



Cambio climático



**ALCALDE MUNICIPAL.
Víctor Julián Sánchez Acosta**

SECRETARIA DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL
SANDRA CRISTINA PEDRAZA CALIXTO

DIRECTOR DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
LEANDRO CORTÉS RODRÍGUEZ

SECRETARIO DE GOBIERNO,
CARLOS HUMBERTO ROJAS PABÓN

SECRETARIA DE HACIENDA.
JOHANNA CAROLINA TAVERA RUIZ

SECRETARIO DE MOVILIDAD. (E)
EDINSON JAIR VELÁSQUEZ ACOSTA

SECRETARIA DE SALUD.
NUBIA ANGÉLICA LUGO

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL
LUZ CATHERINE MEDELLÍN SALAZAR

SECRETARIO GENERAL.
CARLOS ANDRÉS TOBÓN ESCOBAR

SECRETARIO DE EDUCACIÓN.
JOSÉ JHOAN ALFONSO HERNÁNDEZ

SECRETARIO DE CULTURA Y TURISMO.
MARIO ALBERTO FONSECA DÍAZ

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA.
ANDREA LUNA RIVERA

**SECRETARIO DE AMBIENTE, MINAS, DESARROLLO RURAL Y PROTECCIÓN
ANIMAL**
SEBASTIÁN ANDRÉS SOSA ACOSTA

PROFESIONALES GRUPO POT DE LA SECRETARIA DE PLANEACIÓN Y O.T.
DUVÁN CRUZ AMAYA – GEÓGRAFO ESPECIALISTA

EQUIPO POT – SIGLO XXII SAS
INGENIERO CIVIL MAGÍSTER - SERGIO ARTURO PIÑEROS BOTERO – GERENTE
GENERAL
INGENIERO CATASTRAL Y GEODESTA ESPECIALISTA - DIEGO PULIDO CASTILLO –
DIRECTOR DE PROYECTOS



TABLA DE CONTENIDO

1. CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MUNICIPIO DE SOACHA	16
1.1. OBJETIVOS	16
1.1.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.2. METODOLOGÍA GENERAL PARA EL ANÁLISIS DESDE LA PERSPECTIVA DE CAMBIO CLIMÁTICO	16
1.3. CONTEXTO DEL MUNICIPIO DE SOACHA – CUNDINAMARCA.....	17
1.3.1. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS CUNDINAMARCA	17
1.3.2. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS SOACHA.....	18
1.3.3. SECTORES PRODUCTIVOS.....	18
1.3.3.1. AGROPECUARIO	18
1.3.3.2. GANADERÍA.....	18
1.3.3.3. MINERÍA	19
1.3.4. EMPLEO	21
1.3.5. USOS DEL SUELO.....	21
1.3.5.1. URBANO Y RURAL.....	21
1.3.6. ASPECTOS AMBIENTALES.....	22
1.3.6.1. HUMEDALES	23
1.3.6.2. PÁRAMOS.....	23
1.3.6.3. RECURSO HÍDRICO	23
1.4. ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS DE LAS ESTACIONES EN Y CERCA A SOACHA.....	24
1.4.1. METODOLOGÍA	24
1.4.1.1. ANÁLISIS PRELIMINAR Y SELECCIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS	24
1.4.1.2. ANÁLISIS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA	27
1.4.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS	32
1.4.2.1. TEMPERATURA.....	32
1.4.2.1.1. TEMPERATURA MÁXIMA.....	34
1.4.2.1.2. TEMPERATURA MEDIA	35





1.4.2.1.3. TEMPERATURA MÍNIMA	36
1.4.2.2. PRECIPITACIÓN	38
1.4.2.2.1. PARTE BAJA - ESTACIÓN 2120166.....	40
1.4.2.2.2. PARTE MEDIA - ESTACIÓN 2120051	42
1.4.2.2.3. PARTE ALTA - ESTACIONES 2120020 Y 21200572	44
1.4.2.3. BRILLO SOLAR - ESTACIÓN 21200572	47
1.4.2.4. HUMEDAD RELATIVA, ESTACIÓN 21200572.....	49
1.5. ESCENARIOS DE COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS PARA EL AÑO 2040.....	50
1.5.1. ESCENARIOS IDEAM.....	50
1.5.2. METODOLOGÍA	52
1.5.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	54
1.5.3.1. RESULTADOS DE LAS PROYECCIONES DE PRECIPITACIÓN PARA LOS AÑOS 2040.....	54
1.5.3.2. RESULTADOS DE LAS PROYECCIONES DE TEMPERATURA PARA LOS AÑOS 2040.....	63
1.5.3.2.1. TEMPERATURA MÁXIMA.....	63
1.5.3.2.2. TEMPERATURA MEDIA.....	63
1.5.3.2.3. TEMPERATURA MÍNIMA	64
1.5.3.2.4. EFECTOS DE LA EXPANSIÓN URBANA SOBRE EL CLIMA LOCAL....	64
1.5.3.2.5. EFECTOS DE LA EXPANSIÓN URBANA SOBRE EL CLIMA LOCAL AÑOS 2040.....	67
1.5.3.2.6. ZONAS DE SUSCEPTIBILIDAD A LA PRODUCCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES.....	68
1.5.3.3. BALANCE HÍDRICO DE LARGO PLAZO	70
1.5.3.3.1. PARTE ALTA	70
1.5.3.3.2. PARTE MEDIA.....	71
1.5.3.3.3. PARTE BAJA	72
1.6. ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE ALGUNOS CONTAMINANTES EN EL MUNICIPIO DE SOACHA Y SU IMPACTO	73
1.6.1. GEI DIRECTOS.....	74
1.6.2. GEI INDIRECTOS	74
1.6.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO	74



1.6.3.1.1. FORZAMIENTO RADIATIVO	77
1.6.3.1.2. POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL.....	78
1.6.4. ESTIMACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	79
1.6.4.1. METODOLOGÍA DE INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	80
1.6.4.2. INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) PARA CUNDINAMARCA	81
1.6.4.3. ESTIMACIÓN DE GAS METANO EN EL MUNICIPIO DE SOACHA (ORIGEN BOVINO Y DE HUMEDALES)	82
1.6.4.3.1. ESTIMACIÓN DE METANO PRODUCIDA POR LA POBLACIÓN DE BOVINOS	82
1.6.4.3.2. ESTIMACIÓN DE METANO PRODUCIDA POR HUMEDALES.....	83
1.6.5. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	84
1.6.5.1. CONCEPTO Y METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA)	88
1.6.5.2. ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) EN SOACHA.....	89
1.6.5.2.1. MATERIAL PARTICULADO PM10 MG/M ³	90
1.6.5.2.2. PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)	95
1.6.5.2.3. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO ₂)	100
1.6.5.2.4. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂).....	106
1.6.5.2.5. MONÓXIDO DE CARBONO (CO) Y OZONO (O ₃)	111
1.6.5.2.6. EMISIONES Y SUMIDEROS DE CARBONO.....	115
1.6.5.2.7. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA)	116
1.6.6. RESULTADOS PRINCIPALES SOBRE CONTRIBUCIÓN CONTAMINANTE	121
1.7. ANÁLISIS DE LA TERCERA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL MUNICIPIO DE SOACHA.....	130
1.8. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO..	139
1.8.1. INTRODUCCIÓN	139
1.8.2. METODOLOGÍA	139
1.8.3. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA SOACHA	140
1.8.3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE SOACHA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO AÑO 2040.....	140
1.8.3.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	145





1.8.3.3. ÁREAS TEMÁTICAS	147
1.8.4. ACCIONES ESTRATÉGICAS DE ADAPTACIÓN.	149
1.8.5. GESTIÓN DEL AGUA LLUVIA.	150
1.8.5.1. EDIFICACIONES RESILIENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	150
1.8.5.2. ÁREAS NATURALES Y ESPACIOS VERDES SANOS Y CONECTADOS... ..	151
1.8.5.3. ROBUSTECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA.	151
1.8.6. ACCIONES ESTRATÉGICAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	152
1.8.6.1. ROBUSTECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA	152
1.8.6.2. EDIFICACIONES RESILIENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	153
1.8.6.3. ÁREAS NATURALES Y ESPACIOS VERDES SANOS Y CONECTADOS	153
1.8.6.4. GESTIÓN DEL AGUA LLUVIA	154
1.8.7. ACCIONES DE ADAPTACIÓN CON ACCIONES ESTRATÉGICAS	154
1.8.7.1. ESTABLECIMIENTO O AMPLIACIÓN DE BOSQUES URBANOS.	157
1.8.7.2. USO DE SISTEMAS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN DESARROLLOS NUEVOS O PROCESOS DE DENSIFICACIÓN.	158
1.8.7.3. INCLUSIÓN DE JARDINES DE LLUVIA.....	159
1.8.7.4. CREACIÓN DE ESPACIOS PÚBLICOS FUNCIONALES QUE PERMITAN LA INFILTRACIÓN Y LIMPIEZA DEL AGUA LLUVIA ANTES DE SU RETORNO A LAS CORRIENTES NATURALES.....	159
1.8.7.5. CONECTIVIDAD ENTRE ÁREAS NATURALES A NIVEL RURAL.....	160
1.8.7.6. PLANES DE GESTIÓN DEL SUELO DE AGRÍCOLA.....	160
1.8.7.7. PROHIBICIÓN DE USOS HABITACIONALES EN ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN	161
1.8.7.8. MANEJO DE ESCORRENTÍAS SUPERFICIALES EN EDIFICACIONES	161
1.8.8. NORMATIVA PARA LA INCLUSIÓN EN EL USO DE AGUAS GRISES EN EDIFICACIONES	162
1.8.9. INCLUSIÓN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN LOS COMPONENTES DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	162
1.8.10. INDICADORES DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	163
1.8.10.1. INDICADORES EXPLICATIVOS	163
1.8.10.2. INDICADORES DE PROGRESO	164
1.8.10.3. INDICADORES POR OBJETIVOS	165





1.8.10.4. ESTRATEGIAS DESDE EL SUELO RURAL PARA LA MITIGACIÓN A LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	166
1.8.10.5. ESTRATEGIAS DESDE EL SUELO URBANO PARA LA MITIGACIÓN A LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	171
1.8.10.6. RECOMENDACIONES FINALES PARA LA MITIGACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA DISMINUCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE DEL MUNICIPIO DE SOACHA	177
2. BIBLIOGRAFÍA.....	183

Plan[®] de Ordenamiento Territorial





TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología general para el análisis desde la perspectiva cambio climático.	17
Figura 2. Serie de datos estandarizados de precipitación para la estación Fute (2120166).	27
Figura 3. Distribución anual de la precipitación.	28
Figura 4. Análisis decenal de precipitación para la estación El Hato (2120020).	29
Figura 5. Variabilidad climática interanual estación Granja San Jorge (2120572).	33
Figura 6. Distribución anual de temperaturas máximas por decenas entre 1978 y 2015.	34
Figura 7. Análisis decenal de temperatura máxima entre 1978 y 2015.	35
Figura 8. Distribución anual de temperaturas medias por decenas entre 1978 y 2015.	36
Figura 9. Análisis decenal de Temperaturas medias entre 1978 y 2015.	36
Figura 10. Distribución anual de temperaturas mínimas por decenas entre 1978 y 2015.	37
Figura 11. Análisis decenal de temperaturas mínimas entre 1978 y 2015.	38
Figura 12. Índice oceánico (ONI).	39
Figura 13. Histograma de la distribución anual de la precipitación.	40
Figura 14. Serie de datos estandarizados de precipitación para la parte baja de Soacha.	41
Figura 15. Distribución anual de precipitación por decenas parte baja de Soacha entre 1970 y 2010.	41
Figura 16. Análisis decenal de precipitación entre 1970 y 2010 (2120166).	42
Figura 17. Serie de datos estandarizados de precipitación para la parte media de Soacha.	43
Figura 18. Distribución anual de precipitación por decenas parte media de Soacha entre 1956 y 2008.	43
Figura 19. Análisis decenal de precipitación entre 1958 y 2008 (2120051).	44
Figura 20. Serie de datos estandarizados de precipitación para la parte alta de Soacha.	45





Figura 21. Distribución anual de precipitación por decenas parte alta entre 1960 y 2015.	45
Figura 22. Análisis decenal de precipitación entre 1941 y 2008 (2120020).	46
Figura 23. Distribución anual de precipitación por decenas parte media entre 1960 y 2015.	47
Figura 24. Serie de datos estandarizados de brillo solar para la parte alta de Soacha.	47
Figura 25. Análisis decenal de brillo solar entre 1941 y 2008(Enero (a) y Noviembre (b)).	48
Figura 26. Serie de datos estandarizados de humedad para la parte alta de Soacha.	49
Figura 27. Análisis decenal de humedad relativa entre 1983 y 2015.	49
Figura 28. Metodología en paralelo para la generación de los escenarios climáticos.	50
Figura 29. Mapas de precipitación para los meses de enero-marzo-abril, escenarios de emisiones forzamiento radiativo (RPC) año 2040.	56
Figura 30. Mapas de precipitación para los meses de marzo-abril-mayo, escenarios de emisiones forzamiento radiativo (RPC) año 2040.	58
Figura 31. Mapas de precipitación para los meses de junio-julio-agosto, escenarios de emisiones.	60
Figura 32. Mapas de precipitación para los meses de septiembre-octubre-noviembre, escenarios de emisiones forzamiento radiativo (RPC) año 2040.	62
Figura 33. Flujos de viento en La Sabana de Bogotá.	65
Figura 34. Rosas de viento para la estación Cazucá. Entre 5 a.m. y 7 a.m. (a). Entre 8 a.m. y 5 p.m. (b).	66
Figura 35. Rosas de viento para la estación Cazucá. Entre 6 P.m. y 8 P.m.	66
Figura 36. Rosas de viento para la estación Kennedy. Entre 5 a.m. y 7 a.m. (a). Entre 8 a.m. y 5 p.m. (b).	66
Figura 37. Rosas de viento para la estación Kennedy. Entre 6 P.m. y 8 P.m. (a). Entre 9 P.m. y 4 A.m. (b).	67
Figura 38. Mapa de susceptibilidad a producción de incendios forestales.	70
Figura 39. Distribución anual de déficit y excesos hídricos, parte alta del municipio.	71
Figura 40. Distribución anual de déficit y excesos hídricos, parte media del municipio.	72
Figura 41. Distribución anual de déficit y excesos hídricos, parte baja del municipio.	73
Figura 42. Forzamiento radiativo GEI.	77





Figura 43. Emisiones PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del mes de enero entre 2011 y 2015. Estación Hospital Mario Gaitán.	86
Figura 44. Emisiones PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses entre 2011 y 2015. Estación Hospital Mario Gaitán.	86
Figura 45. Promedio mensual PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	87
Figura 46. Promedio anual PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	87
Figura 47. Emisión anual PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	88
Figura 48. Emisiones PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.	91
Figura 49. Emisiones PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (20014-2015). Estación Ladrillera.	91
Figura 50. Emisiones PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (20011-2015). Estación Hospital M. Gaitán.	92
Figura 51. Promedio mensual de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007-2012). Estación Almacafé.	92
Figura 52. Promedio mensual de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	92
Figura 53. Promedio mensual de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014-2015). Estación Ladrillera.	93
Figura 54. Promedio anual de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007-2012). Estación Almacafé.	93
Figura 55. Promedio anual de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	93
Figura 56. Promedio anual de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014-2015). Estación Ladrillera.	94
Figura 57. Mapas de concentración de material particulado (PM10) mensual en Soacha.	95
Figura 58. Mapa de concentración de material particulado (PM10) multianual en Soacha.	95
Figura 59. Emisiones PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.	97
Figura 60. Emisiones PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	97
Figura 61. Promedio mensual PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007, 2008, 2012). Estación Almacafé.	97
Figura 62. Promedio mensual PST10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	98





Figura 63. Promedio anual PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007-2012). Estación Almacafé.....	98
Figura 64. Promedio anual PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	98
Figura 65. Emisión histórica anual PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007-2015) de Soacha.....	99
Figura 66. Mapas de concentración de partículas suspendidas totales (PST) mensual en Soacha.....	100
Figura 67. Mapa de concentración de partículas suspendidas totales (PST) multianual en Soacha.....	100
Figura 68. Emisiones NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.	101
Figura 69. Emisiones NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	102
Figura 70. Emisiones NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2014-2015). Estación Ladrillera.	102
Figura 71. Promedio mensual NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007-2012). Estación Almacafé.....	102
Figura 72. Promedio mensual NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	103
Figura 73. Promedio mensual NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014-2015). Estación Ladrillera.....	103
Figura 74. Promedio anual NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007-2012). Estación Almacafé.....	103
Figura 75. Promedio anual NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	104
Figura 76. Promedio anual NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014-2015). Estación Ladrillera.....	104
Figura 77. Mapas de Concentración mensual de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) en Soacha.	105
Figura 78. Mapa Concentración Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) multianual en Soacha.	106
Figura 79. Emisiones SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.	107
Figura 80. Emisiones SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	107
Figura 81. Emisiones SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2014-2015). Estación Ladrillera.	107
Figura 82. Promedio mensual SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007-2012). Estación Almacafé.....	108
Figura 83. Promedio mensual SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	108
Figura 84. Promedio mensual SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014-2015). Estación Ladrillera.....	108





Figura 85. Promedio anual SO ₂ µg/m ³ (2007-2012). Estación Almacafé. Fuente Universidad Nacional de Colombia	109
Figura 86. Promedio anual SO ₂ µg/m ³ (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.	109
Figura 87. Promedio anual SO ₂ µg/m ³ (2014-2015). Estación Ladrillera.	109
Figura 88. Mapas de concentración de Dióxido de Azufre SO ₂ en Soacha.	111
Figura 89. Mapa de concentración del Dióxido de Azufre SO ₂ en Soacha.	111
Figura 90. Emisiones CO mg/m ³ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.	112
Figura 91. Emisiones CO mg/m ³ de todos los meses (2014-2015). Estación Ladrillera.	112
Figura 92. Promedio mensual CO mg/m ³ (2010-2012). Estación Almacafé.	113
Figura 93. Promedio mensual CO mg/m ³ (2014-2015). Estación Ladrillera	113
Figura 94. Emisiones O ₃ mg/m ³ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.	113
Figura 95. Promedio mensual O ₃ µg/m ³ (2010,2012). Estación Almacafé.	114
Figura 96. Emisión anual PM ₁₀ µg/m ³ (2007-2015) en Soacha.	114
Figura 97. Emisión anual NO ₂ µg/m ³ (2007-2015) en Soacha.	114
Figura 98. Emisión anual SO ₂ µg/m ³ (2007-2015) en Soacha.	115
Figura 99. Emisión anual CO mg/m ³ (2010-2015) en Soacha.	115
Figura 100. Emisión anual CO mg/m ³ (2010-2012) en Soacha.	115
Figura 101. Mapa de emisiones y sumideros de Carbono en Soacha.	116
Figura 102. Índice de Calidad del Aire PST µg/m ³ en Soacha (2007, 2008, 2012). Estación Almacafé.	118
Figura 103. Índice de Calidad del Aire PST PM ₁₀ µg/m ³ en Soacha (2011-2015). Estación Hospital M. Gaitán.	118
Figura 104. Índice de Calidad del Aire PM ₁₀ µg/m ³ en Soacha (2007-2012). Estación Almacafé.	119
Figura 105. Índice de Calidad del Aire PM ₁₀ µg/m ³ en Soacha (2011-2015). Estación Hospital M. Gaitán.	119
Figura 106. Índice de Calidad del Aire µg/m ³ en Soacha PM ₁₀ (2014-2015). Estación Ladrillera.	119





Figura 107. Índice de Calidad del Aire SO ₂ en Soacha (2007-2012). Estación Almacafé.	120
Figura 108. Índice de Calidad del Aire SO ₂ (2014-2015). Estación Hospital M. Gaitán.	120
Figura 109. Índice de Calidad del Aire SO ₂ (2014-2015). Estación Ladrillera.	120
Figura 110. Índice de Calidad del Aire ICA. Estación Almacafé, Estación Hospital Mario Gaitán, Estación Ladrillera.	121
Figura 111. Mapa de ubicación de estaciones de calidad del aire en Soacha y cerca del municipio.	124
Figura 112. Mapa de actividad de construcción e Industria en Soacha.	125
Figura 113. Mapa de actividad de minería en Soacha.	126
Figura 114. Mapa de cobertura vegetal en Soacha.	127
Figura 115. Datos obtenidos para las dimensiones analizadas en el departamento de Cundinamarca.	133
Figura 116. Capacidad adaptativa y sensibilidad al cambio climático en el municipio de Soacha.	135
Figura 117. Vulnerabilidad al cambio climático para el municipio de Soacha.	136
Figura 118. Amenaza por cambio climático para el municipio de Soacha.	137
Figura 119. Riesgo por cambio climático en el municipio de Soacha.	138
Figura 120. Cuadro metodológico.	140





LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Títulos minero activos en Soacha.....	19
Tabla 2. Estaciones disponibles del IDEAM y la CAR.	25
Tabla 3. Estaciones utilizadas en el estudio.	26
Tabla 4. Distribución decenal de precipitación para la estación 2120020.	28
Tabla 5. Estaciones ubicadas en las zonas de análisis.	40
Tabla 6. Los cuatro caminos de forzamiento radiativo (FR) seleccionados por el IPCC para evaluar el comportamiento de la concentración de emisiones GEI en el planeta para el 2100.	51
Tabla 7. Estaciones dentro de las zonas de análisis.	52
Tabla 8. Modelos utilizados para estimar los valores de las variables precipitación y temperatura en el escenario 2011-2040.	53
Tabla 9. Datos para el RPC 2.6 para el año 2040 en los meses de diciembre- enero y Febrero (DEF).	54
Tabla 10. Cambios porcentuales en los volúmenes de precipitación para los meses de diciembre-enero-febrero año 2040.....	55
Tabla 11. Cambios porcentuales en los volúmenes de precipitación en los meses de marzo-abril-mayo para el año 2040	57
Tabla 12. Cambios porcentuales en los volúmenes de precipitación en los meses de junio-julio-agosto para el año 2040.....	59
Tabla 13. Cambios porcentuales en los volúmenes de precipitación en los meses de septiembre-octubre-noviembre para el año 2040.....	61
Tabla 14. Incremento en °C de temperatura máxima para los años 2040.	63
Tabla 15. Incremento en °C de temperatura media para los años 2040.	63
Tabla 16. Incremento en °C de temperatura mínima para los años 2040.	64
Tabla 17. Características generales de los gases de efecto invernadero (GEI).....	75
Tabla 18. Valores reportados en el tercer reporte de evaluación del IPCC (2001).	78
Tabla 19. Inventario pecuario para el año 2014 en Soacha.	82
Tabla 20. Área de humedales en Soacha.....	84
Tabla 21. Estaciones de calidad del aire ubicadas en Soacha.	85
Tabla 22. Niveles máximos permisibles por contaminante y tiempo de exposición.....	85





Tabla 23. Puntos de Corte para medición de ICA.....	88
Tabla 24. Índice de calidad del aire (ICA) por estación.	117
Tabla 25. Categorización de riesgo por dimensión en el municipio de Soacha	134
Tabla 26. Vulnerabilidad para el municipio de Soacha.....	135
Tabla 27. Resumen escenarios veredas parte alta (1).....	141
Tabla 28. Resumen escenarios veredas parte alta (2).....	142
Tabla 29. Resumen escenarios veredas parte media.....	142
Tabla 30. Resumen escenarios veredas parte baja (1).....	143
Tabla 31. Resumen escenarios veredas parte baja (2).....	144
Tabla 32. Impactos debidos al calentamiento global vs sistemas estructurantes del territorio.....	146
Tabla 33. Impactos identificados por áreas temáticas.....	148
Tabla 34. Áreas temáticas vs Acciones estratégicas.....	149
Tabla 35. Áreas temáticas vs Acciones estratégicas.....	152
Tabla 36. Matriz de medidas de adaptación vs acciones estratégicas	154
Tabla 37. Matriz de medidas de adaptación vs acciones estratégicas	162
Tabla 38. Indicadores explicativos	163
Tabla 39. Indicadores de progreso	164
Tabla 40. Indicadores por objetivo	165
Tabla 41. Estrategias para la disminución de los Gases de Efecto Invernadero en el suelo rural del municipio de Soacha	166
Tabla 42. Estrategias para el conocimiento y la disminución de los Gases de Efecto Invernadero en el suelo urbano del municipio de Soacha	172
Tabla 43. Presentación de medidas y acciones de mitigación al cambio climático. ...	179





1. CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MUNICIPIO DE SOACHA

La alcaldía municipal, y la universidad Nacional de Colombia, en el marco del contrato interadministrativo 1201 de 2016, acordaron el desarrollo del documento de análisis de amenaza frente a fenómenos de cambio climático en el municipio, a cargo del grupo de investigación Biogestión de la Universidad Nacional de Colombia.

