an important local role in maintaining groundwater availability. This revised guide therefore contains some new material on maintaining groundwater recharge and managing groundwater demand, while retaining the emphasis on local efforts to prevent contamination.” (Environmental, 2008)

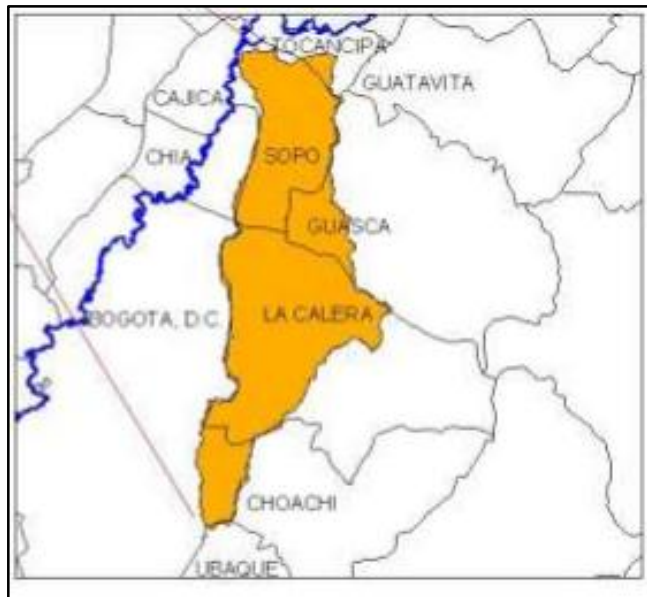
2.4 Marco geográfico

Ilustración 4 mapa cuenca de Teusacá



Fuente: (NIÑO, 2012)

Ilustración 5 mapa de la Cuenca del río Teusacá

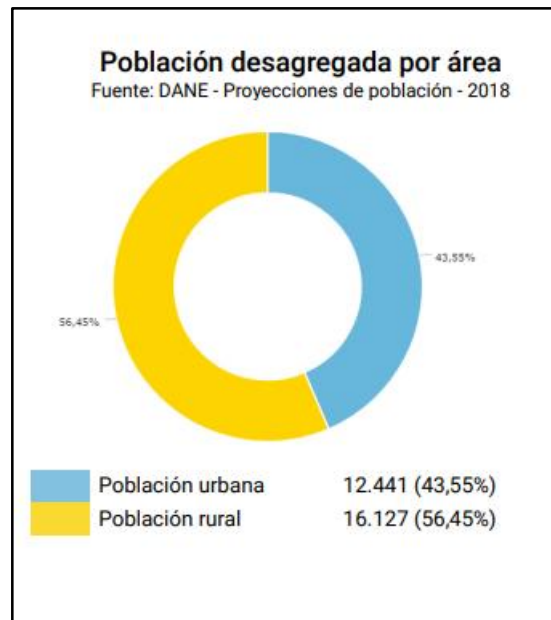


Fuente: (NIÑO, 2012)

2.5 Marco demográfico

La zona que va a ser estudiada por vulnerabilidad a la contaminación afecta directamente a los municipios de la Calera y Sofo, este municipio tiene una extensión territorial de 340 Km², según el departamento nacional de planeación en el 2018 el municipio de la Calera tiene una población de 34000 habitantes distribuidos en 43% en el casco urbano y 57 % el casco rural. En la ilustración 6 se muestra de manera gráfica la población del municipio de la Calera

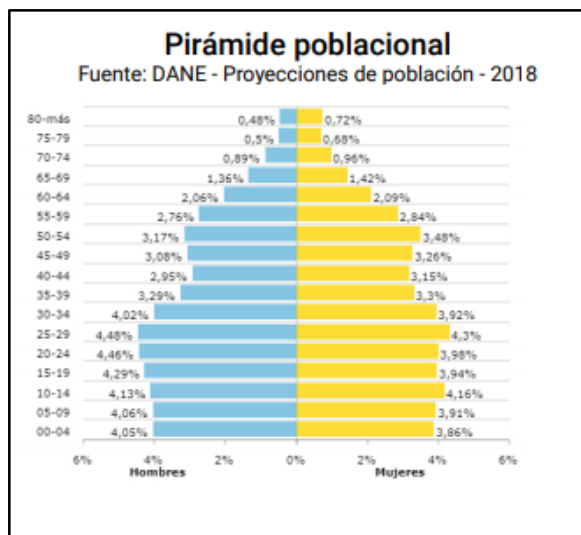
Ilustración 6 población desagregada 2018



Fuente: (DANE 2018)

La densidad de población por km² es de 84,02. La cantidad de hombre y mujeres es muy parecida es aproximadamente un 50 % para los hombre y 50% para las mujeres.

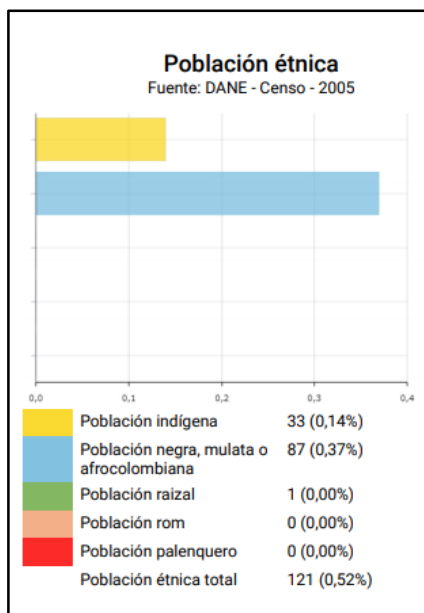
Ilustración 7 Población por sexo



Fuente: (DANE, 2018)

Étnicamente la población está dividida como nos muestra el siguiente gráfico.

Ilustración 8 Población étnica



Fuente: (DANE, 2018)

2.6 Estado del arte

- 2014

Becerra Galán & Julio Enrique; Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de los acuíferos de la Zona Centro de Boyacá; Especialización en recursos hídricos, universidad católica de Colombia, directores González Méndez, Alex Mauricio.

“El trabajo filtra información adquirida por el grupo de exploración de aguas subterráneas del Servicio Geológico Colombiano para el planteamiento del Modelo Hidrogeológico conceptual de la parte centro del Departamento de Boyacá y evalúa la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de los acuíferos identificados por el Instituto en dicho Departamento”. (BECERRA GALAN, 2014)

- 2015

Buitrago Vallejo & Lina María; Análisis de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos en el municipio de Funza, Cundinamarca; especialización en recursos hídricos, universidad católica de Colombia, directores González Méndez, Alex Mauricio.

“Se desarrolla el presente proyecto, en el cual se establece el grado de vulnerabilidad intrínseca de los sistemas acuíferos del área del Municipio de Funza y el peligro potencial que representan las actividades antrópicas que puedan afectar la sostenibilidad del agua subterránea, bajo las metodologías GOD y DRASTIC esta última incluyendo la valoración por pesticidas.” (BUITRAGO VALLEJO, 2015)

- 2014

Bautista Parra Nelson Enrique & Sanabria Morales Jorge Alberto

Sierra Garzón, Iraidys; Análisis de la susceptibilidad a la contaminación de las aguas subterráneas, por el vertimiento de aguas residuales en diferentes unidades cartográficas de suelos – caso de estudio vereda Iguacitos (municipio de Lérida) y Buenavista (municipio de Venadillo) en el

departamento del Tolima; especialización en recursos hídricos universidad católica de Colombia; directores González Méndez, Alex Mauricio.

“Para determinar la susceptibilidad a la contaminación de las aguas subterráneas por el vertimiento de aguas residuales, se presenta una caracterización climática, geológica, hidrogeológica y fisicoquímica de las unidades de suelo del área de estudio y de los vertimientos tipo. A partir de esta información, se realizó la simulación del transporte de solutos a través de la zona no saturada de los suelos con el uso del software Hydrus-1D. Se realizó inicialmente una caracterización ambiental del área de estudio para los componentes climatológicos, geológicos e hidrogeológicos a partir de información secundaria y de los registros climatológicos de las estaciones del IDEAM más cercanas al área de estudio. Posteriormente se realizó la caracterización de las unidades cartográficas de suelos en estudio, a partir de información primaria recopilada en estudios realizados en el área de interés, tales como la profundidad y las propiedades físico químicas de cada uno de los horizontes del suelo; así como del uso actual del suelo y cobertura de la tierra.” (BAUTISTA PARRA, 2014)

- 2016

García Tovar René Alejandro & García García, Jeimy Andrea, Solano Sarmiento, Viviana Andrea; Estimación de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero de la Formación Mesa presente en el municipio de Puerto Boyacá del departamento de Boyacá, Colombia, mediante la metodología DRASTIC; especialización en recursos hídricos universidad católica de Colombia; directores Torres Quintero, Jesús Ernesto.

“La estimación de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero de la formación Mesa presente en el municipio de Puerto Boyacá del departamento de Boyacá, Colombia, se realizó mediante la aplicación de la metodología DRASTIC que integra los índices de profundidad del nivel de agua subterránea, la litología del acuífero, recarga hídrica, naturaleza del suelo,

pendiente del terreno, naturaleza de la zona no saturada y permeabilidad.”
(GARCIA TOVAR, 2016)

- 2014

Díaz Zerrate Camilo Adolfo & Otálvaro Barco Jhon James; Determinación del almacenamiento de agua subterránea presente en los acuíferos de la cuenca del Río Neusa, Cundinamarca, mediante el análisis de información hidrológica e hidrogeológica; especialización de recursos hídricos universidad católica de Colombia. Director Valero Fandiño Jorge Alberto.

“Con el fin de determinar la relación de almacenamiento existente en las unidades hidrogeológicas de la cuenca del río Neusa, se realizó el levantamiento y análisis de información climática, hidrológica, geológica e hidrogeológica de la cuenca en mención, la cual se encuentra localizada en el departamento de Cundinamarca en la cuenca alta de la gran cuenca hidrográfica del río Bogotá. El río Neusa, presenta cuatro microcuencas denominadas: río Checua, Embalse del Neusa, río Neusa y río Susagua. Se encuentra compuesta geológicamente por: Formación Chipaque (Kch), Grupo Guadalupe (Kg), Formación Arenisca Dura (Kad), Formación Plaeners (Kp), Formación Arenisca de Labor y Tierra (Klt), Unidades del Paleógeno-Pg, Formación Guaduas (KPgg), Formación Areniscas Del Cacho (Pgc), Formación Bogotá (Pgb), Formación Arenisca de la Regadera (Pgr), Formación Usme (Pgu), Formación Tilatá (NgQt), Depósitos de Terraza Alta (Qta) y los Depósitos Aluviales (Qal) Se identificaron cuatro unidades hidrogeológicas denominadas Acuífero de los Depósitos Inconsolidados Neógeno–Cuaternarios–NgQ, Acuitardo del Paleógeno – Pg, Acuífero Guadalupe – Kg y la Unidad Confinante de la Formación Chipaque.” (JAMES, 2014)

3. METODOLOGÍA

En este trabajo se utilizó la Metodología mixta, es decir cuantitativa, cualitativa y descriptiva ya que se van a realizar procedimientos a partir de datos numéricos para realizar análisis de vulnerabilidad, y así proceder tomar decisiones a partir de unos rangos de vulnerabilidad obtenidos de la metodología DRASTIC.

3.1 Fases del proyecto

3.1.1 Recopilación de información

La información necesaria para la elaboración de este proyecto fue adquirida en las entidades públicas como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), la corporación autónoma regional (CAR), el Servicio Geológico Colombiano (SGS), el instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC), también se utilizó información de proyectos privados como la información de pozos, la geología y demás información y visitas de campo para recolección de datos necesarios para aplicar en la metodología y el uso de ArcGIS, programa como herramienta de ayuda para generar los mapas necesarios para hacer la evaluación de la vulnerabilidad de la zona de estudio.

3.1.2 Caracterización de la zona de estudio

Posteriormente a la recopilación de información se realizó una caracterización de la zona de estudio. Esta caracterización reúne las características físicas como lo son la geología, hidrología, análisis de temperatura, de precipitación, información del caudal, Morfometría de la cuenca del río teusacá y caracterización de los principales afluentes que alimentan al río teusacá.

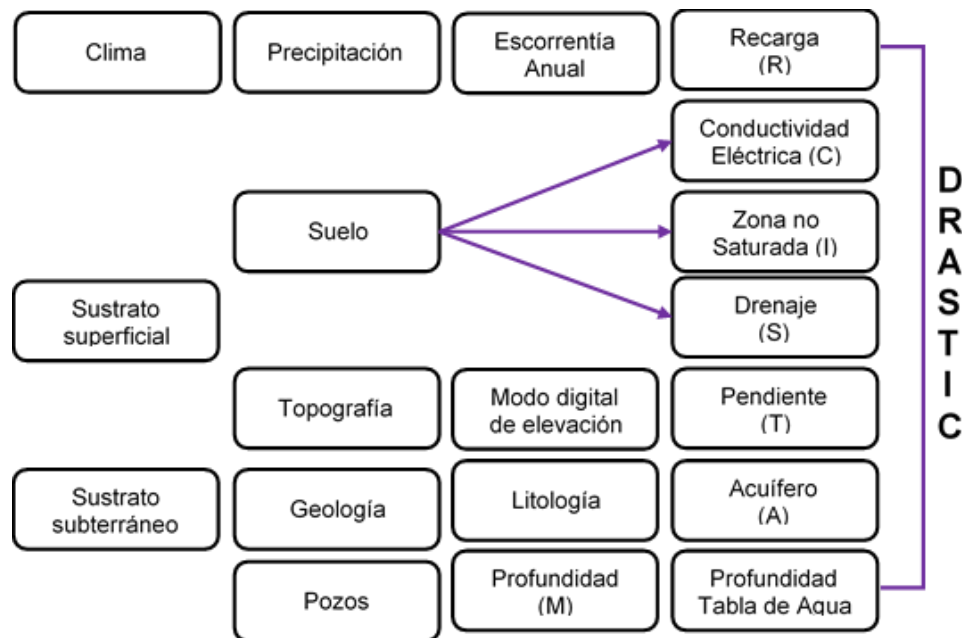
3.1.3 Metodología DRASTIC

Desarrollado por ALLER et en el año 1987 para EPA (Environmental Protection Agency), el cual tenía el propósito de evaluar cuál era la vulnerabilidad que tenían los acuíferos bajo ciertos criterios en los cuales se darían unos valores, y, cuando

se tuviera la ponderación de estos criterios, se podría determinar qué tan susceptible era el acuífero evaluado.

El presente proyecto se va a realizar con el método DRASTIC, el cual consiste en evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos ante posibles contaminantes. Clasifica y pondera parámetros intrínsecos, reflejo de las condiciones naturales del medio y es el más difundido para determinar la vulnerabilidad de acuíferos. En la ilustración 9 se muestra como se debe evaluar con la metodología DRASTIC.

Ilustración 9 Método DRASTIC



Fuente: (Soler, 2015)

3.1.3.1 D (profundidad):

Este parámetro considera la profundidad del nivel piezométrico en el caso de un acuífero libre o del techo del acuífero para uno confinado. La vulnerabilidad disminuye con la profundidad. En su valoración pueden emplearse datos de puntos de agua, estudios hidrogeológicos y medidas de campo. Para una obra lineal se considerarán captaciones situadas dentro de las celdas definidas o más próximas. (et, 1987).

Este parámetro indica cual es el espesor de la zona no saturada, y cuál es la profundidad en la cual después de atravesar puede llevar consigo contaminantes con valores de 1 a 10 como se muestra en la tabla 1, donde la profundidad es medida en m, puede obtenerse con el estudio de los pozos que se encuentren o estudios hidrológicos que tenga la zona.

Tabla 1 Valores parámetro D método DRASTIC

| D (PROFUNDIDAD, m) | Dr |
|---------------------------|-----------|
| 0 – 1.5 | 10 |
| 1.5 – 4.6 | 9 |
| 4.6 – 9.1 | 7 |
| 9.1 – 15.2 | 5 |
| 15.2 – 22.9 | 3 |
| 22.9 – 30.5 | 2 |
| >30.5 | 1 |

Fuente: (Método DRASTIC, 1998)

3.1.3.2 R (recarga)

Considera la recarga anual, se puede determinar por métodos convencionales de balance y en general se puede emplear la documentación existente cuando las áreas estudiadas afectan a Unidades Hidrogeológicas o acuíferos definidos. Sin embargo, para tramos sin acuíferos se toma el valor mínimo y para tramos con acuíferos de interés local se valorará en función de su litología. (et, 1987).

Este parámetro considera la alimentación que recibe el acuífero y es medido en milímetros (mm); se puede resaltar que los valores de este parámetro aumentan a medida de que la recarga sea aún mayor como se muestra en la tabla 2 , esto,

debido a que se puede presentar un mayor transporte de contaminantes y sustancias, generando un mayor riesgo.

Tabla 2 Valores parámetro R método DRASTIC

| R (RECARGAS, mm) | R_r |
|-------------------------|----------------------|
| 0 – 50 | 1 |
| 50 – 103 | 3 |
| 103 – 178 | 6 |
| 178 – 254 | 8 |
| >254 | 9 |

Fuente: (Método DRASTIC, 1998)

3.1.3.3 A (litología del acuífero)

Valora la litología que constituye el acuífero, considerándose que a mayor granulometría y fracturación, mayor permeabilidad y por tanto un grado de vulnerabilidad más elevado. Cuando existen varios acuíferos superpuestos siempre se valorará el superior. Para su determinación se emplea la cartografía geológica existente, como paso previo a un reconocimiento de campo de las litologías de los tramos peor definidos (et, 1987). Los valores para este parámetro oscilan de 2 a 6 como se muestra en la tabla 3

Tabla 3 Valores parámetro A método DRASTIC

| A (LITOLOGÍA DEL ACUIFERO) | VALORACIÓN A_r | VALOR TÍPICO A_r |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| Lutita masiva | 1 – 3 | 2 |
| Metamórfica/Ígnea | 2 – 5 | 3 |
| Metamórfica/Ígnea meteorizada | 3 – 5 | 4 |
| Arenas y gravas de origen glaciario | 4 – 6 | 5 |
| Secuencias de arenisca, caliza y lutitas | 5 – 9 | 6 |
| Arenisca masiva | 4 – 9 | 6 |
| Caliza masiva | 4 – 9 | 6 |
| Arena o grava | 4 – 9 | 8 |
| Basaltos | 2 – 10 | 9 |
| Caliza kárstica | 9 – 10 | 10 |

Fuente: (Método DRASTIC, 1998)

3.1.3.4 S (naturaleza del suelo)

El suelo influye en el desplazamiento vertical del contaminante hacia el acuífero. Para este parámetro se considera la porción alterada del suelo que soporta la actividad biológica. (et, 1987).

Un aspecto ambiental a considerar con relación a los sectores de explotación de canteras es que estas se caracterizan por presentar frecuentes fallas de tipo planar causadas por la explotación anti técnica de las mismas. Desafortunadamente la gestión en el control ambiental estatal es ineficiente y no se garantiza una explotación adecuada y técnica de las canteras. El fenómeno se agrava si se tiene en cuenta que en muchos casos los flancos y crestas de dichas canteras están habitadas lo cual incrementa el riesgo hacia las construcciones (Ingeominas, 1998).

Tabla 4 formaciones geológicas

| FORMACIÓN | ESPESOR (mm) | MATERIAL APROVECHADO | USO COMERCIAL |
|------------------------|--------------|----------------------|---|
| Arenisca dura | 120-460 | Recebo-Triturados | Arenas para construcción y recebo para vías |
| Plaeners | 60-207 | Recebo-Triturados | Recebo para vías |
| Labor y Tierna | 200-325 | Arena-Arenisca | Arenas para construcción y puntualmente arenas para fabricación de vidrio |
| Guaduas | 205-1200 | Arcillas-Arenas | Principalmente arcillas para fabricación de ladrillos |
| Cacho | 50-400 | Arena | Arenas para construcción |
| Bogotá | 800-2000 | Arcillas | Fabricación de ladrillos |
| Regadera | 360-1800 | Arenas | Arena para construcción |
| Tilatá | 70-300 | Gravas-Arcilla | Gravas para construcción y arcillas para fabricación de ladrillos |
| Depósitos Terraza Alta | 70-400 | Gravas-Arcilla | Gravas para construcción y arcillas para fabricación de ladrillos |

Fuente: (Ingeominas, 1998).

Tabla 5 Valores parámetro S método DRASTIC

| VARIABLE S (TIPO DE SUELO) | VALORACIÓN S _r |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Delgado o ausente | 10 |
| Grava | 10 |
| Arena | 9 |
| Agregado arcilloso o compactado | 7 |
| Arenisca margosa | 6 |
| Marga | 5 |
| Limo margoso | 4 |
| Arcilla margosa | 3 |
| Estiércol-cieno | 2 |
| Arcilla no compactada o no agregada | 1 |

Fuente: (Método DRASTIC, 1998)

3.1.3.5 T (pendiente del terreno)

Se realizan cartografías de detalle, con el correspondiente levantamiento topográfico, que pueden emplearse para la estimación de las pendientes correspondientes. Este parámetro es de menor valor asignado en la ponderación que DRASTIC propone. (et, 1987).

La cuenca del río Teusacá tiene una extensión aproximada de 358 km², la cual se encuentra ubicada limitada entre la calera y la desembocadura del río Teusacá en el río Bogotá, con altitudes entre los 2600 y 3200 msnm. La altitud media de la cuenca se encuentra alrededor de los 2850 msnm. Esta cuenca se caracteriza principalmente por presentar topográficamente relieves montañosos en un porcentaje muy alto, superior al 64% del área total, donde se observa en su mayor parte relieves ondulados, fuertemente ondulados a fuertemente quebrados y escarpados en la zona centro occidental de la cuenca.

Tabla 6 Valores parámetro T método DRASTIC

| T (PENDIENTE, %) | T_r |
|-------------------------|----------------------|
| 0 – 2 | 10 |
| 2 – 6 | 9 |
| 6 – 12 | 5 |
| 12 – 18 | 3 |
| >18 | 1 |

Fuente: (Método DRASTIC, 1998)

3.1.3.6 I (naturaleza de la zona no saturada)

La zona no saturada influye en los procesos de atenuación en la trayectoria del agua hacia la zona saturada. Este parámetro contempla la existencia de acuíferos libres confinados y semiconfinados al valorar el tipo de materiales existentes en la zona no saturada. Si el acuífero es libre corresponde a la propia litología del acuífero y para los otros dos casos corresponde a los materiales supra yacentes confinantes. (et, 1987).

El parámetro de la naturaleza de la zona no saturada es la capacidad del suelo para obstaculizar el transporte vertical, datos que pueden ser obtenidos mediante el estudio de los pozos que se encuentren en la zona que se pretende estudiar, en

este caso , la cuenca del rio Teusacá entre la Calera y la desembocadura del río Bogotá.

Tabla 7 Valores parámetro I método DRASTIC

| I (NATURALEZA DE LA ZONA NO SATURADA) | VALORACIÓN I_r | VALOR TÍPICO I_r |
|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| Capa confinable | 1 | 1 |
| Cieno-arcilla | 2 – 6 | 3 |
| Lutita | 2 – 5 | 3 |
| Caliza | 2 – 7 | 6 |
| Arenisca | 4 – 8 | 6 |
| Secuencias de arenisca, caliza y lutita | 4 – 8 | 6 |
| Arena o grava con contenido de cieno y arcilla significativo | 4 – 8 | 6 |
| Metamórfica/Ígnea | 2 – 8 | 4 |
| Grava y arena | 6 – 9 | 8 |
| Basalto | 2 – 10 | 9 |
| Caliza kárstica | 8 – 10 | 10 |

Fuente: (Método DRASTIC, 1998)

3.1.3.7 C (permeabilidad)

La valoración de este parámetro es compleja si no se dispone de ensayos de bombeo que hayan determinado parámetros hidráulicos, por ello se pueden emplear los valores teóricos relativos estimados para las diferentes litologías, estableciendo rangos en función de la propia litología, número de captaciones existentes, caudal explotado y otras observaciones realizadas en el campo. (et, 1987).

El último parámetro que se tiene determina la cantidad de agua que atraviesa el acuífero el cual se mide en metros (m) por día, datos que pueden ser suministrados, al igual que en el parámetro anterior, mediante el estudio de pozos que se encuentren en la zona.

Tabla 8 Valores parámetro C método DRASTIC

| C (CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA) | | C_r |
|-------------------------------------|---|----------------------|
| m/día | Cm/s | |
| 0.04 – 4.08 | $4.6 \cdot 10^{-5} - 4.7 \cdot 10^{-3}$ | 1 |
| 4.08 – 12.22 | $4.7 \cdot 10^{-3} - 1.4 \cdot 10^{-2}$ | 2 |
| 12.22 – 28.55 | $1.4 \cdot 10^{-2} - 3.4 \cdot 10^{-2}$ | 3 |
| 28.55 – 40.75 | $3.4 \cdot 10^{-2} - 4.7 \cdot 10^{-2}$ | 6 |
| 40.75 – 81.49 | $4.7 \cdot 10^{-2} - 9.5 \cdot 10^{-2}$ | 8 |
| >81.49 | $>9.5 \cdot 10^{-2}$ | 10 |

Fuente: (Método DRASTIC, 1998)

3.1.2 Ponderación método DRASTIC

Después de que se determinan los valores de todos los factores, el método asigna un factor de ponderación a los parámetros mencionados anteriormente los cuales tienen valores que están entre 1.0 y 5.0.

Tabla 9 Factores de ponderación para el método DRASTIC.

| FACTORES DE PONDERACIÓN | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| TIPO DE CONTAMINANTE | D_w | R_w | A_w | S_w | T_w | I_w | C_w |
| Pesticida (DRASTIC-P) | 5 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 2 |
| No pesticida | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 5 | 3 |

Fuente: (Método DRASTIC, 1998)

El valor índice se obtiene, entonces, de la sumatoria de la multiplicación de cada parámetro por su respectivo factor de ponderación, como se muestra a continuación:

$$iV_{\text{DRASTIC}} = (D_r \times D_w) + (R_r \times R_w) + (A_r \times A_w) + (S_r \times S_w) + (T_r \times T_w) + (I_r \times I_w) + (C_r \times C_w)$$

r: Factor de ponderación o de valoración

w: Factor de ponderación

El método DRASTIC genera finalmente un valor de vulnerabilidad que va desde muy bajo, hasta muy alto, permitiendo determinar que tan susceptible es la cuenca en cuanto a sus diferentes parámetros, teniendo en cuenta factores externos como lo es la contaminación, y tomando de guía datos de pozos o perforaciones que tenga la zona, esto con el fin de tener una precisión aun mayor en los valores de dichos parámetros.

Tabla 10 vulnerabilidad del método DRASTIC.

| VELNERABILIDAD GENERAL | |
|-------------------------------|-----------------------|
| GRADO | VULNERABILIDAD |
| Muy Bajo | 23 – 64 |
| Bajo | 65 – 105 |
| Moderado | 106 – 146 |
| Alto | 147 – 187 |
| Muy Alto | 188 – 230 |

Fuente: (Método DRASTIC, 1998)

3.2 Herramientas

Entre las herramientas utilizadas están los planos cartográficos 228IA, 228IC, 228IIIA, 228IIIC Y 247IA de formato shape a escala 1:25000 obtenidos del IGAC (instituto geográfico Agustín Codazzi). Las planchas cartográficas 228IA, 228IIIA,

228IIIC Y 247IA tienen reserva legal del ejército nacional, así que se realizó una solicitud ante el ministerio de defensa nacional para adquirir un permiso espacial el cual se encuentra adjuntado en los anexos. También se usaron planos geológicos obtenidos de Ingeominas entre los cuales están las planchas 228 en escala 1:100000 y las planchas 228 I A Y 228 IIIA en escala 1:25000. Se van a realizar visitas a campo para la recolección de datos hidrogeológicos, para esto se utilizan herramientas como GPS, flexómetros o cintas métricas y otros instrumentos. El software que se va requerir para los modelamientos de los planos y la obtención de los resultados va a ser ARCGIS 10.5, un software utilizado en el campo de los sistemas de información geográficos.

3.3 Área de estudio

La zona de estudio está ubicada en el departamento de Cundinamarca, en la cuenca del río Teusacá delimitada entre la calera y la desembocadura del río Teusacá en el río Bogotá. Esta zona involucra los departamentos de la calera y sopo. Comprende un área de 167,63 km^2 , un perímetro de 73,627 km y una longitud del cauce principal de 11,627 km.

La localización geográfica de la zona de estudio se encuentra comprendida entre las siguientes coordenadas. Latitud 4°56'40"N longitud 74°00'09"W donde se produce la desembocadura del río Teusacá al río Bogotá y latitud 4° 41' 42.000" N longitud 73° 58' 37.200" W.

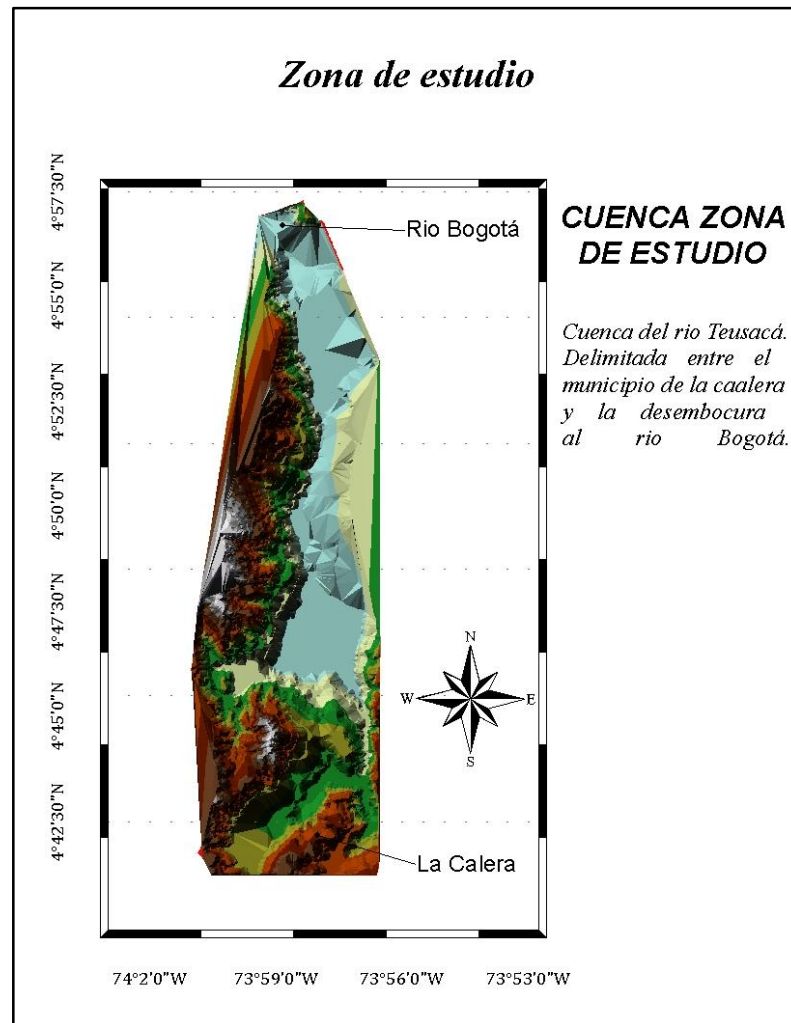
4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Caracterización zona de estudio.

Par la ejecución del proyecto se requiere realizar la caracterización física de la zona de estudio.

La zona de estudio corresponde a la cuenca del río Teusacá delimitada entre la calera y la desembocadura del río Teusacá en el río Bogotá como se muestra en la ilustración 10.

Ilustración 9 zona de estudio



Fuente: Propia

4.1.1 Cálculo de datos faltantes

Aunque se obtuvo información por medio la Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca (CAR), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

(EAAB), en ciertos meses de los años se presentan datos incompletos en algunas de las estaciones, por esto, se realizó por medio del método de correlación lineal, el método de regresión lineal y razón normal, el registro de los datos faltantes, esto con el fin de obtener los datos más exactos por métodos matemáticos comprobables y hacer los registros correspondientes para dichos meses.

Los datos faltantes en un registro pluviométrico o meteorológico se pueden completar mediante diferentes métodos:

1. Promedio aritmético
2. Proporción normal
3. Correlación lineal
4. Análisis doblemente acumulativo o curva doblemente masiva
5. Método de regresión lineal y razón normal

4.1.1.1 Método de correlación lineal

Para utilizar el método de correlación lineal hay que partir de la hipótesis que existe una relación lineal entre los registros de las estaciones. Se debe hacer uso de las siguientes ecuaciones.

Coefficiente de correlación

$$R = \frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{(n-1) \sigma_x \sigma_y}$$

Desviación estándar

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{n - 1}}$$

Varianza

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n}$$

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{n}$$

Covarianza

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum(X - \hat{X})(Y - \hat{Y})}{n}$$

Formulas generales para el llenado de datos faltantes

$$Y = a + bX$$

$$a = \hat{Y} - \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x^2} \hat{X}$$

$$b = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x^2}$$

4.1.1.2 Método de regresión lineal y razón normal

Se utilizó el método de regresión lineal y el de la razón normal para el cálculo de los datos faltantes. La técnica de regresión lineal simple permite construir modelos para representar la relación entre la variable independiente que es la que proporciona datos para el cálculo denotada con la letra X, y la variable dependiente que es la que se calcula denotada por la letra Y, para una mejor visualización se grafica el diagrama de dispersión. Para analizar la intensidad de la relación se calcula el coeficiente de correlación mediante la fórmula (1), se lo denota con la letra r y puede tomar valores entre -1, 0, +1. El valor cercano a cero indica que no existe ninguna correlación entre variables (Lind et al., 2004).