Se reconoce que los diversos fenómenos climáticos implican la necesidad de establecer estrategias y medidas de adaptación, teniendo en cuenta las características, potencialidades y elementos de riesgo de modo que puedan incorporarse diversos tipos de medidas en la planeación y esquemas de ocupación del territorio.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

- a. Realizar estudios sobre Cambio Climático en el Municipio de Soacha Cundinamarca.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Realizar un análisis climatológico de las series de Precipitación anual, Temperatura media, Humedad relativa y otras variables climáticas de las estaciones existentes en y cerca de la zona de estudio.
- b. Generar escenarios del comportamiento de las variables climáticas (Precipitación, Temperatura y Humedad relativa) estimadas a partir de los modelos de circulación general atmosférica.
- c. Determinar y analizar la contribución de los contaminantes del municipio en el calentamiento de la región, las emisiones de gases y los impactos que estos generan en el ambiente.
- d. Formular recomendaciones que permitan la mitigación de los impactos producto del cambio climático y la disminución de la carga de contaminantes atmosféricos generados por el municipio de Soacha.



1.2. METODOLOGÍA GENERAL PARA EL ANÁLISIS DESDE LA PERSPECTIVA DE CAMBIO CLIMÁTICO

La metodología general del estudio se enfocó en la búsqueda de información hidrológica, meteorológica y climatológica en las distintas entidades como la Corporación autónoma Regional - CAR, El instituto de estudios ambientales - IDEAM, y la Alcaldía de Soacha



principalmente. Por otra parte, el procesamiento de dicha información se realizó a partir de análisis estadístico de las variables y la identificación de tendencias que permitieron establecer el comportamiento y la inclinación de las series de los parámetros meteorológicos establecidos, así como análisis posteriores de acuerdo a modelos respectivos, por supuesto todo ello teniendo en cuenta los requerimientos de cada uno de los objetivos planteados.

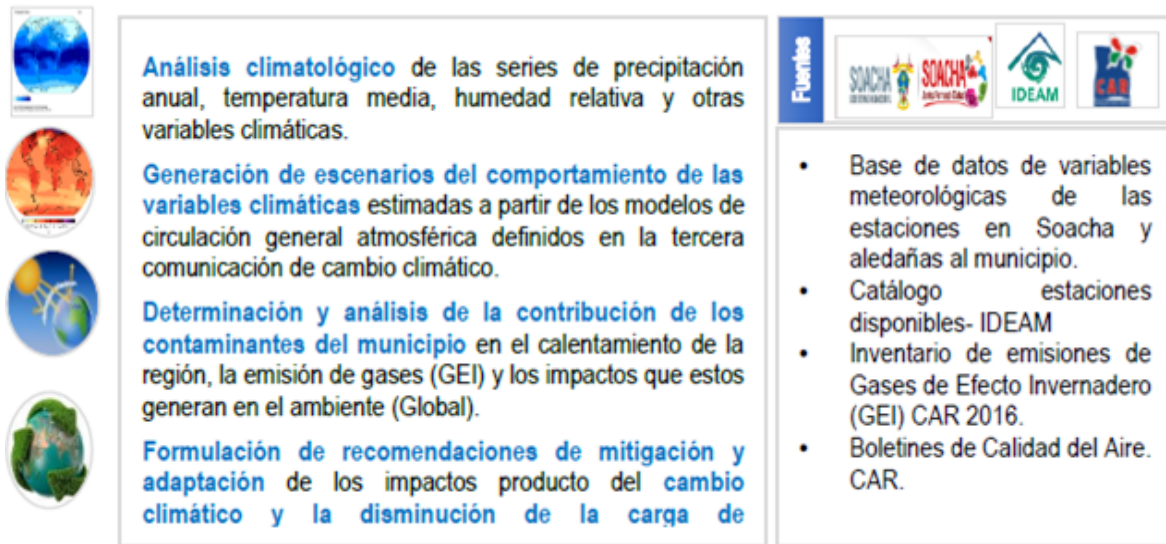


Figura 1. Metodología general para el análisis desde la perspectiva cambio climático.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

1.3. CONTEXTO DEL MUNICIPIO DE SOACHA – CUNDINAMARCA

A continuación, se presentan algunos elementos de referencia sobre el municipio de Soacha, a partir de ámbitos como el económico y la naturaleza productiva, junto con un referenciación de tipo ambiental.

1.3.1. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS CUNDINAMARCA

En Cundinamarca los municipios que tienen una mayor contribución en el PIB son Soacha (11,27%), Tocancipá (5,58%), Cota (5,58%), Mosquera (4,49%) y Chía (4,39%). Se analiza que la mitad de los municipios del departamento, que menos aportan al PIB, solo producen el 11% del valor agregado de Cundinamarca, mientras que los once municipios que más aportan producen más del 50% del valor agregado departamental. Es decir, la relevancia económica del departamento se detecta en pocos municipios (Gobernación de Cundinamarca, 2011-2013).





Seguido a lo anterior, si se agrupan por provincias Sabana Centro, Sabana Occidente y Soacha son los que aportan más del 57,3% de la producción del departamento (Gobernación de Cundinamarca, 2011-2013).

1.3.2. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS SOACHA

Con base en el censo empresarial se puede observar que el sector productivo predominante en Soacha es la Micro Empresa con un 97,4% de resonancia, teniendo las demás un mínimo de representación pues la Gran Empresa está con un 0,1 %, la Mediana Empresa con 0,4 % y la Pequeña Empresa con 1,9 %. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).

1.3.3. SECTORES PRODUCTIVOS

Las características más generales sobre los sectores productivos en Soacha se describen a continuación:

1.3.3.1. AGROPECUARIO

Según datos reportados por el censo nacional agropecuario 2014 (DANE, 2014), de un total de 422 unidades de producción agropecuaria (UPA) un 4% cuentan con actividad productiva no agropecuaria, 32 % sin actividad observada y la mayor participación con 64 % es de solo uso habitacional. Mientras que de un total de 496 unidades de producción no agropecuaria (UPNA) un 16 % cuenta con actividad productiva no agropecuaria, 11 % sin actividad observada y 73 % de solo uso habitacional.

En lo que respecta según actividad producida del área rural dispersa censada, de un total de 19 unidades de producción agropecuaria (UPA) se encuentra un 10 % de transformación de productos agropecuarios, 16 % de industria, 32 % de comercio y 42 % en servicios. Mientras que de un total de 80 unidades de producción no agropecuaria (UPNA) hay 7 de transformación de productos agropecuarios, 11 % de industria, 23 % de comercio y 59 % de servicios. Predominando así, en las UPA el sector de servicios y en las UPNA el sector de industria.

1.3.3.2. GANADERÍA

Según estadísticas del 2014 por la Gobernación de Cundinamarca (Gobernación de Cundinamarca, 2014) se reporta de un total de 14.722 cabezas que hay una baja participación por cabezas "carne" con un 3 %, al que le sigue las de "doble propósito" con 25 %, para "leche" 29 % y una mayor participación "porcino" con un 43 %.





1.3.3.3. MINERÍA

La actividad minera en el municipio de Soacha según información reportada por la Alcaldía de Soacha año 2017 (Alcaldía de Soacha, 2017) muestra que el estado de las minas según expediente de la CAR de un total de 68 minas se encuentra 2 (3%), en Seguimiento y Control, 2 (3%) sin permiso, 16 (24%) en trámite, 24 (35%) han sido otorgadas y 24 (35%) sin datos.

Con base a la misma fuente sobre información minera, del total de minas en el municipio se encuentran activas 18 minas, entre las cuales se encuentra Alfagres S.A (4), Ladrillera Santa Fe (4 minas), Ladrillera Santander Díaz Muñoz, MINCAL, Las Margaritas, entre otros como se puede ver en la siguiente tabla (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) según información reportada por la Alcaldía de Soacha.

Tabla 1. Títulos minero activos en Soacha

TÍTULO MINERO	NOMBRE DE LA MINA O PREDIO	ETAPA	ESTADO
ADC-101	Alfagres S.A	Explotación	Activo
DBE-111	Cueva del Zorro	Explotación	Activo
GJ3-081	Monte de Sion	Explotación	Activo
BG5-111	Cajón de Copérnico	Explotación	Activo
959	Ladrillera Santafé S.A	Explotación	Activo
2992	Ladrillera Santafé S.A	Explotación	Activo
10937	Ladrillera Santafé S.A	Explotación	Activo
3694	Ladrillera Santafé S.A	Explotación	Activo
18964	Alfagres S.A	Explotación	Activo
817	Alfagres S.A	Explotación	Activo
17513	Alfagres S.A	Explotación	Activo





TÍTULO MINERO	NOMBRE DE LA MINA O PREDIO	ETAPA	ESTADO
21094	La Terraza	Explotación	Activo
14103	El Vinculo	Explotación	Activo
19152	Ladrillera Santander Díaz Muñoz	Explotación	Activo
7373	Mincal	Explotación	Activo
BK9-141	El Encanto	Explotación	Activo
HFF-112	Las Margaritas	Explotación	Activo
Sin datos	El Tuno Sabanero	Explotación	Activo

Fuente: Secretaría de Planeación Soacha.

Adicional a esto, se puede observar que las unidades productivas censadas en el municipio de Soacha reportan información sobre lo que corresponde al sector comercial principalmente con un 57%, seguida de servicios con 31%, industrial 11% y la actividad agrícola que corresponde tan solo al 1% (Cámara de Comercio, 2010).

Ahora bien, la actividad empresarial del municipio que reporta mayor concentración es el sector Servicios con un 79,54% de las 4.913 empresas censadas; los otros sectores representativos para la economía local se reportaron que eran industrias manufactureras (16,41%), construcción (3,13%), agricultura (0,51%) y explotación de minas y canteras (0,39%). (Consorcio PGIRS, 2015).

La mayor participación del sector servicios es resultado de la alta concentración del comercio y la reparación de vehículos automotores (45,39%) de las empresas. El sector servicios representó el eje de la economía provincial, al que le sigue el sector de transporte, almacenamiento y comunicaciones con un 10,69%, hoteles y restaurantes 8,41%, actividades de servicios comunitarios y sociales y actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler (4,4%) (Consorcio PGIRS, 2015).

Es importante destacar, que las personas que se declaran desempleadas representan el 25%, en gran parte debido a la estructura productiva del municipio con respecto a la transición de la vocación productiva del municipio de industrial en la década de los años 50 hasta 80, a la de Servicios en los 90, según la encuesta SISBEN (Consorcio PGIRS, 2015).





1.3.4. EMPLEO

El personal ocupado hace referencia a la cantidad de personas que laboran en el establecimiento en un período de tiempo, ya sea trabajadores con contrato a término indefinido, temporal, propietarios, socios, y/o familiares sin remuneración. En Soacha el 52% de las Unidades Productivas censadas genera 1 puesto de trabajo, seguido a esto se encuentran las que generan 2 puestos de trabajo con un 29%. Solo se identificaron 8 Unidades Productivas con más de 200 empleados (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).

1.3.5. USOS DEL SUELO

El territorio municipal según el último plan de ordenamiento territorial, se encuentra dividido en la zona urbana con una extensión de 22 km² y zona rural con área de 161 km² para un total de 183 km² (Alcaldía Municipal de Soacha, 2017). Desde el punto de vista agrológico en el casco urbano de Soacha se presentan asociaciones de suelo de la parte plana, planicies y abanicos y de colinas (Consortio PGIRS, 2015).

En los suelos de la parte plana se encuentra la serie denominada Río Bogotá, ubicada en el plano de inundación del río formando fajas estrechas de gran longitud y a lo largo de sus afluentes como son el río Soacha especialmente en su parte baja y el río Tunjuelo. Esta serie se encuentra en la zona norte central del municipio y son suelos con fertilidad moderada.

Los suelos de planicies y abanicos se localizan sobre la planicie específicamente en los lugares donde la precipitación anual es de 900 mm, allí se encuentran las lagunas de Tierra Blanca y Neuta y en menor proporción al occidente del municipio a excepción de la llanura del Río Bogotá. Debido a que estos suelos son pobremente drenados y de fertilidad moderada exige tener en cuenta los niveles freáticos para el planteamiento y construcción de las obras de saneamiento ambiental.

Por último, en los suelos de colinas se encuentra la Asociación Monserrate y Bojacá. En la primera asociación los suelos son impropios para la actividad de la agricultura y son de baja fertilidad, se presentan en la vertiente oriental de la cuenca media y alta del Río Soacha y en gran parte en la vertiente occidental del sistema hidrológico del embalse de Terreros. Respecto a la segunda asociación, los suelos cubren la cuenca media del río de Soacha, se encuentran en una zona extensa que abarca la parte sur del casco urbano y se extiende sobre las colinas hasta más o menos un kilómetro y medio antes de la margen norte del Muña. Corresponden a suelos de baja fertilidad y susceptibles a la erosión.

1.3.5.1. URBANO Y RURAL

"De acuerdo con la ley 388 de 1997, el suelo se clasifica en rural, urbano y de expansión urbana. Esta condición tiene que ver con dos tipos de consideraciones: las características





y potenciales de uso de los diversos componentes y las demandas de crecimiento de la urbanización.” (Alcaldía Municipal de Soacha, 2017).

El municipio de Soacha se define en cuatro zonas geográficas que corresponden a la cuenca alta del río Soacha a partir del perímetro urbano, la zona urbana contenida al interior del perímetro urbano que está junto con la zona de explotación minera al oriente de la ciudad y las áreas próximas al perímetro urbano que está entre este y el cauce del río Soacha. Adicional a estos, está la cuenca oriental del río Bogotá ubicada entre el perímetro urbano y el cauce de los ríos Soacha y Bogotá y la Cuenca Occidental del río Bogotá. (Alcaldía Municipal de Soacha, 2017)

En lo que respecta al suelo rural, este corresponde a la mayor parte del territorio municipal con un área de 14.473,09 ha conformado por la cuenca media y alta de los ríos Aguas Claras y Soacha, y el embalse del Muña con área de 6.354,46 ha, y por la cuenca media del río Bogotá en las vertientes oriental con un área de 5.704,97 ha y occidental con un área de 5.205,53 ha. La vereda Bosatama de Soacha tiene un alto valor agrológico y su producción va dirigida directamente a Corabastos ya que se ha convertido en una despensa de hortalizas de la ciudad de Bogotá (Alcaldía Municipal de Soacha, 2017).

1.3.6. ASPECTOS AMBIENTALES

El área del municipio presenta un clima clasificado como bosque seco montano bajo en su parte central norte y oriental en aproximadamente un 74% del área, hacia el sur oriente y occidente las condiciones climáticas cambian haciéndose más húmedo hasta alcanzar la denominación de bosque húmedo montano (bh-M) bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque muy húmedo montano (bmh-M) (Alcaldía Municipal de Soacha, 2017).

Las condiciones de temperatura son entre 12 y 18 °C y lluvias promedio anuales entre 500 y 1000 mm para el primer tipo (bs-MB); el segundo (bh-m) que se presenta en la cuenca media del río Soacha tiene como características principales las mismas precipitaciones que el anterior acompañadas de una temperatura entre 6 y 12 °C; y el tercer tipo climático (bh-MB) se caracteriza por presentar una temperatura entre 12 y 18 °C y precipitaciones anuales totales entre 1000 y 2000 mm que corresponde al área limítrofe entre el municipio de Soacha y el municipio de Sibaté (la mayor parte municipio de Sibaté presenta este tipo de clima). El cuarto y último tipo climático (bmh-M) se define como un clima con precipitaciones entre 1000 y 2000 mm y temperaturas entre 6 y 12 °C que comprende el área de subpáramo donde se localiza la cuenca alta del río Soacha (Alcaldía Municipal de Soacha, 2017).





1.3.6.1. HUMEDALES

Los humedales en el municipio de Soacha representan el 0,77% que corresponde a 142,7 hectáreas de la superficie y solo son amparadas como zonas protegidas 67,45 ha correspondientes a los humedales Tierra Blanca y Neuta. El humedal Tierra Blanca es considerado un humedal de acuerdo a la consolidación del sistema de humedales de la jurisdicción de la CAR del 2011 mediante Acuerdo 033 del 2006 y previamente se ha documentado un mal estado del humedal con aguas eutrofizadas, construcción de viviendas en la ronda del humedal, disposición inadecuada de residuos, escombros y vertimientos de aguas servidas (Contraloría Municipal de Soacha, 2016).

El Humedal Neuta es contemplado como humedal según la Consolidación del sistema de Humedales de la jurisdicción de la CAR de 2011 mediante Acuerdo 034 de 2006. Este humedal presenta menor presencia de residuos y escombros específicamente en el sector Ducales. En lo que corresponde al Humedal Tibanica tiene una porción ubicada en el Distrito Capital que es cobijada por el artículo 79 del Decreto 190 de 2004 como Parque Ecológico Distrital y pertenece a la Estructura Ecológica Principal de la Sabana, sin embargo el humedal fue declarado en estado crítico debido a su alta contaminación, disminución de la biodiversidad, alteración física de los suelos y la morfología del humedal y acumulación y disposición de desechos y escombros (Contraloría Municipal de Soacha, 2016).

1.3.6.2. PÁRAMOS

En el municipio de Soacha los páramos son ecosistemas que representan el 19,97% (3682,98 ha) del territorio, son la fuente de producción hídrica de las quebradas Aguas Claras, San Antonio, La Honda y Chuscal, así como también del río Soacha. Parte del área de páramos (2650 ha) en Soacha es cobijada mediante la resolución 76 de 1977, artículo No. 2 donde se declara como área de reserva forestal protectora. Una de las problemáticas que se registran en los páramos es la expansión de la frontera agrícola, que va de la mano con el uso de agroquímicos, remoción de cobertura vegetal y suelo lo que influye afectando la captación y calidad de agua de los recursos hídricos del municipio (Contraloría Municipal de Soacha, 2016).

Adicional a esto, la tala de vegetación de páramo y subpáramo para la producción de carbón vegetal, leña, o utilizar terrenos con ganadería extensiva, la apertura de carreteras, la industria extractiva, la colmatación de pantanos y la contaminación de las fuentes hídricas, son amenazas que modifican la estructura de páramo de la región. (Alcaldía Municipal de Soacha, 2017)

1.3.6.3. RECURSO HÍDRICO

Los cuerpos hídricos que se encuentran en el municipio son el Río Soacha, Aguas claras, Quebrada Honda, Quebrada las Mirlas, Quebrada Hungría, Quebrada Tibanica y





Quebrada Chorreros. Estos cuerpos excluyendo el Río Soacha hacen parte de la cuenca del Muña y abastecen acueductos de Sibaté, enriquecen aguas del río Blanco que a su vez abastece acueductos de Silvania y llegan al río Sumapáz (Alcaldía Municipal de Soacha, 2017).

El Río Soacha nace a una altitud de 3.400 m.s.n.m, en la parte alta de la vereda Hungría, en el sitio conocido como Piedra Parada en límites con la zona rural del Distrito Capital y recorre las veredas de Fusungá y Panamá, atravesando el área urbana en dirección sur a norte y continúa su curso hasta la vereda Bosatama en donde desemboca en el Río Bogotá. Su extensión es de 17 kilómetros, 11 de ellos en su zona rural. (Alcaldía Municipal de Soacha, 2017)

A partir de la Granja ICA se presentan vertimientos de aguas residuales que afectan el río Soacha y además es objeto de disposición de residuos sólidos. Estos vertimientos continúan presentándose aguas abajo (Alcaldía Municipal de Soacha, 2017).

1.4. ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS DE LAS ESTACIONES EN Y CERCA A SOACHA

1.4.1. METODOLOGÍA

Se realizó un análisis de varianzas de las distintas series de los parámetros meteorológicos precipitación, temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, con el objeto de identificar las tendencias en el comportamiento de los promedios de las variables meteorológicas en las series de los diferentes parámetros meteorológicos.

Posteriormente se continuó con el análisis decenal de las series de tiempo generadas con los datos mensuales de precipitación, donde se promediaron los datos mensuales por décadas, desde la década de 1960 hasta la década del 2010; con el ánimo de establecer el incremento o el descenso que ha experimentado las variables temperatura, precipitación, brillo solar y humedad por décadas durante los últimos 50 años.

Seguidamente, se elaboró un análisis de tendencias, con el fin de establecer el comportamiento y la inclinación de las series de los parámetros meteorológicos establecidos.

1.4.1.1. ANÁLISIS PRELIMINAR Y SELECCIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Este análisis se estructuró a partir de la revisión de información climatológica disponible de las estaciones operadas por el IDEAM para el municipio de Soacha, a partir de esto se obtiene un listado de las estaciones disponibles, que se muestra en la siguiente tabla.



Tabla 2. Estaciones disponibles del IDEAM y la CAR.

CODIGO	CAT	NOMBRE	CORRIENTE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FECHA_INST	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD
2120701	LG	PTE BOSA	TUNJUELO	BOGOTA D.C.	BOGOTA	15-Jul-26	2550	4.60	-74.20
2120020	PM	HATO EL	CHISACA	BOGOTA D.C.	BOGOTA	15-Jun-28	3150	4.38	-74.18
2120126	PM	PORVENIR EL	BOGOTA	CUNDINAMARCA	EL COLEGIO	15-Feb-52	1350	4.55	-74.32
2120542	AM	TIBAITATA	BALSILLAS	CUNDINAMARCA	MOSQUERA	15-Mar-54	2543	4.69	-74.22
2120051	PG	SIBATE APOSTOLICA	MUNA	CUNDINAMARCA	SIBATE	15-May-56	2618	4.52	-74.25
2120059	PM	TUNAL EL CANDELARI	TUNJUELO	BOGOTA D.C.	BOGOTA	15-Apr-57	2599	4.57	-74.15
2120060	PG	GUARANI EL PENON	BOGOTA	CUNDINAMARCA	SIBATE	15-Sep-59	2800	4.43	-74.30
2120166	PG	FUTE	BOGOTA	CUNDINAMARCA	SOACHA	15-Sep-59	2607	4.60	-74.28
2120039	PM	BELLO HORIZONTE	BOGOTA	CUNDINAMARCA	TENA	15-Jan-60	1380	4.62	-74.35
2120755	LM	SAN JORGE GJA	SOACHA	CUNDINAMARCA	SOACHA	15-Apr-60	2952	4.50	-74.18
2120172	PG	SAN JORGE GJA	SOACHA	CUNDINAMARCA	SOACHA	15-Apr-60	2890	4.52	-74.20
2120572	CO	SAN JORGE GJA	SOACHA	CUNDINAMARCA	SOACHA	15-Apr-60	2900	4.51	-74.19
2120534	CO	ACDITO BOSA	TUNJUELO	BOGOTA D.C.	BOGOTA	15-Jan-61	2585	4.62	-74.18
2120802	LG	ISLA LA	BOGOTA	BOGOTA D.C.	BOGOTA	15-Oct-65	2537	4.63	-74.22
2120561	CP	MUNA	BOGOTA	CUNDINAMARCA	SIBATE	15-Jul-66	2565	4.55	-74.25
2120099	PM	CANOAS	BOGOTA	CUNDINAMARCA	SOACHA	15-Sep-67	2670	4.57	-74.30
2120211	PG	HUERTAS LAS	BOGOTA	CUNDINAMARCA	SOACHA	15-Nov-68	2572	4.58	-74.23
2120806	LG	HUERTAS LAS	BOGOTA	CUNDINAMARCA	SOACHA	15-Nov-68	2572	4.58	-74.23



CODIGO	CAT	NOMBRE	CORRIENTE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FECHA_INST	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD
2120634	ME	PARAISO PERDIDO	MUNA	CUNDINAMARCA	SIBATE	15-Dec-87	2700	4.47	-74.37
2120630	CP	DONA JUANA	TUNJUELO	BOGOTA D.C.	BOGOTA	15-Mar-89	2700	4.50	-74.17
2120661	CO	EFRAIN CAÑAVERAL	SAN FRANCISCO	BOGOTA D.C.	BOGOTA	15-Nov-01	2804	4.59	-74.07

Tabla 3. Estaciones utilizadas en el estudio.

CODIGO	CAT	NOMBRE	CORRIENTE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FECHA_INST	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD
2120020	PM	HATO EL	CHISACA	BOGOTA D.C.	BOGOTA	15-Jun-28	3150	4.38	-74.18
2120542	AM	TIBAITATA	BALSILLAS	CUNDINAMARCA	MOSQUERA	15-Mar-54	2543	4.69	-74.22
2120051	PG	SIBATE APOSTOLICA	MUNA	CUNDINAMARCA	SIBATE	15-May-56	2618	4.52	-74.25
2120060	PG	GUARANI EL PENON	BOGOTA	CUNDINAMARCA	SIBATE	15-Sep-59	2800	4.43	-74.30
2120166	PG	FUTE	BOGOTA	CUNDINAMARCA	SOACHA	15-Sep-59	2607	4.60	-74.28
2120172	PG	SAN JORGE GJA	SOACHA	CUNDINAMARCA	SOACHA	15-Apr-60	2890	4.52	-74.20
2120572	CO	SAN JORGE GJA	SOACHA	CUNDINAMARCA	SOACHA	15-Apr-60	2900	4.51	-74.19
2120561	CP	MUNA	BOGOTA	CUNDINAMARCA	SIBATE	15-Jul-66	2565	4.55	-74.25

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.





El siguiente paso es el proceso de selección de la información útil, con el objeto de lograr establecer que las series de tiempo disponibles para el análisis se desarrollen de manera continua y lo más extensas posibles, se descartan las estaciones con menos de 30 años de registro de datos, las estaciones seleccionadas se muestran en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**

El registro de información en las estaciones seleccionadas es diario, pero para el análisis de variabilidad climática se emplearon los registros mensuales, estos se generaron a partir de los datos diarios observados en las estaciones seleccionadas, para el análisis de la variable brillo solar se contó con una estación lo mismo que para el análisis de humedad, para la variable precipitación se contó con ocho estaciones y para las variables temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima se contó con una estación.

1.4.1.2. ANÁLISIS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Se conformaron las series de estudio con decenas (periodos de 10 años), con base en los datos observados en cada estación.

Seguido a esto se construye la serie de datos estandarizados de las variables climáticas siguiendo la metodología de Storch & Zwiers (1999), con el fin de visualizar más fácilmente los eventos extremos de variabilidad climática (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), para esto se toma el valor de cada mes se le resta el promedio histórico de ese mes y esa diferencia se divide entre la desviación estándar de cada mes, el resultado se gráfica y se obtiene la serie datos estandarizados.



Figura 2. Serie de datos estandarizados de precipitación para la estación Fute (2120166).

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

Para la variable climática precipitación se crea el histograma de precipitación a partir del promedio de los datos mensuales anuales del periodo de registro, para poder ver la distribución anual de precipitación como se muestra en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**



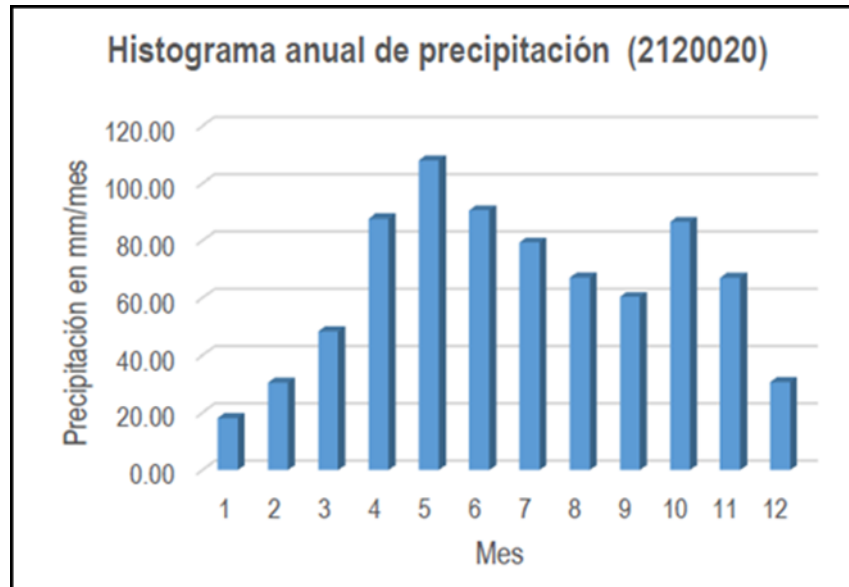


Figura 3. Distribución anual de la precipitación.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

Posteriormente con la misma información de datos mensuales anuales, se genera una tabla con los promedios mensuales durante cada decena, estos datos servirán para establecer el análisis de variabilidad histórico de cada mes.

Tabla 4. Distribución decenal de precipitación para la estación 2120020.

Decena	Prom Ene	Prom Feb	Prom Mar	Prom Abr	Prom May	Prom Jun	Prom Jul	Prom Ago	Prom Sep	Prom Oct	Prom Nov	Prom Dic
1941-1948	17.86	24.03	34.04	94.21	116.37	78.57	61.83	67.19	52.61	82.68	56.48	27.86
1949-1958	21.43	30.48	58.46	75.89	96.93	83.10	73.33	51.28	63.37	100.59	59.80	27.09
1959-1968	10.27	18.94	37.55	82.94	91.05	96.83	80.78	66.16	50.47	75.97	77.87	22.95
1969-1978	21.82	29.57	38.82	82.45	96.60	94.74	77.78	74.57	65.35	100.44	66.19	31.40
1979-1988	13.43	41.57	42.36	88.94	94.10	84.96	73.29	76.37	59.42	84.19	58.28	32.08





Decena	Prom Ene	Prom Feb	Prom Mar	Prom Abr	Prom May	Prom Jun	Prom Jul	Prom Ago	Prom Sep	Prom Oct	Prom Nov	Prom Dic
1989-1998	20.75	31.58	65.49	75.01	123.44	77.84	89.81	65.03	58.07	63.04	71.58	34.01
1999-2008	18.87	34.38	56.14	106.43	137.48	109.60	82.63	69.70	71.88	100.41	72.46	37.72
2008-2010	28.80	32.60	51.80	134.50	116.90	111.15	131.50	61.70	57.05	73.80	86.55	49.15

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

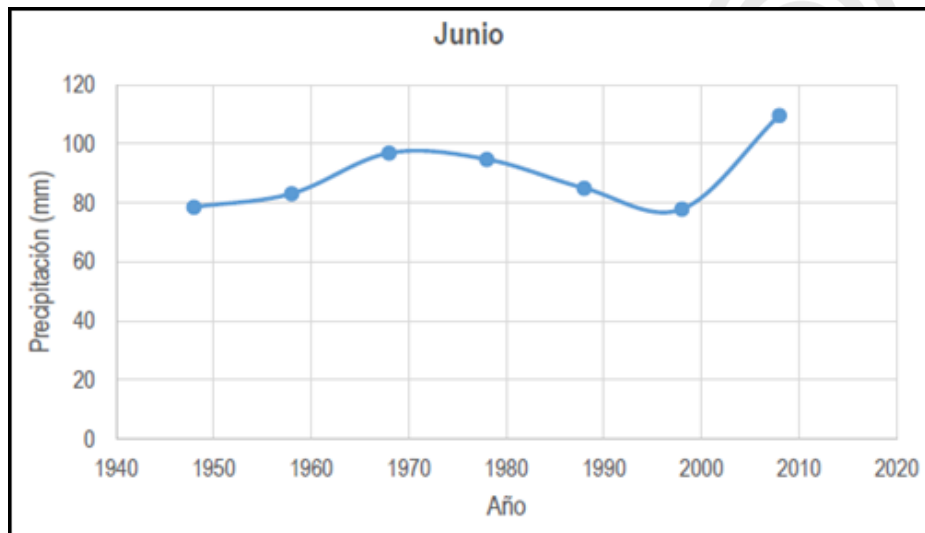


Figura 4. Análisis decenal de precipitación para la estación El Hato (2120020).

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

Para el análisis de balance hídrico y clasificación climática se adopta la metodología de Thornthwaite que se explica a continuación:

La clasificación climática de Thornthwaite es independiente de índices deducidos de la fisonomía vegetal, encuentra así una base real y una orientación nueva ya que los índices que necesitan se establecen con valores de elementos del clima mismo y presenta, por lo tanto, grandes ventajas sobre casi todos los demás sistemas de clasificación climática.

Thornthwaite propone un elemento climatológico sintético: la evapotranspiración potencial, definida como la cantidad de agua que se podría evaporar de la superficie del suelo y la que transpirarían las plantas, si el suelo estuviera a capacidad de campo, es





decir, si tuviera un contenido máximo (óptimo) de humedad o también, como la altura de agua que podría evaporarse a partir de una superficie cubierta de césped, durante un mes, si estuviese siempre abastecida de agua y el suelo nunca estuviese seco.

Thornthwaite señala que la importancia de la precipitación sobre la vegetación no solo depende de su cantidad sino también del valor de la evaporación, si la evaporación es grande será utilizable una cantidad menor de precipitación que en el caso en que la evaporación fuese pequeña.

Las clases de clima que se determinan con este método son de gran utilidad en la descripción de las regiones naturales y en los problemas geográficos con ella vinculados (aunque solo se han establecido mapas regionales basados en el mismo), como la clasificación de los grandes grupos de suelos y la fitogeografía, así como todo lo relacionado con los recursos hídricos.

Thornthwaite en 1948 introdujo el concepto de evapotranspiración potencial como elemento principal para definir sus clases climáticas, que a diferencia de otros métodos no considera la transpiración de las plantas. Es decir, el esquema del ciclo hídrico es más completo y, por ende, una vez realizado, puede definirse con más certeza si una región es húmeda o seca.

La base de este sistema la constituye las doce temperaturas medias mensuales, las doce totales de precipitación media mensual y sus respectivos valores anuales.

Thornthwaite introdujo el concepto de evapotranspiración potencial e hizo una regresión entre mediciones de evapotranspiración y temperatura, y determinó una fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial mensual (E_t , en mm), que depende de la temperatura media mensual (T , en °C), de un índice calórico anual (I , función de los meses) y de la latitud del lugar (como indicativo de la duración del día).

$$E_t = 16 * (10 * T/I)^a$$

Donde:

E_t = evapotranspiración potencial no ajustada.

T = temperatura media mensual, °C

I = índice calórico anual (adimensional y función de los índices calóricos mensuales)

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

$$a = 6.75 * 10^{-7} * I^3 - 7.71 * 10^{-5} * I^2 + 0.0179 * I + 0.49239$$

Para calcularla es necesario, por lo tanto, definir primero el índice calórico anual que está dado por la siguiente expresión:

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$





Donde:

i = índice calórico mensual (adimensional)

T = temperatura promedio de cada mes.

Este índice obedece a la expresión deducida empíricamente y que puede obtenerse a partir de tablas o figuras elaboradas con base en esa fórmula.

Dado que la formula, para calcular Et está elaborada sobre la base de un mes de 30 días con una exposición de rayos solares de 12 horas cada uno, es necesario corregir los valores resultantes multiplicándolos por un factor mensual (F) que depende de la altitud del lugar adecuadas según el hemisferio donde esté ubicado el lugar.

Disponiendo de un valor mensual de precipitación y de la evapotranspiración potencial ajustada Ep y definida como la capacidad de campo para cada sitio, es posible realizar el balance hídrico del cual se obtendrán los índices necesarios para establecer el tipo de clima según Thornthwaite.

Este sistema involucra los conceptos de humedad que se reflejan en la utilización de índices que se definen teniendo en cuenta la precipitación media anual P, la evapotranspiración potencial anual Ep, el déficit o insuficiencia de agua anual D y el exceso de agua E.

Relación de humedad (RH): está dada por la siguiente expresión:

$$RH = (P - Ep)/Ep.$$

Índice de humedad (Ih): está dado por la relación entre el exceso anual (Ex) y la evapotranspiración potencial anual, expresada en porcentaje:

$$Ih = (Ex/Ep)*100$$

Índice de aridez (Ia): está dado por la relación entre la deficiencia anual y la evapotranspiración potencial anual, expresada en porcentaje:

$$Ia = (D/Ep)*100$$

Estos índices son consecuencia del dominio de elementos durante cierta época del año, que nos determina la variación estacional de la humedad efectiva.

Factor de humedad (Fh): en esta expresión, se hace una consideración anual del comportamiento de los elementos climáticos, utilizando para ello el 100% índice de humedad y el 60% del índice de aridez.

$$Fh = Ih - 0.6*Ia = (100*E-60D)/Ep$$

Si $Fh \geq 0$ = clima húmedo

Si $Fh < 0$ = clima seco

Índice de eficiencia termal = Ep





Coeficiente de concentración estival: es una expresión en porcentaje de la suma de la evapotranspiración potencial (Epi) de los tres meses consecutivos con temperatura media mensual más alta:

$$CE = (Epi/Ep)*100$$

Thornthwaite da más importancia al índice de humedad que al de aridez por considerar que 152mm de exceso en un periodo húmedo, suplen el déficit de 245mm presentado en un periodo de sequía. El Fh es el criterio fundamental para determinar la primera letra de la clasificación de los nueve tipos climáticos mayores (A, B4, B3, B2, B1, C2, C1, D y E).

Puesto que tal factor adimensional puede oscilar entre -60 y más de 100, Thornthwaite asumió como climas húmedos aquellos cuyo Fh es superior a 0, con 5 rangos de 0 a 100 para los semihúmedos y húmedos y, uno superior a 100 para el clima superhúmedo. De igual forma fijo los climas seco y árido como aquellos con $Fh < 0$ y dividió el intervalo de 0 a -60 en tres rangos iguales para esos climas.

La segunda letra de la clasificación se otorga considerando la variación estacional de la humedad efectiva y son los índices de humedad y aridez los utilizados para tal efecto. Para los climas C, A2, y B, en todos sus rangos, la variación estacional de la humedad efectiva la determina el índice Ia, y para los climas C1, D y E se utiliza el índice Ih.

La tercera letra está dada por el carácter térmico expresado en la evapotranspiración potencial, que se calcula en función de la temperatura media mensual; para Thornthwaite esto constituye un índice de eficiencia termal.

Tomando como base una temperatura de 23°C, sin producirse variaciones importantes durante el año en la zona ecuatorial, la evapotranspiración potencial anual (Ep) es de 1.14mm, índice utilizado para separar las regiones mesotermiales de las megatermales. Las regiones que siguen de la mesotermal son deducidas por medio de una progresión aritmética descendente, a partir del valor de 1.14mm.

La cuarta y última letra de la clasificación, se define por medio de la denominada concentración estival de la eficiencia termal CE. La CE se define teniendo en cuenta que, en el Ecuador, la temperatura media no presenta grandes variaciones a través del año y por ello se considera constante. Acá cualquier agrupación de tres meses representa más o menos un 25% del valor total anual. A medida que nos acercamos a los polos, tal concentración va aumentando grandemente hasta llegar al 100%.

1.4.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

1.4.2.1. TEMPERATURA

Los datos de temperatura analizados de la estación Granja San Jorge localizada en la vereda San Jorge del municipio de Soacha arroja los siguientes datos.



Los datos de temperatura existentes sobre la región muestran una tendencia estacional bien marcada donde se diferencia las épocas secas de las épocas húmedas. En la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observa que las temperaturas máximas fluctúan alrededor de los 16,3 °C arrojando las mayores temperaturas durante los meses de enero con 16,9 °C y febrero con 17,1 °C, en tanto que, las temperaturas medias fluctúan alrededor de los 11,8 °C presentan sus valores más bajos durante los meses de julio con 11,4 °C y agosto con 11,6 °C. Las temperaturas mínimas fluctúan alrededor de 7,0 °C y presentan sus valores más bajos durante los meses de enero con 6,2 °C y febrero con 6,7 °C.

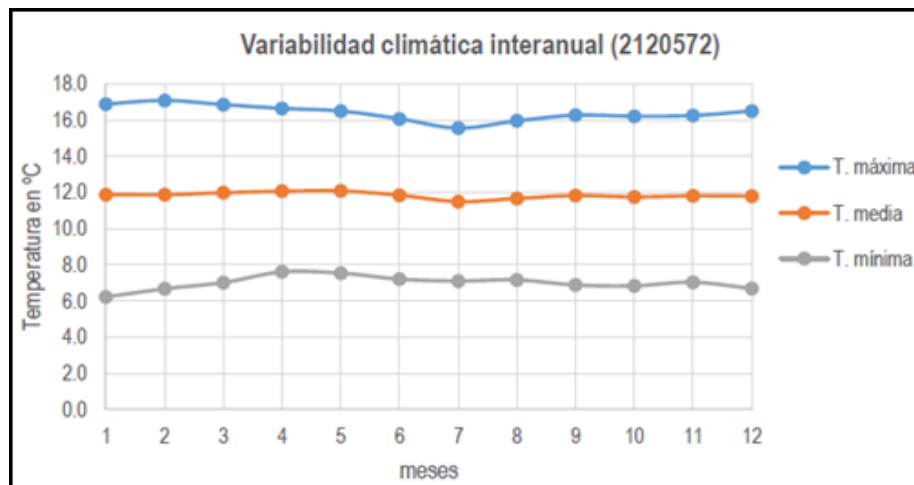


Figura 5. Variabilidad climática interanual estación Granja San Jorge (2120572).