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X\sum Y}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (1)$$

Dónde:

n: Número de observaciones.

El método de la razón normal se asemeja al método del cociente, emplea la razón de los valores normales de las estaciones próximas a la estación que se desea calcular y viene dada por la fórmula (2), se recomienda utilizar por lo menos tres estaciones auxiliares y se la emplea cuando la media de una de las estaciones piloto difiere en más del 10% de la media de la estación con datos faltantes (Guevara, 2003).

$$P_x = \frac{1}{n} \cdot \left[\left(\frac{N_x}{N_1} \right) P_1 + \left(\frac{N_x}{N_2} \right) P_2 + \dots + \left(\frac{N_x}{N_n} \right) P_n \right] \quad (2)$$

Donde:

N: número de estaciones pluviométricas con datos de registros continuos. P_x : Precipitación de la estación con datos faltantes (x) durante el período de tiempo a completar. P_1 a P_n : Precipitación de las estaciones auxiliares durante el período de tiempo a completar. N_x : Precipitación media anual de la estación (x). N_1 a N_n : Precipitación media anual de las estaciones auxiliares (Monsalve, 2009).

4.1.2 Estaciones hidrológicas

Para el estudio hidrológico es necesaria la información de las estaciones hidrológicas meteorológicas que convergen con la zona de la cuenca del río Teusacá, los datos de las estaciones fueron proporcionadas por tres diferentes entidades: la Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca (CAR), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Empresa de

Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), en las cuales se presenta un código correspondiente a la estación, seguido del nombre de la misma, junto con las coordenadas donde se encuentran ubicadas.

Los datos de las estaciones de las cuales se obtuvo información se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Estaciones del cuenca del río Teusacá

| CODIGO | NOMBRE | ENTIDAD | CORRIENTE | COORDENADAS | |
|---------|----------------|---------|-------------|-----------------|-----------------|
| | | | | LATITUD | LONGITUD |
| 2120103 | SANTA TERESA | CAR | RIO TEUSACA | 4°44' 44,484" N | 73°58' 6,384" W |
| 2120112 | CASITA LA | CAR | RIO TEUSACA | 4°38' 9,819" N | 74°01'12,286" W |
| 2120125 | SAN PEDRO | IDEAM | RIO TEUSACA | 4°52' 00" N | 73°58'00" W |
| 2120592 | SUASUQUE | IDEAM | RIO TEUSACA | 4°49' 00" N | 73°58'00" W |
| 2120024 | EL VERJON | EAAB | RIO TEUSACA | 4°35' 00" N | 74°02'00" W |
| 2120040 | SAN LUIS 1 Y 2 | EAAB | RIO TEUSACA | 4°38' 00" N | 74°01'00" W |

Fuente: Propia

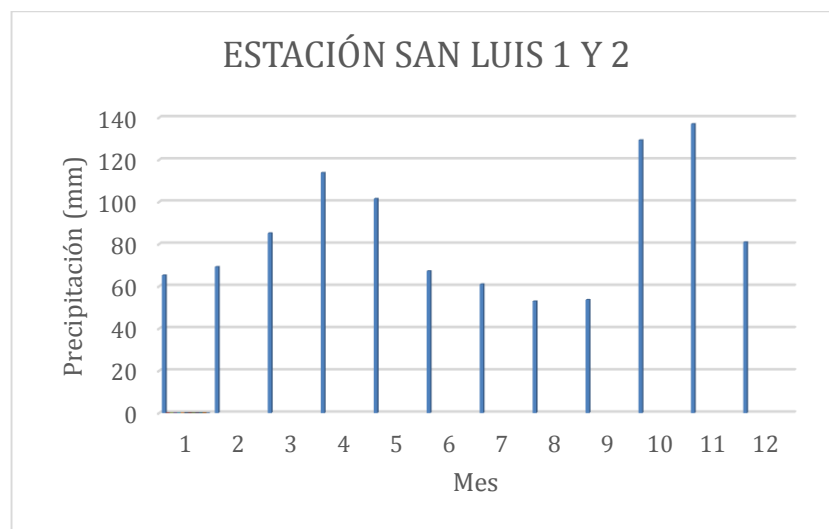
4.1.3 Precipitación

Para el análisis de los datos de precipitaciones se tomaron los valores medios mensuales multianuales de las 4 estaciones mencionadas anteriormente. Las

estaciones climatológicas utilizadas para el análisis hidrológico se relacionan a continuación.

- A. EAAB- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
Sistema de Información Nacional Ambiental
Estación: San Luis 1 y 2 Código: 2120040
- B. CAR- Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca
Valores totales mensuales de precipitación (mm)
Estación: Santa Teresa Código: 212010
- C. CAR- Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca
Estación: La Casita Código: 2120112
- D. EAAB- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
Sistema de Información Nacional Ambiental
Valores totales mensuales de precipitación (mm)
Estación: San Pedro Código: 2120040

Ilustración 10 Precipitación estación san Luis 1 y 2



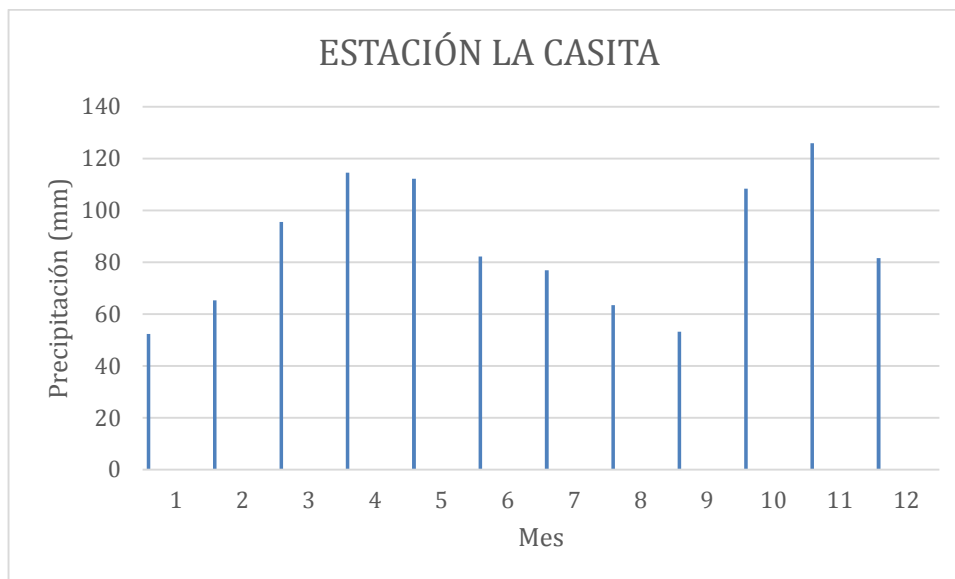
Fuente: Propia

Ilustración 11 Precipitación estación Santa Teresa



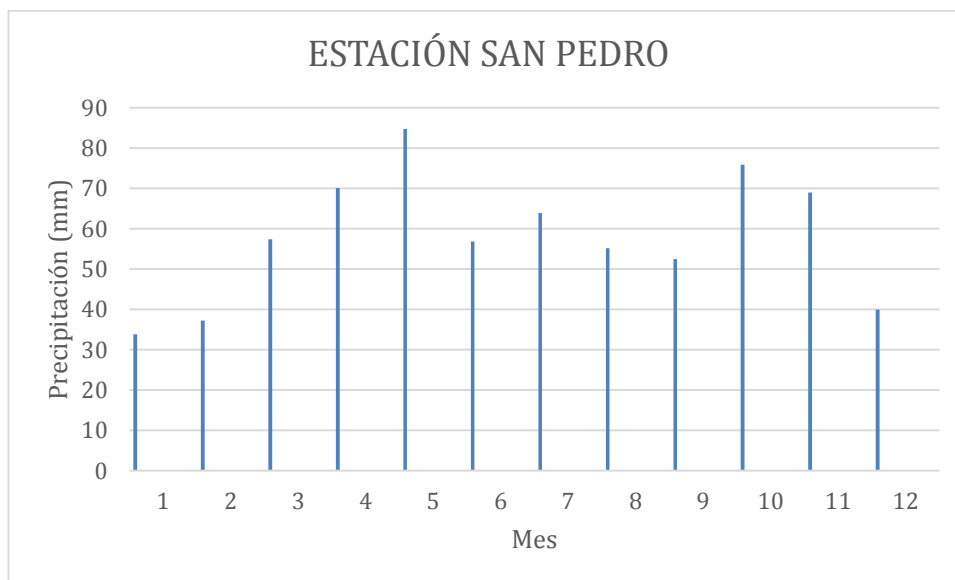
Fuente: Propia

Ilustración 12 Precipitación estación La Casita



Fuente: Propia

Ilustración 13 Precipitación estación San Pedro



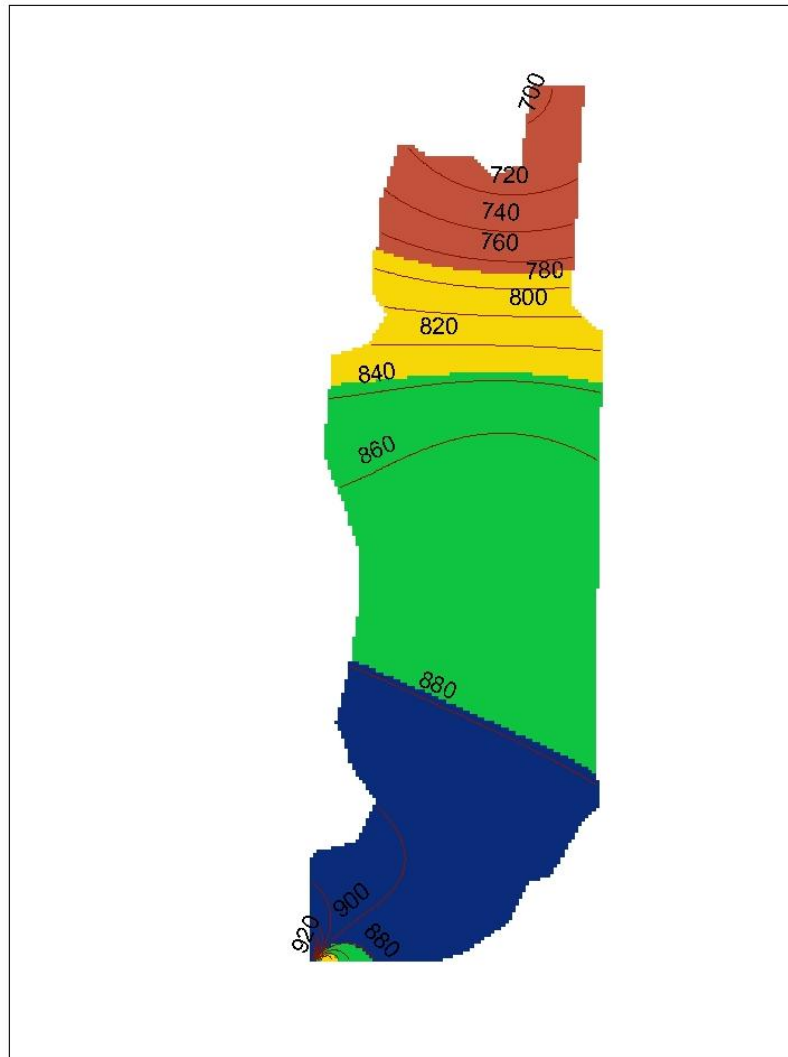
Fuente: Propia

4.1.3.1 Isoyetas

La isoyeta es una isolínea que une los puntos, en un plano cartográfico, que presentan la misma precipitación en la unidad de tiempo considerada. Así, para una misma área, se puede diseñar un gran número de planos con isoyetas; como ejemplos, las isoyetas de la precipitación media de largo periodo del mes de enero, de febrero, etc., o las isoyetas de las precipitaciones anuales. (educal)

Una vez obtenidos los datos de precipitación de las estaciones presentes en la cuenca del río Teusacá en el municipio de la Calera, mediante el programa ARCGIS, se procede a realizar un análisis, el cual pondera los datos de las estaciones y procede a trazar las isolíneas, las cuales se presentan en la ilustración 15, las cuales muestran las zonas de igual precipitación y muestra las variaciones que tiene con respecto de otras zonas.

Ilustración 14 Isoyetas de la cuenca rio Teusacá



Fuente: Propia

El valor obtenido de precipitación media multianual de la cuenca del rio teusacá es de 847,98 mm, el valor máximo de precipitación es de 1.011,89 y el valor mínimo es de 698,216 mm.

4.1.4 Clima

El clima es el conjunto de características y condiciones atmosféricas como lo son la cantidad y frecuencia de lluvias, la humedad, la temperatura, los vientos, etc., las cuales infieren sobre una zona. Las variaciones de la precipitación permiten clasificar el clima de la cuenca y la vegetación es causa del clima.

Para realizar la caracterización climatológica del área de estudio es necesario realizar un análisis conjunto de los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio. La zona de la cuenca del río Teusacá tiene un clima frío tropical húmedo debido a la altura de las montañas

Por medio de una solicitud que se realizó a las tres entidades mencionadas anteriormente, la CAR, el IDEAM y EAAB, se consiguió obtener la información de temperatura de las siguientes estaciones: San Pedro, Suasuque, el Verjón y San Luis 1 y 2.

4.1.5 Temperatura

La temperatura promedio del lugar se encuentra en los 12,8° C; esta información es suministrada por el IDEAM, la CAR y el EAAB, dichos datos que presentan las 4 estaciones corresponde a la temperatura promedio multianual que presenta la cuenca del río Teusacá en el municipio de la Calera.

Tabla 12 Temperatura estación San Luis 1 y 2

| TEMPERATURA °C | | | | | | | | ESTACIÓN: SAN LUIS 1 Y 2 | | | | | | | | | |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AÑO | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| PROM. ANUAL | 13,2 | 12,8 | 12,3 | 12,6 | 13,0 | 11,7 | 12,7 | 12,7 | 12,5 | 13,3 | 13,8 | 13,4 | 12,8 | 13,0 | 13,2 | 13,7 | 13,8 |
| PROM. MENSUAL MULTIANUAL | 13,0 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: IDEAM

Tabla 13 Temperatura estación Santa Teresa

| TEMPERATURA °C | | | | | | | | ESTACIÓN: SANTA TERESA | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AÑO | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| PROM. ANUAL | 11,6 | 12,9 | 13,5 | 12,3 | 12,9 | 11,5 | 12,5 | 13,5 | 12,6 | 12 | 13,6 | 13,5 | 13,2 | 12,8 | 12,9 | 12,9 | 13,4 |
| PROM.MENSUAL MULTIANUAL | 12,8 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: IDEAM

Tabla 14 Temperatura estación La Casita

| TEMPERATURA °C | | | | | | | | ESTACIÓN: LA CASITA | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AÑO | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| PROM. ANUAL | 9,4 | 12,9 | 13,4 | 13,6 | 13,1 | 11,5 | 12,6 | 12,4 | 12,4 | 12,2 | 13,5 | 13,4 | 12,8 | 12,8 | 12,7 | 12,9 | 13,4 |
| PROM.MENSUAL MULTIANUAL | 12,7 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: IDEAM

Tabla 15 Temperatura estación San Pedro

| TEMPERATURA °C | | | | | | | | ESTACIÓN: SAN PEDRO | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AÑO | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| PROM. ANUAL | 6,1 | 12,9 | 13,4 | 13,3 | 13,3 | 11,5 | 12,6 | 13,5 | 12,4 | 12,0 | 13,7 | 13,5 | 12,7 | 12,8 | 12,7 | 12,9 | 13,4 |
| PROM.MENSUAL MULTIANUAL | 12,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: IDEAM

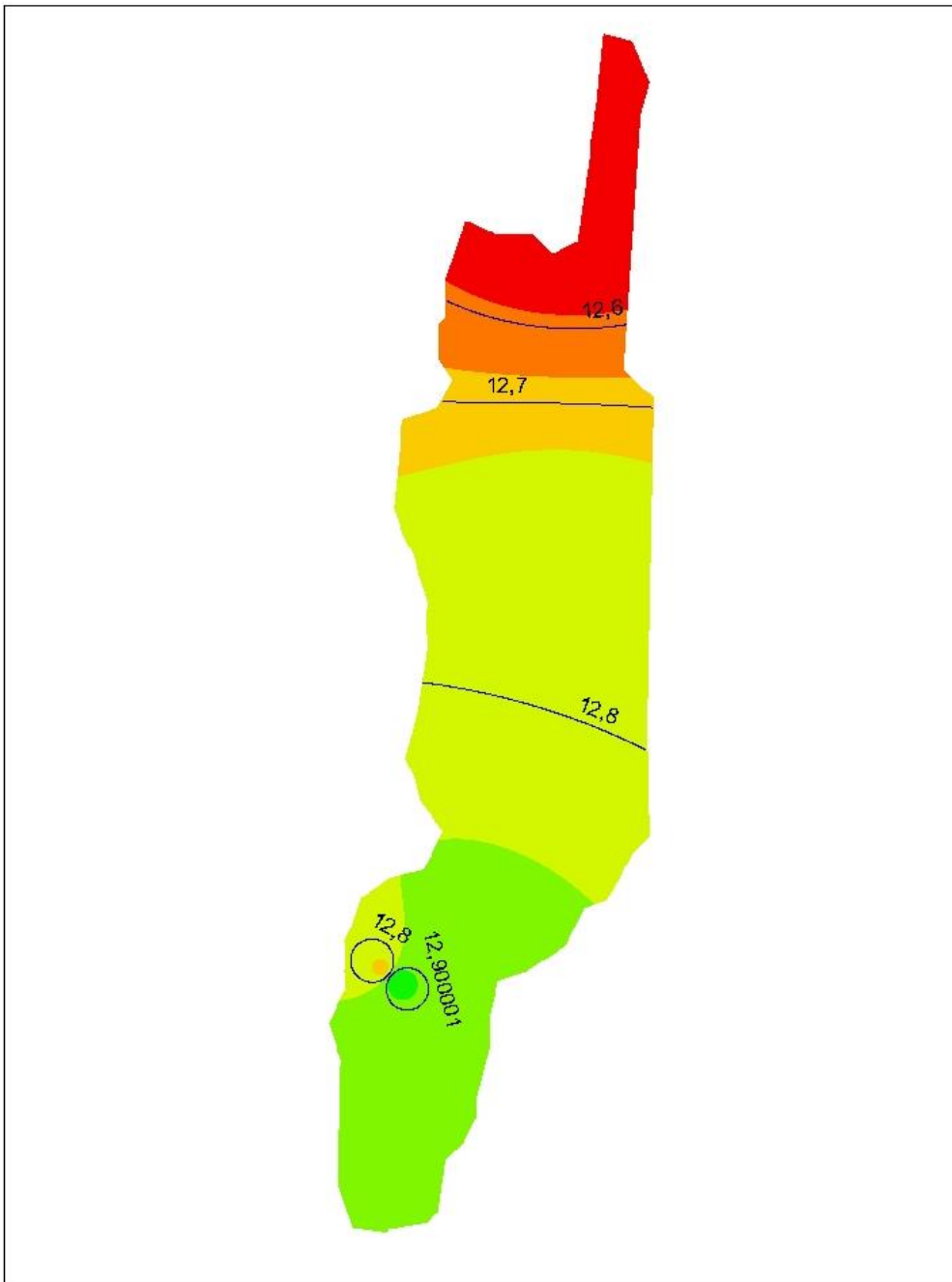
4.1.5.1 Isotermas

Las isotermas son isolineas las cuales unen puntos de una superficie que tiene las mismas temperaturas.

Las isotermas se realizaron con el software ArcGIS, utilizando la cartografía correspondiente a la zona de estudio y luego se utilizaron herramientas de interpolación para generar el mapa de isotermas.

La ilustración 16 nos muestra las isotermas correspondientes a la cuenca del río teusacá, el valor de temperatura media generado por el mapa es de 12,76 °C, el valor máximo es de 12,99 °C y el valor mínimo es de 12,5 °C.

Ilustración 15 isotermas de la cuenca del rio Teusacá



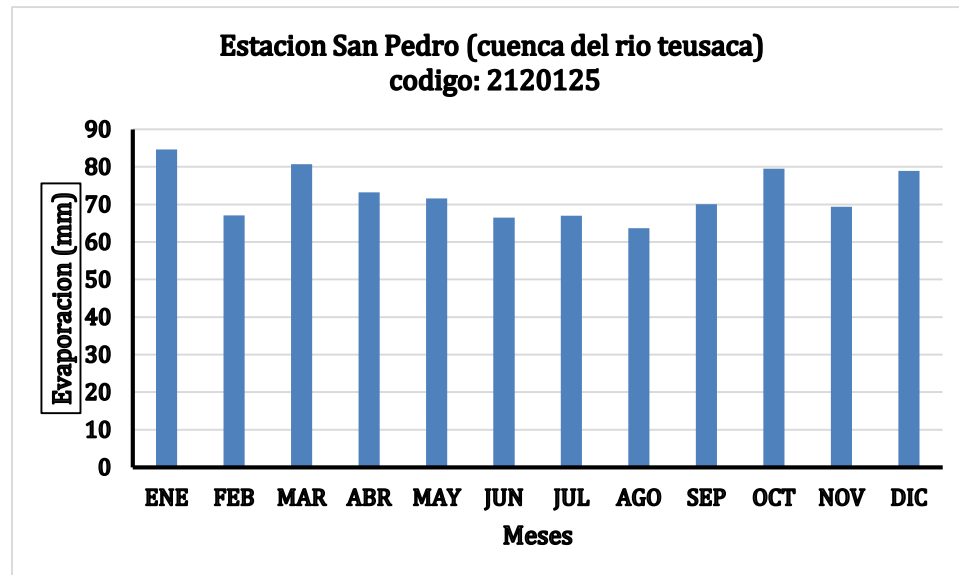
Fuente: Propia

4.1.6 Evaporación

La evaporación es definida comúnmente como un proceso físico en el cual un líquido cambia sus propiedades debido a condiciones externas, y este es transformado o convertido en un elemento con estado gaseoso. Para realizar el análisis de evaporación en la zona de la cuenca del río Teusacá es necesario la información de algunas estaciones suministradas por el IDEAM, la estación de San Pedro y San Luis.

Los datos suministrados de evaporación se muestran en las siguientes gráficas.

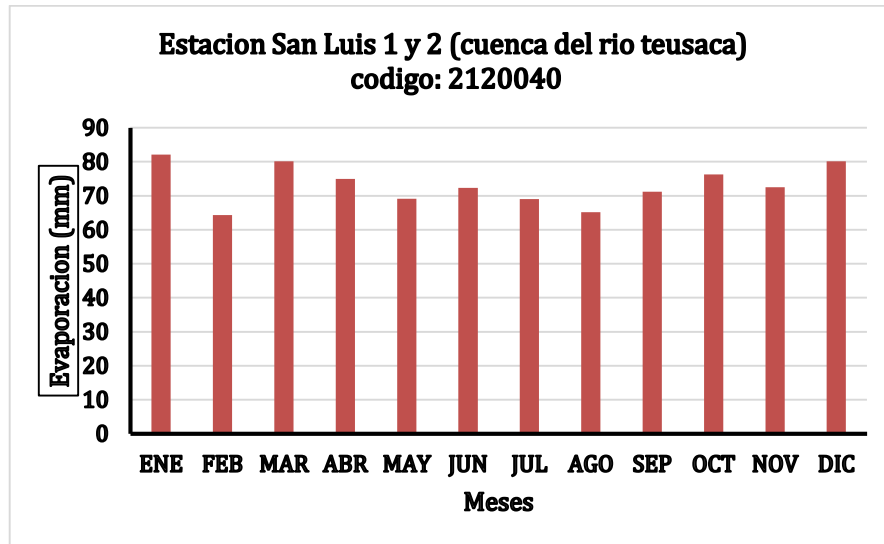
Ilustración 16 Evaporación estación San Pedro



Fuente: Propia

La grafica 7 muestra unos índices de evaporación de tipo uniforme durante todo el año, se identifican los registros más altos en el mes de enero y marzo para el primer semestre del año y en el mes octubre y diciembre para el segundo semestre del año. El registro más alto de evaporación es el mes de enero con un valor de 84,6 mm. El valor más bajo es el de agosto con 63,7. el valor anual es de 872,3 mm.

Ilustración 17 Evaporación estación San Luis 1 y 2



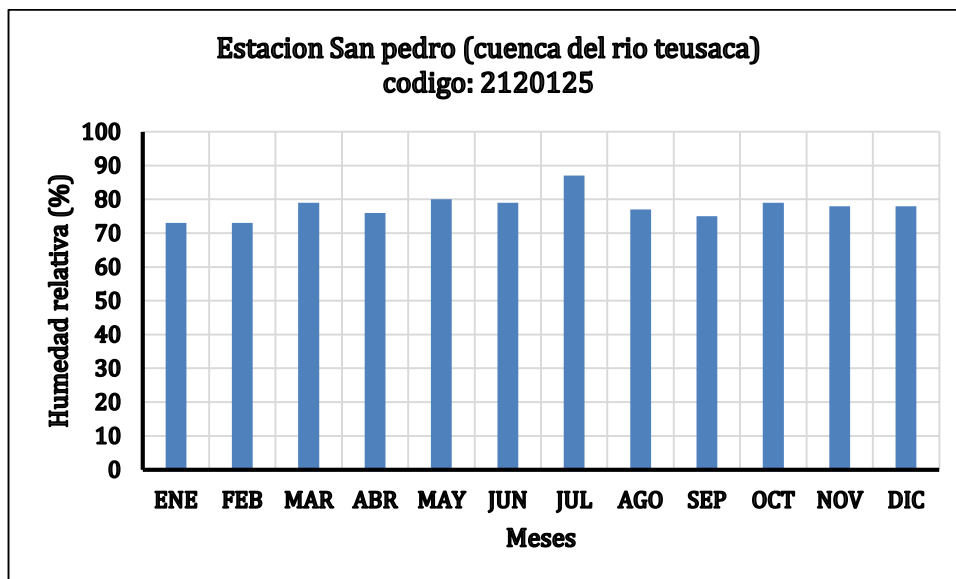
Fuente: Propia

La grafica 8 muestra unos índices de evaporación de tipo uniforme durante todo el año, se identifican los registros más altos en el mes de enero y marzo para el primer semestre del año y en el mes octubre y diciembre para el segundo semestre del año. El registro más alto de evaporación es el mes de enero con un valor de 82,1 mm. El valor más bajo es el de febrero con 64,3. el valor anual es de 877,2 mm.

4.1.7 Humedad relativa

La humedad relativa es la cantidad de agua, en estado gaseoso es decir, vapor de agua que se encuentra en la superficie o en el aire. Para el análisis de la humedad relativa se utilizaron las estaciones de san Luis 1 y 2 y san pedro.

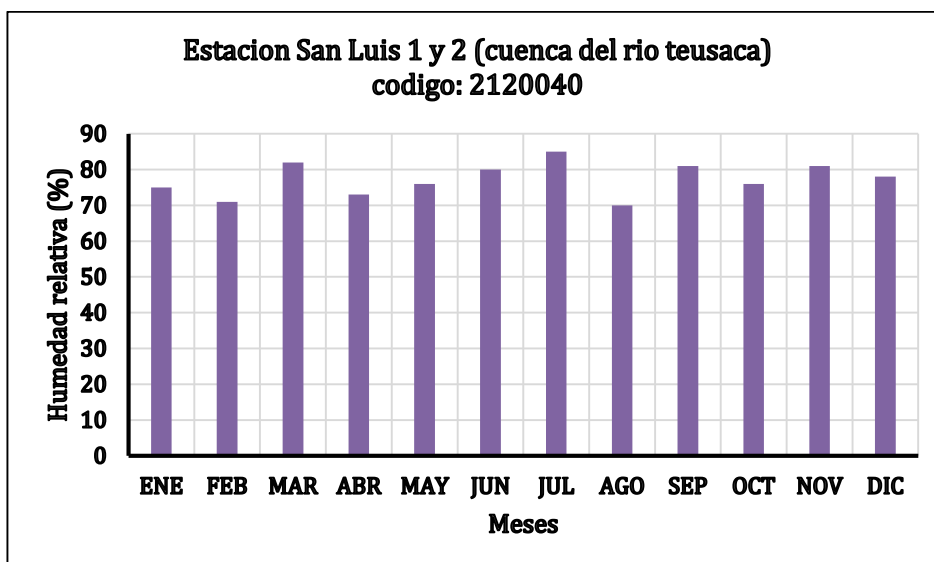
Ilustración 18 Humedad relativa estación San Pedro



Fuente: Propia

La humedad relativa promedio mensual de la estación de San Pedro, muestra una distribución uniforme durante el año, diferente del mes de julio que indica un valor por encima del 80%. Los otros meses si presentan valores que oscilan entre el 70% y 80%. El valor promedio anual es de 77,8 %.

Ilustración 19 Humedad relativa estación San Luis 1 y 2



Fuente: Propia

La humedad relativa promedio mensual Sn Luis, muestra una distribución uniforme durante el año, los meses marzo, julio, septiembre y noviembre indican un valor por encima del 80%. Los otros meses si presentan valores que oscilan entre el 70% y 80%. El valor promedio anual es de 77,3 %.

4.1.8 Hidrología

La hidrología se realizó desde el nacimiento del río Teusacá hasta la desembocadura de este en el río Bogotá.

4.1.8.1 Área de estudio

La cuenca del río Teusacá está localizada en el departamento de Cundinamarca, sobre la cordillera oriental. Atraviesa los municipios de Choachi, Bogotá, La calera, Ubaque, Guasca, Chía, Sopo y Tocancipá. Comprende un área de 358,18 km² y una longitud del cauce principal de 69 km. (Ecoforest Ltda, 2013)

La zona de estudio se encuentra ubicada geográficamente entre las siguientes coordenadas: latitud 4°56'40"N longitud 74°00'09"W donde se produce la desembocadura del río Teusacá al río Bogotá, y latitud 4°35'10"N, longitud 74°00'47"W en donde se encuentra el nacimiento del río Teusacá.

Las poblaciones más importantes que se encuentran cerca de la cuenca del río Teusacá son Sopo y la Calera, debido al área que estas presentan, ya que estas dos ocupan un espacio aproximadamente del 80,37% de la totalidad del terreno, lo que indica que tienen una mayor influencia.

En la siguiente tabla se pueden observar los municipios que se encuentran ubicados cerca de la cuenca del río Teusacá, en la cual se especifica cual es el área en hectáreas (Ha), kilómetros (Km) y el porcentaje (%) que tiene cada una

Tabla 16 Distribución territorial de la cuenca

| MUNICIPIO | ÁREA (Ha) | ÁREA (km ²) | % |
|-----------|-----------|-------------------------|--------|
| LA CALERA | 19011,472 | 190,11472 | 53,077 |
| SOPO | 9776,224 | 97,76224 | 27,294 |
| GUASCA | 3211,73 | 32,1173 | 8,967 |
| BOGOTA | 2841,33 | 28,4133 | 7,933 |
| TOCANCIPA | 877,196 | 8,77196 | 2,449 |
| CHOACHI | 54,908 | 0,54908 | 0,153 |
| CHIA | 23,007 | 0,23007 | 0,064 |
| UBAQUE | 22,549 | 0,22549 | 0,063 |
| TOTAL | 35818,416 | 358,18416 | 100 |

Fuente: Ecoforest, 2013

Ilustración 20 Localización de la cuenca del río Teusacá



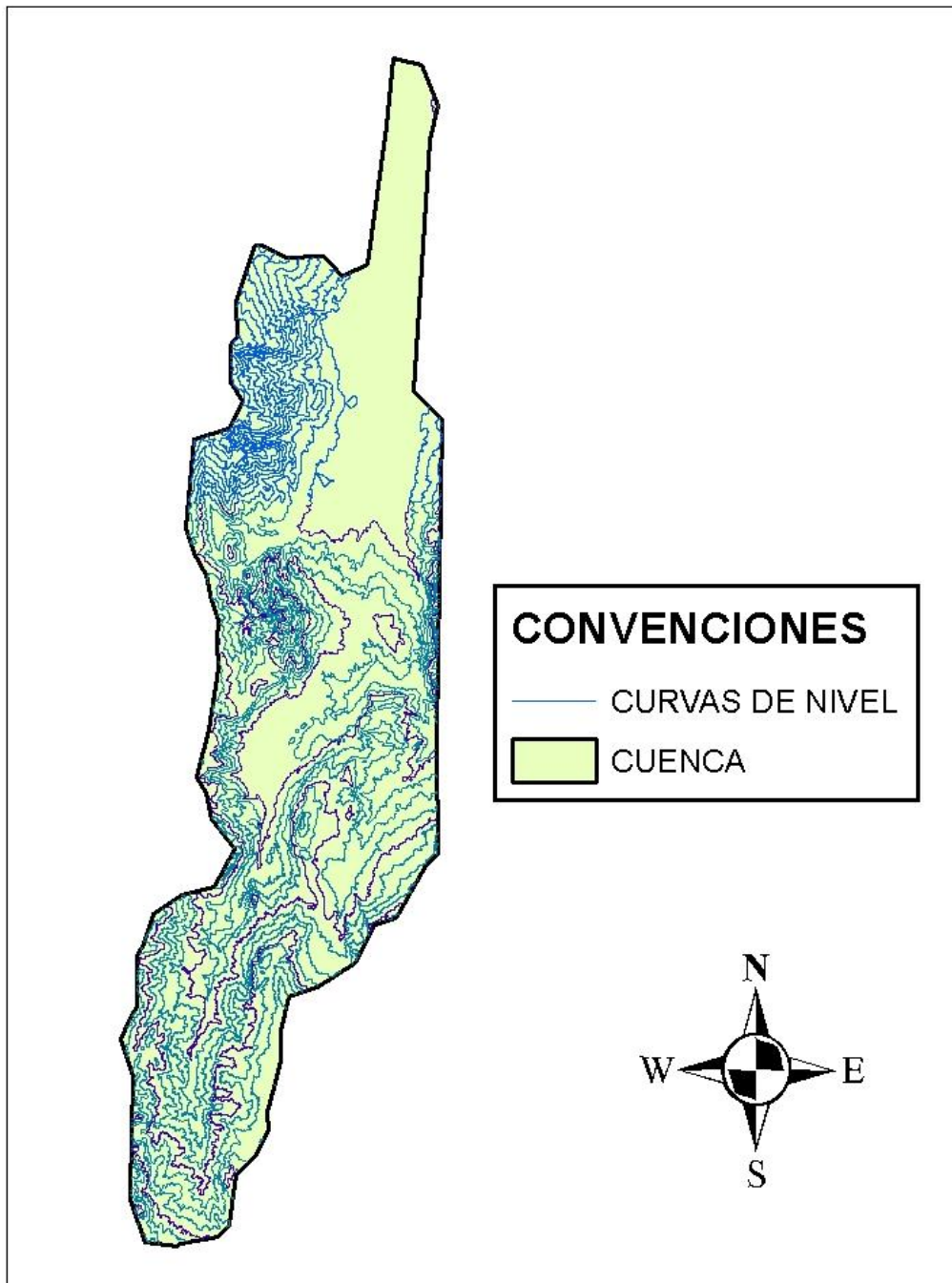
Fuente: (E.S.P., 2017)

El análisis hidrológico se realizó a partir del procesamiento estadístico de datos meteorológicos de 4 estaciones las cuales están situadas alrededor de la cuenca del río Teusacá, puesto que aportan datos históricos importantes con los cuales se hicieron comparaciones de precipitación.