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

De la anterior gráfica se infiere, que los meses con mayor amplitud diurna de temperatura son los meses de diciembre y enero, razón por la cual son los meses que registran mayores valores de temperaturas durante las horas del día y bajas temperaturas durante las horas de la noche, razón por la cual se genera un incremento de la tasa evaporativa produciendo resequedad en los suelos durante esos meses. Los meses con menor amplitud diurna de temperatura son los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto.

Las series de la estación Granja San Jorge del municipio de Soacha, posee datos desde el año 1978 hasta el año 2015 como se puede apreciar en la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, lo cual permitió realizar un análisis decenal de temperaturas con el ánimo de examinar las tendencias de los valores promedio de esta variable en cada década. Lo anterior, posibilitó observar si hubo una tendencia hacia el incremento o hacia la disminución de los valores registrados en cada uno de los meses a largo plazo.



1.4.2.1.1. TEMPERATURA MÁXIMA

Como resultado del análisis de las temperaturas Máximas, se obtuvo que estas temperaturas presentan una tendencia hacia el incremento, en donde durante la década de los 80 se registraban temperaturas máximas que fluctuaban desde los 14,5°C hasta los 16,8°C, en tanto que; durante la decena de los 2010 las temperaturas máximas pasaron a fluctuar entre los 17,1°C y los 18,3°C, eso para la parte alta del municipio de Soacha (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), allí se puede visualizar una tendencia al incremento de temperatura para todos los meses, siendo julio el mes que presenta los mayores incrementos pasa de registrar valores promedios de 14,5°C en la década de los 80`s a 17,1°C en los años 2010 (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Cabe anotar, que las temperaturas máximas decrecen durante los meses de mitad de año en este sector, eso se debe al aporte de nubosidad que hace el régimen climático de los llanos Orientales sobre la zona del Sumapaz, cual gracias a los vientos alisios del sur este; depositan la humedad en toda la zona de pie de monte y, aun así, arrastran los remanentes de nubosidad hacia la zona de páramo y el flanco occidental de la cordillera oriental. Adicionalmente, es de anotar que las temperaturas máximas en la decena 1999-2008 fueron relativamente bajas línea gris (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), debido a que esta fue una década lluviosa con alta presencia de nubosidad; lo cual redujo la intensidad de incidencia de radiación solar sobre la superficie del suelo.

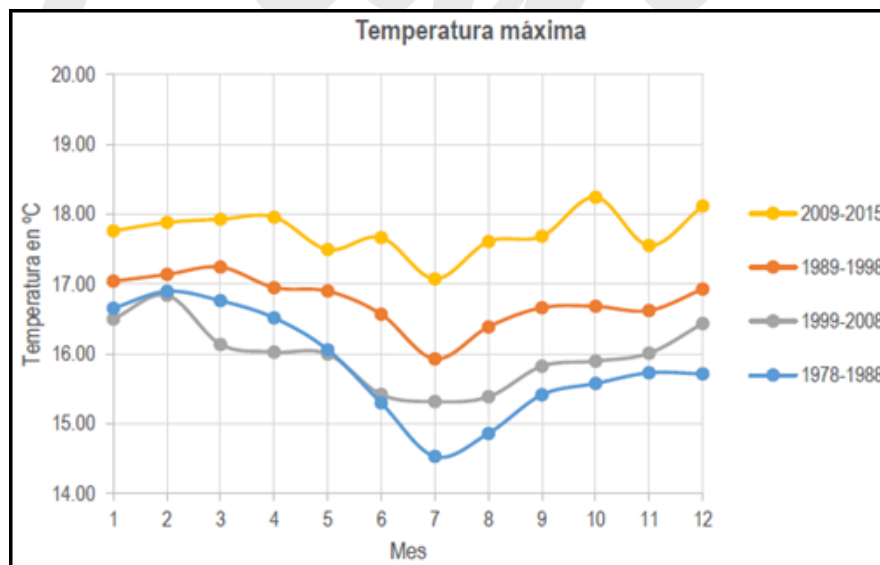


Figura 6. Distribución anual de temperaturas máximas por decenas entre 1978 y 2015.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



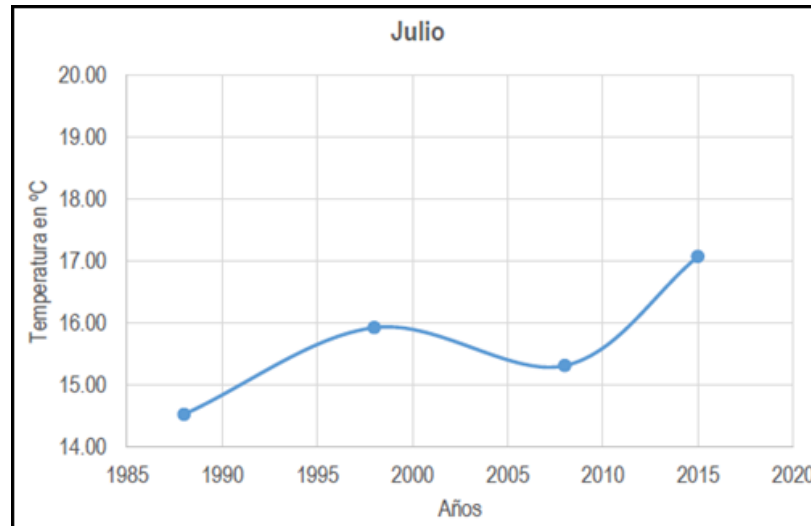


Figura 7. Análisis decenal de temperatura máxima entre 1978 y 2015.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

1.4.2.1.2. TEMPERATURA MEDIA

En cuanto a las temperaturas medias se refiere (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), se observa una marcada tendencia al incremento, siendo este incremento moderado para los meses de marzo y octubre. Adicionalmente, se aprecia un desplazamiento en las temperaturas promedias decenales, en donde se pasa de unas temperaturas medias que fluctuaban entre de 11,0 y 12,2 °C durante la década de los 80, a otras medias que fluctuaron entre 12,7 y 13,6 °C durante la decena de 2009 a 2015, siendo el mes de agosto el que presenta la mayor amplitud de crecimiento desde 11,3 °C en la decena de los 80 hasta 12,9 °C en la decena de los 2010, (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El crecimiento poblacional y la expansión de las áreas urbanas, ha propiciado la tala de árboles y el corrimiento de las áreas rurales, este hecho hace que la proliferación de las obras y construcciones civiles incrementen el potencial de absorción de energía, haciendo que las circulaciones locales se tornen más intensas y por tanto los meses de mitad de año (meses de las cometas) se vuelvan más cálidos (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Es digno de resaltar el comportamiento de la temperatura en la década 1999-2008 línea gris (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), donde se aprecia la reducción de los valores de temperatura por la frecuencia de las lluvias y la alta nubosidad durante ese período. Similar a lo que ocurre con las temperaturas máximas, las medias tienden a disminuir durante los meses de julio debido a la aparición de nubosidad procedente de los llanos orientales.



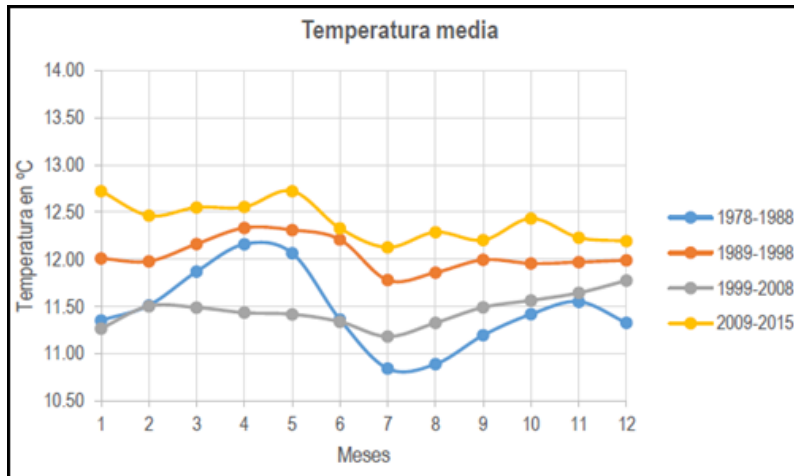


Figura 8. Distribución anual de temperaturas medias por decenas entre 1978 y 2015.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

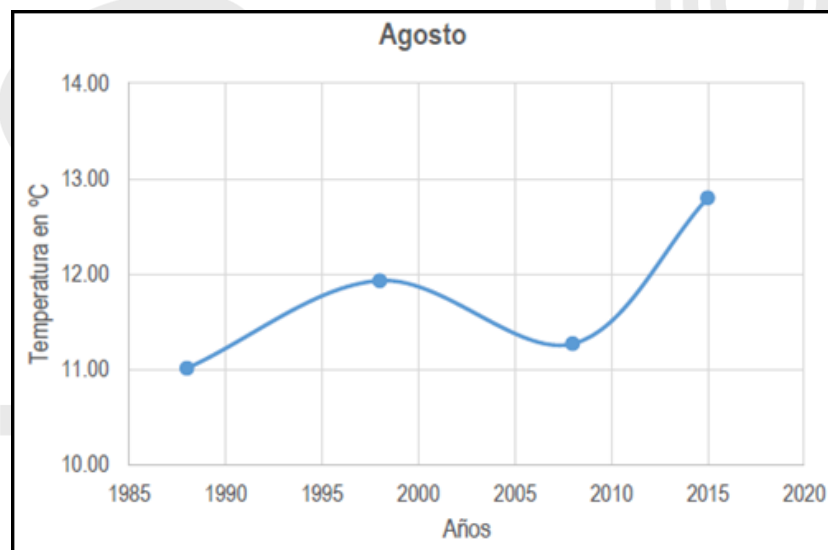


Figura 9. Análisis decenal de Temperaturas medias entre 1978 y 2015.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

1.4.2.1.3. TEMPERATURA MÍNIMA

En el municipio de Soacha históricamente las temperaturas mínimas se registran durante los meses de diciembre, enero y febrero, siendo enero el mes que aglutina el mayor número de días con bajas temperaturas, estos meses presentan alta susceptibilidad a la producción de heladas, eventualmente; allí también ocurren descensos de temperaturas durante los meses de mitad de año y si hay corrimiento en los períodos de lluvias estos descensos también pueden presentarse durante los meses de septiembre y octubre.



En las temperaturas mínimas de la región (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), se observa una tendencia al incremento de los valores durante los meses de mayo, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, lo cual es el resultado del efecto invernadero natural que genera la alta nubosidad durante estos meses debido la presencia de la zona de confluencia intertropical-ZCIT. Allí se pasó de unas temperaturas mínimas que fluctuaban entre 5,6 y 6,4 °C durante la década de los 80 a unas temperaturas promedio de 6,6 y 8,3 °C durante la decena 1999-2008. Claro, es necesario resaltar que esa decena (1999-2008) fue inusualmente lluviosa y por tanto los suelos no sufrieron de estrés hídrico por déficit, lo cual ayudó a la retención de energía por parte de los suelos durante las horas de la noche.

Julio fue el mes que presentó mayor tendencia al incremento de sus temperaturas mínimas, donde pasó de registrar valores de 5,8 a 7,9 °C (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), ciertamente esa cifra de 7,9 se logra en la decena de los 2000 y como ya hemos dicho esa decena fue anómalamente lluviosa.

El anterior análisis de temperaturas máximas, medias y mínimas se realizó para la estación 2120572 localizada en la parte alta del municipio de Soacha, para la zona media y baja del municipio no se pudo realizar dicho análisis, debido que; cuando se realizó un intento de estimación de esas temperaturas con la ayuda del gradiente vertical de temperatura y la proyección topográfica desde la estación anteriormente analizada (2120572) hacia las zonas media y baja, se detectó que el patrón climático en la zona media es diferente al de la zona alta (este está regido por la circulación valle-montaña-valle) y el de la parte baja tiene otro patrón climático parecido al de la parte sur de la sabana de Bogotá (Mosquera y zona árida de Sanbrinski), y por tanto estas zonas son más susceptibles a presentar mayores amplitudes diurnas de temperaturas debido a la proximidad a la zona seca y a la influencia urbana.

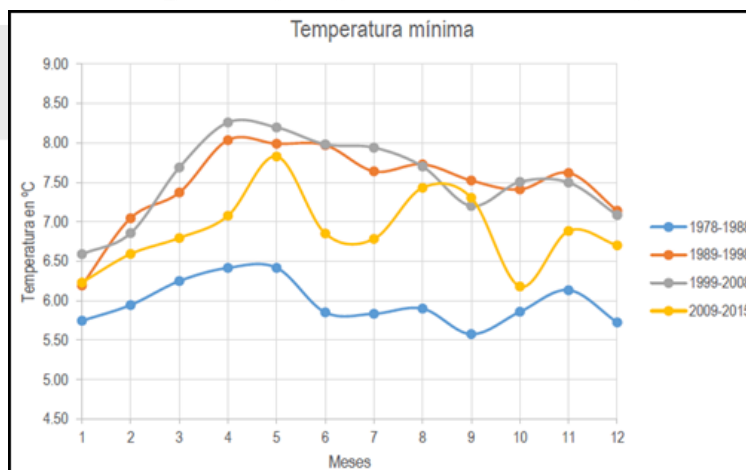


Figura 10. Distribución anual de temperaturas mínimas por decenas entre 1978 y 2015.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



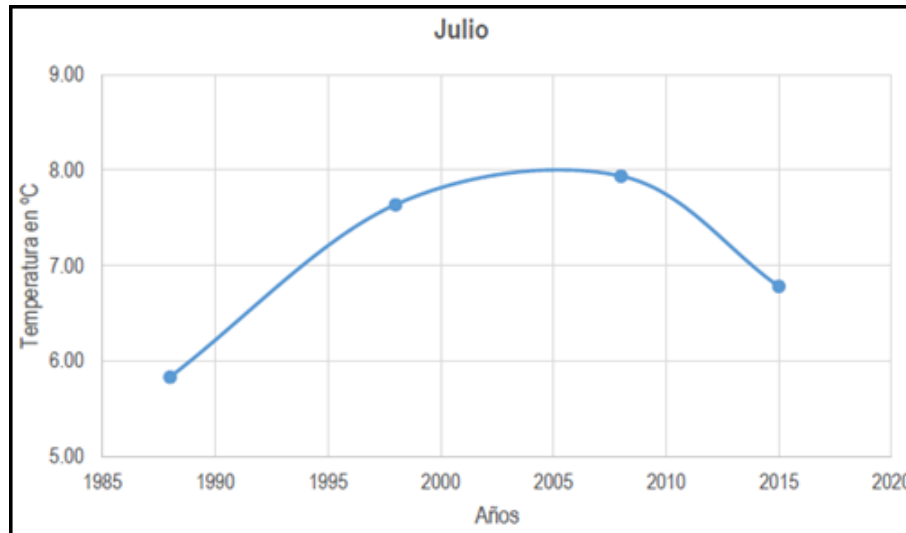


Figura 11. Análisis decenal de temperaturas mínimas entre 1978 y 2015.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

1.4.2.2. PRECIPITACIÓN

La precipitación es el término general que abarca las lluvias, nevadas y otras formas de agua líquida o congelada que cae de las nubes. La precipitación es intermitente y cuando ocurre, su carácter depende de las condiciones del tiempo y la temperatura. Las condiciones meteorológicas determinan el suministro de humedad a través de los vientos y la evaporación en superficie y la forma en que se agrupan las nubes en las tormentas (IPCC 2007).

En la medida en que el calentamiento global y el cambio climático se hace más latente, se genera influencia directa en la extensión y severidad de las sequías e inundaciones durante las épocas húmedas, dado que un clima más cálido intensifica la circulación general atmosférica, aumentando los riesgos de sequía en los territorios donde no llueve regularmente y de inundaciones en los territorios donde llueve regularmente, evidencias directas se pueden constatar con lo vivido en Colombia durante los últimos años.

Los regímenes de precipitación en este sector son condicionados por los eventos ENOS (El Niño-La Niña Oscilación del Sur) dentro de la escala climática de variabilidad interanual y por el doble paso de la zona de confluencia intertropical y las ondas MJO dentro de la escala de variabilidad intranual.

La Niña es la fase fría de los eventos ENOS. Los fenómenos ENOS, son impulsados por el desplazamiento de masas de aguas frías en el océano pacífico ecuatorial central y oriental. La Niña corresponde a la fase fría frente a las costas suramericanas, intensificación de los vientos alisios y subsecuente intensificación de la corriente fría de



Humboldt, por tanto, intensificación de la surgencia y en consecuencia aumento de la concentración de nutrientes frente a las costas suramericanas.

El Niño es conocido como la fase cálida de los eventos climáticos ENOS, donde se incrementan la temperatura en el océano pacífico central y frente a las costas suramericanas, bajo la presencia de este evento la circulación oceánica se invierte, produciendo interrupción de la surgencia frente a las costas de Suramérica y por tanto la circulación general se invierte y en consecuencia las celdas productoras de lluvias cambian de localización, generando lluvias en lugares usualmente secos y castigando con sequías a otros lugares, que climáticamente cuentan con suficientes volúmenes de precipitación.

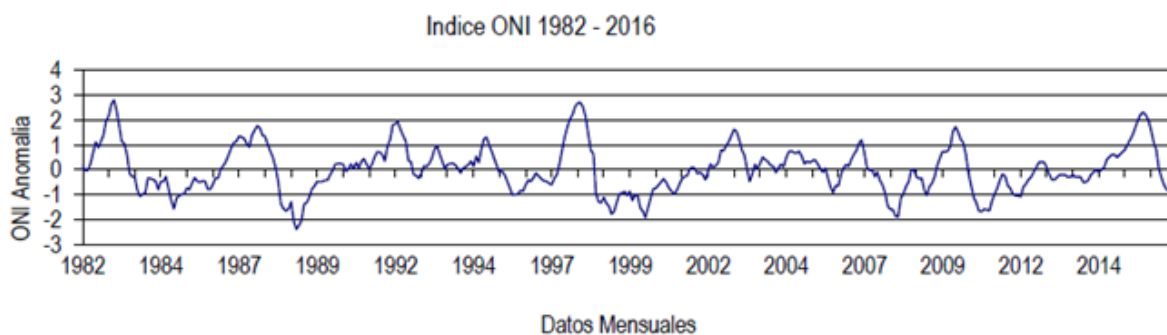


Figura 12. Índice oceánico (ONI).

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



En la actualidad se cuenta con herramientas e indicadores para determinar la fase en la que se encuentran los eventos climáticos y su estado de desarrollo. Los índices más empleados son el índice multivariado, MEI ("Multivariate Enso Index") y el índice oceánico, ONI ("Oceanic Niño Index") que a la vez se basa en el índice Niño 3,4 (Díaz, 2008) (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Examinando las precipitaciones se observa en todas las estaciones un régimen de precipitación bimodal con dos máximos, uno durante los meses de marzo, abril, mayo y el otro durante los meses de septiembre, octubre y noviembre (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), en donde se registran volúmenes de precipitación anuales en promedios de alrededor de 731 mm en la parte alta de la cuenca, en la parte media 626 mm en la parte media y en la parte baja de 548 mm en la zona seca próxima al río y 680 mm en la zona de pie de monte.



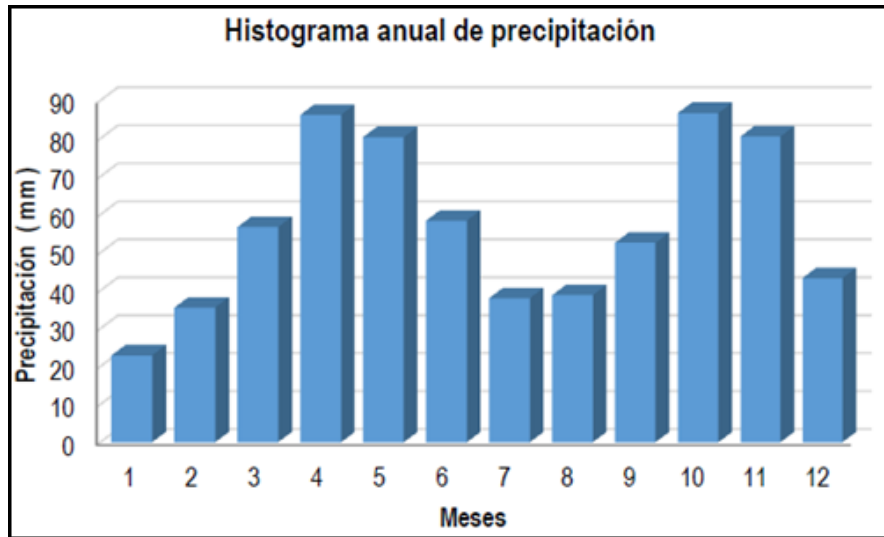


Figura 13. Histograma de la distribución anual de la precipitación.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

Es de anotar que el número de días con lluvias es mayor en la parte alta, lo cual sugiere que las lluvias en la parte alta son más frecuentes que en la parte baja, pero de menor intensidad; lo que indica que las gotas de agua son más pequeñas y por tanto la energía de impacto (energía potencial) sobre el suelo es menor y por tanto su potencial erosivo es leve. Sin embargo, con la tendencia de calentamiento, se aprecia que la circulación tiende a empujar mayores cantidades de vapor de agua hacia las laderas de las montañas y por ende se visualiza la tendencia hacia el incremento en las cantidades de lluvias y el subsecuente incremento en el diámetro de las gotas, lo cual incrementaría el potencial erosivo en la parte alta de la región.

Análisis con base en la selección de estaciones según su ubicación en la parte alta, media y baja del municipio de Soacha. Las estaciones seleccionadas se encuentran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 5. Estaciones ubicadas en las zonas de análisis.

UBICACIÓN	CÓDIGO	MUN.	LATITUD	LONGITUD
Zona Alta	21205720	CHACUA CABRERA	4,50575	-74,189278
	21200200	BOGOTA DC	4,383333	-74,183333
Zona Media	21200510	SIBATE	4,516667	-74,25
Zona Baja	21201660	SOACHA	4,6	-74,283333

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



1.4.2.2.1. PARTE BAJA - ESTACIÓN 2120166

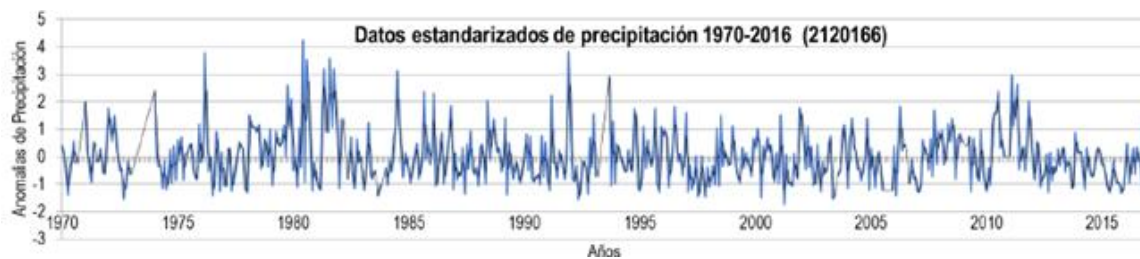


Figura 14. Serie de datos estandarizados de precipitación para la parte baja de Soacha.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

El análisis de la serie de datos estandarizados de precipitación para la parte baja del municipio de Soacha presenta una moderada variabilidad en la serie, con un coeficiente de variación de 0,76 (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**) lo cual sugiere que la zona es relativamente estable climáticamente, sin embargo, es afectada por la presencia de eventos climáticos extremos: eventos cálidos El Niño y eventos fríos La Niña similar al resto de la sabana de Bogotá.

La región situada en la parte baja del municipio presenta un clima semiseco, déficit de agua poco o nada y poco o nada superávit de agua, mesotermal con temperatura media del aire que fluctúa alrededor de los 13.7 °C, temperatura del suelo que fluctúan alrededor 14°C y temperatura del agua 12.2°C.

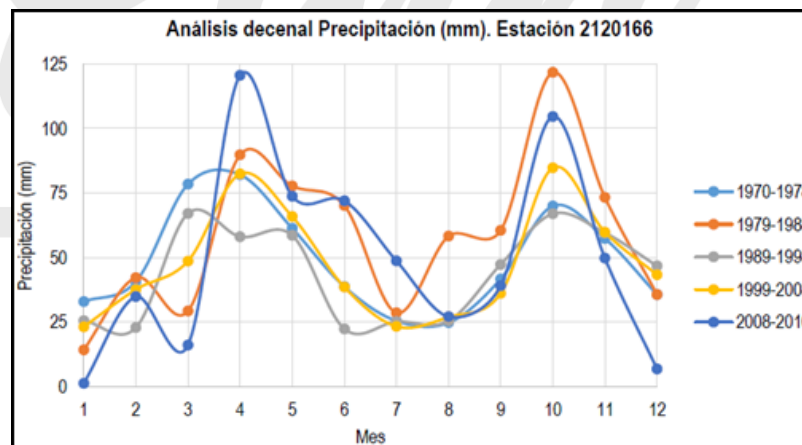


Figura 15. Distribución anual de precipitación por decenas parte baja de Soacha entre 1970 y 2010.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

El análisis decenal de las precipitaciones en las estaciones que se encuentran en las zonas cercanas al Río Bogotá (2120166, 2120561) no muestra una marcada tendencia hacia el incremento o hacia la disminución en las cantidades de precipitación depositadas en las diferentes decenas. Los valores mensuales entre diferentes décadas fluctuaron alrededor de valores muy cercanos (**iError! No se encuentra el origen de la r eferencia.**), lo cual sugiere que la zona baja del municipio de Soacha presenta un patrón



de circulación estable, produciendo cantidades de lluvias similares bajo la influencia de diferentes eventos climáticos.

Sin embargo existen sub-zonas más sensibles a los eventos de variabilidad climática, capaces de alterar los valores promedios mensuales de los volúmenes de agua depositados en la región y de manera muy especial durante las épocas húmedas (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), en tanto que durante los períodos secos el patrón de comportamiento es estable.

Las cantidades de precipitación durante el mes más seco (enero) desde la decena del 80 hasta la decena 2010 fluctuaron alrededor de 19,3 mm, para el mes de febrero los volúmenes de precipitación fluctuaron alrededor de 35,6 mm, marzo (mes con mayor variabilidad) fluctuó alrededor de 47,8 mm; registrando valores desde 16,0 – 78,4, abril alrededor de 86,5 mm, mayo fluctuó alrededor de 67,4 mm, junio fluctuó alrededor de 48,3 mm, julio alrededor de 30,2 mm, agosto alrededor 32,3 mm, septiembre alrededor de 44,9 mm, octubre alrededor 89,6 mm, noviembre fluctuó alrededor de 59,9 mm y diciembre alrededor de 33,6 mm.

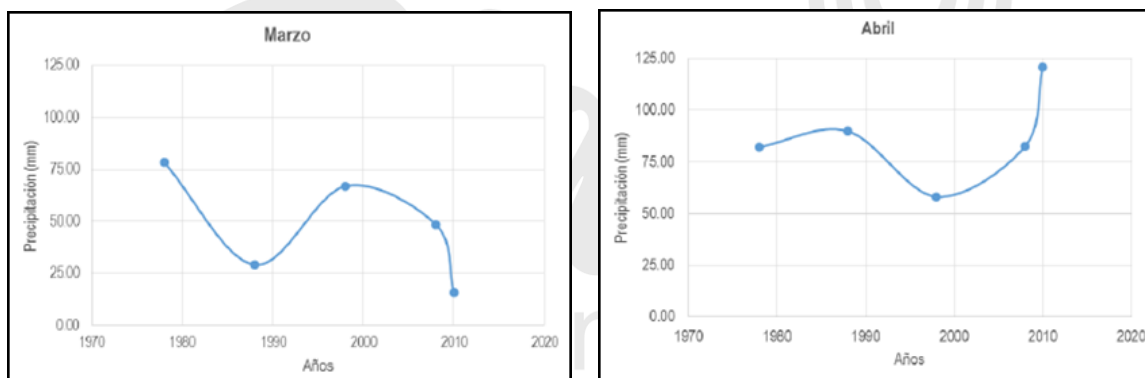


Figura 16. Análisis decenal de precipitación entre 1970 y 2010 (2120166).

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

El análisis decenal muestra que existe un corrimiento de las fechas de inicio de las lluvias en la parte baja del municipio de Soacha, existe una alternancia en las fechas de inicio de las temporadas de lluvias, o sea; si las lluvias inician en el mes de marzo, el mes de abril es moderado en precipitaciones, pero si las lluvias no inician en marzo; abril tiende a ser extremadamente lluvioso (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), lo anterior conlleva a un forzoso corrimiento en las fechas de siembras, debido que después del amplio receso de finales de año, las fuentes hídricas no disponen de suficientes caudales, como para permitir la irrigación artificial.

1.4.2.2.2. PARTE MEDIA - ESTACIÓN 2120051

La serie de datos estandarizados de la parte media muestra una mediana susceptibilidad de esta zona ante los eventos de variabilidad climática, la serie arroja un coeficiente de



variación de 0,71 (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**) lo que indica una moderada variabilidad climática, sin embargo cuando se presentan eventos extremos de fenómenos El Niño da origen a la disminución de las cantidades de lluvias y por tanto la reducción de humedad en los suelos y la aparición de déficit hídrico en la zona.

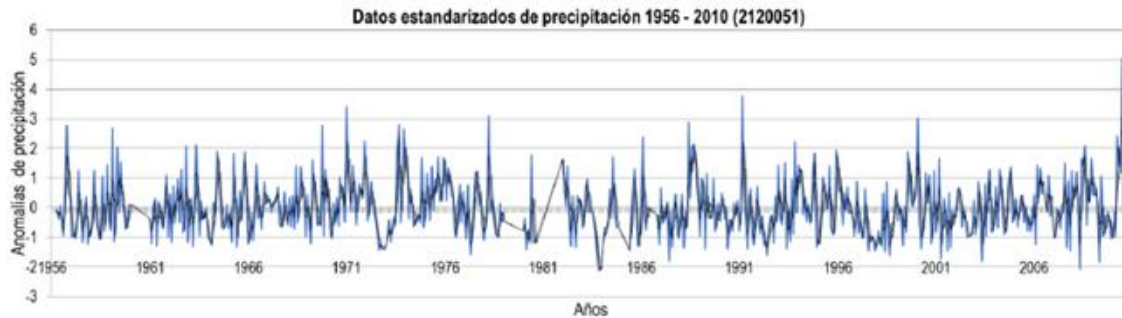


Figura 17. Serie de datos estandarizados de precipitación para la parte media de Soacha.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

La región situada en la parte media presenta un clima semihúmedo déficit de agua moderado en épocas secas y moderado superávit en época humedad con temperatura media del aire que fluctúa alrededor de los 13.7 °C, temperatura del suelo que fluctúan alrededor 14°C y temperatura del agua 12.2°C.

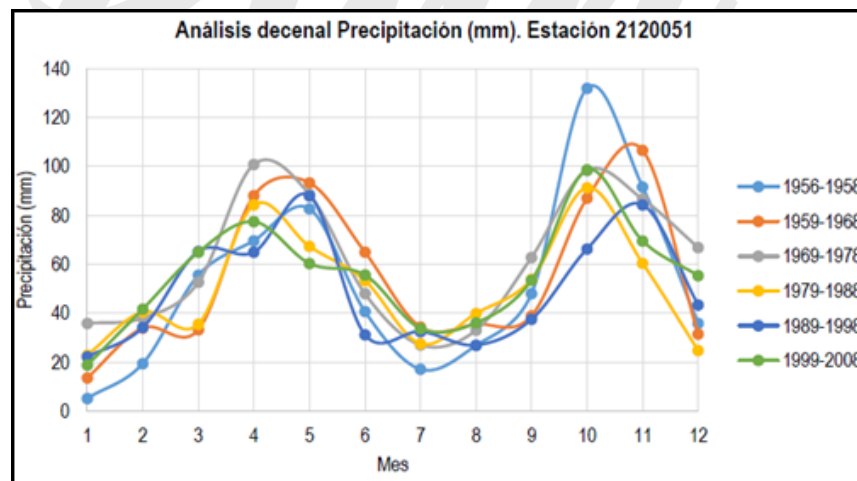


Figura 18. Distribución anual de precipitación por decenas parte media de Soacha entre 1956 y 2008.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

La parte media del municipio de Soacha presenta una marcada distribución bimodal en la distribución anual de la precipitación, el análisis decenal indica que la región presenta un patrón estable de circulación y por tanto las cantidades de lluvias no varían substancialmente en el largo plazo gráfica (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), excepto si aparecen eventos extremos de variabilidad climática, como por



ejemplo durante la década los 60 y los 70 (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), que fueron décadas lluviosas sobre el territorio colombiano; con presencia de varios eventos fríos La Niña, lo cual incidió en el incremento de las cantidades de precipitación en esta zona especialmente durante los meses de abril, mayo, octubre y noviembre.

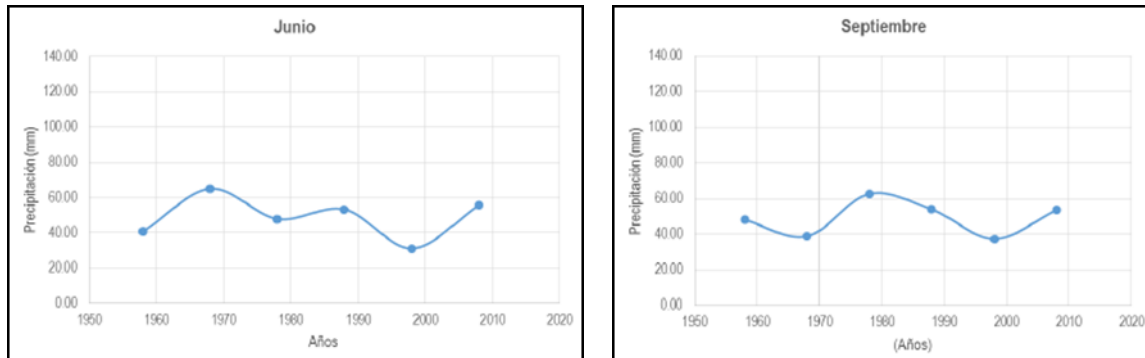


Figura 19. Análisis decenal de precipitación entre 1958 y 2008 (2120051).

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

La región situada en la parte media del municipio en los alrededores de la vereda Panamá, con lluvias frecuentes y de moderada intensidad, esta estación presenta un coeficiente de variación de 0,66; lo que significa moderada variabilidad, esa estabilidad relativa solo se observa durante las épocas secas, debido que; durante las épocas de lluvias del segundo semestre del año muestra alta variabilidad, especialmente para el mes de noviembre donde se aprecia la activación de la zona de confluencia intertropical ZCIT por factores climáticos de gran escala (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**).



1.4.2.2.3. PARTE ALTA - ESTACIONES 2120020 Y 21200572

La serie de datos estandarizados de precipitación de la parte alta del municipio de Soacha en la vereda Romeral, muestra claramente la influencia de la variabilidad climática interanual sobre los regímenes de precipitación en esa zona, en ella se aprecian los eventos Niños de 1941, 1972, 1983, 1987, 1992, 1997, 2009; así mismo se pueden visualizar los eventos Niñas de 1944-1945, 1954-1955, 1974-1975, 1975-1976, 1999-2001, 2007-2008, 2010-2011 (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), donde los volúmenes de precipitaciones depositadas estuvieron muy por encima de lo normal, lo cual produjo considerables superávits de agua en la región que facilitó la producción de buenas cosechas y la producción de energía en la región.





Figura 20. Serie de datos estandarizados de precipitación para la parte alta de Soacha.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

La parte alta del municipio de Soacha por encontrarse en la región del páramo de Sumapaz, es la región ecológicamente más sensible a los procesos de variabilidad climática y calentamiento global, esa zona es precisamente la fuente hídrica de una parte importante del territorio colombiano y por tanto merece especial atención, allí nace una pequeña parte de las vertientes del río Orinoco, río Soacha, río Sumapaz, río Prado e importantes afluentes del río Bogotá.

La parte alta del municipio tiene un régimen de precipitación bimodal, el cual recibe importantes aportes de humedad del sistema de los llanos orientales, razón por la cual en medio de la bimodalidad: los meses de mitad de año son moderadamente húmedos (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Examinando la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observa que durante el primer semestre de las últimas temporadas de lluvias, se presentó una tendencia al incremento de las precipitaciones en la parte alta del municipio, lo cual es reflejo del aumento de temperaturas experimentado por el Océano Pacífico durante los últimos años, cual alimenta la zona de confluencia intertropical-ZCIT, que en su desplazamiento hacia el hemisferio norte interactúa con los sistemas fisiográficos más sobresalientes, descargando parte de su humedad en su interacción con estos.

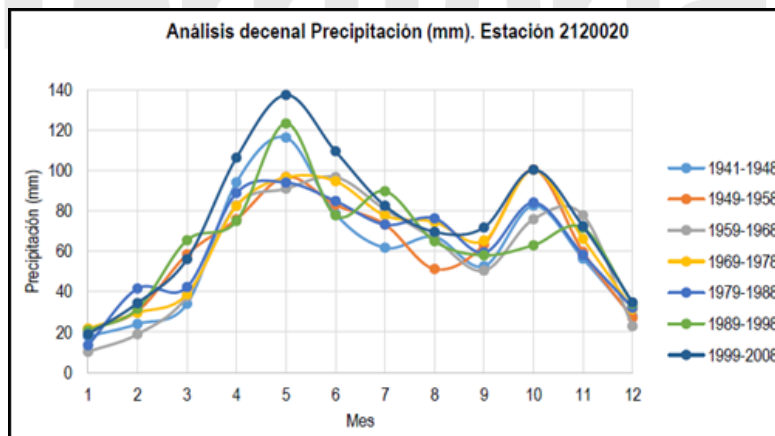


Figura 21. Distribución anual de precipitación por decenas parte alta entre 1960 y 2015.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



El análisis decenal de la precipitación en la parte alta del municipio de Soacha (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), muestra una tendencia al incremento de las cantidades de lluvias en la parte alta del municipio, eso probablemente se deba al recalentamiento que experimenta la parte baja del municipio, lo cual hace que progresivamente la circulación valle-montaña se haga más intensa durante las horas del día y la nubosidad se eleve mucho más, arrojando mayores cantidades de precipitación en la parte alta (zona del Sumapaz).

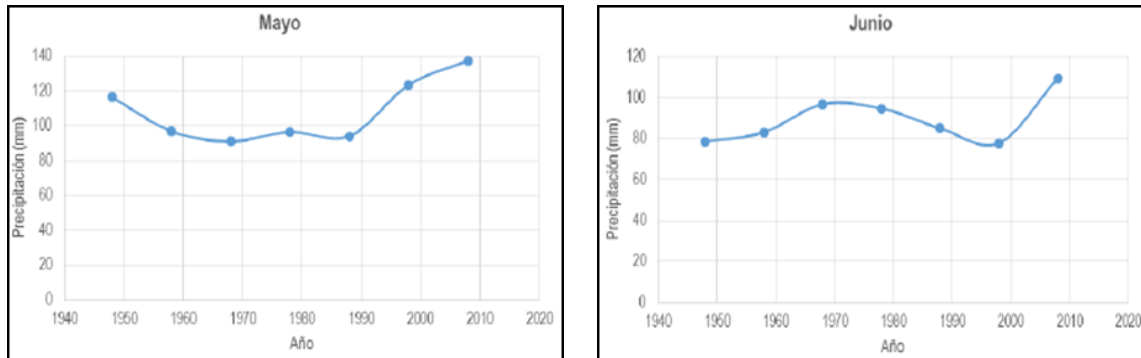


Figura 22. Análisis decenal de precipitación entre 1941 y 2008 (2120020).

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

Así mismo la estación granja san Jorge localizada en la vereda San Jorge a una altura de 2900 m.s.n.m, caracterizada por presentar clima ligeramente húmedo estimado por el método de Thornthwaite con moderados déficit de agua en verano y gran superávit de agua durante las épocas húmedas, mesotermal con temperatura media del aire que fluctúan alrededor de los 11.8 °C, temperatura del suelo que fluctúan alrededor 12°C y temperatura del agua 11°C, zona de bosque superhúmedo. Presenta un régimen de precipitación bimodal con tendencia al incremento en las cantidades de precipitaciones durante las dos últimas décadas (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), Como se puede apreciar en esta región se disminuye las cantidades de precipitación durante las épocas secas, caso de la década 1989-1998, la cual tendería a reducir las cantidades de lluvias durante la fase positiva de la Oscilación Decenal del Pacífico - PDO.

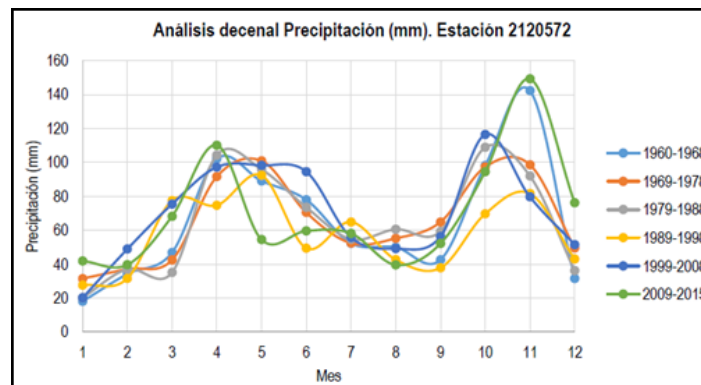


Figura 23. Distribución anual de precipitación por decenas parte media entre 1960 y 2015.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

Sobre esta zona el régimen de lluvias está condicionado por el tercer cinturón de condensación y las regiones con estas características tienden a sufrir considerable déficit hídrico durante las fases positivas de la Oscilación Decenal del Pacífico – PDO (por sus siglas en inglés), la cual cambiará hacia la fase positiva a partir del año 2023 hasta el 2040 aproximadamente, lo que redundara en un lapso de tiempo de aproximadamente 20 años donde se tendrán eventos cálidos El Niño con mayor recurrencia.

1.4.2.3. BRILLO SOLAR - ESTACIÓN 21200572

Según los datos de brillo solar registrados en el periodo 1983 -2014 (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), se aprecia una clara periodicidad en los datos de brillo solar dentro de las décadas del 80`s y 90`s, periodicidad que fue regulada por la estacionalidad producida por el doble paso de la zona de confluencia intertropical (ZCIT), donde se registraron valores promedio de 135h/mes, fluctuando entre mínimos durante los meses de lluvia de 70 h/mes durante los meses de lluvia, hasta máximos 180 h/mes durante los meses de sequía, además se nota claramente que durante los meses de mitad de año hubo mayor ingreso de radiación solar o al menos hubo mayor extensión en los días soleados, en el lapso de tiempo comprendido entre los años 1995 y 1997 se produjo una leve disminución en la amplitud de los días soleados registrando valores que fluctuaban entre 69 h/mes y 165 h/mes, y por tanto el patrón de comportamiento que se venía registrando en las dos décadas anteriores se vio alterado como consecuencia de la génesis de El Niño 1997-1998. Durante los años 1997-1998 se aprecia que las cantidades de radiación solar se ampliaron sustancialmente registrando valores promedio de 139 h/mes y logrando máximos de 182.7 h/mes, ya hacia los años 1999-2000 estas cantidades de radiación se reducen resultado de la presencia del evento frío La Niña hasta el año 2001.