4.1.8.2 Delimitaciones de la cuenca del río Teusacá

Para La hidrología se delimito todo la cuenca del río teusacá desde su nacimiento hasta la desembocadura, se realizó con el software ArcGIS, la delimitación de la cuenca se muestra en la ilustración 22.

Ilustración 21 Cuenca del río Teusacá



Fuente: propia

INDICE DE GRAVELIUS (G):

$$G = \frac{P}{2\sqrt{A\pi}}$$

$$G = \frac{91.27 \text{ km}}{2\sqrt{\pi * 209.41\text{km}^2}}$$

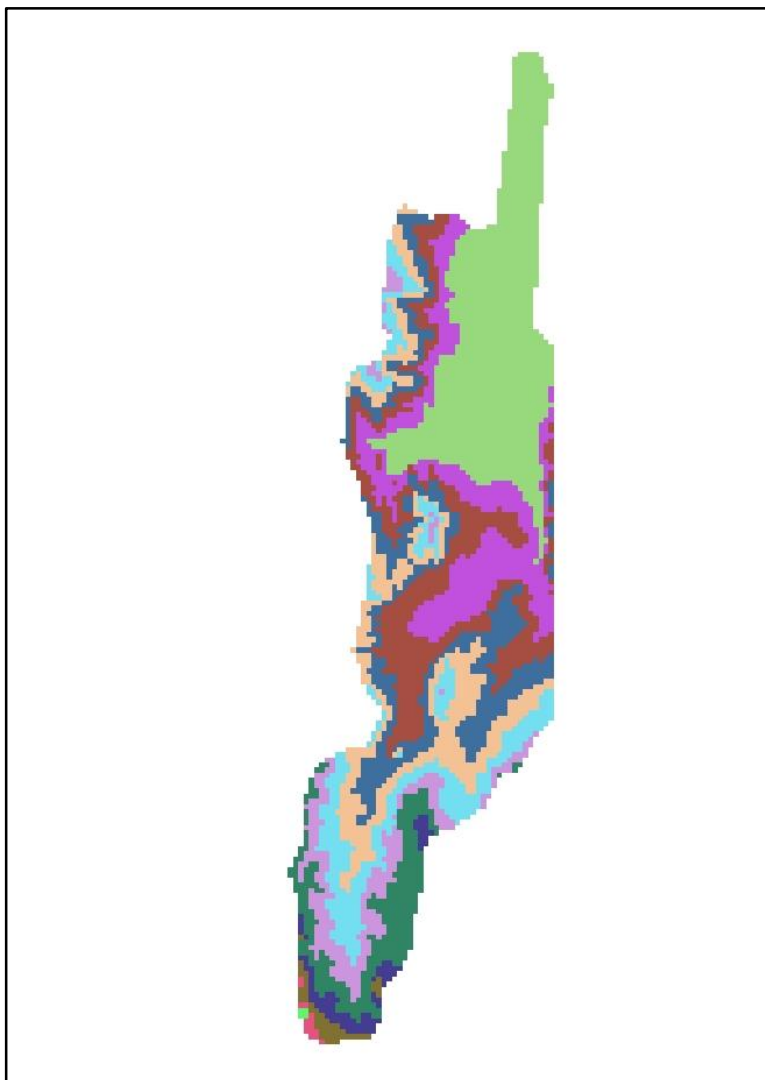
$$G = 1.78$$

El valor del índice de gravelius es siempre mayor que uno (1) y depende de la forma de la cuenca hidrográfica. Para este caso se puede concluir que la cuenca tiene una forma alargada ya que el índice es mayor a 1.75 ($G > 1.75$).

4.1.8.3 Curva hipsométrica

Mapa de áreas acumuladas y parciales para elaboración de curvas hipsométricas, obtenido del software ARCGIS 10.5.

Ilustración 22 mapa curvas hipsométricas



Fuente: Propia

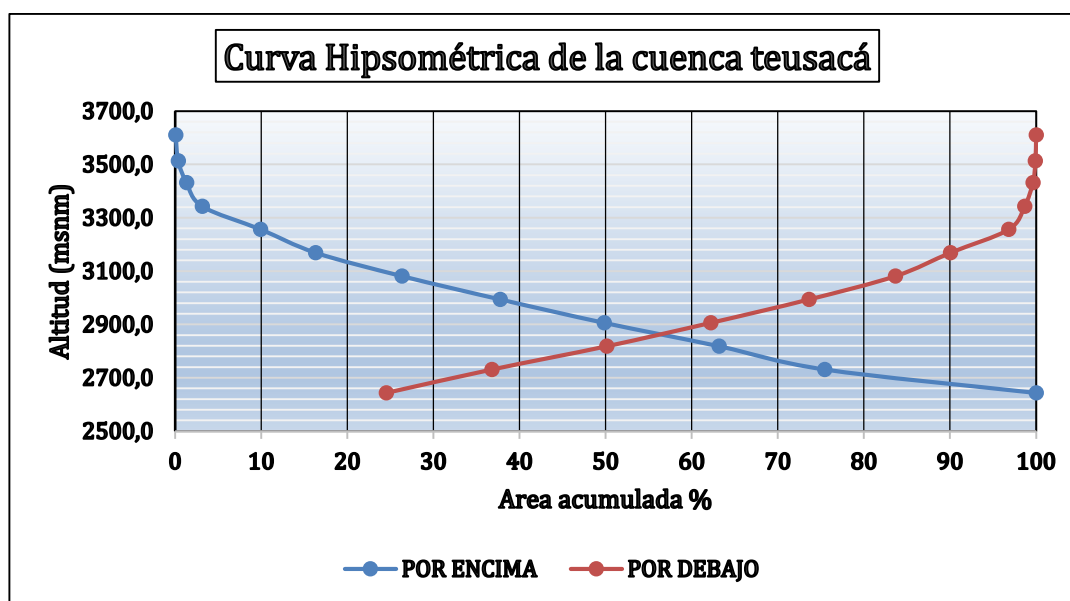
Cuadro de áreas acumuladas y parciales para elaboración de curvas hipsométricas

Tabla 17 áreas acumuladas curva hipsométrica

| N° | COTA (msnm) | | | AREA (KM2) | | | |
|----|-------------|--------|----------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| | Min | Max | Promedio | AREA ACUMULADA POR ENCIMA | % ACUM | AREA ACUMULADA POR DEBAJO | % ACUM |
| 1 | 2600,0 | 2687,5 | 2643,7 | 209,410 | 100 | 51,379 | 24,54 |
| 2 | 2688,0 | 2775,0 | 2731,5 | 158,030 | 75,46 | 77,089 | 36,81 |
| 3 | 2775,0 | 2862,3 | 2818,7 | 132,321 | 63,19 | 105,029 | 50,15 |
| 4 | 2862,7 | 2950,0 | 2906,3 | 104,380 | 49,85 | 130,293 | 62,22 |
| 5 | 2950,4 | 3037,5 | 2993,9 | 79,117 | 37,78 | 154,178 | 73,63 |
| 6 | 3037,6 | 3124,9 | 3081,3 | 55,232 | 26,37 | 175,184 | 83,66 |
| 7 | 3125,3 | 3212,4 | 3168,8 | 34,226 | 16,34 | 188,566 | 90,05 |
| 8 | 3212,5 | 3300,0 | 3256,3 | 20,844 | 9,95 | 202,759 | 96,82 |
| 9 | 3301,9 | 3383,4 | 3342,6 | 6,650 | 3,18 | 206,612 | 98,66 |
| 10 | 3388,7 | 3474,6 | 3431,6 | 2,798 | 1,34 | 208,639 | 99,63 |
| 11 | 3477,4 | 3550,0 | 3513,7 | 0,770 | 0,37 | 209,247 | 99,92 |
| 12 | 3572,5 | 3650,0 | 3611,3 | 0,162 | 0,08 | 209,410 | 100,00 |

Fuente: Propia

Ilustración 23 curvas hipsométricas



Fuente: Propia

4.1.8.4 Polígonos de Thiessen

Los polígonos de Thiessen son uno de los métodos de interpolación más simples, basado en la distancia euclidiana, siendo especialmente apropiada cuando los datos son cualitativos. Se crean al unir los puntos entre sí, trazando las mediatrices de los segmentos de unión. Las intersecciones de estas mediatrices determinan una serie de polígonos en un espacio bidimensional alrededor de un conjunto de puntos de control, de manera que el perímetro de los polígonos generados sea equidistante a los puntos vecinos y designando su área de influencia. (CIVILGEEKS, 2011)

Por medio del programa ARCGIS, se trazaron los polígonos de Thiessen, registrando los datos de las estaciones que se presentan en la cuenca, los cuales se pueden observar en la ilustración 25 con los cuales se determinan las áreas que tiene cada estación medida en kilómetros (km) y la ubicación que tienen según los trazados que genera el programa.

Tabla 18 áreas de las estaciones

| | ESTACIONES | AREA (km2) |
|---|----------------|------------|
| 1 | SANTA TERESA | 101,919431 |
| 2 | CASITA LA | 16,551477 |
| 3 | SAN PEDRO | 32,176629 |
| 4 | SAN LUIS 1 Y 2 | 27,955466 |

Fuente: Propia

Ilustración 24 polígonos de thiesen

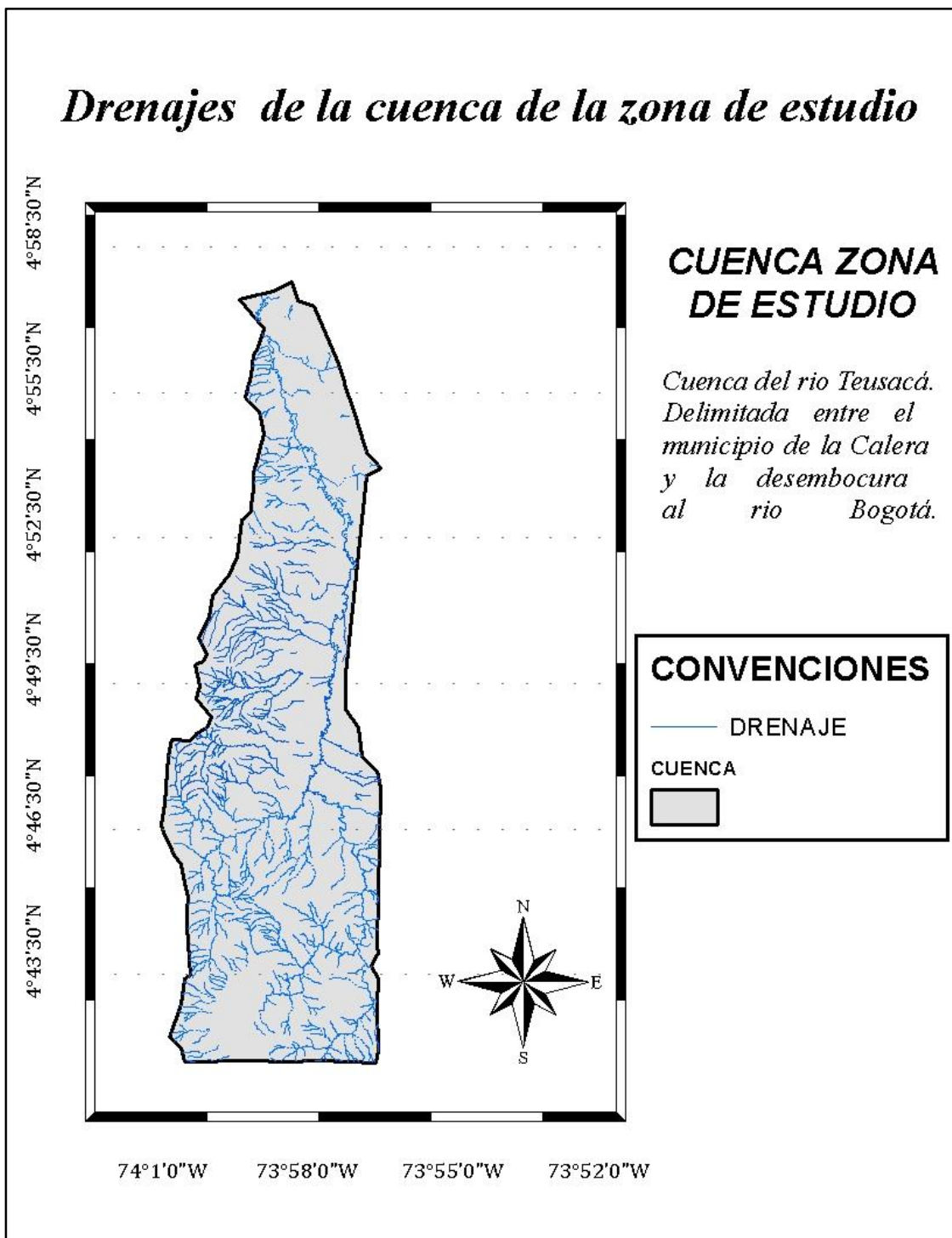


Fuente: propia

4.1.8.5 Cauces principales

Los principales cauces que alimentan el río Teusacá se identificaron teniendo en cuenta la cartografía correspondiente a la zona de estudio. Los principales afluentes son: la quebrada los Vargas, quebrada Santiamén, quebrada Aposentos, quebrada la Calleja, quebrada Simaya, quebrada el Bonche, quebrada Agua Hedionda, quebrada San Cayetano, quebrada Guas Claras, etc. En la ilustración 26 se muestran los drenajes pertenecientes a la zona de estudio.

Ilustración 25 drenajes de la cuenca



Fuente: Propia

4.1.9 Morfometría de la cuenca

Para determinar los parámetros morfométricos de la cuenca del río Teusacá, se utilizó el programa para sistemas de información geográfica ARCGIS. ARCGIS es un software aplicado en el campo del SIG, para la elaboración, análisis, diseño e impresión de mapas; el software también permite determinar variables como áreas, perímetros, cotas Max y min, entre otros.

Tabla 19 parámetros morfométricos de la cuenca

| PARAMETROS MORFOMETRICOS DE LA CUENCA DEL RIO TEUSACA | | |
|--|------------|--------------|
| SUPERFICIE | | |
| DESCRIPCION | UND | VALOR |
| Área de la cuenca | km2 | 209,409629 |
| perímetro de la cuenca | km | 91,276864 |
| cota Max | msnm | 3650 |
| cota min | msnm | 2600 |
| CENTROIDE | | |
| X centroide | | 1010402,6 |
| Y centroide | | 1014029,09 |

Fuente: Propia

4.1.10 Geología

En la cuenca del río Teusacá se encuentran rocas de tipo sedimentarias con edades del Cretáceo superior, terciario y cuaternario pertenecientes a las eras mesozoica y

cenozoica, aflora la formación de Chipaque, Arenisca dura, Plaeners, Labor y Tierna, Guaduas, Arenisca del cacho, Bogotá, arenisca de la regadera y Depósitos cuaternarios. Se presenta esta información perteneciente a la columna estratigráfica de la cuenca del río Teusacá en la ilustración 27

“Debido a la estrecha cercanía de la subcuenca del Río Teusacá con la Sabana de Bogotá es importante mencionar que las estructuras de esta franja fueron el resultado de una combinación de mecanismos como la erosión, tectónica de zócalo, fenómenos gravitatorios y diapirismo (proceso de ascensión tectónica de una roca poco densa y plástica a través de rocas subyacentes más densas y recientes). De igual manera es pertinente describir el extremo sur de la Sabana de Bogotá, donde la tectónica de zócalo establece dos unidades bien diferenciadas: un área hundida, una elevada. Los pliegues que presenta esta zona son originados por formación de fallas por estiramiento, deslizamientos y rotura en relación con el flanco inverso de las estructuras.” (Sandra Liliana Muños Real, 2010)

4.1.10.1 Estructura geológica

La geología estructural es la rama de la geología que estudia las estructuras geológicas presentes en la corteza terrestre, ya sea de todo el planeta o de una determinada región. En los estudios geológicos de esta naturaleza se realiza la identificación y análisis de las principales estructuras geológicas, y su reconocimiento, para luego realizar el mapeo de las estructuras tectónicas de un determinado sector. (Integrales) La estructura geológica que corresponde a la corriente del río Teusacá es:

4.1.10.1.1 Formación Chipaque

Es la formación geológica más antigua del área, ubicada en el altiplano Cundiboyacense en la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos. Litológicamente está formado por lutitas, arcillolitas, y lodolitas negras con

intercolaciones de areniscas cuarzosas de grano muy fina en un espesor de aproximadamente 200 m.

4.1.10.1.2 Formación arenisca dura

Litológicamente está compuesto por areniscas grises o blancas, cuarzosas de grano muy fino a medio, compactas, duras, buena selección, cemento silíceo intercaladas arcillolitas, limolitas silíceas y lodolitas gris claras en un espesor aproximado a 460 mm.

4.1.10.1.3 Formación plaeners

Está compuesta por liditas, limolitas silíceas y arcillolitas grises o blancas, compactas, intercaladas con areniscas blancas o grises, cuarzosas de grano muy fino en un espesor de 80 mm aproximadamente.

4.1.10.1.4 Formación labor y tierna

Compuesto por areniscas blancas y pardo amarillentas de grano fino a conglomeráticas friables o compactas, moderada selección matriz arcillosa, intercaladas con lodolitas, arcillolitas, limolitas y liditas en un espesor de 260 m.

4.1.10.1.5 Formación guaduas

Está constituido por arcillolitas grises y rojizas intercaladas con areniscas blancas, amarillentas a pardo rojizas, cuarzosas de grano fino a medio compactas a friables y mantos de carbón. El espesor de esta formación es de 500 m.

4.1.10.1.6 Formación arenisca del cacho

Está constituido por areniscas blancas, amarillentas y rojizas, cuarzosas de grano medio a conglomeráticos, friables, malo a moderada selección, matriz arcillosa y cemento ferruginoso, intercalados con arcillolitas grises claras. El espesor de esta formación geológica es de 100 m aproximadamente.

4.1.10.1.7 Formación Bogotá

Está compuesta por arcillolitas y lodolitas violáceas, rojizas, grises y azulosas con intercalaciones de areniscas de tamaño variable de grano, arcillosas friables y limolitas. El espesor es de 500m aproximadamente.

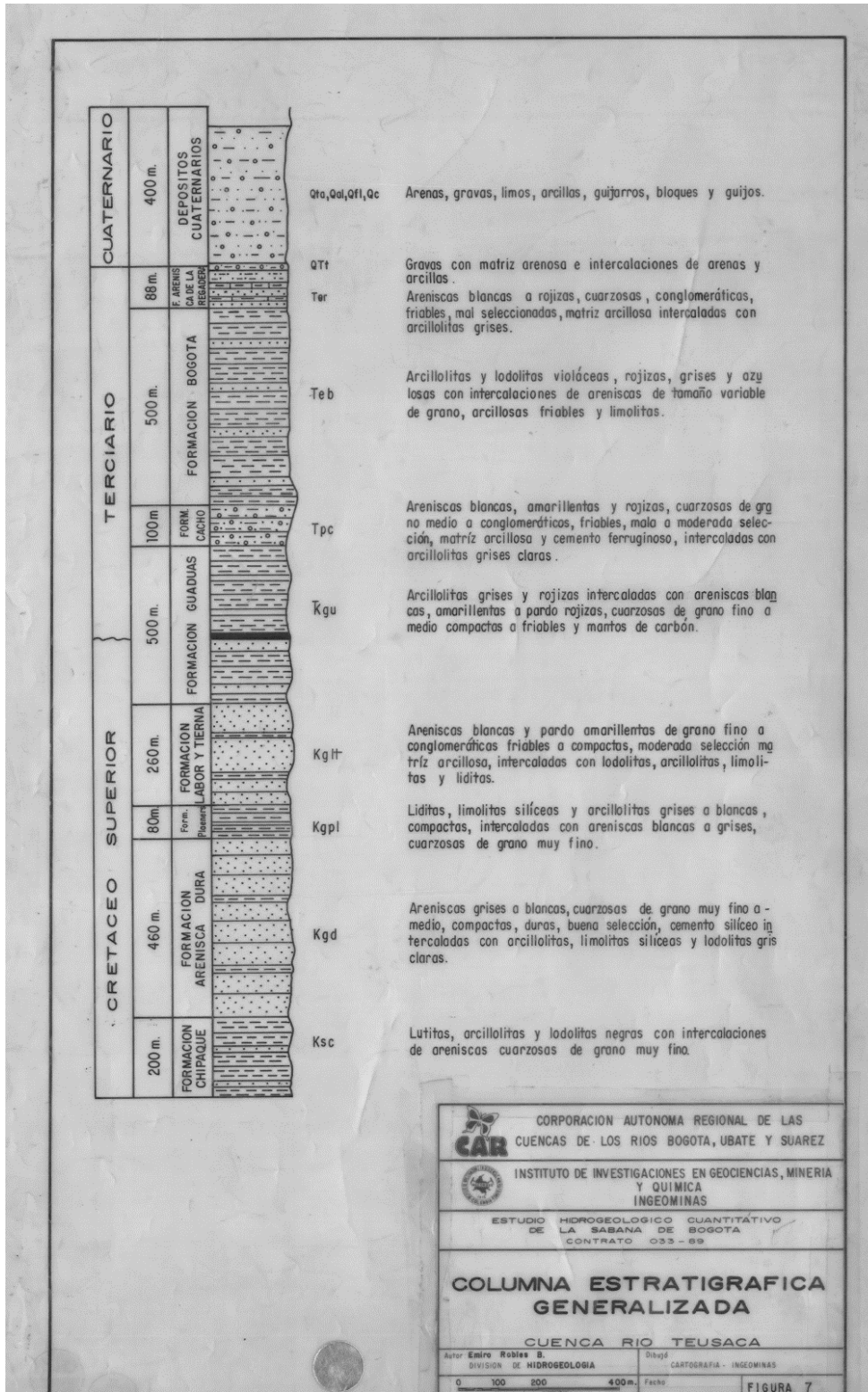
4.1.10.1.8 Formación arenisca de la regadera

Litológicamente está constituido por bancos de areniscas blanca o rojizas, cuarzosas de grano fino medio, localmente conglomeráticas, friables, mal seleccionadas, con cemento arcillosos. Hacia la parte superior de la unidad son comunes las areniscas arcillosas con inclusiones de lentes arcillolitas gris. Esta formación es de 88 m.

4.1.10.1.9 Depósitos cuaternarios

Entre los depósitos cuaternarios de la cuenca del río Teusacá están los depósitos de terraza alta, depósitos aluviales, depósitos fluvioglaciares y coluviales. Litológicamente estos depósitos están compuestos por arenas, gravas, limos arcillas, guijarros, bloques y guijos. El espesor de los depósitos cuaternarios oscila en 400 m aproximadamente.

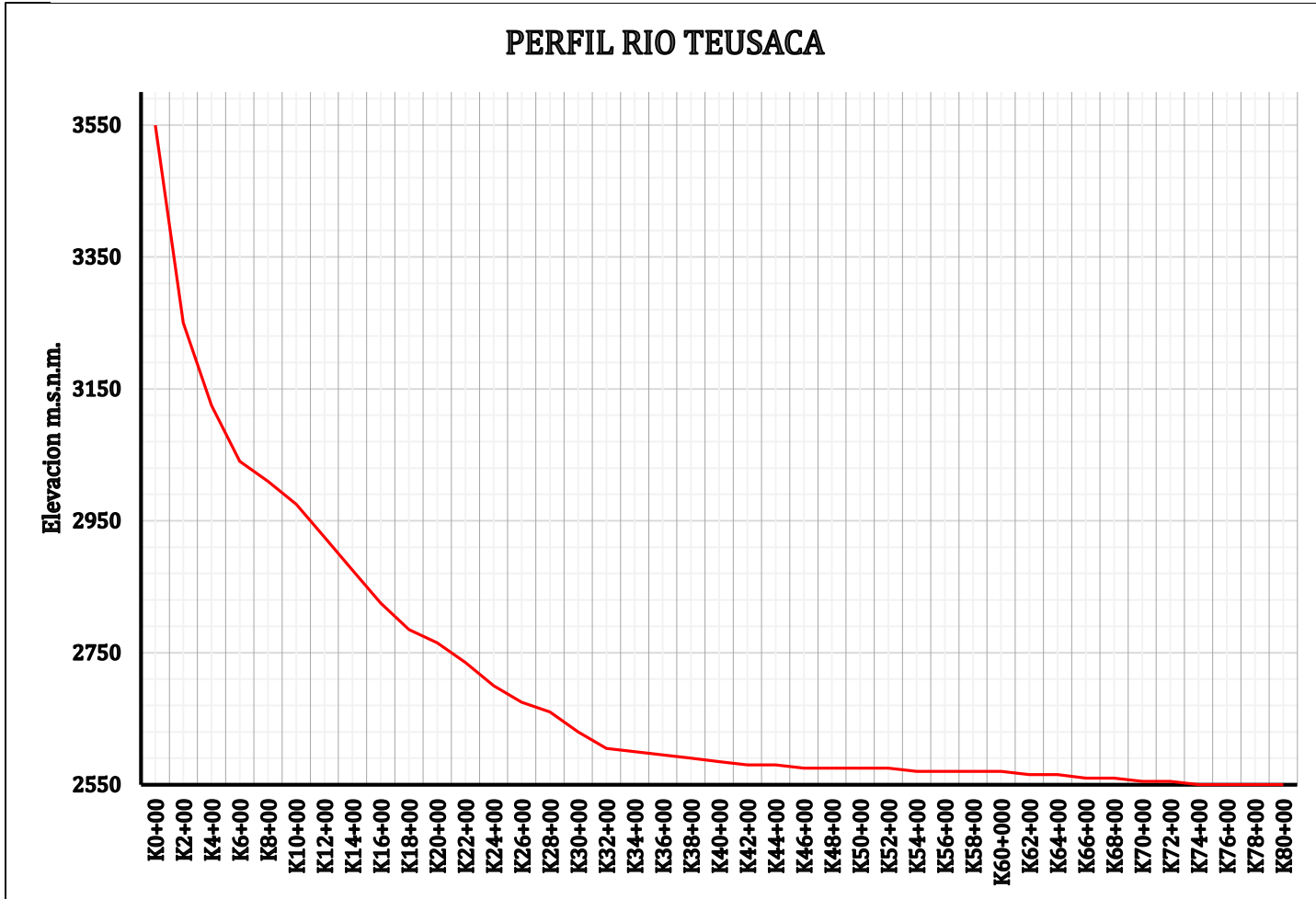
Ilustración 26 Columna Estratigráfica Generalizada



Fuente: (Ingeominas, 1993)

4.1.11 Perfil rio Teusacá

Ilustración 27 perfil rio Teusacá



Fuente: (Ecoforest Itda, 2013)

4.1.12 Fisiografía

La cuenca del río Teusacá está conformado con una longitud de 69 km, de los cuales 32 km corresponden a un valle angosto por donde el río fluye de sur a norte, luego se amplía hasta unos 5 km con una elevación de 2550 m.s.n.m. el valle está rodeado por cerros de altura hasta de 3300 m.s.n.m. Esta cuenca se caracteriza principalmente por la gran cantidad de relieve montañoso.

4.1.13 Pozos de agua subterránea

En la zona de estudio se encontraron los pozos que se muestran en la ilustración 29, ubicados en los municipios de la calera y sopo, los cuales tienen la finalidad de proveer agua potable al municipio, utilizado para el consumo de los habitantes y para usos de industrias, aunque, estos últimos, generalmente realizan la excavación de pozos propios para hacer uso del agua subterránea, esto, contando con las licencias, permisos y la supervisión requerida por los entes de control.

En la tabla 20 se da a conocer los datos de los pozos que se encontraron en el municipio de la Calera, datos tomados de la CAR, en las cuales se definen las cotas, el nivel que tienen, la condición en la cual se encuentran actualmente, el predio en el cual se localizan y sus coordenadas.

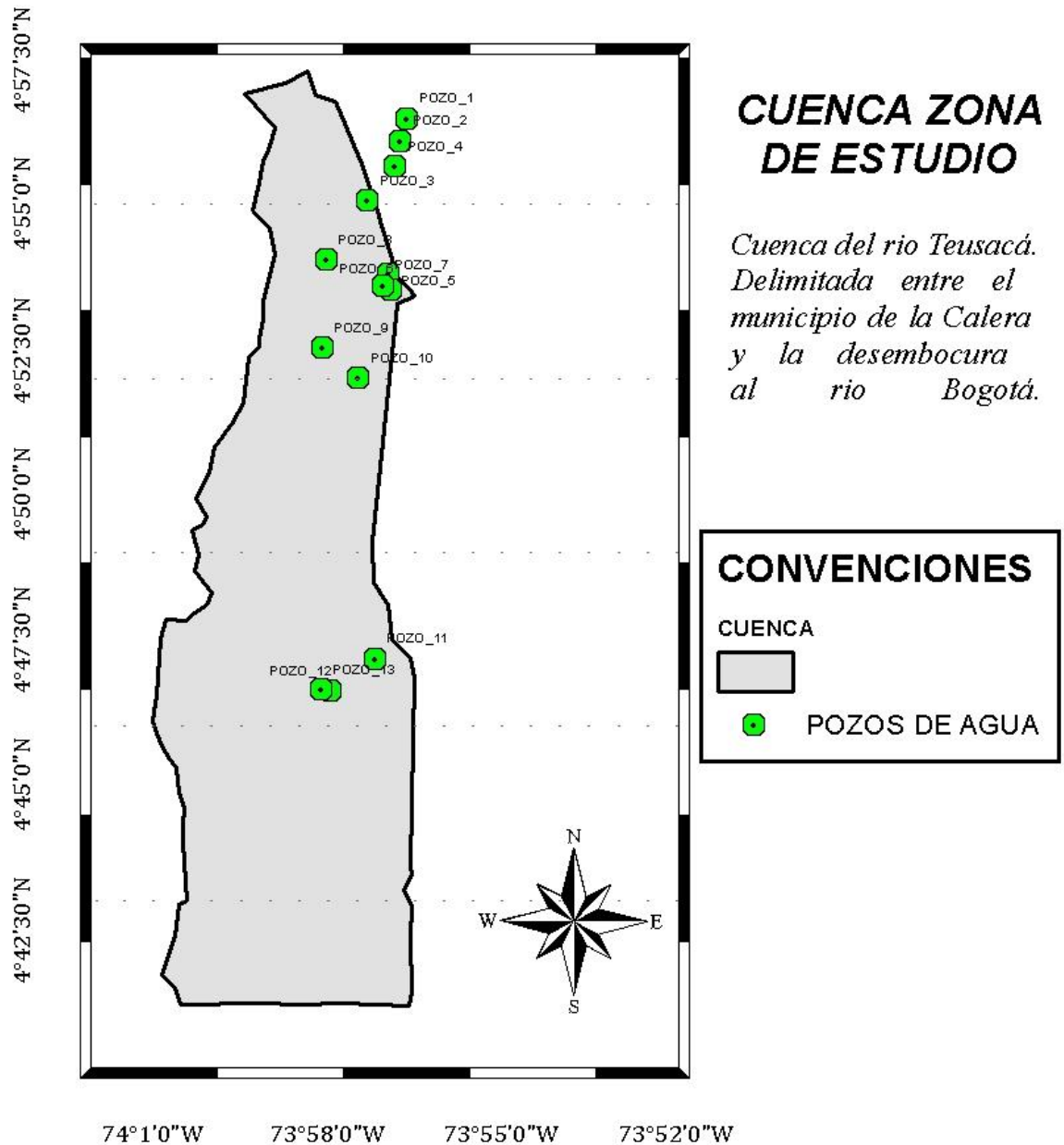
Tabla 20 pozos municipio la Calera.

| Fuente | N° Identificación | Este | Norte | Predio | Municipio | Vereda | Cuenca |
|--------|-------------------|---------|---------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|
| POZO | 228-I-A-405 | 1014828 | 1038156 | Flores La Conejera 2 | SOPÓ | V. Canavita | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-I-A-406 | 1014627 | 1037439 | El Pozuelo | SOPÓ | V. Canavita | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-I-A-435 | 1013575 | 1035548 | Fca. Pueblo Nuevo | SOPÓ | V. Pueblo Viejo | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-I-A-420 | 1014461 | 1036633 | La Gloria 1 | SOPÓ | V. La Diana | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-I-A-443 | 1014238 | 1033222 | Hda. El Trebol 1 | SOPÓ | V. El Chuscal | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-I-A-446 | 1014321 | 1032727 | Hda. Santa Isabel | SOPÓ | V. El Chuscal | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-I-A-450 | 1014058 | 1032853 | Hda. El Rocío | SOPÓ | V. El Chuscal | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-I-A-474 | 1012251 | 1033673 | Hda. El Rincón | SOPÓ | V. Las Margaritas | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-I-A-507 | 1012128 | 1030875 | La Violeta | SOPÓ | V. La Violeta | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-I-C-012 | 1013273 | 1029912 | San David | SOPÓ | V. La Violeta | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-I-C-020 | 1013800 | 1021020 | PINO MONTANO | LA CALERA | V. San Cayetano | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-III-A-022 | 1012378 | 1019980 | EL LABRADOR | LA CALERA | V. San Cayetano | RIO TEUSACA |
| POZO | 228-III-A-023 | 1012083 | 1020039 | BRAMADERO | LA CALERA | V. San Cayetano | RIO TEUSACA |

Fuente: (CAR, 2019)

Ilustración 28 Ubicación de los pozos

UBICACION DE LOS POZOS



Fuente: Propia

Para el proyecto se requiere conocer el nivel estático del pozo, para realizar uno de los mapas de vulnerabilidad. El nivel estático es la medida desde el terreno hasta el nivel más alto de agua, esta información fue suministrada por la corporación autónoma regional (CAR) y se muestra en la tabla 21.

Tabla 21 nivel estático de los pozos

| Fuente | N° Identificación | Este | Norte | Condición del punto | nivel estático (m) | cota terreno m.s.n.m. |
|---------------|--------------------------|-------------|--------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| POZO | 228-I-A-405 | 1014828 | 1038156 | EN USO | 19,3 | 2539,6 |
| POZO | 228-I-A-406 | 1014627 | 1037439 | EN USO | 24,68 | 2532,4 |
| POZO | 228-I-A-435 | 1013575 | 1035548 | EN USO | 25,24 | 2529,94 |
| POZO | 228-I-A-420 | 1014461 | 1036633 | EN USO | 19,88 | 2539,74 |
| POZO | 228-I-A-443 | 1014238 | 1033222 | OBSTRUIDO | 15,11 | 2543,88 |
| POZO | 228-I-A-446 | 1014321 | 1032727 | EN USO | 34,96 | 2525 |
| POZO | 228-I-A-450 | 1014058 | 1032853 | EN USO | 31,57 | 2531,11 |
| POZO | 228-I-A-474 | 1012251 | 1033673 | EN USO | 25,35 | 2532,266 |
| POZO | 228-I-A-507 | 1012128 | 1030875 | EN USO | 5,76 | 2542,9 |
| POZO | 228-I-C-012 | 1013273 | 1029912 | EN USO | 16,38 | 2540,88 |
| POZO | 228-I-C-020 | 1013800 | 1021020 | EN USO | 13,37 | 2567,22 |
| POZO | 228-III-A-022 | 1012378 | 1019980 | EN USO | 7 | 2547,95 |
| POZO | 228-III-A-023 | 1012083 | 1020039 | EN USO | 21,74 | 2533,25 |

Fuente: (CAR, 2019)

4.1.14 Conductividad hidráulica

La conductividad hidráulica o permeabilidad corresponde a la capacidad del suelo para absorber algún fluido para el caso de este estudio el fluido es el agua proveniente principalmente de la precipitación. Esta información se obtiene a partir de pruebas de bombeo realizadas en los distintos piezómetros o pozos de explotación existentes en el acuífero.

El valor de conductividad hidráulica para la zona de estudio es tomado de un estudio hidrogeológico realizado por Ingeominas (Ingeominas, 1993), en el cual se encuentra un mapa de la cuenca del río Teusacá en donde muestra los valores de conductividad hidráulica en unidades de metros por día, el mapa se encuentra en los anexos 8.9. También se realizaron pruebas de infiltración en la zona de estudio. Estas pruebas se realizaron con ayuda de un cronómetro y un molde circular con el cual se medía el tiempo que se tardaba el fluido en infiltrarse. Esto puede evidenciar en los anexos 8.10.3.

4.2 Cálculo de los parámetros de la metodología DRASTIC

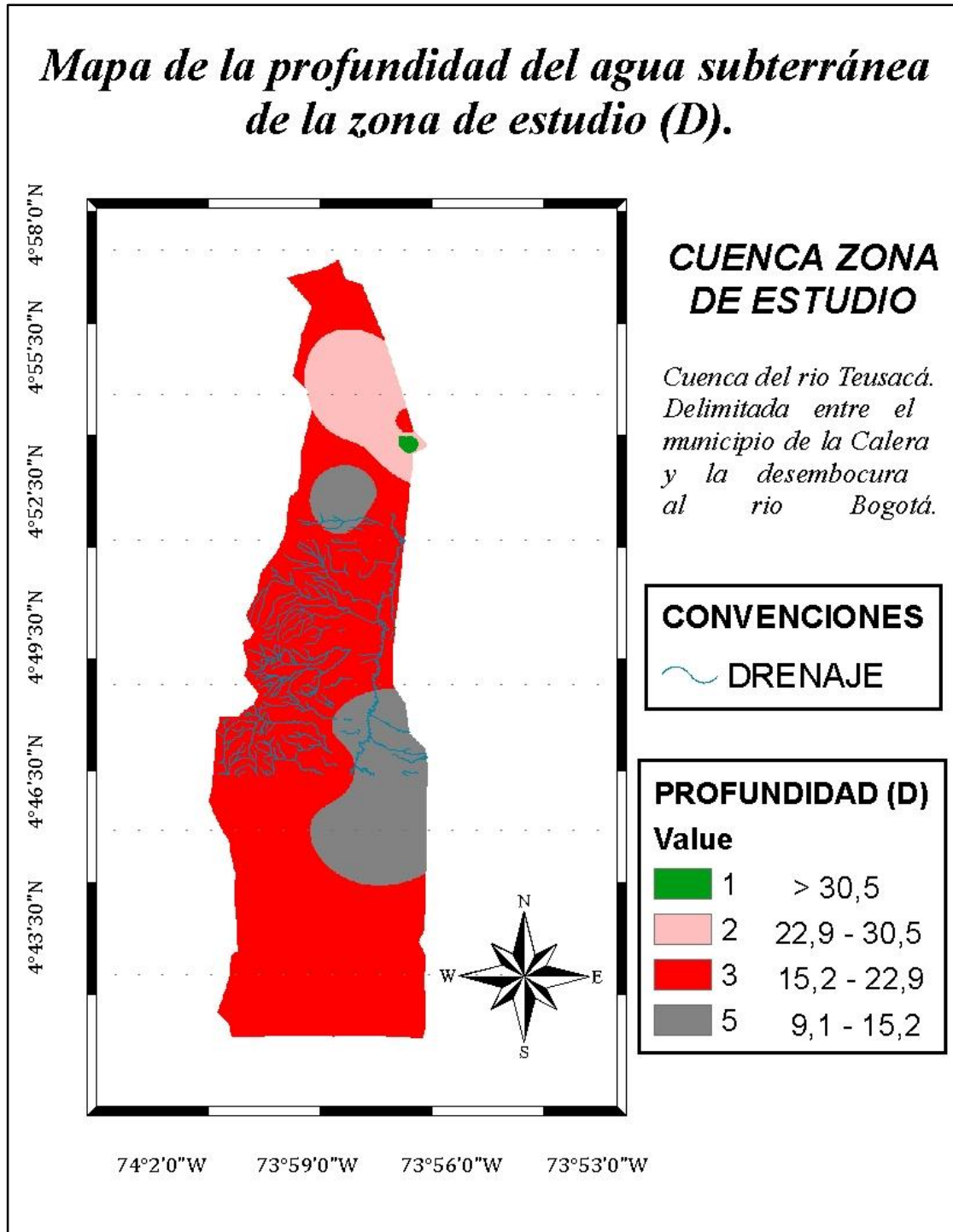
Para hallar el valor de cada parámetro DRASTIC es necesario realizar mapas para cada uno de los parámetros utilizando el software ArcGIS 10.5, y así realizar una suma ponderada con la ayuda de las herramientas de ArcGIS para luego identificar el grado de vulnerabilidad del agua subterránea de la zona de estudio.

4.2.1 Profundidad del agua subterránea (D)

Para generar el mapa de profundidad del agua subterránea se utilizó los datos de niveles estáticos de los pozos de agua subterránea de la tabla 21, interpolando con la herramienta IDW de ARCGIS y luego realizar una reclasificación de los valores teniendo en cuenta los rangos de la metodología DRASTIC con la herramienta reclassify de la extensión spatial analyst tools con el fin de obtener una superficie homogénea donde indique las profundidades tal como se muestra en la ilustración 30.

Se puede identificar en la ilustración 30 que la profundidad que más se destaca en la zona de estudio está entre 15,2 a 22,9 m con un valor D_r de 3 según la metodología DRASTIC.

Ilustración 29. Mapa de la profundidad del agua subterránea de la zona de estudio (D)



Fuente: propia

4.2.2 Recarga neta (R)

Este parámetro considera la alimentación que recibe el acuífero y es medido en milímetros (mm); se puede resaltar en la tabla 2 que los valores de este parámetro aumentan a medida de que la recarga sea aún mayor, esto, debido a que se puede presentar un mayor transporte de contaminantes y sustancias, generando un mayor riesgo para el acuífero.

“La recarga se puede definir como la entrada de agua dentro de la zona saturada donde comienza a hacer parte de las reservas subterráneas, esta entrada puede darse de dos maneras, por un movimiento descendente del agua debido a las fuerzas de gravedad y luego de presentarse un movimiento horizontal del flujo debido a las diferentes condiciones hidráulicas de las capas que constituyen el perfil del suelo.” (BALEK, 1988)

Para determinar el valor de este parámetro, se utilizó la ecuación propuesta por Turc (1954) citado del artículo científico de María Victoria Vélez Otálvaro. (Métodos para determinar la recarga en acuíferos, 2010)

Este método empírico depende de la temperatura media anual y la precipitación.

$$r = p \left(1 - \left(0.9 + \frac{p^2}{L^2} \right)^{-0.5} \right)$$

$$L = 300 + 25t + 0.05T^2$$

r= recarga neta promedio (mm/año)

p=precipitación anual (mm/año)

T= temperatura media anual (°C)

El valor utilizado de precipitación media anual para aplicar en la ecuación es de 847,98 mm obtenido en la sección 4.1.3 y el valor de temperatura media anual es de 12,76 °C obtenido de la sección 4.1.5.

$$L = 300 + 25(12,76) + 0.05(12,76)^2$$

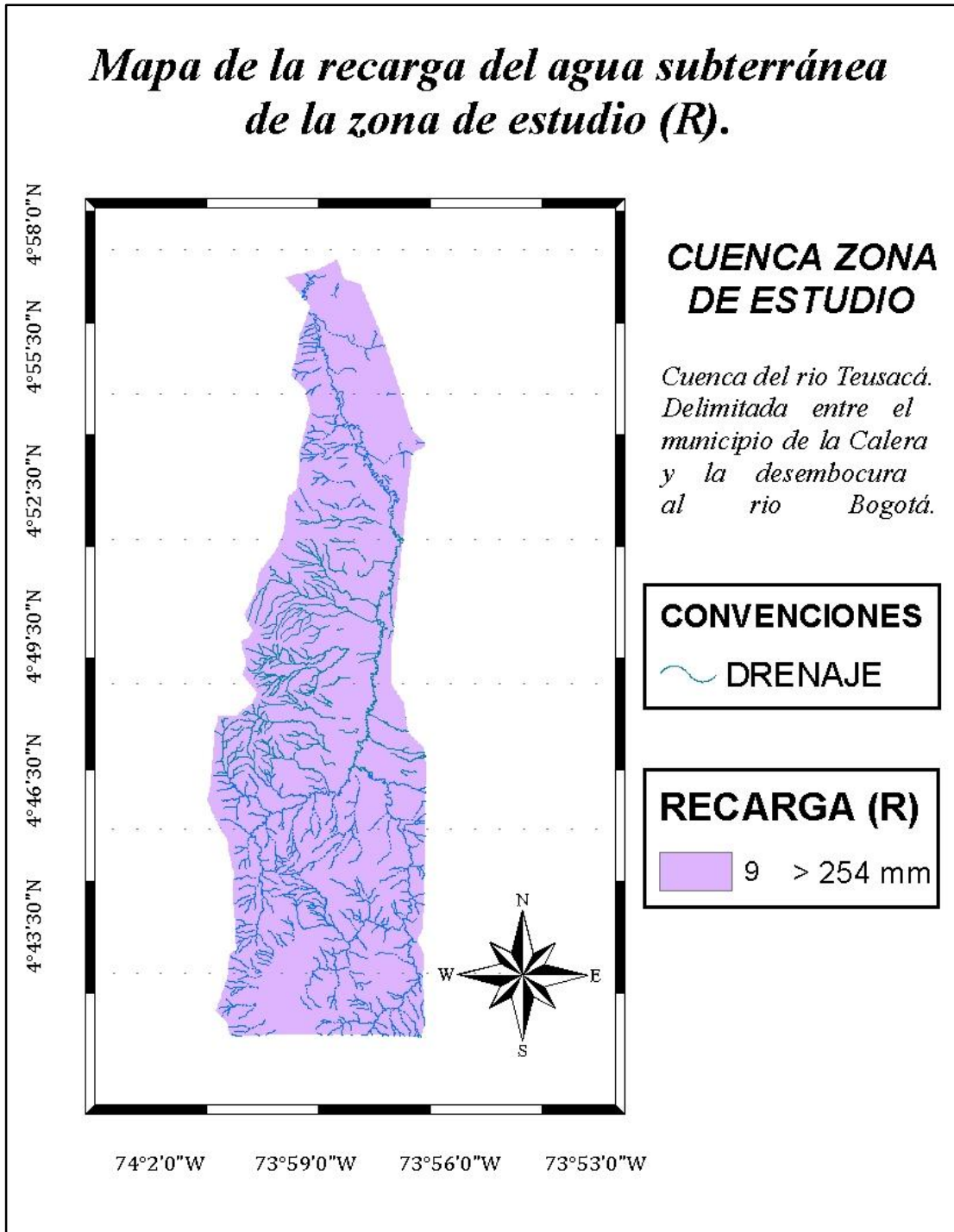
$$L = 627,14$$

$$r = 847,98 \left(1 - \left(0.9 + \frac{847,98^2}{627,14^2} \right)^{-0.5} \right)$$

$$r = 334,59 \text{ mm/año}$$

El valor correspondiente a la recarga neta en la zona es de 334,59 mm/año, lo que equivale a un volumen de agua anual de 56077 m³, teniendo en cuenta que el área de la zona de estudio corresponde a 167,6 km². En la ilustración 31 se puede observar un color uniforme ya que se tomó el valor de recarga neta para toda la zona de estudio. El valor de vulnerabilidad debido a la recarga neta R_r obtenido teniendo en cuenta la tabla 2 es de 9

Ilustración 30 Mapa de la recarga del agua subterránea de la zona de estudio (R).



Fuente: Propia

4.2.3 Litología y estructura del acuífero (A)

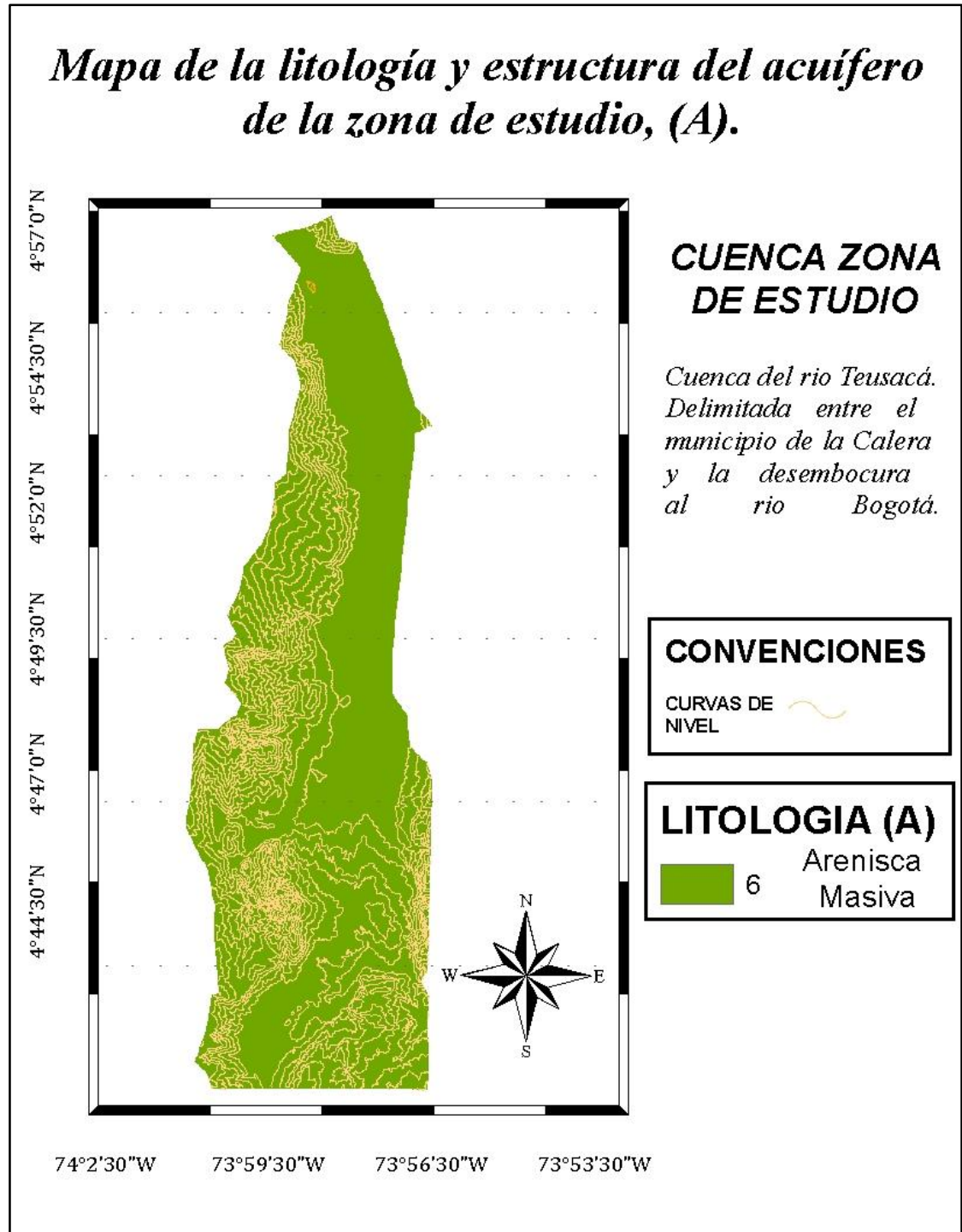
La litología y estructura del medio acuífero es homogénea para el caso del presente proyecto, trata de las distintas formaciones que se presentan a lo largo de la cuenca baja del río Teusacá, tomando el estudio hidrogeológico realizado por Ingeominas (Ingeominas, 1993)

Según el informe la zona está constituido por Acuíferos de extensión regional, confinado, semiconfinado a libre conformado por arcillas, arenas y gravas de los Depósitos de Terraza Alta en la zona adyacente al río Teusacá, La zonas del oriente y el occidente corresponden a Acuíferos de extensión local, restringido a zonas fracturadas, confinado, conformado por areniscas cuarzosas de grano muy fino a medio, compactas, duras, buena selección y cemento silíceo, intercaladas con arcillolitas, limolitas silíceas y lodolitas de la Formación Arenisca Dura. Para la zona de la calera la litología y estructura del acuífero corresponde a Gravas, bloques, guijarros y guijos angulares de areniscas dentro de una matriz areno-arcillosa de los Depósitos Coluviales. En el anexo 8.9 se puede identificar el mapa hidrogeológico correspondiente a la cuenca baja del río Teusacá.

El mapa correspondiente a este parámetro se realizó con la ayuda de las herramientas de interpolación de ArcGIS IDW, y luego el uso de la herramienta reclassify el cual realiza la reclasificación de los valores de acuerdo con la metodología.

La valoración correspondiente a este parámetro Ar es de 6, según la tabla 3. La ilustración 32 muestra un valor uniforme de areniscas masivas ya que de acuerdo a los tipos de litología de la metodología DRASTIC este es el que más se adecua a las características de la zona de estudio.

Ilustración 31 Mapa de la litología y estructura del acuífero de la zona de estudio, (A).



Fuente: Propia

4.2.4 Naturaleza del suelo (S)

A lo largo de la cuenca del río Teusacá se presencian características especiales de las formaciones aprovechables, las cuales, se utilizan como material de construcción y uso comercial. Para esta cuenca no existen áreas que se encuentren delimitadas, y, de acuerdo a la normatividad vigente, no se pueden hacer explotaciones mineras diferentes a las que ya existen en la zona.

Un aspecto ambiental a considerar con relación a los sectores de explotación de canteras es que estas se caracterizan por presentar frecuentes fallas de tipo planar causadas por la explotación anti técnica de las mismas. Desafortunadamente la gestión en el control ambiental estatal es ineficiente y no se garantiza una explotación adecuada y técnica de las canteras. El fenómeno se agrava si se tiene en cuenta que en muchos casos los flancos y crestas de dichas canteras están habitadas lo cual incrementa el riesgo hacia las construcciones (Ingeominas, 1998).

Tabla 22 formaciones y usos presentes en la cuenca baja del río Teusaca

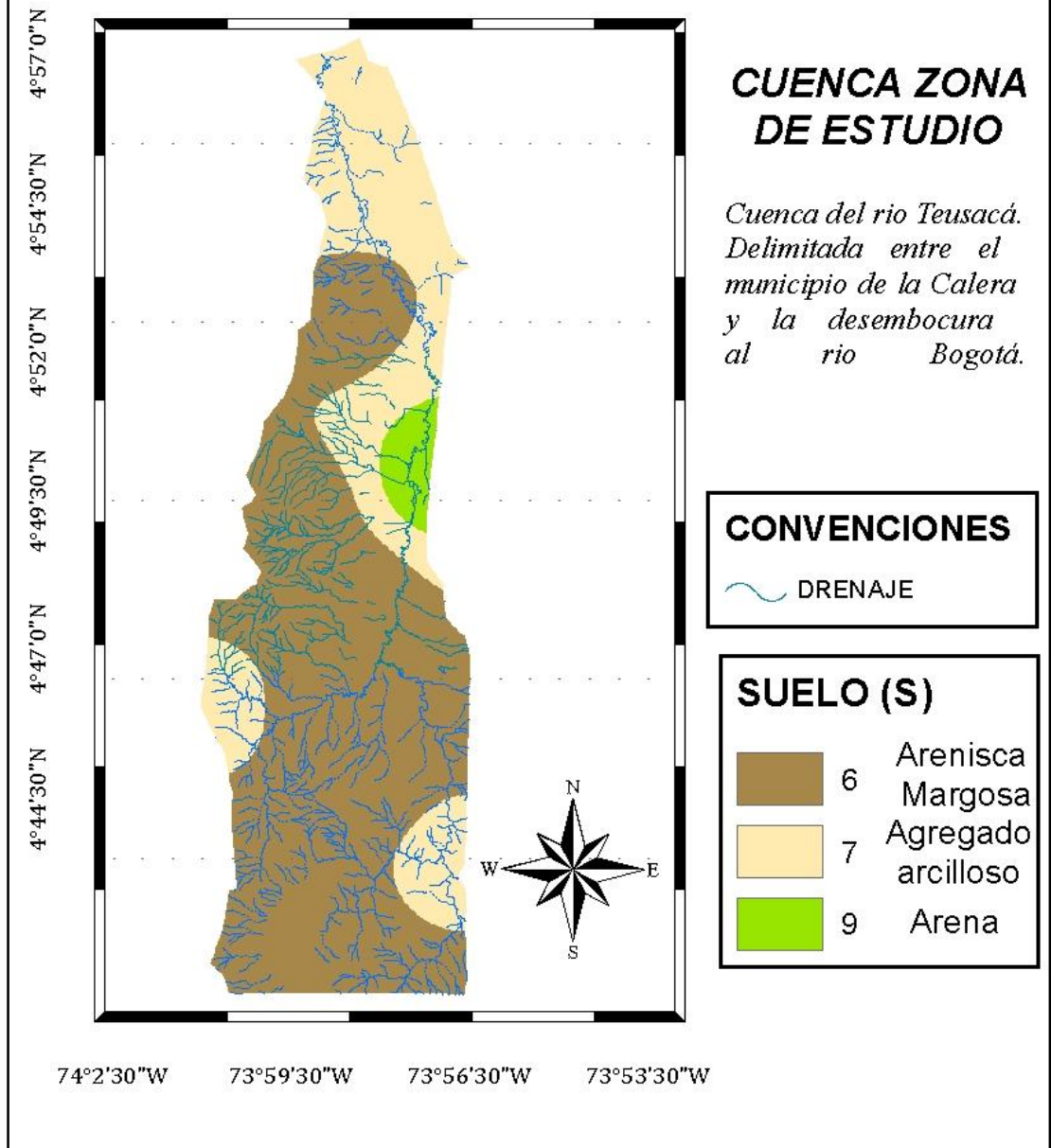
| FORMACIÓN | ESPESOR (mm) | MATERIAL APROVECHADO | USO COMERCIAL |
|------------------------|--------------|----------------------|---|
| Arenisca dura | 120-460 | Recebo-Triturados | Arenas para construcción y recebo para vías |
| Plaeners | 60-207 | Recebo-Triturados | Recebo para vías |
| Labor y Tierna | 200-325 | Arena-Arenisca | Arenas para construcción y puntualmente arenas para fabricación de vidrio |
| Guaduas | 205-1200 | Arcillas-Arenas | Principalmente arcillas para fabricación de ladrillos |
| Cacho | 50-400 | Arena | Arenas para construcción |
| Bogotá | 800-2000 | Arcillas | Fabricación de ladrillos |
| Regadera | 360-1800 | Arenas | Arena para construcción |
| Tilatá | 70-300 | Gravas-Arcilla | Gravas para construcción y arcillas para fabricación de ladrillos |
| Depósitos Terraza Alta | 70-400 | Gravas-Arcilla | Gravas para construcción y arcillas para fabricación de ladrillos |

El mapa correspondiente a este parámetro se realizó con la ayuda de las herramientas de interpolación de arcGIS IDW, y luego el uso de la herramienta reclassify el cual realiza la reclasificación de los valores de acuerdo con la metodología.

La valoración correspondiente a este parámetro Sr es de 6,7 y 8 según la tabla 4. La ilustración 33 muestra valores de 6 el cual corresponde a arenisca margosa, que comprende un área bastante grande para la zona, un valor de 7 para la zona norte de la cuenca o zona de estudio y un valor de 8 para un pequeño sector en el municipio de sopo.

Ilustración 32 Mapa del tipo de suelo en la zona de estudio, (S).

Mapa del tipo de suelo en la zona de estudio, (S).



Fuente: Propia

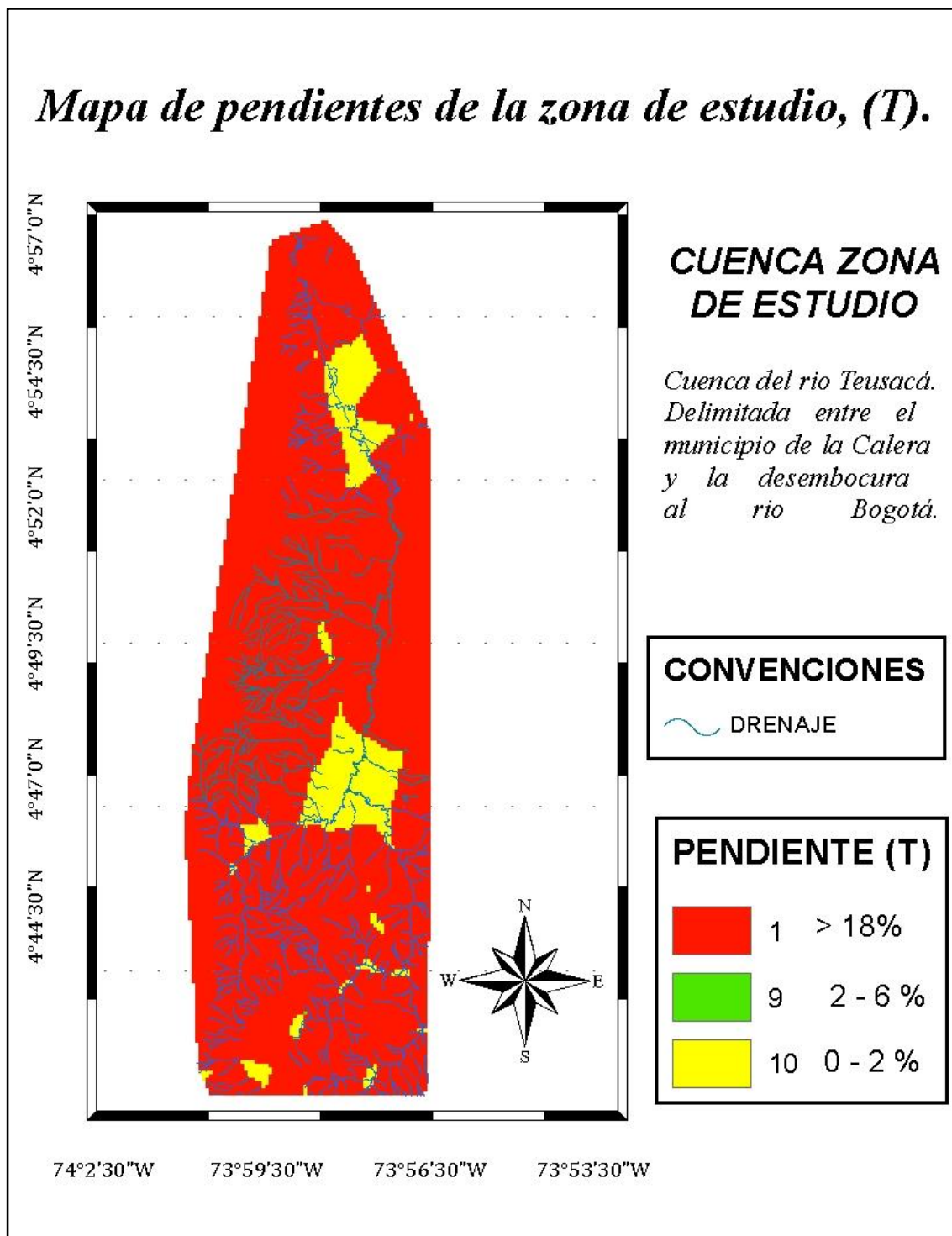
4.2.5 Pendiente del terreno (T)

Para la creación de este mapa se requiere tener las cartas o planos cartográficos pertenecientes a la zona de estudio para este caso se requiere poseer las curvas de nivel a escala 1: 25000 de los planos 228 I A, 228 IC y 228IIIA. El mapa correspondiente a este parámetro se realizó a partir de un modelo de elevación digital de la zona, se usó la función slope de arcgis y luego se reclasifica el mapa obtenido para obtener los valores de Tr correspondientes a la tabla 6.

En la parte centro accidental de la cuenca se localiza el embalse de San Rafael con una extensión aproximada de 371 ha que constituye aproximadamente el 0.9% del área total. La cuenca sirve de asiento a las cabeceras municipales de La Calera y de Sopó, este último localizado en la parte norte de la cuenca. Las zona de relieve plano a ligeramente inclinado constituye el 25% del área total y se localiza en la parte norte de la cuenca.

Las zonas de relieve ondulado e inclinado constituyen el 15% del área y se localizan predominantemente en la parte sur y centro de la cuenca sobre el piedemonte en dirección sur norte que es la dirección de drenaje del río Teusacá. La pendiente predominante a lo largo de esta cuenca comprendida en la parte baja de la Calera tiene un valor del 18% según la herramienta utilizada que en este caso es ARCGIS. En la ilustración 34 Se observa que los valores para el parámetro pendiente Tr corresponden a 1, 9 y 10.

Ilustración 33 Mapa de pendientes de la zona de estudio, (T).