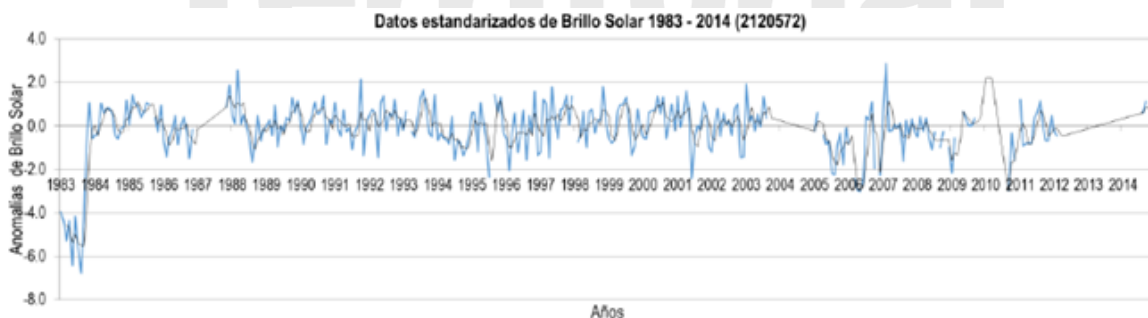


Figura 24. Serie de datos estandarizados de brillo solar para la parte alta de Soacha.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

A partir del año 2002 hasta 2005, la amplitud de los días solares estuvo fluctuando sin mayores sobresaltos alrededor de valores promedio de 138.7 h/mes y luego desde



mediados de 2005 hasta el 2007 se redujeron las cantidades de horas de brillos solar logrando un valor promedio de 117 h/mes, registrando valores mínimos de 50 h/mes hasta valores máximos de 213 h/mes en el periodo de sequía del año 2007. Luego se regulariza desde mediados de 2007 hasta mediados de 2009 con valores que fluctuaban alrededor de 129 h/mes; desde mediados de 2009 hasta mediados de 2010 el territorio colombiano estuvo bajo la influencia del evento cálido El Niño, donde en algunos casos se registraron valores de brillo solar de hasta 242 h/mes e inmediatamente después se produjo la aparición de un evento frío La Niña donde hubo meses que registraban valores hasta de 40h/mes durante los meses lluviosos e intensificándose un poco durante los meses de sequía logrando un valor de 203.5 h/mes y valores promedio que fluctuaron alrededor de 130 h/mes hasta el año 2013. En el año 2014 se gestaba la aparición del evento cálido el niño más fuerte registrado en la historia de la meteorología colombiana, durante los meses agosto y noviembre se registraron valores de 169 h/mes y 111 h/mes respectivamente.

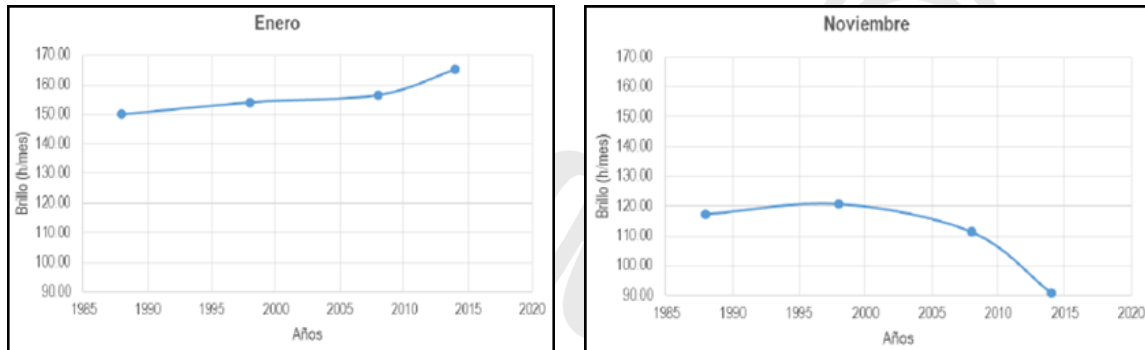


Figura 25. Análisis decenal de brillo solar entre 1941 y 2008(Enero (a) y Noviembre (b)).

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

Según análisis decenal de los datos de brillo solar se aprecia una tendencia al incremento en las horas de brillo solar durante los meses de sequía y de manera muy especial durante el mes de enero, donde se pasa de 150 h/mes durante la década de los 80`s a 165 h/mes durante la década de 2010, cabe resaltar que los datos de la última década no son suficientes, lo cual posibilita un margen de error muy amplio en los promedios de estos datos.

Durante los meses húmedos, se aprecia una tendencia al decrecimiento de las cantidades de horas de brillo solar, en donde por ejemplo en el mes de noviembre se pasa de 120 h/mes a 90 h/mes de brillo solar, eso indica que con la tendencia de calentamiento progresivo que se experimenta sobre la zona, durante los meses cálidos existe menor presencia de nubosidad en tanto que durante los meses húmedos se incrementa sustancialmente la cobertura de nubes y el espesor de las nubes que se posan sobre la región.



1.4.2.4. HUMEDAD RELATIVA, ESTACIÓN 21200572

El contenido de vapor de agua presente en la atmósfera durante la década de 1980`s fue deficitario, se observa que este fluctuó alrededor del 81%, mientras que para inicios de la década de los 90`s se registró un ligero incremento fluctuando alrededor de un 86%, luego durante el año 1995 se produjo una considerable reducción de la humedad relativa con valores mínimos de 73.5% y 76.2%, luego presenta una estabilización desde finales de 1995 a comienzos de 1997 volviendo a los promedios normales de 81%, hacia finales del 1997 y todo 1998 se produce una reducción de la humedad como consecuencia del evento climático El Niño de 1998 donde se registra valores mínimos de humedad relativa de 71% y fluctuando alrededor de un promedio del 76%.



Figura 26. Serie de datos estandarizados de humedad para la parte alta de Soacha.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

Posteriormente desde mediados de 1999 hasta el año 2003 se produce una normalización en el contenido acuoso de la atmósfera, donde la humedad relativa se incrementa y fluctúa alrededor de 85%. Los años 2004, 2005, 2006 fueron años excesivamente lluviosos sobre el territorio colombiano en donde la humedad relativa se elevó logrando valores hasta del 95% y fluctuando alrededor de un promedio de 91%, ahora durante el periodo 2007-2009 se normaliza el régimen de humedad descendiendo a partir del año 2010 y logrando una considerable reducción durante los años 2014, 2015 y 2016 registrando valores mínimos hasta de 64% de humedad relativa mensual.

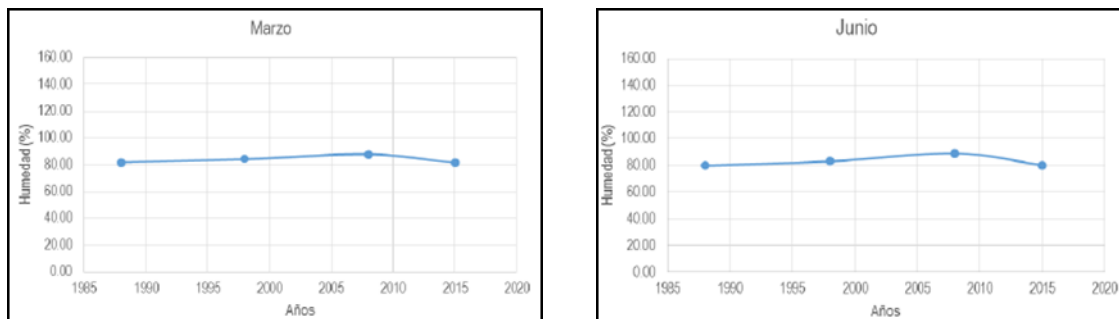


Figura 27. Análisis decenal de humedad relativa entre 1983 y 2015.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



Examinando las gráficas decenales de tendencia, se observa que las concentraciones de humedad relativa en el ambiente a largo plazo no han cambiado sustancialmente, eso indica que las concentraciones de vapor de agua en la atmósfera continúan siendo las mismas, sin embargo, la producción de nubes si ha registrado un cambio al igual que las intensidades de las precipitaciones.

1.5. ESCENARIOS DE COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS PARA EL AÑO 2040

1.5.1. ESCENARIOS IDEAM

Dentro de la elaboración de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático 2015, se plantean los escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100, estos escenarios presentan información a escala departamental por lo cual se considera una herramienta fundamental en la toma de decisiones y planificación de los gobernantes.

Un escenario es una representación de cómo puede desarrollarse el futuro. Esta representación está basada en un conjunto de variables y supuestos sobre fuerzas y relaciones de cambio claves, que pueden generar un posible estado futuro sobre algo. Bajo este contexto, un Escenario de Cambio Climático es la representación del clima que se observaría bajo una concentración determinada de gases de efecto invernadero y aerosoles en la atmósfera en las diferentes épocas futuras (En este caso para los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100).

La metodología empleada para la creación de los Escenarios de Cambio Climático se resume en la siguiente imagen:



Figura 28. Metodología en paralelo para la generación de los escenarios climáticos.

Fuente: Tercera comunicación del clima (2015).





En el quinto informe de evaluación (AR5) sobre el estado del arte del entendimiento científico del cambio climático (IPCC 2013) fueron definidos los escenarios de emisiones forzamiento radiativo (RPC, por sus siglas en ingles), cada RPC contiene una serie de suposiciones socioeconómicas, tecnológicas y biofísicas diferentes (Porrás, Delgado, Murcia, & Roa, 2014). Los RPCs seleccionados fueron RPC 2.6, RPC 4.5, RPC 6.5, RPC 8.5.

RPC 2.6 Emisiones Bajas: este es un escenario optimista donde se plantea una disminución de emisión de gases invernadero muy alta. El RPC2.6 fue desarrollado por el equipo de modelación de imagen de la Agencia de Evaluación Ambiental de Holanda PBL. La trayectoria de las emisiones es representativa de escenarios en la literatura que conducen niveles de concentración de gas de efecto invernadero muy baja. Es un escenario de “pico-y-caída”; su nivel forzamiento radiativo alcanza primero un valor de alrededor de 3,1 W / m² a mediados de siglo, y vuelve a 2,6 W / m² en 2100 (van Vuuren et al. (2006; 2007)).

RPC 4.5 Emisiones Moderadas: el RPC 4.5 es un escenario a largo plazo, las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, las especies de corta vida y el uso de la tierra estabilizan el forzamiento radiativo a 4,5 Watts por metro cuadrado (W/ m², aproximadamente 650 ppm de CO₂ equivalente) en el año 2100 sin nunca superar ese valor. (Thomson, et al.)

RPC 6.0 Emisiones Moderadas: fue desarrollado por el equipo de modelado AIM en el Instituto Nacional de Estudios Ambientales (NIES) en Japón. Se trata de un escenario de estabilización en el que el forzamiento radiativo total se estabiliza poco después 2100, sin sobrepasarse, mediante la aplicación de una gama de tecnologías y estrategias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Fujino et al., 2006, Hijioka et al., 2008).

RPC 8.5 Emisiones Elevadas: el RPC 8.5 combina altas suposiciones sobre la población y un aumento de los ingresos relativamente lento, con modestas tasas de cambio y mayor intensidad en la energía tecnológica, lo que conduce a largo plazo a la alta demanda de energía y las emisiones de GEI en la ausencia de políticas de cambio climático (Shilpa, et al., 2011)

Tabla 6. Los cuatro caminos de forzamiento radiativo (FR) seleccionados por el IPCC para evaluar el comportamiento de la concentración de emisiones GEI en el planeta para el 2100.

Escenario	Forzamiento Radiante (W/m ²)	CO ₂ eq atmosférico (ppm)	Anomalía de temp.	Trayectoria	Equivalente para escenarios SRES (AR4)
RPC8.5	8.5	> 1370	4.9	2100, en aumento	SRES A1F1



Escenario	Forzamiento Radiante (W/m ²)	CO ₂ eq atmosférico (ppm)	Anomalía de temp.	Trayectoria	Equivalente para escenarios SRES (AR4)
RPC6.0	6.0	850	3	Estabilización después de 2100	SRES B2
RPC4.5	4.5	650	2.4	Estabilización después de 2101	SRES B1
RPC2.6	2.6	490	1.5	Picos antes de 2100 y después declina	Ninguno

Fuente: Tercera comunicación del clima (2015).

Como resultado los escenarios de cambio climático, estos indican que el país se verá afectado por el cambio climático, pero no de la misma forma para todo el territorio, se espera para el periodo 2071-2100 una disminución en la precipitación entre el 10% y el 30%, en aproximadamente 27% del territorio nacional (Amazonas, Bolívar, Sucre, Magdalena, San Andrés y Providencia, Vaupés, sur del Caquetá y norte del Cesar). Además, para el mismo periodo se espera que la precipitación aumente entre 10 a 30% en cerca del 14% del territorio nacional (Nariño, Huila, Cauca, Tolima, Bogotá y centro de Boyacá).

Las reducciones en las lluvias pueden intensificar los procesos de desertificación y pérdida de fuentes de agua, mientras que los aumentos en la precipitación, incrementan los riegos por inundación en las partes planas y deslizamientos en las partes de montaña afectado la infraestructura vulnerable.



1.5.2. METODOLOGÍA

Con base en la información disponible se decide realizar el análisis de las variables precipitación y temperatura dividiendo el área de estudio en tres zonas, como se muestra en la **Tabla 7. Estaciones dentro de las zonas de análisis.**

Tabla 7. Estaciones dentro de las zonas de análisis.

UBICACIÓN	CÓDIGO	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD
Zona Alta	21205720	Chacua cabrera	4,50575	-74,1893
	21200200	Bogotá D.C.	4,383333	-74,1833
Zona Media	21200510	Sibaté	4,516667	-74,25





UBICACIÓN	CÓDIGO	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD
Zona Baja	21201660	Soacha	4,6	-74,2833

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

Los datos observados que se usaron corresponden al mismo periodo histórico (1976 – 2005). Para el caso de las temperaturas (media, máxima y mínima) se trabajaron con los datos de 333, 306 y 276 estaciones meteorológicas respectivamente y para precipitación 1.072, distribuidas a lo largo del territorio colombiano.

Los modelos utilizados en la Tercera Comunicación del Clima con los que se logra la estimación de los valores de precipitación y temperatura aparecen en la siguiente tabla.

Tabla 8. Modelos utilizados para estimar los valores de las variables precipitación y temperatura en el escenario 2011-2040.

PRECIPITACIÓN	TEMPERATURA
bcc-csm1-1-m	bcc.csm1.1
CCSM4	bcc.csm1.1.m
CSIRO-Mk3-6-0	CCSM4
FIO-ESM	CESM1.CAM5
GFDL-CM3	CSIRO.Mk3.6.0
HadGEM2-AO	FIO.ESM
GISS-E2-H	GFDL.CM3
GISS-E2-R	GFDL.ESM2G
IPSL-CM5A-LR	GISS.E2.H
IPSL-CM5A-MR	GISS.E2.R
MIROC-ESM	HadGEM2.AO
MIROC-ESM-CHEM	HadGEM2.ES
MIROC5	IPSL.CM5A.LR
MRI-CGCM3	IPSL.CM5A.MR
NorESM1-ME	MIROC5
	MIROC.ESM
	MIROC.ESM.CHEM
	MRI.CGCM3
	NorESM1.M

Fuente: adaptado de la tercera comunicación del clima (2015)

Con base en estos modelos en la tercera comunicación del clima se logra generar un ensamble o conjunto, que es el utilizado en este proyecto para adoptar los valores de precipitación y temperatura para el escenario 2040.

Para el estudio se tienen en cuenta tres caminos representativos de concentración, que son:

- RPC 2.6 Emisiones Bajas.





b. RPC 4.5 Emisiones Moderadas.

RPC 8.5 Emisiones Elevadas.

Por lo tanto, se tendrá un escenario por cada RPC, para los diferentes meses agrupados así:

- a. Diciembre - Enero - Febrero
- b. Marzo - Abril - Mayo
- c. Junio - Julio - Agosto
- d. Septiembre - octubre - noviembre

En la siguiente tabla se observa los datos arrojados por el ensamble, estos resultados muestran el cambio porcentual en la precipitación para los años 2040, para cada estación.

Tabla 9. Datos para el RPC 2.6 para el año 2040 en los meses de diciembre- enero y Febrero (DEF).

Estació n	Depto.	DeltaT_ R	IncerTi_ R	Incert +	Incert -	Prom -DEF Obs.	Cambio %
2120020	Bogotá	-1.20	0.83	-0.37	-2.03	67.26	-1.78
2120051	C/marc a	-6.84	3.80	-3.04	-10.64	12.09	-56.61
2120166	C/marc a	-10.87	0.63	-10.23	-11.50	46.52	-23.36
2120542	C/marc a	-13.13	0.43	-12.70	-13.56	56.70	-23.16
2120572	C/marc a	2.74	5.32	8.06	-2.59	65.45	4.18

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



1.5.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

1.5.3.1. RESULTADOS DE LAS PROYECCIONES DE PRECIPITACIÓN PARA LOS AÑOS 2040

Los resultados del conjunto de modelos para los meses de diciembre - enero - febrero son:





Tabla 10. Cambios porcentuales en los volúmenes de precipitación para los meses de diciembre-enero-febrero año 2040.

ESTACIÓN	DEF RPC 2.6	DEF RPC 4.5	DEF RPC 8.5
2120020	-1.78	4.94	-7.83
2120051	-56.61	-19.09	-36.25
2120166	-23.36	-12.45	-22.24
2120572	4.18	7.58	1.42

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

Según los escenarios proyectados para el año 2040, en base a los resultados del conjunto de modelos corridos por el IDEAM, en la parte alta o suroriental del municipio de Soacha, en los alrededores de la estación El Hato (2120020) veredas Romeral, Alto del Cabra y Hungría, experimentarán una leve reducción en los volúmenes de precipitación para los meses diciembre – enero – febrero, que fluctuará entre -1.78% según el escenario optimista (RPC 2.6) y -7.83% según el escenario pesimista (RPC 8.5).

Para la estación La Granja y alrededores, veredas San Jorge, Alto del Cabra y Hungría en los años 2040; experimentarán un incremento para el escenario pesimista de 1.42% y el optimista de 4.18%, de lo anterior se deduce que se producirá una alteración en la circulación local lo cual generará un desplazamiento de los núcleos productores de lluvias en la parte alta, lo cual favorecerá a la región de las veredas San Jorge y sur oriente de Fusungá, en tanto que las veredas Romeral y vecinas continuarán sin modificaciones en las lluvias durante estos meses, sin embargo el incremento de temperatura alrededor de 1°C elevará la tasa evaporativa de la zona y por tanto incrementará el déficit hídrico en las veredas Romeral, Alto del Cabra y Hungría durante la aparición de eventos El Niño, haciéndolas susceptible a la producción de heladas durante los meses de diciembre-enero-febrero.

Para la parte media veredas Panamá, la zona urbana y Chacua se proyecta una reducción en las cantidades de lluvias para los meses de diciembre - enero – febrero de 2040, que fluctuará entre -56.6% según el escenario optimista y -19.1% según el escenario moderado, esto implicará una transición de clima en la zona; donde se pasará de tener un clima húmedo a un clima semihúmedo o semiseco y subsecuentemente tendrá directas repercusiones sobre la fauna, la flora y las actividades productivas propias de la región, los suelos experimentarán déficit hídricos durante los meses de diciembre – enero – febrero (temporada seca), y por tanto la cobertura vegetal presentará mayor susceptibilidad para la generación de incendios forestales y vulnerabilidad ante la presencia de heladas, aumento en las concentraciones de material particulado a causa de la minería e igualmente incremento en la producción de ozono como consecuencia de las altas dosis de radiación solar.



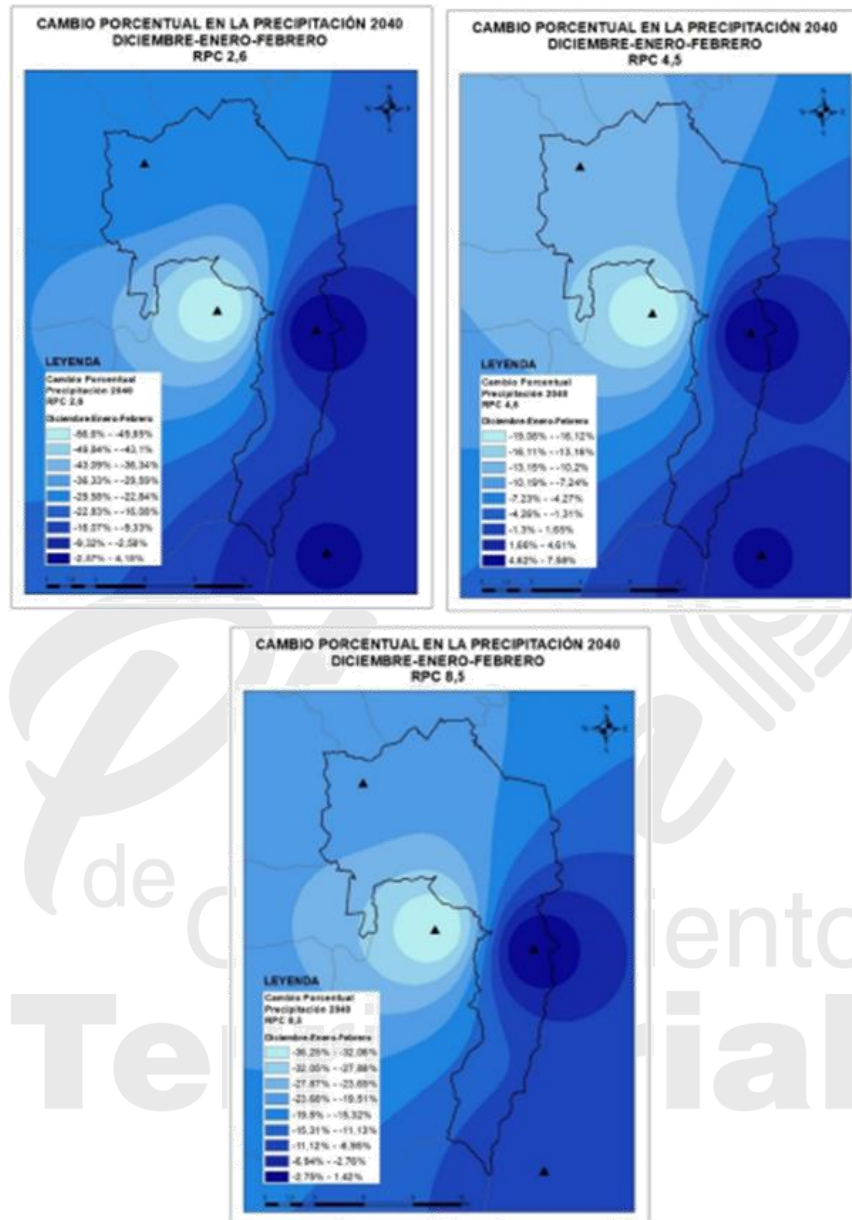


Figura 29. Mapas de precipitación para los meses de enero-marzo-abril, escenarios de emisiones forzamiento radiativo (RPC) año 2040.