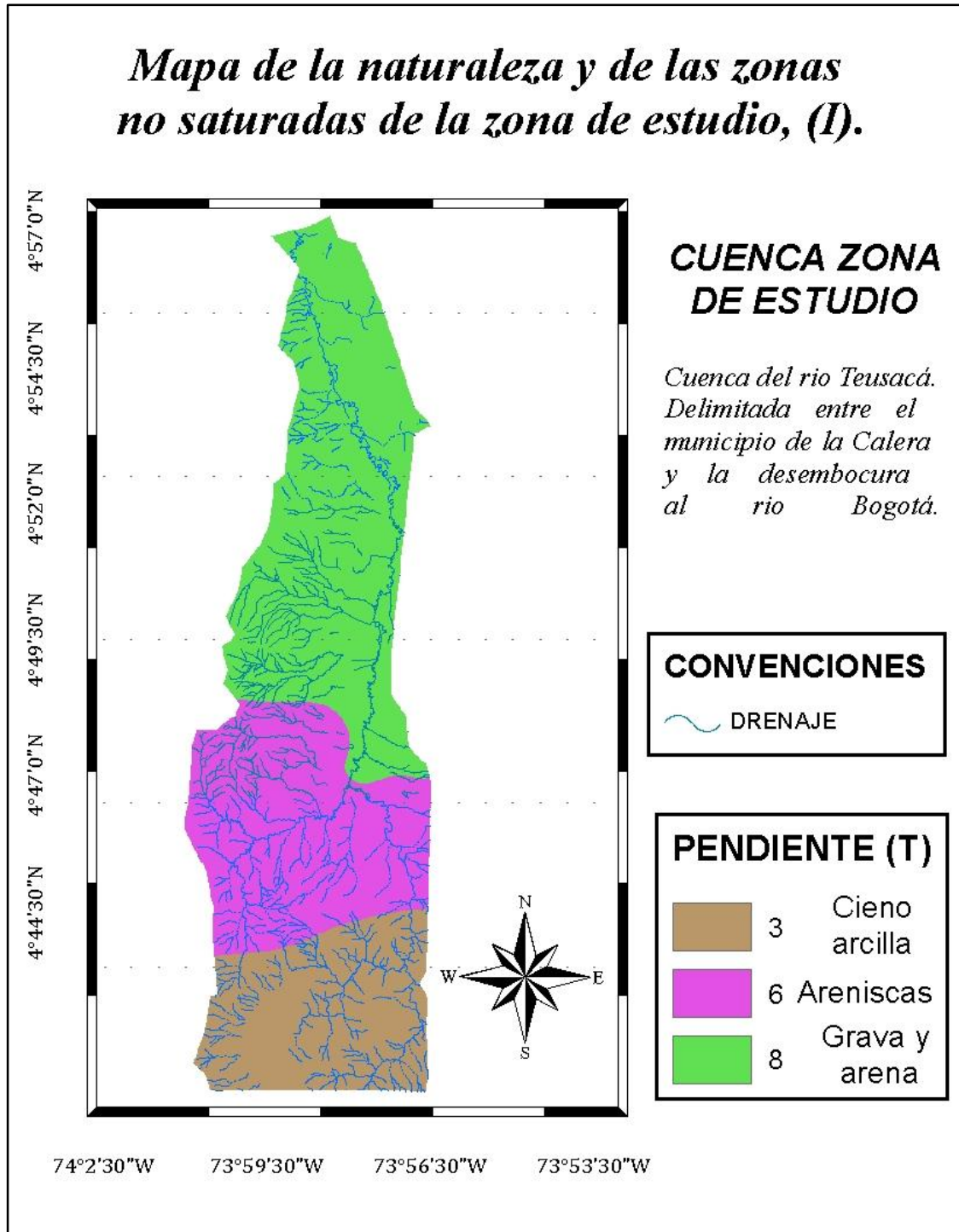
Fuente: Propia

4.2.6 Naturaleza de la zona no saturada (I)

Para la valoración de este parámetro se tiene como referencia el mapa y el estudio realizado por Ingeominas (Ingeominas, 1993), donde se identifica el periodo cuaternario, y las formaciones geológicas que florecen en la zona de estudio. Teniendo en cuenta la geología de la cuenca del río Teusacá y relacionándola con la zona de estudio se identifica la formación Guaduas la cual aflora en la zona de la calera es decir en la parte sur de la zona en estudio exactamente en el sinclinal de Teusacá el cual se conforma de arcillolitas en capas gruesas y bancos de colores rojizos, verdosos y azulosos, intercalados con areniscas dispuestas en capas medias cuneiformes. La formación Bogotá aflora en el núcleo del río Teusacá al igual que la formación Cacho en donde se compone de bancos de areniscas de grano grueso, blandas que alternan con arcillolitas abigarradas. Y los depósitos cuaternarios afloran en el norte de la cuenca por el municipio de Sopo y se compone de gravas y arenas.

Según la ilustración número 35, se puede observar que la mayor parte de las zonas no saturadas corresponden a grava y arena con un valor de 8, y la menor cantidad de zona saturada que se presenta en la parte baja de la cuenca del río Teusacá en el municipio de la Calera se encuentran los cienos arcilla con un valor de 3.

Ilustración 34 Mapa de la naturaleza y de las zonas no saturadas de la zona de estudio, (I).



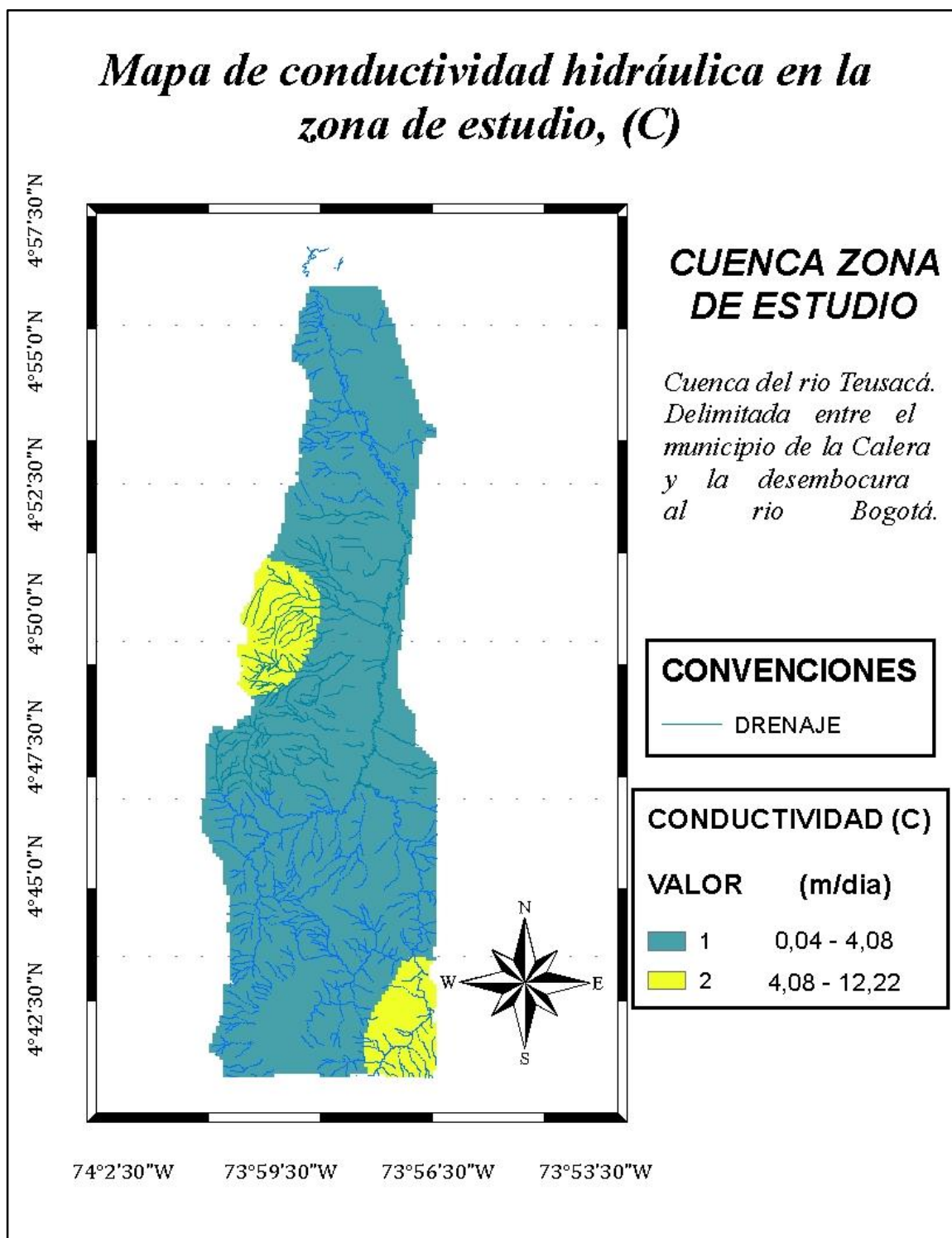
Fuente: Propia

4.2.7 Conductividad hidráulica (C)

El último parámetro que se tiene determina la cantidad de agua que atraviesa el acuífero el cual se mide en metros (m) por día, datos que pueden ser suministrados, al igual que en el parámetro anterior, mediante el estudio de pozos que se encuentren en la zona.

Para obtener este parámetro, se tienen en cuenta las pruebas de infiltración desarrolladas en campo y los mapas de hidrogeología de la cuenca del río Teusacá realizados por Ingeominas ubicado en los anexos 8.9. La conductividad hidráulica en la ilustración 36 se muestra las isoclinas desplazándose desde los puntos donde se realizaron los ensayos de infiltración. También muestra las diferentes velocidades con que el agua penetra en los diferentes lugares de la zona de estudio.

Ilustración 35 Mapa de conductividad hidráulica en la zona de estudio, (C)



Fuente: Propia

4.3 Vulnerabilidad intrínseca DRASTIC

Después de haber calculado cada parámetro y obtener cada mapa se procede a calcular la vulnerabilidad intrínseca del acuífero de la zona de estudio utilizando la metodología DRASTIC.

Los resultados obtenidos para cada parámetro se muestran en la tabla 23, con los valores que corresponden a la vulnerabilidad intrínseca del acuífero de la zona correspondiente a la cuenca baja del río Teusacá delimitada desde la calera hasta la desembocadura del río Teusacá en el río Bogotá

Con los mapas ya reclasificados de acuerdo a la metodología DRASTIC, se calcula el índice de vulnerabilidad por medio de la sumatoria ponderada de los mapas obtenidos anteriormente, esto se realiza con la herramienta Raster calculator de la extensión de álgebra de mapas y finalmente se reclasifica el resultado de acuerdo a los rangos obtenidos que se pueden observar en la ilustración 37.

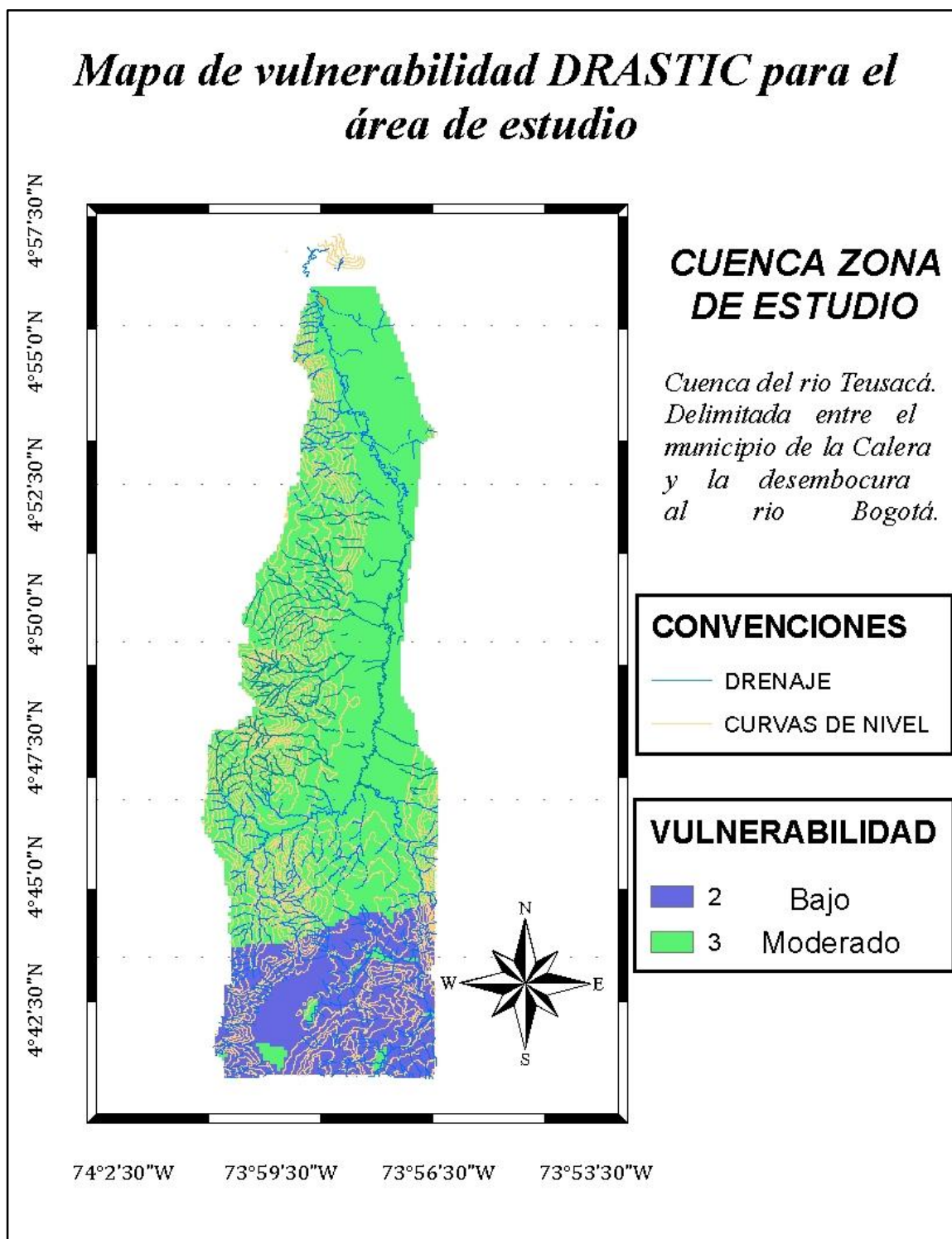
Los valores de ponderación que multiplican a cada variable son los valores de vulnerabilidad intrínseca obtenidos de la tabla 9.

Tabla 23 Valores DRASTIC para la zona de estudio

| | Profundidad (D) | | | | Recarga (R) | Litología (A) |
|------------------|--|--------------------|---------------|---------------------------|-----------------|-----------------|
| Variab le | 9,1 - 15,2 m | 15,2 - 22,9 m | 22,9 - 30,5 m | >30,5m | >254m m | Arenisca Masiva |
| Valor | 5 | 3 | 2 | 1 | 9 | 6 |
| | Tipo de suelo (S) | | | Pendiente (T) | | |
| Variab le | Arenisca Margosa | agregado arcilloso | arena | 0-2% | 2 -6 % | >18% |
| Valor | 6 | 7 | 9 | 10 | 9 | 1 |
| | Naturaleza zona no saturada (I) | | | Conductividad (C) | | |
| Variab le | Cieno Arcilla | areniscas | grava y arena | 0,04-4,08m/día | 4,08-12,22m/día | |
| Valor | 3 | 6 | 8 | 1 | 2 | |

Fuente: propia

Ilustración 36 Mapa de vulnerabilidad



Fuente: Propia

5. CONCLUSIONES

- Se obtuvieron los siete mapas que evalúan la vulnerabilidad de la cuenca baja del río Teusacá, en los cuales se muestran los diferentes datos y especificaciones que comprenden cada uno de ellos, logrando determinar el estado actual en el cual se encuentra la cuenca.
- Se determinó por medio del método DRASTIC la vulnerabilidad en la cual se encuentra la cuenca baja del río Teusacá comprendido entre el municipio de la Calera y la desembocadura del río Teusacá en el río Bogotá, demostrando que la mayor parte de esta se encuentra con una vulnerabilidad moderada y una porción de vulnerabilidad baja, en la cual se encuentran los pozos.
- La vulnerabilidad moderada se encuentra ubicado en los pozos, esto, debido a que la mayoría de ellos se encuentran en propiedad privada, y se logró evidenciar por medio de la visita a campo que usan el recurso del agua subterránea para cultivos de flores y otros para ganadería y agricultura.
- Por medio de ensayos de infiltración que se realizaron cerca de los pozos ubicados entre el municipio de la Calera y Sopo, los cuales presentaron la mayor vulnerabilidad en la cuenca, fueron muy importantes para la aplicación de la metodología DRASTIC puesto que definen la velocidad que puede viajar un contaminante y llegar hasta el agua subterránea.
- La mayor causa de contaminación se debe al descuido de la gente, principalmente de aquellas que disponían de los pozos como fuente de abastecimiento, esto debido a que, al no percatarse del consumo del agua subterránea, ni de lo que implica el uso de pesticidas y plaguicidas que se pueden infiltrar de manera fácil, se hizo un uso descuidado de este recurso generando complicaciones en algunos sectores que generan alerta y se logró percatar que el caudal que maneja este río, se ve de manera considerable reducido debido a los malos actos de los mismos.

- El programa con el cual se realizaron los mapas de vulnerabilidad, tiene un índice de acertamiento bastante alto, esto sucede porque, maneja información cartográfica en forma de shapfiles, los cuales tienen los datos exactos de la cuenca que fue evaluada y las herramientas de las cuales dispone permite evaluar de forma exacta los tramos en los cuales se tienen diferentes especificaciones como lo son la ubicación de los pozos, la tasa de infiltración en las diferentes zonas y las formaciones que se presentan a lo largo de la cuenca del río Teusaca.

6. RECOMENDACIONES

- Los mayores riesgos de vulnerabilidad se presentaron principalmente en el municipio de Sopo, esto debido a que hay una alta presencia de cultivos de flores, invernaderos, sitios para ganadería, los cuales se encuentran en propiedad privada, por tal motivo, un método para mitigar el impacto que generan estas actividades, ya sea por los pesticidas, plaguicidas, uso inadecuado de la tierra y del recurso hídrico es generar un sistema de drenaje con el fin de que estas aguas contaminadas no se filtren hasta el agua que se subterránea, con el fin de poder tratarlas y poder reutilizarlas para las mismas actividades.
- Debido a que se presentaron temporadas de sequía, la cuenca del río Teusacá bajo sus niveles de manera considerable, esto se puede presentar, porque la recarga que se presenta en este es menor a la cantidad saliente que tiene, por eso se recomienda hacer una regulación del uso del agua, ya que al no tener de la cuenca principal, se acude a tomar la subterránea, lo que implica una mayor probabilidad de contaminación de la misma.
- Se debe hacer una capacitación y generar una norma más estricta en cuanto a propietarios que realizan pozos en propiedad privada, ya que estos desconocen mucho acerca de cómo funciona la infiltración a aguas subterráneas y los problemas que trae el uso de químicos, en este caso para las flores, generando así, más conciencia al momento del uso de estos.
- Debido al auge de distintas empresas que requieren el uso de aguas subterráneas, una manera de controlar y verificar la calidad de estas es por medio de un plan o programa en el cual se tenga un inventario de la cantidad de pozos o mecanismos que permitan la extracción del agua subterránea, luego de esto, hacer unas ordenanzas de zonificación y prohibiciones de cierto tipo de contaminantes y garantizar el control y vigilancia de aguas freáticas, evaluando la calidad de estos acuíferos zonificados previamente,

estimulando el esfuerzo voluntario sobre la protección de las aguas subterráneas y el manejo de residuos contaminantes.

- La vigilancia y control son requeridas para este tipo de cuencas, la cual a través de los años a disminuido su caudal por el uso inadecuado de las mismas, se recomienda prohibir la construcción de más pozos que se encuentren cerca de acuíferos de recargas y realizar una evaluación de aquellos que ya están contruidos, en los cuales se pueda evaluar cuál es la cantidad que están tomando y cuál es el caudal necesario para trabajar.
- Cada año va tomando más relevancia el uso y cuidado de los recursos que genera el medio ambiente con el fin de cuidarlos y conservarlos, un método de mitigar la contaminación es generando reservas en los lugares donde hay más pozos, pensando en la conservación de las aguas subterráneas, con el fin de que se pueda esperar un año en el cual la recarga de abastecimiento sea suficiente para subir los niveles del río y del mismo modo, que las aguas subterráneas se encuentren más limpias de cualquier tipo de contaminación.
- Hacer campañas frecuentes en las cuales se puedan ver las consecuencias de un mal uso de este tipo de aguas, el factor más importante y difícil es el de concientizar a las personas que hacen e uso de este tipo de aguas, se puede por medio de conferencias, charlas y visitas de campo al lugar para que se puedan percatar de lo que realmente está sucediendo con este tipo de recurso; así mismo se puede buscar la manera de implementar un tipo de compensación por aquellos que usen de una manera innovadora y eficiente el recurso, reutilizándolo y evitando agentes contaminantes que puedan infiltrarse.

7. BIBLIOGRAFIA

abc. 2009. abc color. *abc color*. [En línea] 18 de 03 de 2009. <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/abc-rural/el-acuifero-guarani-1158303.html>.

ALVAREZ-PUGLIESE, Christian E. 2014. Environmental Justice Atlas. *Environmental Justice Atlas*. [En línea] 13 de 05 de 2014. [Citado el: 22 de 03 de 2019.] <https://ejatlas.org/conflict/floricultura-en-la-sabana-de-bogota-colombia>.

Ambiente, Ministerio del. 2016. *Agua y alimento*. lima : Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú, 2016.

Arreguín. 1994. *Uso eficiente del agua en ciudades e industrias*. Montevideo, Uruguay : s.n., 1994.

Azzi, G. 1971. *Ecología agraria*. La habana, Cuba : Instituto Cubano del libro, 1971.

BALEK, J. 1988. Groundwater recharge concepts. [aut. libro] NATO ASI. *Estimation of Natural Groundwater Recharge*. Boston.: s.l. : Ed. Reidel, 1988, págs. p. 3-9.

BAUTISTA PARRA, Nelson Enrique, Sanabria Morales, Jorge Alberto, Sierra Garzón, Iraidys. 2014. *Análisis de la susceptibilidad a la contaminación de las aguas subterráneas, por el vertimiento de aguas residuales en diferentes unidades cartográficas de suelos –caso de estudio vereda Iguacitos(municipio de Lérída)y Buenavista.(tesis de especializacion*. Universidad catolica de colombia. bogota : s.n., 2014.

BECERRA GALAN, Julio Enrique. 2014. *Evaluación de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de los acuíferos de la Zona Centro de Boyacá (tesis de especializacion)*. Universidad catolica de colombia. bogota : s.n., 2014.

BUITRAGO VALLEJO, Lyna María. 2015. *Análisis de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos en el municipio de Funza, Cundinamarca (tesis de especializacion)*. universidad catolica de colombia. bogota : s.n., 2015.

Campos. 1992. *Procesos del ciclo hidrológico. 2da.* Mexico : s.n., 1992.

CAR. 2019. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. [En línea] 2019. <https://www.car.gov.co/>.

CARVAJAL, SANDRA LILIANA MUÑOZ REAL-DIANA CAROLINA BELTRÁN. 2010. PERFIL AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TEUSACÁ DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ. *PERFIL AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TEUSACÁ DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ.* Bogotá : UNIVERSIDAD DE LA SALLE, 2010.

Chávez. 2004. *La explotación racional de las aguas subterráneas: comentarios sobre la situación actual.* 2004.

CIVILGEEKS. 2011. civilgeeks.com. [En línea] 2011. <https://civilgeeks.com/2011/09/24/poligonos-de-thiessen/>.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA (CAR. 2008. *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL de agua subterranea en la sabana de bogota.* Bogotá, D. C. : ISBN, 2008.

E.Manahan, Stanley. 2005 (eight edition). *Environmental Chemistry.* 2005 (eight edition).

E.S.P., PROGRESAR. 2017. la gran cuenca del rio Teusacá. 2017.

Ecoforest ltda. 2013. Elaboración del Diagnostico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá. *Elaboración del Diagnostico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá.* Bogotá : Planeación Ecologica limitada, 2013.

educal. educalingo.com. [En línea] <https://educalingo.com/es/dic-es/isoyeta>.

Environmental. 2008. The DES Guide to Groundwater Protection. *The DES Guide to Groundwater Protection.* [En línea] 02 de 2008. <https://www.des.nh.gov/organization/commissioner/pip/publications/wd/documents/wd-07-29.pdf>.

et, **Aller. 1987.** Aguas.igme. [En línea] 1987.
<http://aguas.igme.es/igme/publica/pdflib3/martinez.pdf>.

Gálves, J. J. Ordoñez. 2011. *Que es cuenca Hidrologica?* Lima : Sociedad Geográfica de, 2011.

GARCIA TOVAR, René Alejandro, García García, Jeimy Andrea, Solano Sarmiento, Viviana Andrea. 2016. *Estimación de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero de la Formación Mesa presente en el municipio de Puerto Boyacá del departamento de Boyacá, Colombia, mediante la metodología DRASTIC.(tesis de especializacion).* universidad catolica de colombia. bogota : s.n., 2016.

GROUND WATER Consortium. 2013. Ground Water Consortium. *Ground Water Consortium.* [En línea] 2013. [Citado el: 30 de 03 de 2019.]
<http://gwconsortium.org/drastric-map-and-what.php>.

IDEAM. 2018. *Reporte de avance del Estudio Nacional del Agua.* Bogotá, D.C., : Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios, 2018.

Ingeominas. 1998. <https://www.igac.gov.co/es/contenido/instituto-colombiano-de-geologia-y-mineria-ingeominas>. [En línea] 1998.

—. **1993.** *proyecto estudio hidrgeologico cuantitativo sabana de Bogotá.* Bogotá : s.n., 1993.

Integrales, JH-Soluciones. sioingenieria. *Ingenieria Estructural.* [En línea]
https://www.sioingenieria.com/sitio/contenidos_mo.php?it=438.

Irrigación. Irrigación.gov. [En línea] [Citado el: 10 de 09 de 2019.]
<http://www.irrigacion.gov.ar/dgi/es/publications/ddjjperforaciones>.

JAMES, Díaz Zerrate Camilo Adolfo & Otálvaro Barco Jhon. 2014. *Determinación del almacenamiento de agua subterránea presente en los acuíferos de la cuenca del Río Neusa, Cundinamarca, mediante el análisis de información hidrológica e hidrogeológica.* Universidad catolica de colombia. bogota : s.n., 2014.

LINDA ALLER, TRUMAN BENNETT & JAY LEHR. 1987. *Drastic A Standardized System For Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings.* united states. chicago : EPA, 1987.

Martínez, Delgado, Fabregat. <http://aguas.igme.es>. [En línea] [Citado el: 10 de 09 de 2019.] <http://aguas.igme.es/igme/publica/pdflib3/martinez.pdf>.

Métodos para determinar la recarga en acuíferos. **Otálvaro, María Victoria Vélez. 2010.** Medellín : s.n., 2010, pág. 16.

MÉXICO, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE. 2018. *ESTUDIO SOBREPROTECCIÓN DE RÍOS, LAGOS Y ACUÍFEROS DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS DERECHOS HUMANOS.* ciudad de ,Mexico : Coordinación de Humanidades, 2018.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. *Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación.* Bogotá : s.n., 2010.

NIÑO, LILIANA CARRERO. 2012. RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA E INTERPRETACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN EN EL USO Y MANEJO DEL PAISAJE EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO TEUSACÁ. *RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA E INTERPRETACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN EN EL USO Y MANEJO DEL PAISAJE EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO TEUSACÁ.* Bogotá : Trabajo de grado PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, 2012.

Olivera, José Pérez Villarreal y Jorge Alejandro Ávila. 2009. Saber Más. *Saber Más.* [En línea] Horacio Cano Camacho, 2009. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/235-numero-27/418-de-donde-vienen-y-a-donde-van-las-aguas-subterranas.html>.

PEDREROS, ROBER FAYRUTH SOLER. 2014. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO DEL MUNICIPIO DE COTA CUNDINAMARCA UTILIZANDO EL MODELO GRATIC. *EVALUACIÓN*

DE LA VULNERABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO DEL MUNICIPIO DE COTA CUNDINAMARCA UTILIZANDO EL MODELO GRATIC.

Bogotá : Universidad Libre, 2014.

Pérez Franco, Diosdado. 1995. *La explotación del agua subterránea. Un nuevo comienzo.* La Habana : Editorial Científico-Técnica, 1995.

Probogotá. Probogotá.org. [En línea] <http://probogota.org/municipios/la-calera/>.

Sandra Liliana Muños Real, Diana Carolina Beltran Carvajal. 2010. *PERFIL AMBIENTAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TEUSACÁ DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ .* Bogotá : s.n., 2010.

Soler, Robert. 2015. *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO DEL MUNICIPIO DE COTA CUNDINAMARCA UTILIZANDO EL MODELO DRASTIC. .* Bogotá : s.n., 2015.

UNESCO. 1992. *Programa mundial de evaluación de los recursos hídricos (WWAP).* Naciones Unidas : s.n., 1992.

USGS. USGS Ciencias del Agua. USGS . [En línea] <https://water.usgs.gov/edu/watercycle.html>.