Fuente: UNAL

En la parte baja veredas Canoas, Cascajal, San Francisco, Alto de la Cruz, Charquito experimentarán una moderada disminución de las precipitaciones durante los meses de diciembre, enero y febrero de 2040, donde se registrarán reducciones desde el -12.4% según el escenario moderado y -23.4% de acuerdo al escenario optimista, lo cual traerá consigo mayor exposición a la radiación solar y por tanto incrementos de temperatura





en más de 1°C con respecto a los promedios históricos, incremento de la tasa evaporativa y mayores déficit hídricos en los suelos y como resultado de lo anterior la zona presentará mayor susceptibilidad al surgimiento de incendios forestales, presencia de heladas y corrimientos en las fechas de siembra de los cultivos predominantes en la zona.

Tabla 11. Cambios porcentuales en los volúmenes de precipitación en los meses de marzo-abril-mayo para el año 2040

Estación	MAM RPC 2.6	MAM RPC 4.5	MAM RPC 8.5
2120020	8.61	-4.87	-20.42
2120051	13.2	-4.85	-8.86
2120166	-14.5	-8.2	-17.98
2120572	13.30	2.17	-10.65

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

Según los escenarios proyectados por el IDEAM hacia los años 2040, para el primer periodo de lluvias marzo – abril – mayo en la parte alta del municipio en los alrededores de la estación El Hato veredas: Romeral, Alto del Cabra y Hungría, presentarán variaciones en las cantidades de precipitación que van desde 8.6% por encima de los promedios históricos hasta -20.4% por debajo de los promedios históricos, esto sugiere que el primer periodo de lluvias, presentará grandes fluctuaciones dependiendo del evento climático presente para la época (El Niño, La Niña, frentes Fríos, QBO u ondas MJO).

Para el primer período de lluvias en los años 2040, la región de las veredas San Jorge y sur oriente de Fusungá; esperan variaciones en las lluvias que van desde 13.3 % según el escenario optimista por encima de los valores normales hasta -10.65% por debajo de los promedios históricos según el escenario pesimista, lo anterior permitirá el normal desarrollo de las actividades productivas en la zona con algunas eventualidades durante el surgimiento de eventos climáticos extremos.

En los meses de marzo, abril y mayo la parte media veredas Panamá, la zona urbana y Chacua hacia los años 2040 experimentarán fluctuaciones que van desde el 13.2% por encima de los valores promedio según el escenario optimista, hasta valores de -8.9% según el escenario pesimista lo cual sugiere que el primer periodo de lluvias en esa región no experimentará grandes modificaciones respecto a las condiciones actuales y que sus actividades agrícolas podrán continuar el normal desarrollo que han tenido hasta el presente.

La parte baja del municipio de Soacha veredas Canoas, Cascajal y San Francisco para el 2040 experimentarán una reducción en las cantidades de precipitación que irán desde -8.2% según el escenario moderado hasta -18% según el escenario pesimista durante los meses de marzo, abril y mayo, lo anterior sugiere que esta región recibirá menores





cantidades de lluvias durante el primer semestre del año y por ende experimentará un corrimiento en las fechas de siembra y cambios en los hábitos agroindustriales de la región.

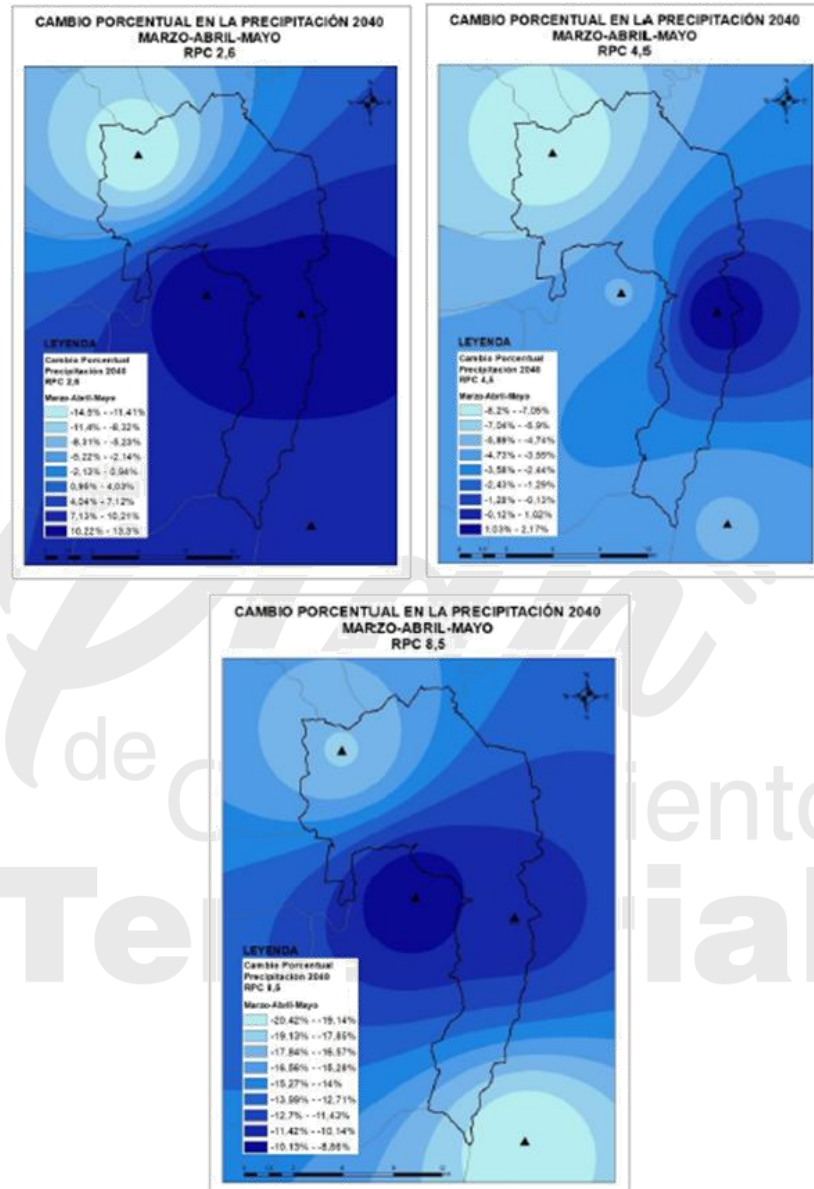


Figura 30. Mapas de precipitación para los meses de marzo-abril-mayo, escenarios de emisiones forzamiento radiativo (RPC) año 2040.

Fuente: UNAL





Tabla 12. Cambios porcentuales en los volúmenes de precipitación en los meses de junio-julio-agosto para el año 2040.

Estación	JJA RPC 2.6	JJA RPC 4.5	JJA RPC 8.5
2120020	-15.57	-9.84	-11.82
2120051	40.94	23.97	41.06
2120166	61.70	69.60	66.87
2120572	8.14	14.01	11.98

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

Según los escenarios generados por el IDEAM para el año 2040, para la segunda temporada seca del año: junio – julio – agosto, en la parte alta del municipio de Soacha en las veredas Romeral, Alto del Cabra y Hungría presentará una reducción en las precipitaciones que van desde el -9.8% según el escenario moderado hasta el -15.6% según el escenario optimista, Mientras que para las veredas San Jorge y Fusungá supondrá un incremento en las lluvias que van desde 8.1% según el escenario optimista hasta 14.0% según el escenario moderado, lo cual sugiere que el aporte de humedad procedente desde la amazonia y los llanos orientales arrastrada por los vientos alisios del sur-este, tendrá mayor influencia sobre la zona de la vereda San Jorge, Villa Nueva y Fusungá, y no sobre la vereda Romeral.

Para la zona media veredas Panamá, la zona urbana y Chacua para el 2040, presupone un incremento de las lluvias durante los meses de mitad de año que va desde el 23.9% según el escenario moderado hasta un 41.1% según escenario pesimista, lo cual sugiere que la zona media se verá favorecida por el incremento en los volúmenes de precipitación durante los meses de mitad de año, lo cual puede acarrear problemas de deslizamientos en el sector de las comunas, en las canteras e inundaciones en las minas durante la aparición de eventos fríos La Niña.

La parte baja del municipio de Soacha durante los meses de junio, julio y agosto para los años 2040 experimentarán incrementos en los volúmenes de precipitación que van desde el 61.7% según el escenario optimista hasta el 69.6% según el escenario moderado, mejorando las condiciones climáticas para las actividades agrícolas durante los meses de mitad de año en las veredas Canoas, San Francisco y Cascajal, lo cual





indica que los regímenes de vientos reducirán su intensidad y que los suelos experimentarán menores déficit hídricos durante los meses de mitad de año y por tanto se reducen las probabilidades de surgimiento de heladas e incendios forestales. Sin embargo, es de anotar que, durante la aparición de eventos fríos La Niña o la presencia de huracanes, ese aumento de lluvias podría facilitar las inundaciones en la región.

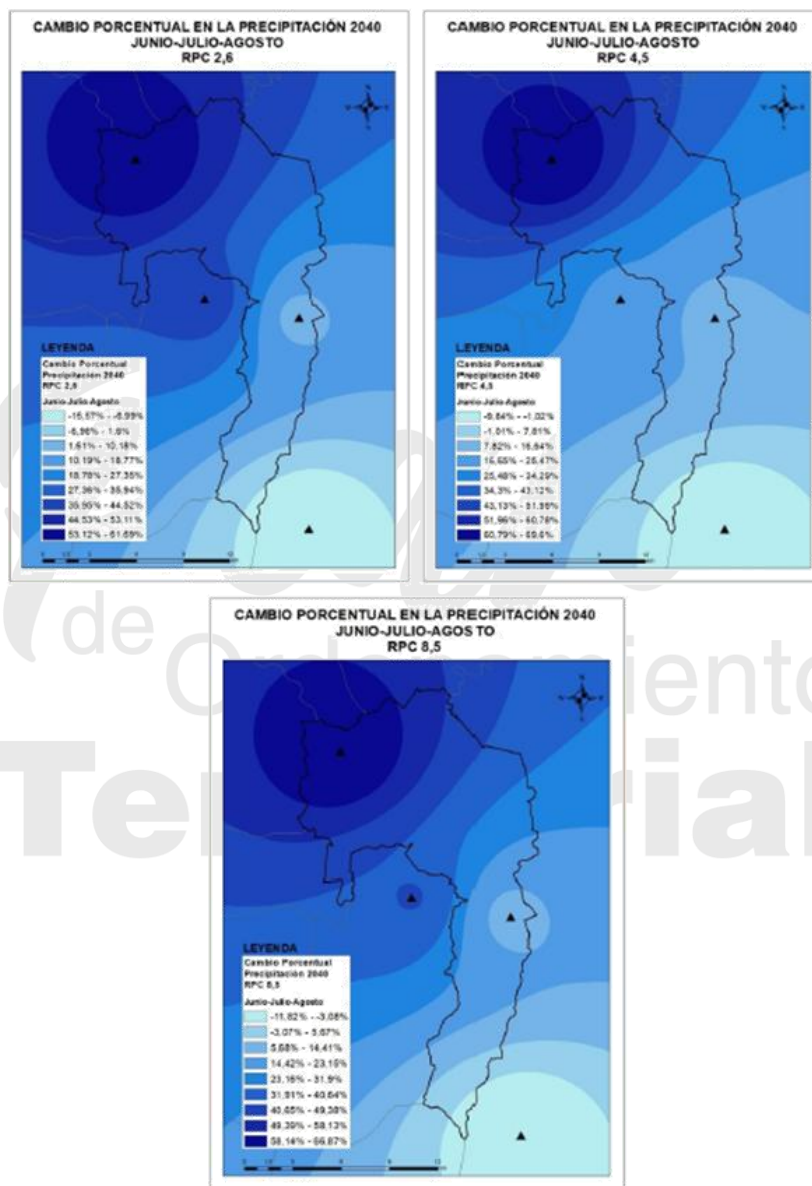


Figura 31. Mapas de precipitación para los meses de junio-julio-agosto, escenarios de emisiones.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia





Tabla 13. Cambios porcentuales en los volúmenes de precipitación en los meses de septiembre-octubre-noviembre para el año 2040.

Estación	SON RPC 2.6	SON RPC 4.5	SON RPC 8.5
2120020	24.60	22.57	21.00
2120051	58.18	54.40	51.47
2120166	-18.7	-15.45	-5.83
2120572	8.08	-0.76	-5.26

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

De acuerdo con los escenarios generados por el IDEAM hacia el año 2040 durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, la parte alta del municipio de Soacha en las veredas Romeral, Alto del Cabra y Hungría exhibirán incrementos en los volúmenes de agua precipitable, desde 21% según el escenario pesimista hasta un 24.6% de acuerdo con el escenario optimista, en tanto que en la vereda San Jorge las cantidades de lluvias estarán oscilando entre los valores normales de 8.1% según el escenario optimista y el -5.3% según el escenario pesimista durante el segundo periodo de lluvias (septiembre-octubre-noviembre), lo anterior sugiere que esta región no presentará modificaciones sustanciales en los patrones de circulación climática y por ende los regímenes de lluvias continuarán similares a los presentes durante esta época del año.

La zona media veredas Panamá, Las Comunas y Chacua percibirá aumentos en las cantidades de lluvias que irán desde 51.5% según el escenario pesimista hasta el 58.2% según el escenario optimista, lo anterior insinúa que con tales incrementos en los valores de precipitación hacia los años 2040 la zona media y baja del municipio de Soacha podrían verse afectadas con la eventual presencia de inundaciones, adicionalmente la sobresaturación de los suelos provocaría deslizamientos en las zonas de laderas y el aumento de la producción de gas metano en las zonas inundables.

La parte baja veredas Canoas, San Francisco y Cascajal, en el 2040 presentará disminución en las cantidades de precipitación recibidas durante el segundo periodo de lluvias (septiembre-octubre-noviembre), donde se registrarán reducciones desde -5.6% según el modelo pesimista hasta -18.7% según el modelo optimista, lo cual compensará los excesos de humedad que se producirán en las partes alta y media del municipio, amortiguando las eventuales inundaciones en la parte baja del municipio. Pero con la





aparición de eventos de sequía extremos incrementará las probabilidades de ocurrencia de heladas e incendios forestales.

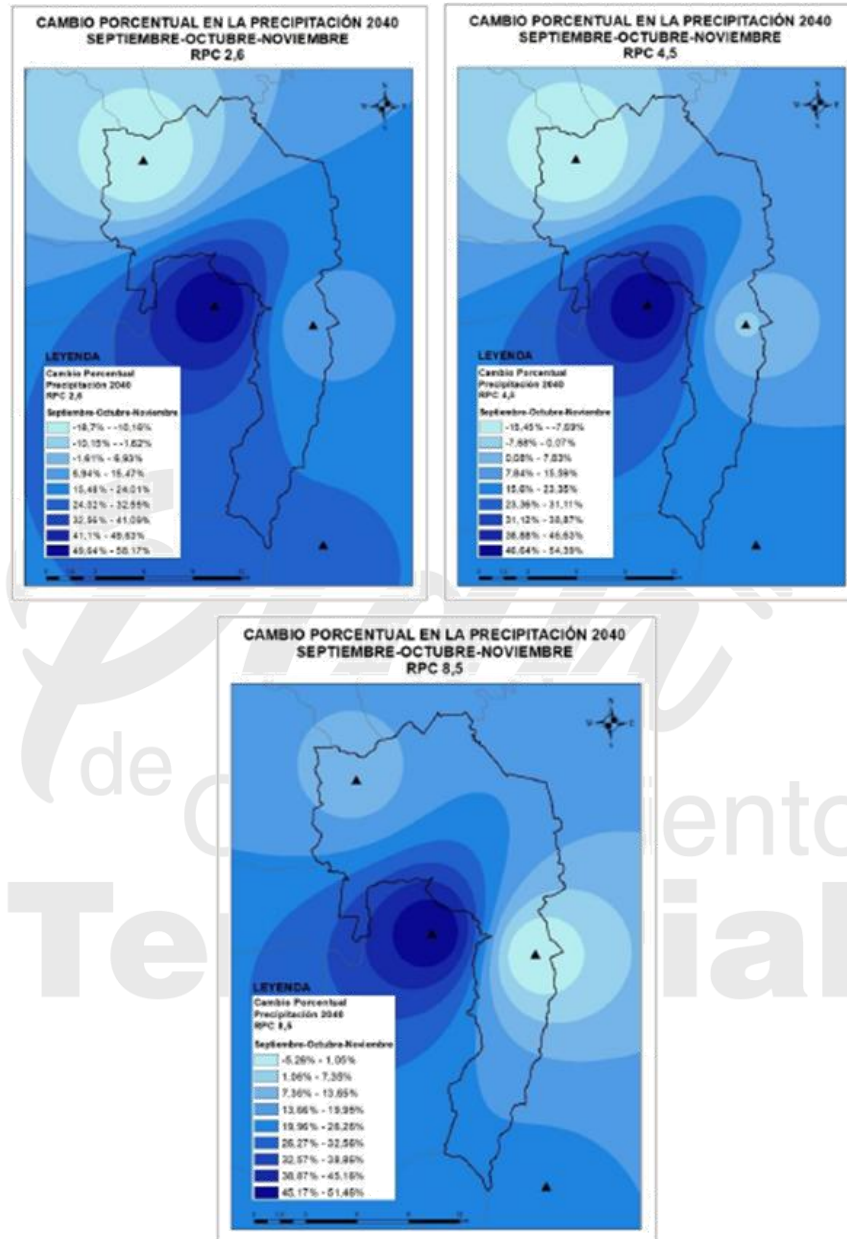


Figura 32. Mapas de precipitación para los meses de septiembre-octubre-noviembre, escenarios de emisiones forzamiento radiativo (RPC) año 2040.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia





1.5.3.2. RESULTADOS DE LAS PROYECCIONES DE TEMPERATURA PARA LOS AÑOS 2040

Según las proyecciones realizadas para los años 2040, de acuerdo con los datos arrojados por el conjunto de 19 modelos los cuales se promediaron para obtener un valor medio de incremento de temperatura proyectado para cada uno de los meses del año 2040.

1.5.3.2.1. TEMPERATURA MÁXIMA

Las temperaturas máximas experimentarán mayores aumentos durante la temporada de sequías de inicios de año, donde se esperan incrementos de temperaturas máximas alrededor de 1°C para los meses de diciembre-enero-febrero de acuerdo con los tres escenarios planteados, para el primer periodo de lluvias marzo-abril-mayo se esperan incrementos que fluctúan desde 0.8°C hasta 1.0°C dependiendo del evento climático que reine para la época, cambios que irán desde 0.8°C hasta 0.9°C para los meses de junio-julio-agosto y de 0.6°C hasta 0.8°C para el periodo septiembre-octubre-noviembre.

Tabla 14. Incremento en °C de temperatura máxima para los años 2040.

Estación	DEF RPC 2.6	DEF RPC 4.5	DEF RPC 8.5
2120572	0.83	0.91	1.00
	MAM RPC 2.6	MAM RPC 4.5	MAM RPC 8.5
	0.80	0.84	1.03
	JJA RPC 2.6	JJA RPC 4.5	JJA RPC 8.5
	0.78	0.94	0.92
	SON RPC 2.6	SON RPC 4.5	SON RPC 8.5
	0.57	0.79	0.75

Fuente: Ideam (2016).

1.5.3.2.2. TEMPERATURA MEDIA

Las temperaturas medias experimentarán cambios que irán desde 0.9°C hasta 1.1°C durante la primera temporada seca (diciembre-enero-febrero), cambios desde 0.8°C hasta 0.9°C para el primer periodo de lluvias comprendido entre marzo-abril-mayo, variaciones desde 0.8°C hasta 1.0°C para la segunda temporada seca de mitad de año (junio-julio-agosto) y fluctuaciones que irán desde 0.8°C hasta 1.0°C durante la segunda época de lluvias septiembre-octubre-noviembre.

Tabla 15. Incremento en °C de temperatura media para los años 2040.

Estación	DEF RPC 2.6	DEF RPC 4.5	DEF RPC 8.5
2120572	0.92	0.98	1.09





Estación	DEF RPC 2.6	DEF RPC 4.5	DEF RPC 8.5
	MAM RPC 2.6	MAM RPC 4.5	MAM RPC 8.5
	0.82	0.82	0.89
	JJA RPC 2.6	JJA RPC 4.5	JJA RPC 8.5
	0.82	0.89	0.95
	SON RPC 2.6	SON RPC 4.5	SONRPC 8.5
	0.76	0.80	0.95

Fuente: Ideam (2016).

1.5.3.2.3. TEMPERATURA MÍNIMA

Las temperaturas mínimas también incrementarán sus valores promedios, para la primera temporada seca del año las temperaturas se aumentarán entre 0.9°C y 1.0°C, en la primera temporada de lluvias marzo-abril-mayo las temperaturas aumentarán entre 0.6°C y 0.7°C, la segunda temporada seca junio-julio-agosto los valores irán desde 0.6°C hasta 0.7°C y finalmente para la segunda época de lluvias las temperaturas se incrementarán entre 0.5°C y 0.7°C durante los meses de septiembre-octubre-noviembre.

Tabla 16. Incremento en °C de temperatura mínima para los años 2040.