8. ANEXOS

8.1 Datos sobre las estaciones meteorológicas suministrados por el IDEAM y la CAR

8.1.1 VALORES MEDIOS MENSUALES DE CAUDALES

Anexo 1 valores medios de caudales estación puente La Calera

| CAR - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|-----------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|-------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica | | | | | | | | | | | | | |
| VALORES MEDIOS MENSUALES DE CAUDALES (m³/s) | | | | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN: 2120872 PTE LA CALERA | | | | | | | | | | | | | |
| Latitud | 0443 N | X=N=10140 | Departamento | CUNDINAMARCA | Corriente | R. TEUSAC | Categoría | LM | | | | | |
| Longitud | 7358 W | Y=E=10124 | Municipio | LA CALERA | Cuenca | R. TEUSAC | Fecha Instalación | 11/01/1985 | | | | | |
| Elevación | 2718 m.s.n.m | | Oficina Provincial | BOGOTÁ - LA CALERA | | | | Fecha Suspensión | | | | | |
| AÑO | ENERO | FEBRE | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTI | OCTUB | NOVIE | DICIE | CAUDAL ANUAL |
| 1991 | 1,03 | 0,94 | 1,24 | 1,69 | 1,52 | 2,36 | 4,5 | 4,6 | 1,4 | 2,1 | 1,2 | 1,87 | 24,5 |
| 1992 | 1,07 | 1,01 | 1,52 | 1,92 | 1,61 | 1,88 | 3,33 | 4,99 | 3,8 | 2,33 | 2,16 | 1,98 | 27,6 |
| 1993 | 1,771 | 1,132 | 1,358 | 1,581 | 1,204 | 2,096 | 3,98 | 2,311 | 4,547 | 3,98 | 2,9 | 2,267 | 25,1 |
| 1994 | 1,69 | 1,12 | 2,34 | 1,97 | 2,51 | 3,31 | 7,7 | 5,49 | 4,14 | 3,7 | 1,23 | 0,9 | 36,1 |
| 1995 | 1,24 | 2,45 | 2,89 | 1,89 | 3,43 | 3,62 | 4,57 | 2,57 | 2,76 | 1,56 | 0,68 | 0,7 | 28,4 |
| 1997 | 1,23 | 2,78 | 1,78 | 1,45 | 1,3 | 0,96 | 3,78 | 2,87 | 1,68 | 0,75 | 0,357 | 0,469 | 17,7 |
| 1998 | 0,377 | 0,866 | 1,22 | 1,219 | 2,282 | 0,525 | 4,362 | 2,844 | 0,113 | 0,834 | 1,039 | 3,5 | 19,2 |
| 1999 | 1,296 | 0,172 | 0,167 | 0,542 | 1,192 | 0,716 | 3,847 | 4,116 | 3,65 | 2,192 | 2,64 | 1,679 | 22,2 |
| 2000 | 2,175 | 2,9 | 1,825 | 2,641 | 3,181 | 2,271 | 1,638 | 6,084 | 6,437 | 1,246 | 1,786 | 0,557 | 32,7 |
| 2001 | 0,489 | 0,174 | 0,202 | 4,748 | 0,218 | 0,339 | 1,937 | 2,557 | 3,521 | 0,589 | 1,206 | 1,348 | 17,3 |
| 2002 | 0,589 | 1,353 | 1,089 | 3,407 | 2,419 | 7,075 | 3,072 | 3,423 | 3,586 | 3,29 | 4,108 | 1,717 | 35,1 |
| 2009 | 2,657 | 4,818 | 3,564 | 11,054 | 5,132 | 0,229 | 0,2 | 0,2 | 0,627 | 0,26 | 0,099 | 0,362 | 29,2 |
| 2010 | 1,02 | 0,976 | 1,161 | 1,066 | 1,271 | 0,594 | 1,186 | 0,564 | 0,266 | 0,671 | 0,52 | 0,231 | 9,5 |
| 2011 | 0,207 | 1,888 | 1,49 | 2,65 | 0,483 | 2,176 | 2,721 | 0,555 | 0,417 | 1,517 | 1,459 | 3,483 | 19,0 |
| 2012 | 1,412 | 2,637 | 0,677 | 4,779 | 3,752 | 0,852 | 3,472 | 3,989 | 1,606 | 4,175 | 0,516 | 0,077 | 27,9 |
| 2013 | 0,049 | 0,003 | 0,002 | 0,01 | 0,029 | 0,004 | 0,005 | 0,02 | 0,003 | 0,003 | 0,087 | 0,05 | 0,3 |
| 2014 | 0,007 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,018 | 0,037 | 0,005 | 0,005 | 0,018 | 0,065 | 0,042 | 0,2 |
| 2015 | 0,5 | 0,475 | 0,498 | | 0,398 | 1,427 | 0,959 | 0,61 | 0,687 | 0,117 | 0,187 | 0,124 | 6,0 |
| 2016 | 0,006 | 0,182 | 0,368 | 0,578 | 0,517 | 0,357 | 0,853 | 0,705 | 0,951 | 1,475 | 2,548 | 1,404 | 9,9 |
| 2017 | 1,216 | 1,992 | 2,504 | 2,43 | 2,729 | 2,41 | 1,33 | 0,835 | 0,788 | 1,585 | 1,493 | 1,202 | 20,5 |
| 2018 | 1,319 | 1,022 | 1,101 | 1,512 | 1,714 | 2,834 | 2,3 | 3,2 | 1,87 | 1,67 | 1,2 | 0,89 | 20,6 |
| CAUDAL MEDIO ANUAL | | | | | | | | | | | | | 20,4 |

Anexo 2 valores medios de caudales estación puente 2120989

| C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|-------------|--------------------|----------------------|-----------|------------------|-------------------|------------|-------|-------|-------|-------|--------------|--|
| SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica | | | | | | | | | | | | | | |
| VALORES MEDIOS MENSUALES DE CAUDALES (m³/s) | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN : 2120989 | | | | | | | | | | | | | | |
| Latitud | 0443N N | X=N=1000000 | Departamento | CUNDINAMARCA | Corriente | QDA. SIMAYA | Categoría | LM | | | | | | |
| Longitud | 7336W W | Y=E=1000000 | Municipio | LA CALERA | Cuenca | QDA. SIMAYA | Fecha Instalación | 17/03/2011 | | | | | | |
| Elevación | 2578 m.s.n.m | | Oficina Provincial | 1 BOGOTÁ - LA CALERA | | Fecha Suspensión | | | | | | | | |
| AÑO | ENERO | FEBRE | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTI | OCTUB | NOVIE | DICIE | CAUDAL.ANUAL | |
| 2012 | 0,14 | 0,463 | 0,509 | 3,748 | 1,165 | 1,183 | 1,521 | 1,903 | 1,099 | 1,574 | 0,334 | 0,341 | 14,0 | |
| 2013 | 0,072 | 0,09 | 0,079 | 0,389 | 1,182 | 0,436 | 0,647 | 0,8 | 0,436 | 0,373 | 0,498 | 0,19 | 5,2 | |
| 2014 | 0,244 | 0,115 | 0,286 | 0,061 | 0,09 | 0,65 | 0,891 | 0,174 | 0,032 | 0,057 | 0,145 | 0,021 | 2,8 | |
| 2015 | 0,191 | 0,179 | 0,189 | 0,306 | 0,206 | 0,489 | 0,45 | 0,376 | 0,289 | 0,199 | 0,241 | 0,218 | 3,3 | |
| 2016 | 0,192 | 0,177 | 0,177 | 0,235 | 0,305 | 0,372 | 0,385 | 0,409 | 0,376 | 0,304 | 0,404 | 0,249 | 3,6 | |
| 2017 | 0,188 | 0,243 | 0,28 | 0,254 | 0,365 | 0,403 | 0,379 | 0,374 | 0,305 | 0,26 | 0,344 | 0,243 | 3,6 | |
| 2018 | 0,206 | 0,194 | 0,209 | 0,416 | 0,425 | 0,48 | 0,37 | 0,36 | 0,28 | 0,23 | 0,27 | 0,22 | 3,7 | |
| CAUDAL MEDIO ANUAL | | | | | | | | | | | | | 5,2 | |

Anexo 3 Valores medios de caudales estación 2120788

| C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|-------------|--------------------|-----------------|-----------|------------|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica | | | | | | | | | | | | | |
| VALORES MEDIOS MENSUALES DE CAUDALES (m³/s) | | | | | | | | | | | | | |
| ESTACIÓN : 2120788 | | | | | | | | | | | | | |
| Latitud | 0453 N | X=N=1032210 | Departamento | CUNDINAMARCA | Corriente | R. TEUSACÁ | Categoría | LM | | | | | |
| Longitud | 7358 W | Y=E=1012505 | Municipio | SOPO | Cuenca | R. TEUSACÁ | Fecha Instalación | 2/01/1964 | | | | | |
| Elevación | 2552 m.s.n.m | | Oficina Provincial | 9 SABANA CENTRO | | | Fecha Suspensión | | | | | | |
| AÑO | ENERO | FEBRE | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTI | OCTUB | NOVIE | DICIE | CAUDAL.ANUAL |
| 1970 | 0,857 | 0,88 | 0,536 | 0,54 | 1,35 | 3,348 | 3,66 | 3,366 | 2,037 | 7,162 | 6,978 | 1,656 | 32,4 |
| 1971 | 0,719 | 0,658 | 1,106 | 5,055 | 5,634 | 4,3 | 5,893 | 3,585 | 4,808 | 3,296 | 3,601 | 1,852 | 40,5 |
| 1972 | 3,215 | 1,441 | 1,335 | 4,001 | 8,086 | 6,635 | 7,222 | 2,487 | 1,873 | 2,281 | 4,888 | 0,796 | 44,3 |
| 1973 | 0,215 | 0,118 | 0,158 | 0,184 | 0,825 | 1,602 | 1,648 | 1,93 | 4,952 | 4,591 | 3,784 | 7,888 | 27,9 |
| 1974 | 0,889 | 1,774 | 2,125 | 2,146 | 3,573 | 1,68 | 2,871 | 1,931 | 1,428 | 2,305 | 4,151 | 1,183 | 26,1 |
| 1975 | 0,215 | 0,663 | 0,899 | 0,663 | 2,682 | 4,377 | 2,563 | 3,719 | 2,868 | 1,612 | 5,185 | 6,075 | 31,5 |
| 1976 | 2,157 | 0,74 | 1,165 | 5,411 | 7,11 | 6,226 | 8,633 | 3,221 | 3,207 | 8,492 | 6,955 | 2,402 | 55,7 |
| 1977 | 0,468 | 0,236 | 0,232 | 0,843 | 1,525 | 2,666 | 3,336 | 3,084 | 3,123 | 3,85 | 4,504 | 0,987 | 24,9 |
| 1978 | 0,249 | 0,716 | 0,56 | 1,67 | 1,78 | 4,67 | 1,246 | 0,356 | 2,76 | 2,495 | 1,717 | 0,895 | 19,1 |
| 1979 | 0,02 | 0,091 | 0,2 | 5,104 | 1,984 | 8,252 | 1,917 | 1,095 | 1,13 | 5,75 | 13,55 | 5,594 | 44,7 |
| 1980 | 1,4 | 1,37 | 0,47 | 2,19 | 1,6 | 5,41 | 3,15 | 1,65 | 1,9 | 2,27 | 1,68 | 0,9 | 24,0 |
| 1981 | 0,89 | 0,39 | 0,57 | 2,91 | 7,54 | 6,4 | 7,08 | 4,21 | 2,59 | 2,15 | 0,67 | 1,86 | 37,3 |
| 1982 | 2,64 | 1,27 | 4,76 | 8,78 | 7,47 | 3,56 | 3,25 | 3,14 | 1,5 | 2,7 | 1,76 | 0,84 | 41,7 |
| 1983 | 1,95 | 1,58 | 3,64 | 9,61 | 4,86 | 4,4 | 7,05 | 7,33 | 5,09 | 4,77 | 5,48 | 2,43 | 58,2 |
| 1984 | 1,31 | 1,76 | 0,94 | 1,06 | 3,62 | 6,57 | 5,19 | 6,04 | 5,34 | 1,6 | 9,04 | 1,08 | 43,6 |
| 1985 | 0,96 | 0,31 | 0,46 | 1,99 | 3,99 | 13,86 | 7,28 | 11,17 | 8,53 | 7,12 | 10,59 | 3,03 | 69,3 |
| 1987 | 0,53 | 0,38 | 1,53 | 3,93 | 3,77 | 1,97 | 6,48 | 3,4 | 1,38 | 4,68 | 5,23 | 3,4 | 36,7 |
| 1988 | 0,47 | 0,7 | 0,59 | 0,76 | 0,63 | 2,01 | 5,3 | 1,6 | 1,4 | 4,48 | 6,14 | 3,1 | 27,2 |
| 1989 | 0,45 | 0,49 | 3,32 | 0,8 | 2,16 | 4,13 | 4,66 | 1,33 | 1,71 | 0,88 | 1,88 | 2,19 | 24,0 |
| 1990 | 1,35 | 1,58 | 2,67 | 1,67 | 1,98 | 5,27 | 4,36 | 5,19 | 2,5 | 2,94 | 2,25 | 3,5 | 35,3 |
| 1991 | 1,64 | 1,19 | 2,1 | 2,3 | 1,97 | 2,19 | 6,61 | 9,41 | 4,95 | 2,03 | 4,59 | 2,05 | 41,0 |
| 1992 | 1,33 | 1,19 | 1,01 | 1,22 | 1,21 | 0,57 | 5,78 | 4,68 | 1,43 | 1,32 | 4,28 | 4,47 | 28,5 |
| 1993 | 2,06 | 1,62 | 1,22 | 2,4 | 4,43 | 6,3 | 8,35 | 8,78 | 4,28 | 1,85 | 2,28 | 3,17 | 46,7 |
| 1994 | 1,05 | 1,73 | 1,57 | 1,88 | 5,3 | 6,93 | 9,5 | 9,07 | 4,87 | 5,97 | 4,26 | 2,8 | 54,9 |
| 1995 | 1,31 | 1,26 | 1,9 | 3,37 | 3,72 | 5,28 | 4,64 | 5,01 | 2,41 | 1,7 | 1,84 | 1,41 | 33,9 |
| 1996 | 0,57 | 1,06 | 2,08 | 1,13 | 2,65 | 3,2 | 6,02 | 3,16 | 1,57 | 2,48 | 1,67 | 1,84 | 27,4 |
| 1997 | 3,519 | 1,556 | 0,593 | 0,792 | 1,401 | 1,172 | 5,768 | 2,968 | 0,739 | 2,34 | 0,793 | 0,617 | 22,3 |
| 1998 | 0,517 | 0,933 | 1,288 | 1,901 | 4,398 | 7,74 | 10,779 | 6,054 | 1,356 | 2,039 | 1,26 | 6,014 | 44,3 |
| 1999 | 2,204 | 1,163 | 1,571 | 2,841 | 2,883 | 2,526 | 4,606 | 5,095 | 5,592 | 6,353 | 6,024 | 4,847 | 45,7 |
| 2000 | 3,408 | 3,782 | 2,933 | 3,356 | 5,406 | 5,934 | 6,424 | 7,04 | 8,765 | 6,058 | 6,321 | 2,026 | 61,5 |
| 2001 | 0,705 | 0,254 | 0,436 | 4,474 | 0,783 | 1,307 | 2,972 | 2,86 | 4,852 | 1,568 | 3,529 | 2,551 | 26,3 |
| 2002 | 1,252 | 1,994 | 2,207 | 4,379 | 4,152 | 11,267 | 7,557 | 7,524 | 5,371 | 4,331 | 4,71 | 3,392 | 58,1 |
| 2003 | 1,814 | 1,482 | 1,868 | 1,134 | 1,514 | 0,636 | 0,826 | 3,462 | 2,707 | 3,524 | 3,503 | 3,877 | 26,3 |
| 2004 | 1,76 | 2,794 | 6,479 | 2,561 | 2,561 | 4,675 | 1,67 | 2,15 | 1,98 | 3,76 | 4,26 | 2,78 | 37,4 |
| 2005 | 1,098 | 0,89 | 1,918 | 2,587 | 4,599 | 3,847 | 3,738 | 2,385 | 1,648 | 4,373 | 4,426 | 1,355 | 32,9 |
| 2006 | 1,014 | 0,53 | 1,455 | 3,765 | 5,352 | 3,392 | 6,668 | 1,468 | 1,336 | 0,318 | 3,814 | 1,433 | 30,5 |
| 2007 | 0,214 | 0,22 | 0,404 | 1,298 | 0,898 | 2,328 | 2,189 | 1,893 | 1,263 | 2,562 | 2,615 | 2,624 | 18,5 |
| CAUDAL MEDIO ANUAL | | | | | | | | | | | | | 37,3 |

8.2 PRECIPITACIONES TOTALES MEDIAS ANUALES

Anexo 4 Valores totales de precipitación estación 2120112

| ESTACIÓN | 2120112 | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| AÑO | ENERO | FEBRE | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTI | OCTUB | NOVIE | DICIE | VALOR ANUAL |
| 1973 | 32 | 58 | 52 | 75 | 51 | 54 | 55 | 94 | 130 | 122 | 101 | 173 | 997 |
| 1974 | 48 | 96 | 153 | 97 | 124 | 42 | 58 | 35 | 54 | 103 | 126,1 | 47 | 983,1 |
| 1975 | 10 | 167 | 66 | 88 | 134,8 | 92 | 81 | 106 | 67 | 141 | 113 | 174 | 1239,8 |
| 1976 | 33 | 46 | 99 | 145 | 94 | 96 | 80 | 28 | 94 | 185,3 | 108 | 45 | 1053,3 |
| 1977 | 15 | 12 | 58 | 113 | 26 | 44 | 94 | 60 | 72 | 89 | 101 | 45 | 729 |
| 1978 | 31 | 50 | 76 | 145 | 93 | 86 | 52 | 66 | 66 | 26 | 61 | 63 | 815 |
| 1979 | 10 | 15 | 107 | 77 | 77 | 47 | 19 | 70 | 52 | 116 | 153 | 85 | 828 |
| 1980 | 43 | 71 | 60 | 51 | 15 | 104 | 37 | 49 | 62 | 97 | 80 | 151 | 820 |
| 1981 | 25 | 22 | 53 | 102 | 105 | 40 | 25 | 16 | 31 | 67 | 108 | 56 | 650 |
| 1982 | 138 | 68 | 63 | 141 | 94 | 61 | 47 | 67 | 34 | 84 | 115 | 107 | 1019 |
| 1983 | 12 | 110 | 50 | 300 | 112,5 | 40 | 95 | 24,5 | 26,5 | 49,5 | 19 | 38 | 877 |
| 1984 | 66 | 67 | 57 | 25 | 48 | 39 | 34 | 29 | 83 | 24 | 76 | 40 | 588 |
| 1985 | 39 | 11 | 84 | 61 | 231 | 82 | 65 | 48 | 106 | 194 | 94,4 | 20,6 | 1036 |
| 1986 | 36 | 112 | 130 | 85 | 132 | 99 | 117 | 157 | 125,7 | 98 | 112,4 | 100,8 | 1304,9 |
| 1990 | 60 | 90 | 85 | 115 | 150 | 90 | 90 | 65 | 25 | 110 | 115 | 115 | 1110 |
| 1991 | 93 | 82 | 187 | 76 | 105 | 51 | 121 | 139 | 15 | 50 | 178 | 106 | 1203 |
| 1992 | 39 | 22 | 87 | 117 | 39 | 24 | 88 | 55 | 50 | 3 | 310 | 35 | 869 |
| 1993 | 110 | 70 | 12 | 115 | 110 | 40 | 90 | 40 | 25 | 31 | 107 | 25 | 775 |
| 1994 | 149 | 30 | 115 | 85 | 120 | 100 | 80 | 60 | 30 | 90 | 100 | 35 | 994 |
| 1995 | 5 | 60 | 65 | 150 | 130 | 75 | 35 | 45 | 26 | 109 | 49 | 109 | 858 |
| 1996 | 53 | 87 | 118 | 86 | 115 | 79 | 111 | 44 | 29 | 97 | 71 | 147 | 1037 |
| 1997 | 181 | 21 | 42 | 57 | 96 | 123 | 123 | 47 | 33 | 33 | 72 | 2 | 830 |
| 1998 | 34 | 8 | 115,2 | 44 | 217 | 125 | 96 | 77 | 72 | 132 | 127 | 92 | 1139,2 |
| 1999 | 98 | 151 | 89 | 143 | 42 | 87 | 39 | 42 | 57 | 144 | 252 | 81 | 1225 |
| 2000 | 110 | 119 | 67 | 71 | 87 | 57 | 77 | 97,3 | 127 | 97,9 | 98,1 | 26,5 | 1034,8 |
| 2001 | 36,8 | 132,7 | 83,4 | 38,4 | 87,6 | 66,7 | 70,2 | 57,7 | 59,6 | 96,2 | 121,8 | 80,8 | 931,9 |
| 2002 | 37,1 | 6,9 | 85,7 | 173,7 | 115,1 | 100,1 | 61,2 | 89,9 | 45,6 | 114,5 | 28,4 | 33,9 | 892,1 |
| 2003 | 33,8 | 26,3 | 180,7 | 106,6 | 63,5 | 58,1 | 38,2 | 49,5 | 51,5 | 154,5 | 82,6 | 84,3 | 929,6 |
| 2004 | 44,9 | 179,7 | 120,9 | 133,2 | 136,6 | 128,2 | 66,4 | 96,1 | 16,5 | 125,6 | 106,9 | 49,7 | 1204,7 |
| 2005 | 77 | 62,9 | 41,6 | 124,3 | 300,8 | 65,2 | 58,1 | 48,6 | 35,9 | 234 | 286,9 | 44,6 | 1379,9 |
| 2006 | 54,6 | 49,3 | 197,7 | 254,8 | 93,6 | 109,1 | 72,6 | 59,5 | 17 | 140 | 125,1 | 142 | 1242,7 |
| 2007 | 4,5 | 51,9 | 51,4 | 181 | 68,8 | 119,1 | 63,2 | 75,9 | 16,7 | 236 | 80,8 | 181 | 1130,3 |
| 2008 | 27,6 | 94,5 | 194,5 | 41,9 | 256,8 | 64 | 108,5 | 90,5 | 96,2 | 146,5 | 265,7 | 141,1 | 1527,8 |
| 2009 | 78 | 47,4 | 85,3 | 129,6 | 31,1 | 146,7 | 51,3 | 59,6 | 70,8 | 136,9 | 119,4 | 12,1 | 968,2 |
| 2010 | 1,2 | 14,2 | 22,5 | 282 | 194 | 110,3 | 118,8 | 82,5 | 73,2 | 230,8 | 221,9 | 74,2 | 1425,6 |
| 2011 | 40,2 | 134,9 | 223,2 | 251,5 | 195,4 | 95,4 | 90,1 | 49,7 | 45,1 | 180,7 | 322,6 | 117,3 | 1746,1 |
| 2012 | 83 | 37,4 | 138,7 | 184,7 | 65,5 | 69 | 103,1 | 40,3 | 21,5 | 218,7 | 84 | 187,8 | 1233,7 |
| 2013 | 23,5 | 129,3 | 68 | 78,2 | 166,8 | 24,4 | 127,2 | 76,5 | 43,9 | 59,7 | 246,1 | 75,5 | 1119,1 |
| 2014 | 15,8 | 3,3 | 82,6 | 39 | 20,2 | 99,1 | 38 | 33,4 | 38,9 | 64,8 | 11,9 | 73,8 | 520,8 |
| 2015 | 60,2 | 40,3 | 56,2 | 43,3 | 45,8 | 112,7 | 71,2 | 69,3 | 56,8 | 10,6 | 64,8 | 7,2 | 638,4 |
| 2016 | 10,3 | 31,8 | 47,5 | 137,4 | 82,6 | 39,2 | 65,4 | 62,8 | 24,5 | 80,9 | 151,9 | 26 | 760,3 |
| 2017 | 101,3 | 54,2 | 243,2 | 46,6 | 239,1 | 268,4 | 212,1 | 61 | 29,9 | 30,8 | 123,9 | 176,4 | 1586,9 |
| PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL | | | | | | | | | | | | | 85,97237708 |

Anexo 5 Valores totales de precipitación estación 2120103

| AÑO | ENERO | FEBRE | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOST | SEPTI | OCTUB | NOVIE | DICIE | VALOR ANUAL |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 1971 | 60 | 15 | 45 | 90 | 90 | 90 | 60 | 78 | 90 | 42 | 90 | 60 | 810 |
| 1972 | 6 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 90 | 60 | 30 | 30 | 60 | 71 | 692 |
| 1973 | 9 | 24 | 9 | 15 | 30 | 60 | 60 | 60 | 60 | 90 | 90 | 15 | 522 |
| 1974 | 15 | 30 | 15 | 75 | 45 | 15 | 60 | 30 | 15 | 45 | 45 | 60 | 450 |
| 1975 | 21,3 | 45 | 45 | 90 | 60 | 75 | 75 | 90 | 30 | 90 | 90 | 90 | 801,3 |
| 1976 | 30 | 0 | 60 | 60 | 120 | 120 | 30 | 30 | 60 | 165 | 45 | 15 | 735 |
| 1977 | 75 | 15 | 56 | 15 | 45 | 30 | 60 | 75 | 15 | 75 | 45 | 15 | 521 |
| 1978 | 30 | 48,9 | 73,2 | 5 | 20 | 30 | 15 | 25 | 20 | 10 | 5 | 56,1 | 338,2 |
| 1980 | 28,7 | 35 | 69,3 | 123,5 | 89,1 | 39,4 | 59,2 | 61,3 | 56,3 | 45,7 | 33,1 | 57,7 | 698,3 |
| 1981 | 16,5 | 35,5 | 127,5 | 60,2 | 44,6 | 26,3 | 52,4 | 30,1 | 33,7 | 74,3 | 66,3 | 31,3 | 598,7 |
| 1982 | 39 | 39,2 | 92,2 | 190,8 | 44,6 | 17,4 | 73,9 | 73,8 | 44 | 92,2 | 63,9 | 33,5 | 804,5 |
| 1983 | 7,2 | 57,5 | 71,7 | 133,1 | 41,6 | 46 | 111,8 | 78,1 | 54,5 | 81,1 | 27,9 | 15,1 | 725,6 |
| 1984 | 12,8 | 22,3 | 1 | 0,6 | 3,6 | 0,9 | 35,8 | 56,5 | 114,1 | 51,8 | 132,4 | 2,8 | 434,6 |
| 1985 | 29,4 | 5,9 | 24,3 | 30,4 | 23,1 | 52,3 | 7 | 76,1 | 72,8 | 116,3 | 72,5 | 39,4 | 549,5 |
| 1986 | 23,8 | 94,1 | 34,8 | 72,9 | 89,8 | 124,4 | 135,1 | 59,9 | 49,5 | 117,6 | 55,6 | 17,6 | 875,1 |
| 1987 | 30,9 | 35,6 | 27 | 68,7 | 105,7 | 73,5 | 133,9 | 93,8 | 79,7 | 126,8 | 53 | 41,3 | 869,9 |
| 1988 | 6 | 25,4 | 64,7 | 76,5 | 82 | 84,6 | 122,5 | 98,6 | 90,1 | 297,6 | 140,1 | 74,4 | 1162,5 |
| 1989 | 20,6 | 44,4 | 151,9 | 26,3 | 126 | 99,2 | 70,5 | 69,2 | 152,8 | 123,3 | 134,5 | 69,9 | 1088,6 |
| 1991 | 123 | 40 | 113,8 | 125,5 | 161,6 | 187,8 | 206,9 | 352,5 | 264,6 | 161,7 | 262,1 | 51,4 | 2050,9 |
| 1992 | 29,6 | 25,6 | 25,8 | 53,7 | 66,6 | 61,1 | 133,2 | 83,2 | 49,9 | 54,3 | 153,7 | 43,1 | 779,8 |
| 1993 | 45,9 | 38,6 | 63,1 | 73,1 | 201,8 | 77,7 | 138,6 | 32,7 | 25,4 | 41,6 | 70,5 | 2,5 | 811,5 |
| 1994 | 46,3 | 93,9 | 92,3 | 68,5 | 130,8 | 104,5 | 139,9 | 144,6 | 62,2 | 153,4 | 76,4 | 31,9 | 1144,7 |
| 1995 | 19,7 | 21,6 | 37,6 | 119,6 | 92,6 | 130,9 | 56,1 | 138,7 | 45,1 | 86,1 | 53,2 | 111,6 | 912,8 |
| 1996 | 61,5 | 89,8 | 122,6 | 74,1 | 162,1 | 95,5 | 139,7 | 76,8 | 52,9 | 83,9 | 97,8 | 61 | 1117,7 |
| 1997 | 59,1 | 37,8 | 27,8 | 39 | 85,6 | 49,4 | 96,6 | 76 | 31,1 | 57,1 | 42 | 18,7 | 620,2 |
| 1998 | 32,1 | 49,5 | 29,2 | 39,8 | 177 | 115 | 74,9 | 7,8 | 44,8 | 65,2 | 46,8 | 107,2 | 757,2 |
| 1999 | 35,8 | 27,5 | 51,5 | 84,6 | 0,8 | 73,1 | 75,7 | 82,1 | 89,5 | 129,8 | 91,7 | 72,4 | 814,5 |
| 2000 | 107,8 | 84,1 | 62 | 38,3 | 124,1 | 88,4 | 96,6 | 94,5 | 111,2 | 71,6 | 86,8 | 83,4 | 1048,8 |
| 2001 | 54,3 | 69,5 | 83,4 | 51 | 98,8 | 119,1 | 18,7 | 58,4 | 82,7 | 111,6 | 81,2 | 46,9 | 875,6 |
| 2002 | 25,7 | 13,8 | 61,4 | 111,8 | 151,6 | 164,1 | 67,5 | 79,8 | 56,8 | 26,2 | 57,2 | 33,2 | 849,1 |
| 2003 | 3,8 | 34,9 | 81,1 | 121 | 94,8 | 98,4 | 49,7 | 60,7 | 72,4 | 95 | 85 | 39 | 835,8 |
| 2004 | 30,2 | 67,3 | 92,1 | 92,7 | 144,3 | 203,3 | 151,5 | 116,2 | 72 | 137,3 | 114,2 | 60,2 | 1281,3 |
| 2005 | 35 | 21,2 | 31 | 138,2 | 149,1 | 71,9 | 87,7 | 80 | 100,6 | 155,8 | 134,8 | 24,5 | 1029,8 |
| 2006 | 58,1 | 42,3 | 130,3 | 83,4 | 125,2 | 170,2 | 100,9 | 12,5 | 72,3 | 144,6 | 124,1 | 63,3 | 1127,2 |
| 2007 | 39,7 | 89,4 | 164,4 | 164 | 115,3 | 194,9 | 73,8 | 152 | 72,6 | 175,5 | 86,6 | 56,1 | 1384,3 |
| 2008 | 36,3 | 17,8 | 86,8 | 59,3 | 121,2 | 125,6 | 163,9 | 125,1 | 79,3 | 100,1 | 126,6 | 66,6 | 1108,6 |
| 2009 | 68,5 | 73,7 | 95,3 | 72 | 83,6 | 108,4 | 96,5 | 75,8 | 39,4 | 87,4 | 46,9 | 2,4 | 849,9 |
| 2010 | 4 | 20,1 | 34,6 | 170,6 | 141,7 | 104,5 | 161 | 75,3 | 75,2 | 105,2 | 161,6 | 62,4 | 1116,2 |
| 2011 | 45,7 | 124,3 | 135,6 | 250,7 | 150,6 | 74,7 | 82,3 | 36,2 | 65 | 176,7 | 208,5 | 73,7 | 1424 |
| 2012 | 59,4 | 51,7 | 99,1 | 227,8 | 67,1 | 81,3 | 130,3 | 69,7 | 56,1 | 92,8 | 57,8 | 45,1 | 1038,2 |
| 2013 | 4,2 | 59,1 | 42,3 | 105,2 | 142,5 | 57,6 | 75,6 | 55,4 | 29,4 | 75 | 133,8 | 55,1 | 835,2 |
| 2014 | 14,4 | 22,3 | 82,3 | 48 | 60,1 | 132,7 | 103,1 | 68,8 | 40,9 | 65,6 | 77,3 | 25,3 | 740,8 |
| 2015 | 10,8 | 28,2 | 28,5 | 38,9 | 59,4 | 172,5 | 102,6 | 135,3 | 46,4 | 24,7 | 90,6 | 25,2 | 763,1 |
| 2016 | 48,7 | 9,4 | 97,9 | 136,1 | 118,8 | 98,5 | 105,8 | 117,2 | 98,4 | 91,2 | 146,4 | 61,5 | 1129,9 |
| 2017 | 88,7 | 71,7 | 162,1 | 63,9 | 170,2 | 172,9 | 142 | 84,6 | 59,8 | 61 | 97,8 | 60,5 | 1235,2 |
| PRECIPITACIÓN MEDIO ANUAL | | | | | | | | | | | | | 74,80714646 |

Anexo 6 Valores totales de precipitación estación 2120040

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Valor Anual |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------|
| 1980 | 33,8 | 37,2 | 57,4 | 70,1 | 84,8 | 29 | 30 | 53,4 | 28,7 | 76,3 | 37,8 | 16,3 | 554,8 |
| 1981 | 19 | 20,4 | 49,1 | 70,1 | 151,4 | 67,5 | 50,2 | 59,3 | 81,3 | 74,6 | 57,4 | 27,5 | 727,8 |
| 1982 | 82,5 | 49,6 | 90,1 | 148,4 | 76,2 | 7,7 | 38,4 | 18,7 | 34,7 | 98,7 | 46,8 | 23,9 | 715,7 |
| 1983 | 17,9 | 59,6 | 73,6 | 102,4 | 44,1 | 29,6 | 31,7 | 30,3 | 10,8 | 37,6 | 18,1 | 82,1 | 537,8 |
| 1984 | 68,2 | 7 | 44,2 | 64,3 | 80,5 | 96,2 | 43,2 | 89,4 | 51,2 | 53,1 | 86,8 | 29,7 | 713,8 |
| 1985 | 58,9 | 2,7 | 68 | 53,5 | 129,5 | 37,9 | 64,1 | 53,5 | 90,7 | 111,7 | 74,6 | 47,3 | 792,4 |
| 1986 | 33,8 | 37,2 | 57,3 | 84,2 | 78,9 | 98,5 | 80,3 | 29,4 | 59,9 | 174,1 | 72,9 | 14 | 820,5 |
| 1987 | 7 | 38,5 | 33,8 | 49,9 | 98,7 | 37 | 75,2 | 27,2 | 52,5 | 137,4 | 40,8 | 34,2 | 632,2 |
| 1988 | 14,2 | 16,2 | 56,6 | 81,6 | 69,3 | 81 | 72,7 | 78,4 | 78,5 | 88,5 | 93,3 | 53,7 | 784 |
| 1989 | 4,6 | 23,1 | 98 | 10 | 117,3 | 42,6 | 48,9 | 28,1 | 28,5 | 41,7 | 49,4 | 75,8 | 568 |
| 1990 | 18,3 | 63,3 | 52,6 | 81,1 | 87,6 | 55,7 | 50,2 | 33 | 10,1 | 133,6 | 26,4 | 36,2 | 648,1 |
| 1991 | 17,5 | 20,5 | 109 | 32,8 | 40,2 | 52,9 | 72,6 | 94,6 | 31,3 | 39,2 | 119,7 | 53,7 | 684 |
| 1992 | 67,2 | 69,3 | 4,1 | 28,3 | 24,2 | 18,1 | 62,8 | 51,1 | 76,1 | 30,2 | 151,9 | 47,2 | 630,5 |
| 1993 | 42,5 | 83,2 | 39,1 | 91,1 | 95,4 | 51,5 | 78,6 | 32,9 | 44,1 | 60 | 62 | 4,3 | 684,7 |
| 1994 | 42,7 | 63,3 | 84,5 | 62,3 | 112,3 | 53,2 | 75,1 | 76,9 | 31,4 | 98,8 | 151 | 28,9 | 880,4 |
| 1995 | 3,7 | 21,2 | 48,3 | 118,3 | 99,6 | 55 | 64,2 | 103,1 | 47 | 34,9 | 75,9 | 53,4 | 724,6 |
| 1996 | 11,9 | 46,3 | 78,1 | 47 | 88,9 | 43,6 | 101,1 | 57,4 | 37,6 | 53,6 | 42,8 | 53,6 | 661,9 |
| 1997 | 130,2 | 10 | 26,5 | 52,4 | 63,1 | 60 | 57,3 | 23,5 | 52,5 | 75,9 | 69 | 39,9 | 660,3 |
| 1998 | 33,8 | 4,6 | 108,32 | 48,6 | 208,34 | 112 | 83,4 | 54,2 | 56,4 | 115 | 128,4 | 115 | 1068,06 |
| 1999 | 33,8 | 37,2 | 57,4 | 70,1 | 84,8 | 56,8 | 50,5 | 58,3 | 38,4 | 65,9 | 77,6 | 12,9 | 643,7 |
| 2000 | 48,2 | 63,4 | 42,5 | 48,1 | 79,2 | 65,6 | 94,3 | 58 | 124,8 | 53,9 | 22 | 33,9 | 733,9 |
| 2001 | 13,6 | 46,2 | 39,5 | 13,4 | 68,1 | 64,7 | 47,1 | 51,9 | 62,1 | 49,5 | 59,2 | 64,2 | 579,5 |
| 2002 | 17,7 | 22,1 | 66 | 117,8 | 94,8 | 124,3 | 112,1 | 119,2 | 70,9 | 70,4 | 71,3 | 44,3 | 930,9 |
| 2003 | 10,5 | 50,5 | 42,1 | 114,7 | 45,8 | 65,5 | 65,9 | 53,9 | 64,3 | 85,6 | 67,2 | 39,9 | 705,9 |
| 2004 | 13,6 | 37,2 | 59,1 | 70,1 | 120,2 | 69 | 65,9 | 42,6 | 52,5 | 75,9 | 81,8 | 39,9 | 727,8 |
| MEDIOS | 33,8 | 37,2 | 57,4 | 70,1 | 84,8 | 56,8 | 63,9 | 55,2 | 52,5 | 75,9 | 69 | 39,9 | 697,6 |
| MÁXIMOS | 130,2 | 83,2 | 109 | 148,4 | 151,4 | 124,3 | 112,1 | 119,2 | 124,8 | 174,1 | 151,9 | 82,1 | 930,9 |
| MÍNIMOS | 3,7 | 2,7 | 4,1 | 10 | 24,2 | 7,7 | 30 | 18,7 | 10,1 | 30,2 | 18,1 | 4,3 | 537,8 |

Anexo 7 Valores totales de precipitación estación 2120125

| ESTACIÓN | | 2120125 | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Valor Anual |
| 1936 | 65,2 | 69,1 | 61,5 | 72,2 | 196,8 | 79,7 | 14,4 | 25,4 | 18,2 | 171,8 | 82,6 | 113,5 | 970,4 |
| 1937 | 23,0 | 61,4 | 37,0 | 30,3 | 28,2 | 9,9 | 21,0 | 8,8 | 10,0 | 10,7 | 18,2 | 8,4 | 266,9 |
| 1938 | 9,1 | 5,7 | 8,9 | 15,3 | 9,5 | 10,5 | 13,2 | 12,1 | 9,0 | 7,4 | 6,5 | 141,5 | 248,7 |
| 1939 | 39,9 | 69,2 | 110,7 | 67,7 | 50,5 | 31,6 | 43,8 | 41,7 | 36,4 | 170,0 | 156,3 | 66,8 | 884,6 |
| 1940 | 94,3 | 47,8 | 6,3 | 109,6 | 70,9 | 63,9 | 44,8 | 36,4 | 25,2 | 75,5 | 186,5 | 113,2 | 874,4 |
| 1941 | 25,1 | 26,8 | 51,2 | 71,4 | 94,3 | 47,6 | 36,8 | 27,8 | 47,5 | 131,2 | 152,7 | 34,0 | 746,4 |
| 1942 | 58,8 | 87,4 | 47,8 | 199,7 | 58,9 | 70,7 | 61,0 | 49,5 | 17,0 | 205,5 | 68,5 | 25,3 | 950,1 |
| 1943 | 67,1 | 44,4 | 82,4 | 85,2 | 26,9 | 68,3 | 71,9 | 78,8 | 12,4 | 19,2 | 25,8 | 19,1 | 601,5 |
| 1944 | 26,0 | 69,2 | 25,6 | 29,0 | 33,7 | 21,4 | 9,2 | 10,1 | 8,1 | 19,2 | 26,8 | 18,9 | 297,2 |
| 1945 | 65,2 | 8,8 | 5,3 | 20,1 | 63,8 | 3,9 | 22,2 | 23,5 | 9,3 | 48,8 | 68,8 | 12,0 | 351,7 |
| 1946 | 65,2 | 51,3 | 65,1 | 104,6 | 80,9 | 84,6 | 79,6 | 129,2 | 53,6 | 12,9 | 225,0 | 248,8 | 1200,8 |
| 1947 | 98,9 | 39,1 | 42,4 | 33,3 | 64,2 | 83,9 | 111,4 | 46,7 | 156,2 | 106,8 | 28,7 | 9,1 | 820,7 |
| 1948 | 12,3 | 54,4 | 15,9 | 209,8 | 98,6 | 62,4 | 51,0 | 52,0 | 66,0 | 93,0 | 185,0 | 47,5 | 947,9 |
| 1949 | 30,7 | 36,0 | 95,0 | 101,0 | 118,0 | 74,0 | 78,0 | 50,0 | 59,0 | 157,0 | 50,0 | 42,0 | 890,7 |
| 1950 | 137,0 | 158,0 | 137,0 | 168,0 | 191,0 | 104,0 | 71,0 | 91,0 | 90,7 | 180,1 | 109,8 | 100,1 | 1537,7 |
| 1951 | 13,2 | 87,8 | 134,4 | 75,4 | 102,4 | 50,9 | 70,2 | 40,1 | 25,3 | 198,9 | 258,0 | 21,1 | 1077,7 |
| 1952 | 118,7 | 83,5 | 122,5 | 158,6 | 167,0 | 68,8 | 105,6 | 63,7 | 30,5 | 80,3 | 282,8 | 113,5 | 1395,5 |
| 1953 | 83,7 | 10,3 | 72,6 | 68,9 | 88,2 | 79,0 | 77,1 | 21,7 | 104,9 | 153,1 | 140,8 | 27,8 | 928,1 |
| 1954 | 54,4 | 58,8 | 39,8 | 162,6 | 143,7 | 83,3 | 77,3 | 104,5 | 59,1 | 144,5 | 185,1 | 160,6 | 1273,7 |
| 1955 | 24,3 | 99,9 | 105,7 | 133,9 | 39,5 | 102,4 | 97,8 | 23,1 | 129,8 | 231,0 | 141,4 | 114,0 | 1242,8 |
| 1956 | 60,3 | 134,7 | 124,5 | 56,9 | 61,7 | 109,3 | 54,7 | 62,3 | 81,1 | 238,8 | 111,7 | 185,2 | 1281,2 |
| 1957 | 58,2 | 22,7 | 221,6 | 108,4 | 265,3 | 58,3 | 63,6 | 47,0 | 50,6 | 239,3 | 86,0 | 106,4 | 1327,4 |
| 1958 | 38,0 | 47,2 | 43,9 | 44,4 | 48,9 | 40,6 | 32,7 | 67,4 | 28,3 | 142,4 | 287,6 | 116,1 | 937,5 |
| 1959 | 5,4 | 33,4 | 42,7 | 62,8 | 158,2 | 69,2 | 117,0 | 75,6 | 60,0 | 107,7 | 131,5 | 50,1 | 913,6 |
| 1960 | 37,7 | 73,4 | 77,6 | 129,5 | 75,3 | 37,0 | 77,0 | 110,1 | 69,3 | 117,2 | 91,4 | 165,0 | 1060,5 |
| 1961 | 45,9 | 66,0 | 163,4 | 98,6 | 40,2 | 126,6 | 63,0 | 49,6 | 45,7 | 185,6 | 132,0 | 16,0 | 1032,6 |
| 1962 | 72,6 | 66,4 | 109,0 | 35,0 | 66,2 | 111,0 | 61,0 | 70,8 | 41,6 | 191,2 | 133,8 | 136,6 | 1095,2 |
| 1963 | 91,1 | 147,5 | 45,6 | 271,9 | 106,5 | 56,5 | 45,8 | 48,5 | 38,7 | 118,6 | 177,9 | 31,6 | 1180,2 |
| 1964 | 65,2 | 18,7 | 85,2 | 133,4 | 131,8 | 132,7 | 92,5 | 36,3 | 50,3 | 106,5 | 63,7 | 121,2 | 1037,5 |
| 1965 | 11,1 | 29,8 | 22,2 | 211,2 | 138,1 | 50,0 | 71,7 | 37,5 | 16,2 | 238,9 | 149,5 | 45,7 | 1021,9 |
| 1966 | 7,7 | 11,8 | 104,5 | 52,3 | 67,1 | 60,2 | 40,9 | 59,8 | 57,4 | 109,9 | 318,9 | 255,9 | 1146,4 |

Anexo 8 Valores totales de precipitación estación 2120125 parte 2

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1967 | 60,8 | 27,9 | 159,9 | 147,2 | 113,8 | 110,1 | 62,5 | 49,8 | 61,2 | 86,6 | 226,9 | 73,8 | 1180,5 |
| 1968 | 41,9 | 97,5 | 17,7 | 180,6 | 65,1 | 149,6 | 69,1 | 33,5 | 58,6 | 187,7 | 229,2 | 69,9 | 1200,4 |
| 1969 | 51,7 | 72,1 | 4,4 | 230,0 | 105,6 | 47,1 | 38,5 | 58,4 | 54,0 | 202,6 | 104,3 | 60,1 | 1028,8 |
| 1970 | 72,1 | 181,4 | 59,9 | 39,6 | 113,2 | 65,6 | 70,8 | 52,8 | 63,0 | 293,6 | 186,1 | 11,4 | 1209,5 |
| 1971 | 61,2 | 105,9 | 184,0 | 159,4 | 134,3 | 53,9 | 55,5 | 82,6 | 54,3 | 55,8 | 124,0 | 78,8 | 1149,7 |
| 1972 | 185,1 | 96,1 | 120,8 | 224,3 | 121,6 | 86,2 | 63,8 | 36,2 | 24,4 | 160,2 | 187,2 | 34,0 | 1339,9 |
| 1973 | 65,2 | 69,2 | 51,1 | 86,1 | 51,9 | 62,2 | 38,4 | 83,1 | 129,6 | 147,4 | 131,1 | 218,4 | 1133,7 |
| 1974 | 65,2 | 170,5 | 73,3 | 74,5 | 116,8 | 24,0 | 42,2 | 26,3 | 66,0 | 75,5 | 152,2 | 30,7 | 917,2 |
| 1975 | 9,0 | 105,2 | 97,4 | 66,2 | 125,4 | 72,5 | 89,5 | 69,1 | 67,5 | 100,0 | 159,6 | 173,0 | 1134,4 |
| 1976 | 40,4 | 44,8 | 153,1 | 125,0 | 90,9 | 60,6 | 39,4 | 23,2 | 65,4 | 259,9 | 88,6 | 86,0 | 1077,3 |
| 1977 | 65,2 | 17,0 | 60,5 | 158,6 | 32,1 | 38,5 | 71,3 | 47,8 | 82,2 | 64,4 | 178,1 | 102,7 | 918,4 |
| 1978 | 65,2 | 36,6 | 93,0 | 234,5 | 104,3 | 82,0 | 61,4 | 34,3 | 79,4 | 83,3 | 54,4 | 120,2 | 1048,6 |
| 1979 | 73,0 | 46,8 | 130,0 | 121,4 | 120,6 | 106,0 | 42,9 | 89,4 | 60,7 | 264,4 | 259,1 | 52,0 | 1366,3 |
| 1980 | 23,7 | 149,0 | 28,8 | 121,9 | 65,9 | 53,9 | 22,1 | 45,4 | 44,1 | 60,9 | 101,6 | 85,6 | 802,9 |
| 1981 | 26,5 | 42,9 | 46,9 | 88,9 | 249,9 | 95,1 | 33,8 | 44,9 | 36,8 | 148,4 | 156,0 | 51,8 | 1021,9 |
| 1982 | 107,1 | 67,4 | 138,9 | 82,1 | 21,8 | 9,3 | 49,0 | 42,1 | 34,5 | 63,2 | 44,5 | 114,1 | 774,0 |
| 1983 | 44,1 | 73,3 | 124,5 | 244,0 | 54,8 | 42,0 | 48,2 | 36,8 | 52,6 | 82,0 | 32,4 | 111,5 | 946,2 |
| 1984 | 180,5 | 111,8 | 47,9 | 113,3 | 93,6 | 119,4 | 50,0 | 83,4 | 27,7 | 53,9 | 110,9 | 9,3 | 1001,7 |
| 1985 | 56,0 | 25,3 | 67,1 | 80,8 | 195,3 | 39,8 | 44,4 | 67,0 | 100,6 | 189,0 | 37,9 | 24,0 | 927,2 |
| 1986 | 37,9 | 126,1 | 113,0 | 23,8 | 131,7 | 82,2 | 61,6 | 33,2 | 52,1 | 230,1 | 98,7 | 28,6 | 1019,0 |
| 1987 | 32,2 | 38,2 | 58,5 | 72,9 | 172,5 | 23,7 | 75,8 | 33,0 | 60,3 | 185,1 | 95,3 | 96,8 | 944,3 |
| 1989 | 12,7 | 125,8 | 175,1 | 75,6 | 134,6 | 73,5 | 59,7 | 28,4 | 61,9 | 78,3 | 104,3 | 56,3 | 986,2 |
| 1990 | 90,7 | 71,6 | 66,5 | 101,9 | 130,1 | 31,4 | 33,7 | 46,5 | 25,8 | 128,6 | 93,4 | 45,2 | 865,4 |
| 1991 | 105,8 | 30,0 | 135,7 | 114,6 | 102,2 | 37,6 | 71,0 | 80,9 | 67,0 | 16,2 | 145,3 | 87,0 | 993,3 |
| 1992 | 37,4 | 38,8 | 129,8 | 99,4 | 41,3 | 32,1 | 100,8 | 37,3 | 76,8 | 14,9 | 215,1 | 51,7 | 875,4 |
| 1993 | 111,0 | 98,6 | 61,8 | 120,3 | 92,5 | 43,4 | 76,4 | 30,4 | 44,6 | 56,6 | 134,4 | 25,4 | 895,4 |
| 1994 | 167,6 | 68,2 | 87,2 | 73,9 | 92,8 | 68,2 | 54,8 | 41,8 | 43,9 | 40,6 | 226,9 | 22,7 | 988,6 |
| 1995 | 8,7 | 43,2 | 70,0 | 193,6 | 105,6 | 100,5 | 55,8 | 80,0 | 24,5 | 125,0 | 90,6 | 144,5 | 1042,0 |
| 1996 | 79,0 | 104,3 | 115,8 | 84,4 | 125,2 | 71,3 | 87,5 | 87,6 | 37,9 | 107,9 | 119,2 | 120,6 | 1140,7 |
| 1997 | 341,6 | 18,4 | 55,7 | 80,8 | 75,6 | 72,7 | 95,4 | 40,7 | 22,8 | 62,8 | 157,7 | 5,4 | 1029,6 |
| 1998 | 30,0 | 26,6 | 142,3 | 91,3 | 209,5 | 85,4 | 91,3 | 73,8 | 41,5 | 172,4 | 148,7 | 152,9 | 1265,7 |
| 1999 | 133,4 | 158,4 | 100,2 | 135,6 | 51,3 | 105,3 | 34,9 | 52,8 | 100,8 | 212,5 | 222,1 | 88,4 | 1395,7 |
| 2000 | 86,9 | 118,9 | 96,8 | 218,2 | 74,5 | 48,0 | 86,1 | 74,2 | 53,6 | 129,3 | 137,0 | 80,9 | 1204,4 |
| MEDIOS | 65,2 | 69,2 | 85,2 | 113,8 | 101,5 | 67,2 | 61,0 | 52,9 | 53,6 | 129,3 | 137,0 | 80,9 | 1017,7 |
| MÁXIMOS | 341,6 | 181,4 | 221,6 | 271,9 | 265,3 | 149,6 | 117,0 | 129,2 | 156,2 | 293,6 | 318,9 | 255,9 | 1537,7 |
| MÍNIMOS | 5,4 | 5,7 | 4,4 | 20,1 | 21,8 | 3,9 | 9,2 | 8,8 | 8,1 | 10,7 | 18,2 | 5,4 | 266,9 |

8.3 TEMPERATURAS TOTALES ANUALES

Anexo 9 Valores totales de temperatura estación San pedro

| SAN PEDRO | ENE | FEB | MAR | ABRIL | MAYO | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROM. ANUAL |
|-----------------------------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------------|
| 1991 | 10,9 | 11,2 | 11,4 | 11,9 | 11,9 | 11,6 | 11,3 | 12,1 | 11,5 | 11,7 | 12,1 | 12,4 | 11,7 |
| 1992 | 11,4 | 14,1 | 13,9 | 14,3 | 13,9 | 12,3 | 12,8 | 12,4 | 12,8 | 13,2 | 12,6 | 12,7 | 13,0 |
| 1993 | 13,0 | 12,7 | 12,7 | 13,1 | 12,9 | 12,8 | 13,2 | 13,1 | 13,6 | 13,5 | 12,7 | 12,4 | 13,0 |
| 1994 | 13,2 | 13,2 | 13,2 | 12,3 | 12,6 | 12,7 | 12,8 | 12,9 | 12,8 | 12,8 | 12,7 | 13,2 | 12,9 |
| 1995 | 12,4 | 13,2 | 12,7 | 12,6 | 12,9 | 12,5 | 13,85 | 13,9 | 12,8 | 12,1 | 12,8 | 12,1 | 12,8 |
| 1996 | 12,2 | 13,5 | 13,5 | 13,9 | 12,8 | 12,9 | 12,28 | 12,6 | 13,2 | 13,2 | 13,9 | 13,1 | 13,1 |
| 1997 | 12,8 | 12,8 | 12,7 | 12,9 | 12,8 | 13,2 | 13,82 | 12,4 | 13,5 | 12,6 | 13,9 | 13,2 | 13,0 |
| 1998 | 13,5 | 13,9 | 12,8 | 14,0 | 13,2 | 13,2 | 12,8 | 12,6 | 12,7 | 12,8 | 12,3 | 14,0 | 13,1 |
| 1999 | 13,9 | 12,3 | 13,56 | 13,1 | 13,1 | 12,6 | 12,1 | 12,4 | 13,9 | 12,8 | 13,2 | 13,2 | 13,0 |
| 2000 | 13,9 | 13,1 | 13,89 | 13,9 | 12,8 | 12,1 | 12,8 | 13,2 | 12,7 | 12,6 | 13,9 | 14,2 | 13,2 |
| 2001 | 12,3 | 13,1 | 13,9 | 12,4 | 12,8 | 12,1 | 12,4 | 13,5 | 12,8 | 12,4 | 12,8 | 13,1 | 12,8 |
| 2002 | 13,9 | 13,2 | 12,7 | 12,6 | 12,9 | 12,5 | 12,6 | 13,2 | 13,0 | 12,7 | 5,4 | 13,1 | 12,3 |
| 2003 | 12,9 | 13,5 | 13,9 | 12,8 | 14,1 | 13,0 | 12,7 | 5,4 | 13,1 | 13,1 | 13,6 | 13,5 | 12,6 |
| 2004 | 14,0 | 12,5 | 13,6 | 13,5 | 13,2 | 12,8 | 12,9 | 12,7 | 12,4 | 13,5 | 12,9 | 11,7 | 13,0 |
| 2005 | 0,0 | 12,1 | 12,7 | 13,5 | 13,2 | 13,2 | 12,9 | 12,8 | 12,7 | 11,9 | 11,9 | 13,2 | 11,7 |
| 2006 | 11,8 | 12,1 | 12,1 | 12,3 | 12,6 | 12,7 | 12,8 | 12,9 | 12,7 | 12,4 | 13,6 | 14,0 | 12,7 |
| 2007 | 13,0 | 12,7 | 5,4 | 13,1 | 13,1 | 13,9 | 13,0 | 13,2 | 13,6 | 14,0 | 14,2 | 13,6 | 12,7 |
| 2008 | 12,9 | 12,8 | 12,9 | 11,7 | 12,1 | 12,4 | 12,2 | 12,0 | 12,4 | 11,6 | 13,6 | 13,2 | 12,5 |
| 2009 | 12,1 | 13,2 | 12,9 | 13,6 | 13,1 | 13,1 | 13,6 | 13,5 | 13,9 | 12,8 | 13,7 | 14,2 | 13,3 |
| 2010 | 13,0 | 13,7 | 13,6 | 14,0 | 14,2 | 13,6 | 14,1 | 13,9 | 14,3 | 13,9 | 13,5 | 13,7 | 13,8 |
| 2011 | 13,9 | 13,8 | 13,1 | 13,9 | 12,9 | 12,6 | 12,1 | 12,6 | 13,7 | 14,1 | 13,9 | 14,3 | 13,4 |
| 2012 | 13,0 | 12,6 | 12,1 | 12,1 | 12,2 | 12,3 | 13,0 | 13,1 | 13,1 | 12,2 | 13,8 | 14,5 | 12,8 |
| 2013 | 13,0 | 12,9 | 12,8 | 12,9 | 12,8 | 13,2 | 12,7 | 12,6 | 12,9 | 12,5 | 13,5 | 14,7 | 13,0 |
| 2014 | 12,7 | 13,1 | 13,9 | 14,0 | 13,2 | 12,7 | 13,8 | 13,0 | 13,2 | 12,6 | 12,8 | 13,6 | 13,2 |
| 2015 | 13,8 | 13,4 | 13,6 | 13,1 | 13,9 | 13,8 | 13,6 | 14,0 | 14,2 | 13,6 | 13,4 | 14,3 | 13,7 |
| 2016 | 13,1 | 13,8 | 14,1 | 13,9 | 14,3 | 13,9 | 13,6 | 14,0 | 13,5 | 13,8 | 13,7 | 14,5 | 13,8 |
| PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL | | | | | | | | | | | | | 12,9 |

Anexo 10 Valores totales de temperatura estación Suasunque

| SUASUQUE | ENE | FEB | MAR | ABRIL | MAYO | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROM. ANUAL |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 1991 | 10,92 | 11,4 | 10,8 | 11,9 | 11,9 | 11,6 | 11,3 | 12,1 | 11,5 | 11,7 | 11,9 | 12,8 | 11,7 |
| 1992 | 12,9 | 13,1 | 13,7 | 13,8 | 13,3 | 12,8 | 12,5 | 13,3 | 12,7 | 13 | 13,2 | 12,9 | 13,1 |
| 1993 | 11,8 | 13,5 | 14,1 | 14,2 | 13,9 | 13,5 | 13,3 | 13,7 | 13,4 | 13,4 | 13,5 | 13,3 | 13,5 |
| 1994 | 13,9 | 14,1 | 13,6 | 14,7 | 14,6 | 13,4 | 12,8 | 11,4 | 13,7 | 13,7 | 13,9 | 13,4 | 13,6 |
| 1995 | 11,6 | 11,7 | 11,9 | 11,9 | 11,9 | 11,6 | 11,3 | 12,1 | 11,5 | 11,7 | 11,7 | 11,6 | 11,7 |
| 1996 | 11,8 | 12,4 | 12,6 | 12,9 | 12,9 | 12,6 | 12,1 | 12,1 | 12,2 | 12,3 | 12,2 | 11,7 | 12,3 |
| 1997 | 12,28 | 12,98 | 12,85 | 12,78 | 13,21 | 12,68 | 12,56 | 12,9 | 12,48 | 11,92 | 13,2 | 12,7 | 12,7 |
| 1998 | 14,13 | 13,89 | 14,25 | 13,85 | 13,56 | 13,99 | 13,47 | 12,73 | 12,18 | 12,28 | 12,98 | 12,85 | 13,3 |
| 1999 | 14,25 | 13,85 | 13,56 | 13,7 | 12,4 | 13,6 | 13,2 | 13,5 | 13,1 | 12,21 | 12,9 | 13,4 | 13,3 |
| 2000 | 12,98 | 12,28 | 12,98 | 12,85 | 12,78 | 13,21 | 12,68 | 12,56 | 12,9 | 12,48 | 11,92 | 0 | 11,6 |
| 2001 | 13,56 | 13,82 | 14,13 | 14,2 | 12,9 | 13 | 13,83 | 13,01 | 13,23 | 12,64 | 10,06 | 10,14 | 12,9 |
| 2002 | 12,78 | 12,66 | 12,67 | 13,07 | 13,93 | 13,77 | 13,63 | 13,99 | 14,15 | 13,59 | 13,36 | 14,26 | 13,5 |
| 2003 | 13,12 | 13,82 | 14,13 | 11,9 | 11,9 | 11,6 | 11,3 | 12,1 | 11,6 | 11,7 | 11,9 | 12,12 | 12,3 |
| 2004 | 12,8 | 12,4 | 13,56 | 13,54 | 12,67 | 13,47 | 13,19 | 13,18 | 12,9 | 12,75 | 12,69 | 11,94 | 12,9 |
| 2005 | 0 | 12,06 | 12,67 | 13,47 | 13,19 | 13,18 | 12,9 | 12,75 | 12,69 | 11,94 | 11,85 | 11,36 | 11,5 |
| 2006 | 11,82 | 12,07 | 12,08 | 12,33 | 12,57 | 12,65 | 12,83 | 12,93 | 12,67 | 12,4 | 12,7 | 13,2 | 12,5 |
| 2007 | 14,13 | 13,89 | 14,25 | 13,85 | 13,07 | 13,89 | 12,7 | 14 | 13,8 | 12,78 | 13,21 | 12,9 | 13,5 |
| 2008 | 13,18 | 12,8 | 13,2 | 11,73 | 12,07 | 12,43 | 12,21 | 12,01 | 12,38 | 11,57 | 13,8 | 13,4 | 12,6 |
| 2009 | 12,07 | 13,18 | 12,9 | 0 | 13,08 | 13,14 | 13,56 | 13,54 | 13,86 | 12,8 | 14 | 12,01 | 12,0 |
| 2010 | 12,98 | 13,65 | 13,8 | 14 | 13,73 | 12,9 | 13,2 | 13,63 | 13,99 | 14,15 | 13,59 | 13,8 | 13,6 |
| 2011 | 13,93 | 13,77 | 13,07 | 13,89 | 12,9 | 12,6 | 12,1 | 13,7 | 14,1 | 14,13 | 13,89 | 14,25 | 13,5 |
| 2012 | 13,4 | 12,6 | 12,1 | 12,1 | 13,63 | 13,99 | 14,15 | 13,59 | 13,14 | 12,21 | 13,6 | 13,7 | 13,2 |
| 2013 | 12,98 | 12,85 | 12,78 | 12,85 | 12,78 | 13,21 | 12,68 | 12,56 | 12,9 | 12,48 | 11,92 | 14,1 | 12,8 |
| 2014 | 12,67 | 13,07 | 13,89 | 13,99 | 13,21 | 12,68 | 13,83 | 13,01 | 13,23 | 12,64 | 10,06 | 13,1 | 12,9 |
| 2015 | 5,41 | 12,66 | 12,67 | 13,07 | 13,93 | 13,77 | 13,63 | 13,99 | 14,15 | 13,59 | 13,36 | 14,26 | 12,9 |
| 2016 | 13,12 | 13,82 | 14,13 | 13,89 | 14,25 | 13,85 | 13,56 | 13,99 | 13,47 | 12,73 | 12,18 | 12,12 | 13,4 |
| PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL | | | | | | | | | | | | | 12,8 |

Anexo 11 Valores totales de temperatura estación El Verjon

| EL VERJON | ENE | FEB | MAR | ABRIL | MAYO | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROM. ANUAL |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 1991 | 0 | 12,06 | 12,67 | 13,47 | 13,19 | 13,18 | 12,9 | 12,75 | 12,69 | 11,94 | 11,85 | 11,36 | 11,5 |
| 1992 | 11,82 | 12,07 | 12,08 | 12,33 | 12,57 | 12,65 | 12,83 | 12,93 | 12,67 | 12,4 | 13,99 | 12,8 | 12,6 |
| 1993 | 12,3 | 12,5 | 12,07 | 13,08 | 13,73 | 13,07 | 12,98 | 12,5 | 12,78 | 13,18 | 13,65 | 13,77 | 13,0 |
| 1994 | 12,78 | 12,68 | 11,92 | 11,73 | 12,07 | 12,43 | 12,21 | 12,01 | 12,38 | 11,57 | 13,07 | 13,2 | 12,3 |
| 1995 | 12,07 | 11,73 | 12,43 | 11,57 | 13,08 | 13,14 | 13,56 | 13,54 | 13,86 | 12,8 | 13,08 | 13,14 | 12,8 |
| 1996 | 12,98 | 13,65 | 12,98 | 13,07 | 13,73 | 12,8 | 13,99 | 13,07 | 12,11 | 13,99 | 13,2 | 12,7 | 13,2 |
| 1997 | 13,56 | 13,99 | 13,47 | 13,08 | 13,14 | 13,89 | 12,8 | 13,54 | 13,47 | 12,33 | 14,15 | 11,73 | 13,3 |
| 1998 | 13,07 | 13,99 | 12,78 | 13,18 | 12,65 | 13,89 | 12,43 | 13,14 | 12,98 | 12,21 | 12,98 | 12,9 | 13,0 |
| 1999 | 0 | 12,28 | 12,98 | 12,85 | 12,78 | 13,21 | 12,68 | 12,56 | 12,9 | 12,48 | 11,92 | 0 | 10,6 |
| 2000 | 0 | 0 | 0 | 12,67 | 13,47 | 13,19 | 13,18 | 12,9 | 12,75 | 12,69 | 11,94 | 10,14 | 9,4 |
| 2001 | 5,41 | 12,66 | 12,67 | 13,07 | 13,93 | 13,77 | 13,63 | 13,99 | 14,15 | 13,59 | 13,36 | 14,26 | 12,9 |
| 2002 | 13,12 | 13,82 | 14,13 | 13,89 | 14,25 | 13,85 | 13,56 | 13,99 | 13,47 | 12,73 | 12,18 | 12,12 | 13,4 |
| 2003 | 13,89 | 13,54 | 13,86 | 12,8 | 12,33 | 14,13 | 13,89 | 14,25 | 13,85 | 13,8 | 13,56 | 13,54 | 13,6 |
| 2004 | 12,8 | 13,07 | 13,56 | 13,54 | 12,98 | 12,78 | 13,21 | 12,33 | 13,56 | 13,54 | 12,9 | 12,98 | 13,1 |
| 2005 | 0 | 12,06 | 12,67 | 13,47 | 13,19 | 13,18 | 12,9 | 12,75 | 12,69 | 11,94 | 11,85 | 11,36 | 11,5 |
| 2006 | 11,82 | 12,07 | 12,08 | 12,33 | 12,57 | 12,65 | 12,83 | 12,93 | 12,67 | 12,4 | 13,59 | 13,6 | 12,6 |
| 2007 | 13,99 | 12,98 | 12,7 | 13,89 | 13,07 | 13,89 | 12,33 | 12,98 | 12,67 | 5,41 | 13,12 | 12,33 | 12,4 |
| 2008 | 12,7 | 12,78 | 13,21 | 11,73 | 12,07 | 12,43 | 12,21 | 12,01 | 12,38 | 11,57 | 12,98 | 13,07 | 12,4 |
| 2009 | 12,07 | 13,18 | 12,9 | 0 | 13,08 | 13,14 | 13,56 | 13,54 | 13,63 | 13,99 | 14,15 | 13,59 | 12,2 |
| 2010 | 12,98 | 13,65 | 13,2 | 12,33 | 13,73 | 13,63 | 13,99 | 14,15 | 13,59 | 13,07 | 13,8 | 14 | 13,5 |
| 2011 | 13,93 | 13,77 | 13,07 | 13,89 | 12,9 | 12,6 | 12,1 | 12,67 | 13,07 | 14,13 | 13,89 | 14,25 | 13,4 |
| 2012 | 12,33 | 12,6 | 12,1 | 12,1 | 12,2 | 12,3 | 13,99 | 13,08 | 13,14 | 12,21 | 13,6 | 14,5 | 12,8 |
| 2013 | 12,98 | 12,85 | 12,78 | 12,85 | 12,78 | 13,21 | 12,68 | 12,56 | 12,9 | 12,48 | 11,92 | 14,2 | 12,8 |
| 2014 | 12,67 | 13,07 | 13,89 | 13,99 | 13,21 | 12,68 | 13,83 | 13,01 | 13,23 | 12,64 | 10,06 | 10,14 | 12,7 |
| 2015 | 5,41 | 12,66 | 12,67 | 13,07 | 13,93 | 13,77 | 13,63 | 13,99 | 14,15 | 13,59 | 13,36 | 14,26 | 12,9 |
| 2016 | 13,12 | 13,82 | 14,13 | 13,89 | 14,25 | 13,85 | 13,56 | 13,99 | 13,47 | 12,73 | 12,18 | 12,12 | 13,4 |
| PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL | | | | | | | | | | | | | 12,6 |

Anexo 12 Valores totales de temperatura estación San Luis 1 y 2

| SAN LUIS 1 Y 2 | ENE | FEB | MAR | ABRIL | MAYO | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROM. ANUAL |
|-----------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 1991 | 0,0 | 12,1 | 12,7 | 13,5 | 13,2 | 13,2 | 12,9 | 12,8 | 12,7 | 11,9 | 11,9 | 11,4 | 11,5 |
| 1992 | 11,8 | 12,1 | 12,1 | 12,3 | 12,6 | 12,7 | 12,8 | 12,9 | 12,7 | 12,4 | 12,3 | 12,2 | 12,4 |
| 1993 | 12,4 | 12,4 | 12,1 | 12,6 | 12,7 | 12,9 | 12,4 | 12,6 | 12,1 | 12,3 | 12,1 | 13,2 | 12,5 |
| 1994 | 12,3 | 13,1 | 13,2 | 11,7 | 12,1 | 12,4 | 12,2 | 12,0 | 12,4 | 11,6 | 13,1 | 12,8 | 12,4 |
| 1995 | 12,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 13,1 | 13,1 | 13,6 | 13,5 | 13,9 | 12,8 | 13,9 | 13,6 | 10,0 |
| 1996 | 13,0 | 13,7 | 13,2 | 13,8 | 13,7 | 12,1 | 12,4 | 12,2 | 12,1 | 12,7 | 11,9 | 13,6 | 12,9 |
| 1997 | 13,2 | 12,5 | 13,5 | 12,7 | 13,5 | 13,2 | 13,2 | 12,9 | 12,8 | 12,7 | 11,9 | 12,1 | 12,8 |
| 1998 | 14,1 | 13,9 | 13,3 | 13,9 | 12,9 | 12,9 | 12,7 | 12,5 | 12,6 | 12,2 | 11,8 | 13,1 | 13,0 |
| 1999 | 0,0 | 12,3 | 13,0 | 12,9 | 12,8 | 13,2 | 12,7 | 12,6 | 12,9 | 12,5 | 11,9 | 0,0 | 10,6 |
| 2000 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 13,8 | 13,0 | 13,2 | 12,6 | 10,1 | 10,1 | 6,1 |
| 2001 | 5,4 | 12,7 | 12,7 | 13,1 | 13,9 | 13,8 | 13,6 | 14,0 | 14,2 | 13,6 | 13,4 | 14,3 | 12,9 |
| 2002 | 13,1 | 13,8 | 14,1 | 13,9 | 14,3 | 13,9 | 13,6 | 14,0 | 13,5 | 12,7 | 12,2 | 12,1 | 13,4 |
| 2003 | 13,4 | 13,5 | 13,9 | 12,8 | 13,5 | 12,8 | 12,8 | 13,4 | 12,9 | 12,9 | 13,6 | 13,5 | 13,3 |
| 2004 | 13,2 | 13,3 | 13,6 | 13,5 | 13,4 | 12,8 | 13,2 | 12,9 | 13,6 | 13,5 | 13,7 | 13,5 | 13,3 |
| 2005 | 0,0 | 12,1 | 12,7 | 13,5 | 13,2 | 13,2 | 12,9 | 12,8 | 12,7 | 11,9 | 11,9 | 11,4 | 11,5 |
| 2006 | 11,8 | 12,1 | 12,1 | 12,3 | 12,6 | 12,7 | 12,8 | 12,9 | 12,7 | 12,4 | 13,8 | 12,7 | 12,6 |
| 2007 | 12,8 | 13,6 | 14,0 | 14,2 | 13,6 | 13,9 | 13,2 | 13,6 | 13,4 | 13,4 | 13,6 | 12,7 | 13,5 |
| 2008 | 13,5 | 12,8 | 13,2 | 11,7 | 12,1 | 12,4 | 12,2 | 12,0 | 12,4 | 11,6 | 13,2 | 12,1 | 12,4 |
| 2009 | 12,1 | 13,2 | 12,9 | 0,0 | 13,1 | 13,1 | 13,6 | 13,5 | 13,9 | 12,8 | 12,2 | 14,1 | 12,0 |
| 2010 | 13,0 | 13,7 | 13,2 | 13,6 | 13,7 | 13,6 | 13,6 | 14,0 | 14,2 | 13,6 | 13,6 | 14,3 | 13,7 |
| 2011 | 13,9 | 13,8 | 13,1 | 13,9 | 12,9 | 12,6 | 12,1 | 13,6 | 13,5 | 14,1 | 13,9 | 14,3 | 13,5 |
| 2012 | 12,8 | 12,6 | 12,1 | 12,1 | 12,2 | 12,3 | 13,1 | 13,1 | 13,1 | 12,2 | 13,2 | 13,7 | 12,7 |
| 2013 | 13,0 | 12,9 | 12,8 | 12,9 | 12,8 | 13,2 | 12,7 | 12,6 | 12,9 | 12,5 | 11,9 | 13,6 | 12,8 |
| 2014 | 12,7 | 13,1 | 13,9 | 14,0 | 13,2 | 12,7 | 13,8 | 13,0 | 13,2 | 12,6 | 10,1 | 10,1 | 12,7 |
| 2015 | 5,4 | 12,7 | 12,7 | 13,1 | 13,9 | 13,8 | 13,6 | 14,0 | 14,2 | 13,6 | 13,4 | 14,3 | 12,9 |
| 2016 | 13,1 | 13,8 | 14,1 | 13,9 | 14,3 | 13,9 | 13,6 | 14,0 | 13,5 | 12,7 | 12,2 | 12,1 | 13,4 |
| PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL | | | | | | | | | | | | | 12,3 |

8.4 DATOS DE POZOS DE LA CAR

Anexo 13 Información de los POZOS de la CAR

| Fuente | Nro | Este | Norte | Predio | Municipio | Vereda | Cuenca | Sistema | Unidad | Profundidad | Condición | nivel | cota |
|--------|---------------|---------|---------|----------------------|-----------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------|----------|
| POZO | 228-I-A-405 | 1014828 | 1038156 | Flores La Conejera 2 | SOPÓ | V. Canavita | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | 80 | EN USO | 19,3 | 2539,6 |
| POZO | 228-I-A-406 | 1014627 | 1037439 | El Pozuelo | SOPÓ | V. Canavita | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | 75 | EN USO | 24,68 | 2532,4 |
| POZO | 228-I-A-435 | 1013575 | 1035548 | Fca. Pueblo Nuevo | SOPÓ | V. Pueblo Viejo | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | 90 | EN USO | 25,24 | 2529,94 |
| POZO | 228-I-A-420 | 1014461 | 1036633 | La Gloria 1 | SOPÓ | V. La Diana | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | | EN USO | 19,88 | 2539,74 |
| POZO | 228-I-A-443 | 1014238 | 1033222 | Hda. El Trebol 1 | SOPÓ | V. El Chuscal | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | 80 | OBSTRUIDO | 15,11 | 2543,88 |
| POZO | 228-I-A-446 | 1014321 | 1032727 | Hda. Santa Isabel | SOPÓ | V. El Chuscal | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | 100 | EN USO | 34,96 | 2525 |
| POZO | 228-I-A-450 | 1014058 | 1032853 | Hda. El Rocío | SOPÓ | V. El Chuscal | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | 80 | EN USO | 31,57 | 2531,11 |
| POZO | 228-I-A-474 | 1012251 | 1033673 | Hda. El Rincón | SOPÓ | V. Las Margaritas | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | 90 | EN USO | 25,35 | 2532,266 |
| POZO | 228-I-A-507 | 1012128 | 1030875 | La Violeta | SOPÓ | V. La Violeta | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | | EN USO | 5,76 | 2542,9 |
| POZO | 228-I-C-012 | 1013273 | 1029912 | San David | SOPÓ | V. La Violeta | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | | EN USO | 16,38 | 2540,88 |
| POZO | 228-I-C-020 | 1013800 | 1021020 | PINO MONTANO | LA CALERA | V. San Cayetano | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | | EN USO | 13,37 | 2567,22 |
| POZO | 228-III-A-022 | 1012378 | 1019980 | EL LABRADOR | LA CALERA | V. San Cayetano | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | | EN USO | 7 | 2547,95 |
| POZO | 228-III-A-023 | 1012083 | 1020039 | BRAMADERO | LA CALERA | V. San Cayetano | RIO TEUSACA | CUATERNARIO | CUATERNARIO | | EN USO | 21,74 | 2533,25 |

8.5 EVAPORACIÓN MEDIA ANUAL

Anexo 14 Valores de evaporación media estación San Pedro

| SAN PEDRO | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Valor Anual |
| MEDIOS | 84,6 | 67,1 | 80,7 | 73,2 | 71,6 | 66,5 | 67 | 63,7 | 70,1 | 79,5 | 69,4 | 78,9 | 872,3 |

Anexo 15 Valores de evaporación media estación San Luis 1 y 2

| SAN LUIS 1 Y 2 | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|-------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Valor Anual |
| MEDIOS | 82,1 | 64,3 | 80,1 | 75 | 69,1 | 72,3 | 69 | 65,2 | 71,2 | 76,3 | 72,5 | 80,1 | 877,2 |

8.6 HUMEDAD RELATIVA ANUAL

Anexo 16 Valores de humedad relativa estación San Pedro

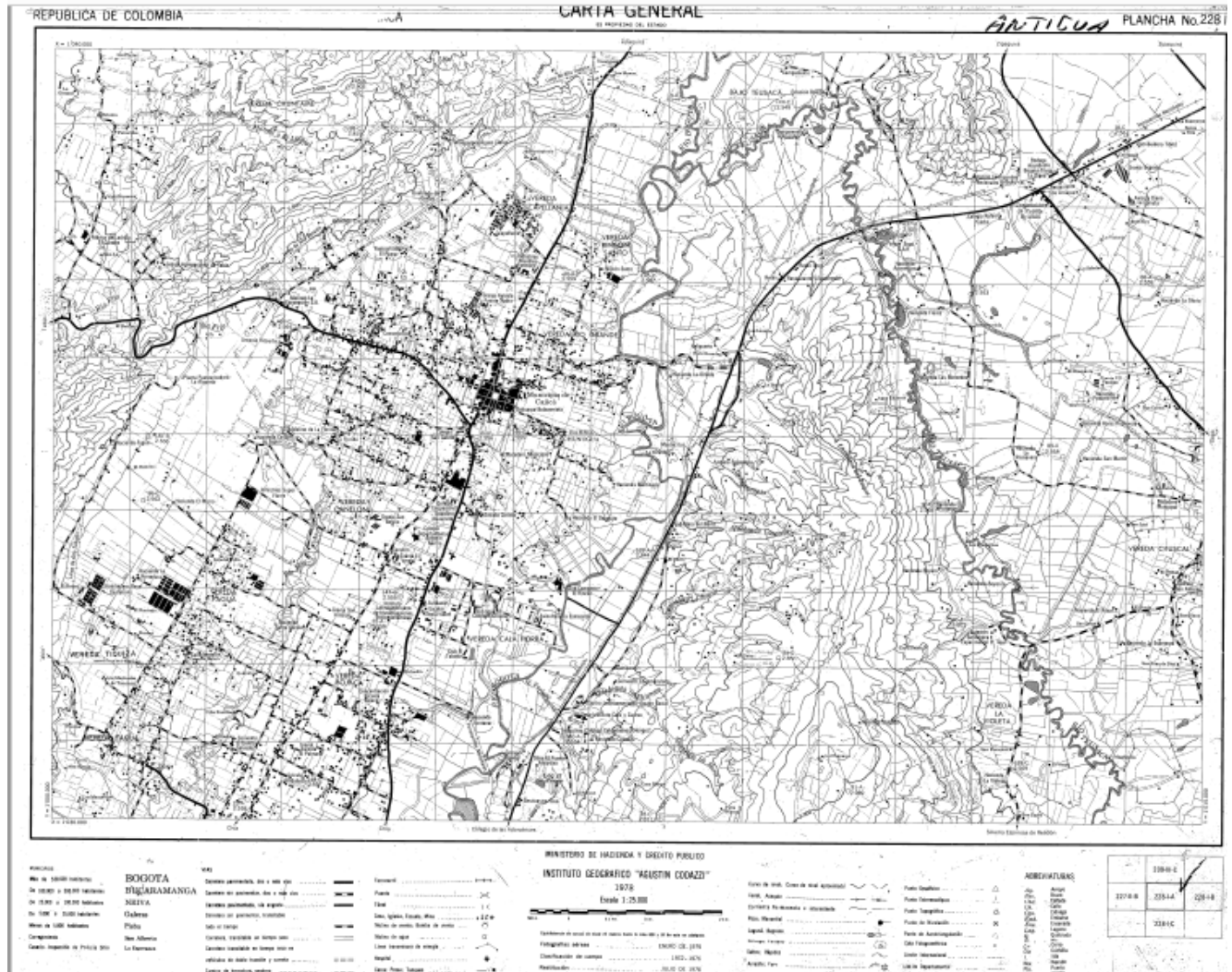
| SAN PEDRO | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Valor Anual |
| MEDIOS | 73 | 73 | 79 | 76 | 80 | 79 | 87 | 77 | 75 | 79 | 78 | 78 | 77,8 |

Anexo 17 Valores de humedad relativa estación San Luis 1 y 2

| SAN LUIS 1 Y 2 | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | Valor Anual |
| MEDIOS | 75 | 71 | 82 | 73 | 76 | 80 | 85 | 70 | 81 | 76 | 81 | 78 | 77,3 |

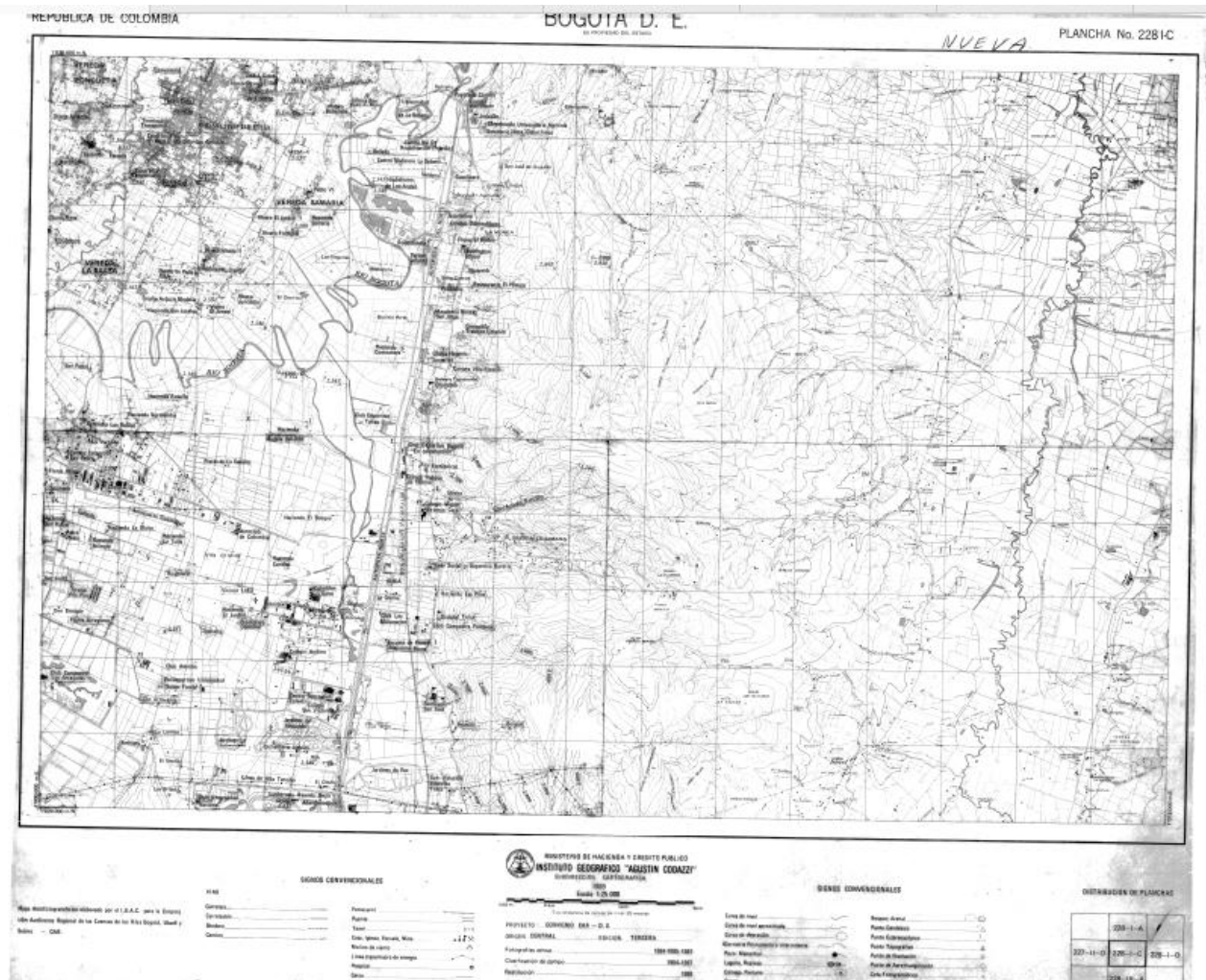
8.7 CARTOGRAFÍAS

Anexo 18 Cartografía 228 I A



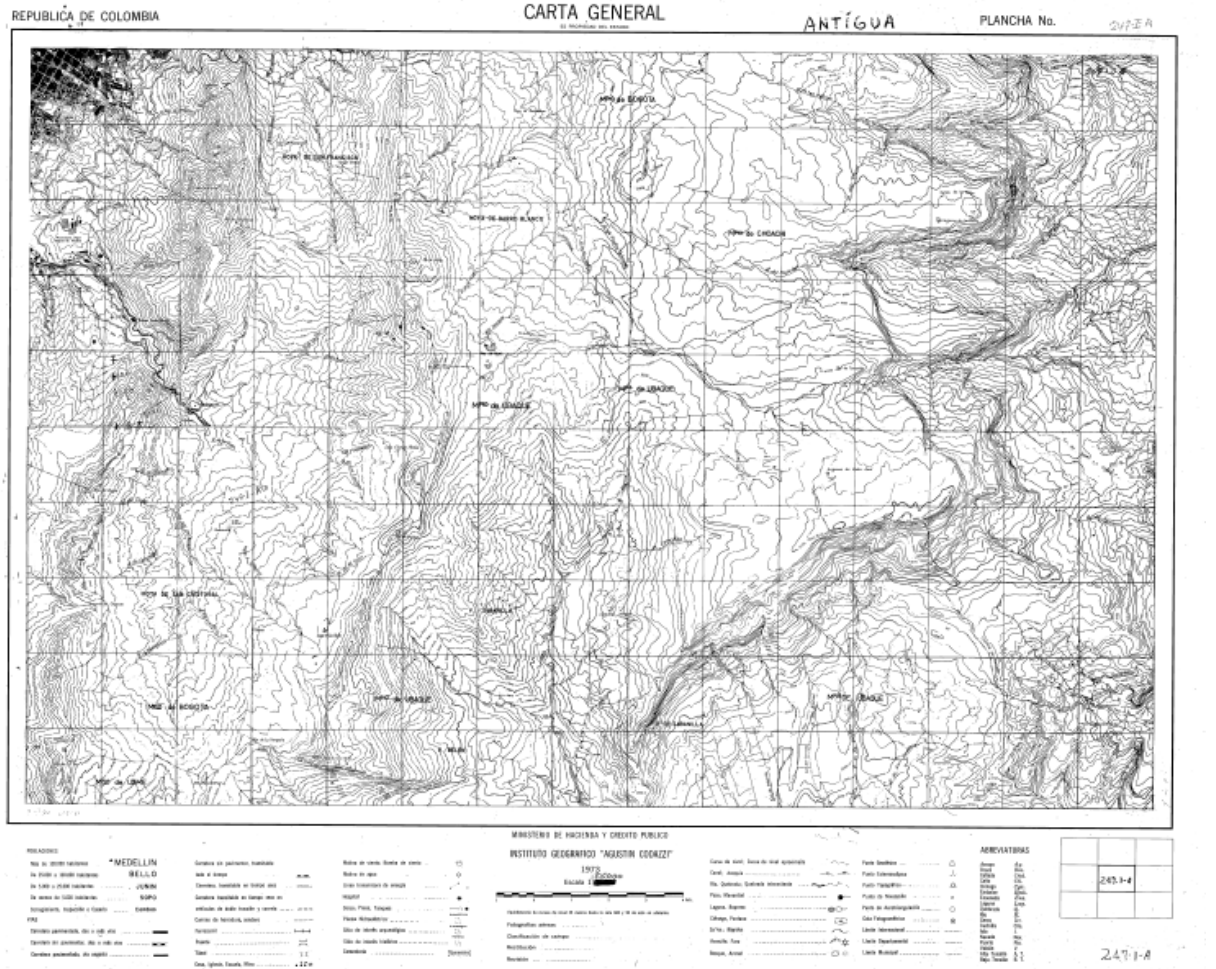
Fuente: IGAC

Anexo 19 Cartografía 228 I C



Fuente: IGAC

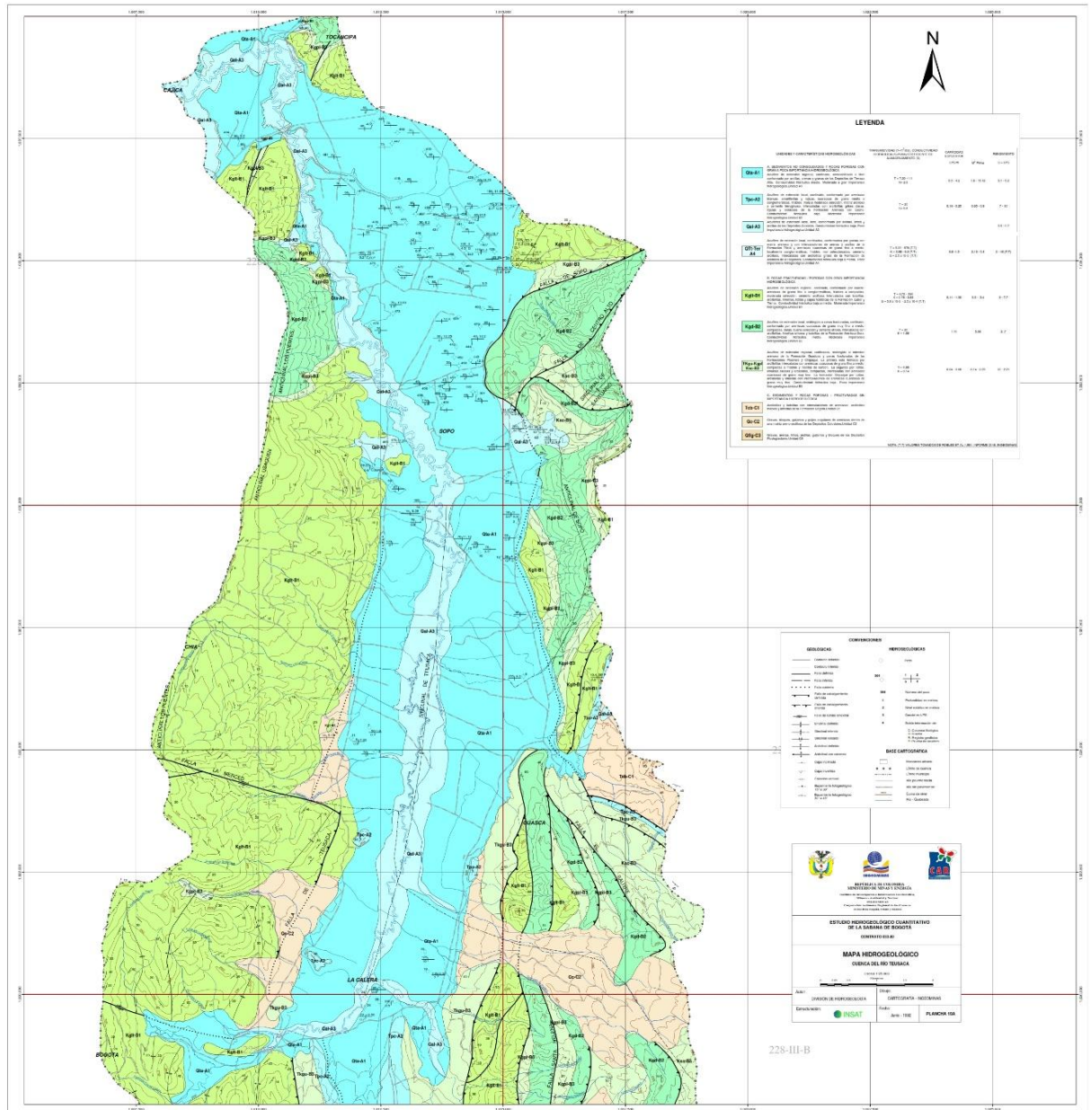
Anexo 22 Cartografía 247 I A



Fuente: IGAC

8.9 HIDROGEOLOGIA

Anexo 26 Hidrogeología cuenca baja del río Teusacá



Fuente: SGC

8.10 REGISTRO FOTOGRÁFICO VISITA DE CAMPO

8.10.1 CUENCA RÍO TEUSACA MUNICIPIO DE LA CALERA- SOPO

Anexo 27 Registro fotográfico



8.10.2 CULTIVOS DE FLORES MUNICIPIO DE LA CALERA- SOPO



8.10.2 PRUEBAS DE INFILTRACIÓN





8.10.3 POZOS MUNICIPIO DE LA CALERA- SOPO





8.11 PETICIÓN SOLICITUD CARTOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA

Anexo 28 Solicitud cartográfica de la Universidad Católica de Colombia

 **UNIVERSIDAD CATÓLICA**
de Colombia
Vigilada Mineducación

Bogotá D.C., 13 de agosto de 2019

Doctor
LUIS DANILO MURCIA CARO
Jefe del departamento
Conjunto de inteligencia y C/I
Ministerio de Defensa Nacional
Ciudad

315011
13 AGO. 2019

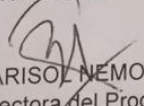
Asunto: Solicitud cartografía

Apreciado Doctor Murcia,

Amablemente solicito su colaboración para hacer entrega a los estudiantes Cristian Santiago Buitrago Cruz (código 505893 y c.c. 1032489692) y Cristian Camilo Uyaban (código 503554 y c.c. 1016054484), quienes compraron 4 "shapes" en el IGAC, los cuales son necesarios para el desarrollo del Trabajo de Grado, en donde el objetivo es la determinación de la vulnerabilidad del riesgo de contaminación de agua subterránea por la actividad del cultivo de flora en la zona de la cuenca del río Teusacá, entre la Calera y la desembocadura al río Bogotá, utilizando la metodología DRASTIC.

Los estudiantes mencionados, se encuentran matriculados en el Programa de Ingeniería Civil, están en décimo semestre y tienen registrada la asignatura Trabajo de Grado (código CT13014). Los planos Shapes se utilizarán para el desarrollo del proyecto en las áreas de cartografía, topografía, geología e hidrología. El director del Trabajo de Grado es un docente de planta del programa: Jesús Ernesto Torres Quintero (c.c. 19.247.339).

Cordialmente,


MARISOL NEMOCÓN RUIZ
Directora del Programa de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad Católica de Colombia
mnemocon@ucatolica.edu.co
Conmutador 3277300 ext 3131

Av. Caracas No. 46 - 72 PBX: 3277300 A.A 029832
www.ucatolica.edu.co Bogotá D.C. - Colombia

8.11.1 SOLICITUD CARTOGRAFÍA MINISTERIO DE DEFENSA

Anexo 29 Respuesta a petición cartográfica ministerio de defensa

**RESTRINGIDO
DE USO EXCLUSIVO**

LA VICTORIA ES DE TODOS MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
COMANDO GENERAL DE LAS FUERZAS MILITARES
DEPARTAMENTO CONJUNTO DE INTELIGENCIA Y CONTRAINTELIGENCIA
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN COMUNICACIONES Y SEGURIDAD INFORMÁTICA

La seguridad es de todos **MiDefensa**



Nº Radicado 0119006012502MDN-COGFM-JEMCO-SEMOC-CGDJ2-TICSI-38.10

Bogotá D.C., 20 de agosto de 2019

Señor
CRISTIAN SANTIAGO BUITRAGO CRUZ
Estudiante Universidad Católica
Carrera 78 B sur No 46-70
Bogotá D.C

Asunto : Respuesta a petición cartografía restringida.

De manera respectuosa, este Departamento causo recibo de su petición de fecha 13 de agosto de 2019, con radicación interna CGDJ2 1430 del 14 de agosto de 2019, por el cual solicita el permiso para que el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) brinde copia de las cartas catastrales en medio magnético en formato shape para ser utilizado dentro del desarrollo del trabajo de grado en la determinación de la vulnerabilidad del riesgo de contaminación de aguas subterráneas en la cuenca del río Teusaca en el programa de ingeniería civil de la Universidad Católica, S.S.

Cartografía: Escala: 1:25.000
Plancha: 247-I-A, 228-I-A, 228-III-C

Sobre el particular, este Departamento aclara que solo en casos exclusivos en los cuales para el peticionario sea necesaria la solicitud de una plancha cartográfica con restricción, esta deberá atenderse por el Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC) conforme a las diligencias legales que le corresponden a dicho Instituto, en lo concerniente a la anonimización y protección de aquellos datos que gozan de reserva legal, mediante el empleo de métodos técnicos o tecnológicos que permitan garantizar la seguridad de la información restringida (versión editada), observando los parámetros Constitucionales y legales correspondientes para el acceso a aquella información pública reservada (Leyes Estatutarias 1821 de 2013 y 1712 de 2014).

Con la presente respuesta este Departamento atiende de fondo, de manera oportuna y concreta su solicitud de información, quedando pendiente la respuesta que emita el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Atentamente,



Brigadier General OSWALDO PEÑA BERMEO
Jefe Departamento Conjunto de Inteligencia y Contrainteligencia

Copia con anexo a la
Petición y copias en cuatro
(4) folios útiles. Carrera 30 N° 48-51.

Dr. Evamaría Uribe Tobón
Directora Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

"NOS VEMOS EN LA VICTORIA"
Avenida el Dorado CAN Carrera 54 No 26-25
Avenida Calle 26 No 69 – 76 Centro Empresarial Elemento Torre Tierra Piso 3 y 4
Contactador: (57-1) 3150111
www.cgfm.mil.co

**RESTRINGIDO
DE USO EXCLUSIVO**

| | | |
|---|--|---|
|  MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL COMANDO COMANDANTE GENERAL DE LAS FUERZAS MILITARES PROCESO DIRECCIONAMIENTO OPERACIONAL DEPARTAMENTO CONJUNTO DE INTELIGENCIA Y CI | SOLICITUD AUTORIZACIÓN ENTREGA CARTOGRAFÍA | Página: 1 de 1 Código: MDN-COGFM- PRODIROP-CDDJ2-MJ.35.1-35 |
| | SGI | Vigente a partir de: 04-03-2018 |

Lugar y Fecha de la Solicitud.

Señor: Mayor General
 Nombre: LUIS DANILLO MURCIA CARO
 Cargo: Jefe del Departamento Conjunto de Inteligencia y CI
 Comando General de las Fuerzas Militares
 Carrera 54 N° 25-25, Quinto piso edificio COGFM.
 Bogotá D.C.

Atentamente solicito a ese Departamento, autorice al IGAC
 el suministro del siguiente material cartográfico con reserva legal. (IGAC-DANE-DMPD, entre otros).

CARTOGRAFÍA / IMAGEN Cartografía
 PLANCHA / SENSOR : Planchas
 ESCALA : 1:25000
 REGIÓN : Andina
 CANTIDAD : 3
 FINALIDAD Requisito de la tesis correspondiente al programa de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Colombia

Dirijo la presente solicitud comprendiendo que el material cartográfico requerido está protegido por RESERVA LEGAL bajo el precepto de Defensa y Seguridad Nacional, conforme lo reglamenta los artículos 6, 19 y 22 de la Ley Estatutaria 1712 de 2014 "Transparencia y Acceso a la Información, motivo por el cual adquiero el compromiso de reserva al momento de recibirlo, de acuerdo con los términos establecidos, entendiendo que quienes indebidamente divulguen, entreguen, filtren, comercialicen, empleen o permitan que personas no autorizadas empleen la información o documentos que gozan de reserva legal, incurrirán en causal de mala conducta, sin perjuicio de las acciones penales a que haya lugar, por lo anterior certifico que la información recibida será empleada con fines legales los cuales no pondrán en peligro la Seguridad y Defensa Nacional.

Casiano
 FIRMA
Casiano Santiago Buitrago Carr 1032489692
 NOMBRES Y APELLIDOS C.C. No.

3103519636 CE 79 B s/vr 41-70 9285283
 DIRECCIÓN Y TEL. LUGAR DE TRABAJO DIRECCIÓN Y TEL. LUGAR DE RESIDENCIA

La documentación debe ser enviada por correo certificado o entregada en el edificio del Ministerio de Defensa Nacional "Avenida el Dorado CAN Carrera 54 No. 25-25 (Puerto No. 8) canclería Comando General FPMV"

"Unidos Somos Inevitables"
 Avenida el Dorado CAN Carrera 54 No 25-25
 Conmutador: (57-1) 3150111
www.mddm.gov.co

csbuitrago93@gmail.com





FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA
COMANDO GENERAL
DEPARTAMENTO COJUNTO DE INTELIGENCIA Y CONTRAINTELIGENCIA

FECHA: 14/08/19 HORA DE LLEGADA: 13:20

REGISTRO: 1430 HORA DE ENTREGA:

RESPONSABLE:

AYUDA TICI OFGOR DICOC DIPLA

DAIPP CEPDA BINCO CICI CEIC

ULTRASECRETO SECRETO RESTRINGIDO CONFIDENCIAL USO EXCLUSIVO

| NIVEL DE PRIORIDAD | NIVEL DE AUTORIDAD | SOP ESTADO MAIOR |
|--|--|---|
| URGENTE <input type="checkbox"/> | LO DE ESO <input type="checkbox"/> | ENTR REQUERIMIENTO <input type="checkbox"/> |
| INMEDIATO <input type="checkbox"/> | RESPONSA LISTED <input type="checkbox"/> | ELABOR PLAN <input type="checkbox"/> |
| AGENDAR <input type="checkbox"/> | RESPUESTA FIRMA JEIC <input type="checkbox"/> | REVISUA E INFORME <input type="checkbox"/> |
| CUMPLIR PLAZO <input type="checkbox"/> | RESPUESTA FIRMA COE COM <input type="checkbox"/> | RECOMENDACIONES <input type="checkbox"/> |
| ACUSE RECIBO <input checked="" type="checkbox"/> | RESPUESTA FIRMA JEIC <input type="checkbox"/> | ANALIZAR <input type="checkbox"/> |
| TRAZAR RELACION IM <input type="checkbox"/> | COORDINE LISTED <input type="checkbox"/> | CONTROL Y RESUMIDO <input type="checkbox"/> |
| COORDINAR COM <input type="checkbox"/> | AUTORIZADO <input type="checkbox"/> | ASISTIR <input type="checkbox"/> |
| ARCHIVAR <input type="checkbox"/> | TRATE CONIGO <input type="checkbox"/> | ENUNCIAR <input type="checkbox"/> |

OBSERVACIONES: *de conocimiento*

PLAZO: 14-1162-19

BRIGADER GENERAL DONALDO PEÑA BERMEO
Jefe DEPARTAMENTO COJUNTO DE INTELIGENCIA Y CONTRAINTELIGENCIA