Estación	DEF RPC 2.6	DEF RPC 4.5	DEF RPC 8.5
2120051	0.94	1.02	0.98
	MAM RPC 2.6	MAM RPC 4.5	MAM RPC 8.5
	0.62	0.63	0.67
	JJA RPC 2.6	JJA RPC 4.5	JJA RPC 8.5
	0.56	0.69	0.68
	SON RPC 2.6	SON RPC 4.5	SONRPC 8.5
	0.55	0.62	0.72

Fuente: Ideam (2016).



1.5.3.2.4. EFECTOS DE LA EXPANSIÓN URBANA SOBRE EL CLIMA LOCAL

El área urbana del municipio de Soacha con una extensión de 26.7 km², por encontrarse localizado en la periferia de la gran urbe de la ciudad de Bogotá, aún se encuentra influenciada por la circulación atmosférica rural, y por tanto ese intercambio de masas aire con las zonas rurales le permite mantener un clima confortable durante las horas del día, gracias a la penetración de masas de aire puro y fresco procedentes desde el páramo de Sumapaz así como también de la región del Tequendama lo cual climáticamente le permite tener confort ambiental, sin embargo debido a la presencia de pasivos ambientales y la alta movilidad presente en la autopista sur la cual abarca



todo el tráfico hacia el suroccidente del país, y el puerto de carga marítima más importante del país (Buenaventura), las altas concentraciones de gases expedido por el parque automotor que transita esta vía deteriora la calidad del aire de la zona urbana. De acuerdo con los flujos de viento de la sabana de Bogotá se aprecia que en el municipio de Soacha prevalecen los vientos del sur-sur-este (sse) que arrastran los contaminantes desde el área urbana de Soacha empujándolos hacia en nor-occidente, lo cual permite la dilución de esos contaminantes hacia las veredas Canoas, Charquito y el desierto de Sabrinsky o valle de Mondoñedo.

La forma alargada del área urbana y la moderada extensión urbana de 26.7 km², aun no es suficiente para producir islas de calor en esta área, sin embargo la proliferación del asfalto y el concreto han reducido el potencial de absorción (infiltración) de agua por parte de los suelos y por tanto durante los eventos de lluvias el agua precipitada no se sumerge en las profundidades de los suelos, si no que fluye en forma de escorrentía superficial saturando en primera instancia el alcantarillado pluvial, los drenajes naturales debido a la alta velocidad con la que fluye la escorrentía y adicionalmente inundando las zonas bajas antes de verter sus aguas en el río Bogotá.

La baja absorción de los suelos en el área urbana permite que durante los días soleados las temperaturas se incrementen súbitamente, debido a la baja capacidad y asimilación de energía por parte de los suelos, y esto a su vez genera recalentamiento de la superficie asfáltica y de concreto lo cual intensifica la velocidad del viento en el área urbana.

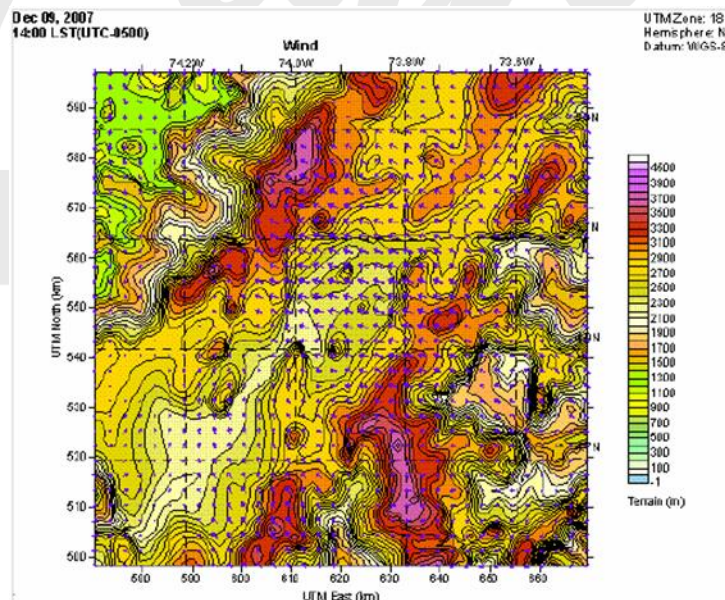


Figura 33. Flujos de viento en La Sabana de Bogotá.

Fuente: Departamento de Geociencias – Universidad Nacional de Colombia



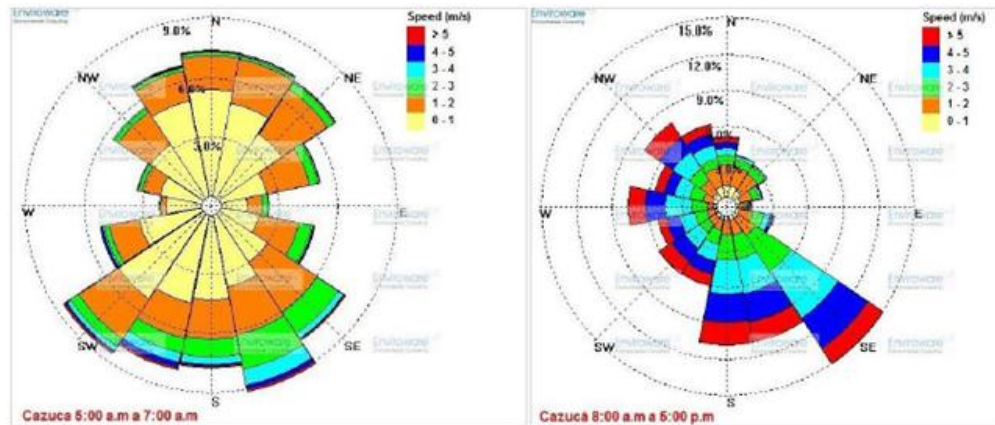


Figura 34. Rosas de viento para la estación Cazucá. Entre 5 a.m. y 7 a.m. (a). Entre 8 a.m. y 5 p.m. (b).

Fuente: Departamento de Geociencias – Universidad Nacional de Colombia.

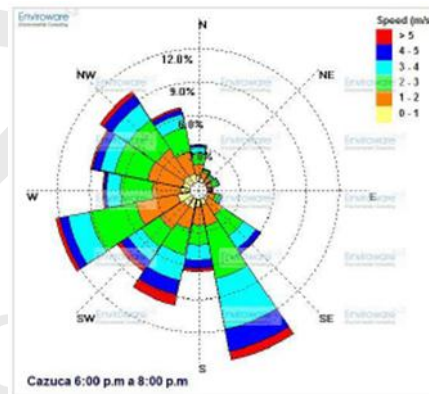


Figura 35. Rosas de viento para la estación Cazucá. Entre 6 P.m. y 8 P.m.
Fuente: Departamento de Geociencias – Universidad Nacional de Colombia.

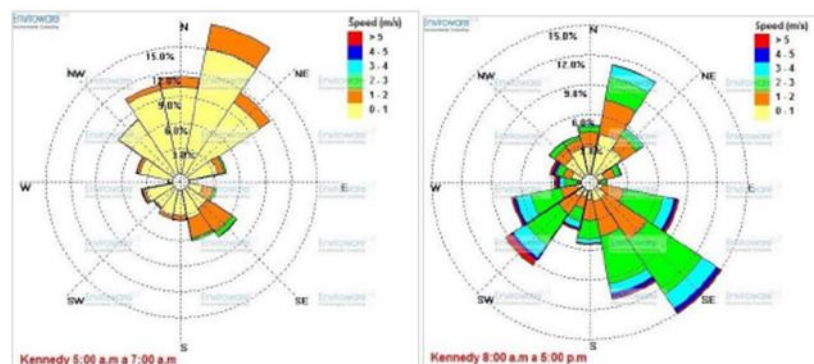


Figura 36. Rosas de viento para la estación Kennedy. Entre 5 a.m. y 7 a.m. (a). Entre 8 a.m. y 5 p.m. (b).



Fuente: Departamento de Geociencias – Universidad Nacional de Colombia.

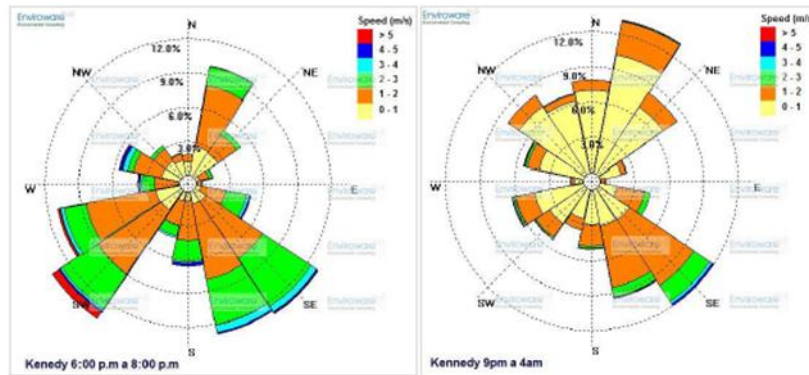


Figura 37. Rosas de viento para la estación Kennedy. Entre 6 P.m. y 8 P.m. (a). Entre 9 P.m. y 4 A.m. (b).

Fuente: Departamento de Geociencias – Universidad Nacional de Colombia.

1.5.3.2.5. EFECTOS DE LA EXPANSIÓN URBANA SOBRE EL CLIMA LOCAL AÑOS 2040

Teniendo en cuenta los resultados arrojados por los escenarios de cambio climático hacia los años 2040, el área urbana del municipio de Soacha como respuesta a los patrones atmosféricos de circulación de mesoescala experimentara un aumento de temperatura de alrededor de 1.5°C, sin embargo debido al proyecto de ampliación de la autopista sur el incremento del tráfico vehicular y subsecuente elevación en la concentración de gases de efecto invernadero podría generar un incremento en la temperatura del área urbana de hasta 2.5°C, si a esto se le adiciona ampliación del área urbana y subsecuente cubrimiento de las zonas bajas adyacentes al río Bogotá se podría tener un incremento mayor de la temperatura que se ha proyectado.

El ampliar considerablemente el área urbana implica incrementar considerablemente la extensión de suelos cubiertos por asfalto, concreto y demás materiales de construcción lo cual acarrearía un considerable incremento de la conductividad térmica de los suelos y por tanto mayor velocidad de calentamiento de las masas de aires que entran en contacto con la superficie del suelo y por ende mayor velocidad de ascenso del vapor de agua y el resto de gases presentes en la atmosfera durante las épocas de lluvias; generando mayor producción de tormentas eléctricas y de granizadas en la zona, esto traería consigo la caída de grandes volúmenes de agua en menor tiempo, lo cual provocaría mayores cantidades de agua circulando por las calles durante los eventos de precipitación, que podrían saturar los alcantarillados pluviales e inundación de las zonas bajas del municipio.





Examinando los campos y rosas de vientos (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**, **iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), pareciera que la expansión del área urbana del municipio de Soacha no afectaría el régimen climático de la zona debido a que al encontrarse en la periferia de la gran urbe, esa expansión podría producir celdas de calor más hacia el interior en la ciudad de Bogotá. Sin embargo, la ampliación del área se realizaría en un territorio eminentemente húmedo, gracias a los flujos de agua subterránea aportados desde el río Bogotá durante las épocas de lluvias y hacia el río Bogotá durante las épocas de sequía, lo cual genera un microclima en las áreas adyacentes al río Bogotá que refrescan la zona gracias al aporte permanente de humedad hacia la atmosfera. Si se sepulta bajo el cemento y el asfalto esas zonas húmedas, se perdería ese aporte de humedad hacia la atmósfera y adicionalmente se produciría mayor velocidad de calentamiento al fluir aire más seco en contacto con zonas con mayor calor específico, es decir más amplio que el del suelo.

La hipótesis aquí esbozada genera grandes incertidumbres sobre si ampliar la zona urbana generaría o no islas de calor y el subsecuente cambio en los patrones locales de la circulación atmosférica y posterior afectación en la zona, por lo tanto se recomienda realizar una exhaustiva modelación del clima urbano sobre la zona con y sin las nuevas edificaciones, para examinar detalladamente las modificaciones que sufriría el comportamiento de la atmósfera local y las posibles afectaciones que los cambios en la circulación local podrían generar sobre la región con el ánimo de evaluar la viabilidad de los nuevos proyectos urbanísticos en Bosatama.



1.5.3.2.6. ZONAS DE SUSCEPTIBILIDAD A LA PRODUCCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad a la producción de incendios forestales (**iError! No se encuentra el origen de la referencia.**), se procedió al traslape de las capas de precipitación, cobertura vegetal, déficit hídrico conseguido a partir de la elaboración del balance hídrico por el método de Thornthwaite durante las épocas de sequía y tipos de suelo, lo cual permitió estimar aproximadamente el grado de marchitez de la vegetación existente, la duración en meses de los déficit hídricos presentes en la zona, la sequedad en los suelos y la susceptibilidad a generación de altas temperaturas en la capa superficial que facilitan la producción de incendios forestales debido a la combustión potencial que presentan los pastos, hojarasca secas con las altas temperaturas y amplias dosis de radiación solar que se presentan durante las extensas épocas de sequía.

La conjugación de los anteriores parámetros permitió establecer las zonas con mayor susceptibilidad a la producción de incendios forestales las cuales están resaltadas en color rojo, las áreas con susceptibilidad intermedia para la producción de incendios





forestales resaltadas en color naranja y las zonas menos propensas (baja susceptibilidad a la producción de incendios forestales) resaltadas con color amarillo.

Los posibles incendios en la parte alta del municipio de Soacha, veredas Romeral y Alto del Cabra con alturas alrededor de 3300 m.s.n.m, serian el resultado de la combinación de altas dosis de radiación solar con la vegetación seca de paramo bajo, pues a estas alturas el espesor atmosférico se reduce en un 30% y por tanto la extinción o atenuación sufrida por la radiación solar al colisionar con las moléculas de aire se reduce considerablemente, esto conlleva a que los haces de luz lleguen con mayor fuerza sobre la superficie de suelo en las zonas de paramo, facilitando la ignición y producción de incendios en las zonas altas, cuando la vegetación se encuentra extremadamente seca.

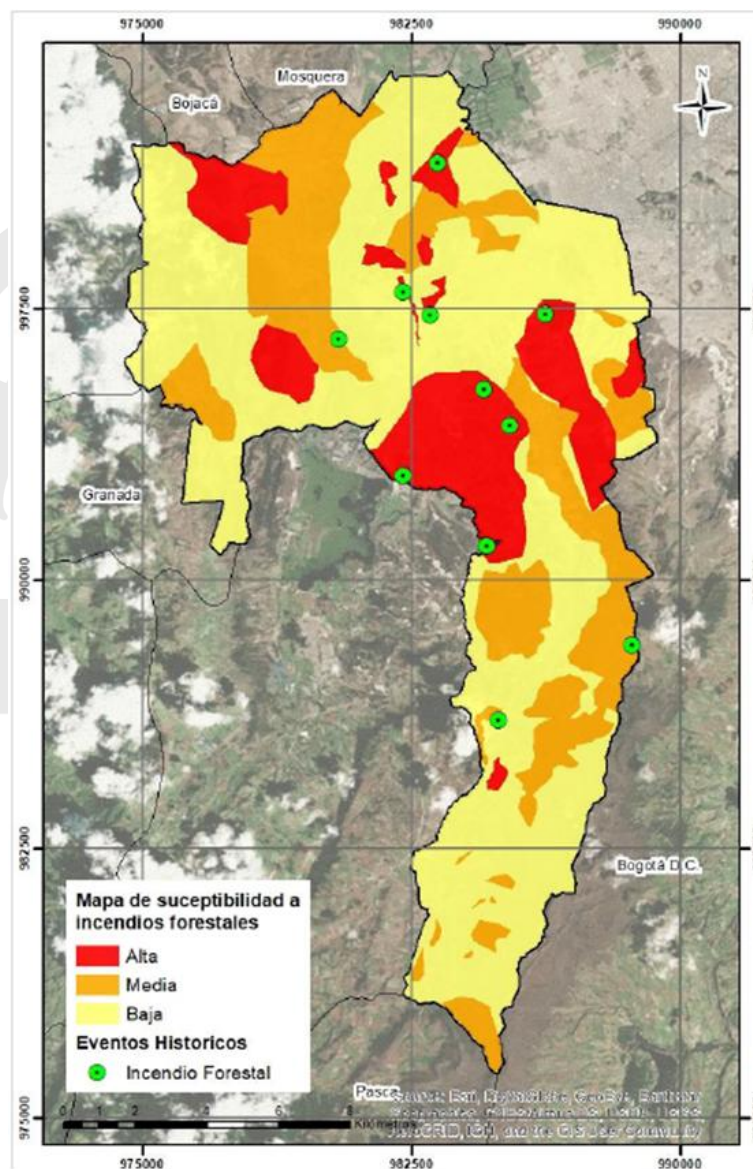




Figura 38. Mapa de susceptibilidad a producción de incendios forestales.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

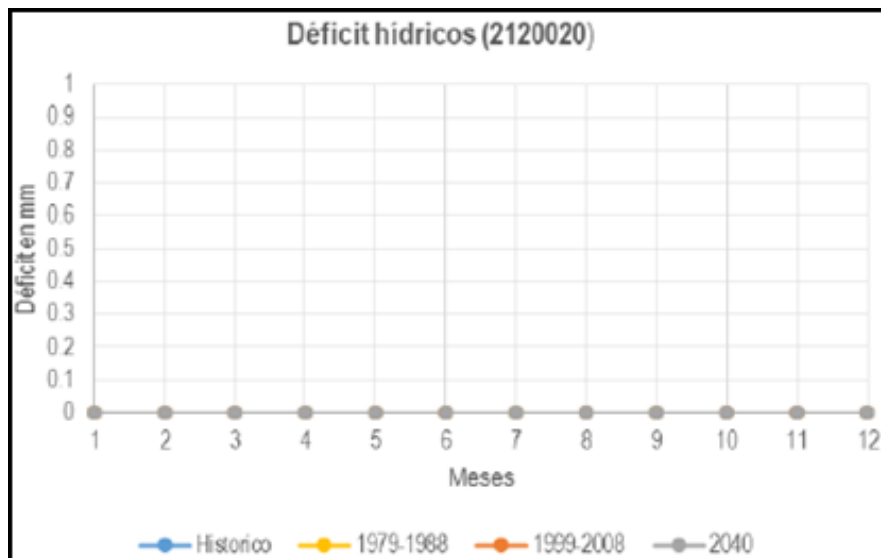
En la parte media del municipio de Soacha, los núcleos de alta susceptibilidad se localizan en las veredas Chacua, Villa Nueva, Fusungá y Panamá, localizadas a una altura alrededor de 2800 m.s.n.m, específicamente en bosques de San Mateo, bosques en los alrededores de Ciudadela Sucre y bosques de Quiba. A pesar de que esta zona presenta un clima subhúmedo con superávit de agua durante las épocas de lluvias, durante las épocas de sequía presenta considerables déficits hídricos, lo cual facilita la marchitez de la vegetación que eventualmente podría provocar incendios forestales bajo la interacción de la radiación con algunos elementos metálicos o fragmentos de vidrio presentes en la zona, que al calentarse provocaría la ignición de hojas y de hierbas secas.

En la parte baja las zonas con susceptibilidad a presentar incendios forestales se localizan en las veredas Canoas, Bosatama y Charquito, específicamente los domos de la vereda Canoas vía – Mondoñedo, bosques ubicados en los domos de la veredita, bosques localizados en los domos de la Chucua, bosques en los domos localizados al noroccidente de Ciudad Verde, la ignición generada por desechos metálicos y fragmentos de vidrio, y la intervención directa del hombre. En los humedales Terreros y Neuta son poco probables las conflagraciones de forma natural, sin embargo, por el inescrupuloso comportamiento de los moradores del sector podrían provocarse incendios como resultado de Fogatas y actividades recreativas.



1.5.3.3. BALANCE HÍDRICO DE LARGO PLAZO

1.5.3.3.1. PARTE ALTA



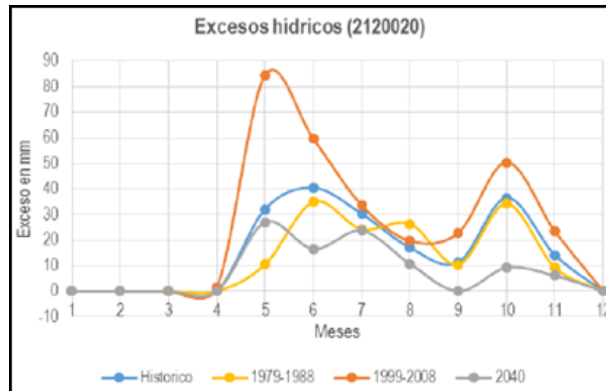


Figura 39. Distribución anual de déficit y excesos hídricos, parte alta del municipio.

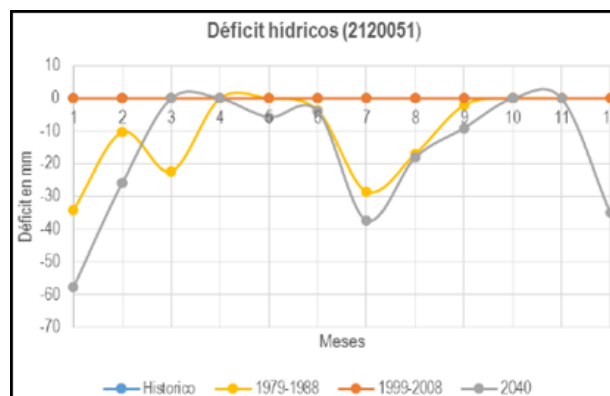
Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

Examinando las gráficas de la distribución anual de los déficit y excesos hídricos en la parte alta del municipio de Soacha, se observa que esta zona no presenta déficit hídrico en ninguna época del año, excepto durante años extremadamente secos bajo la influencia de eventos fuertes El Niño.

Esta es una zona con alto superávit de agua durante la mayor parte del año, la cual usualmente inicia durante los meses de abril extendiéndose hasta el mes de noviembre. Los excesos que allí se registran pueden lograr valores de 84.5 mm durante los años húmedos produciendo el total encharcamiento en las zonas de paramo; fortaleciendo los niveles freáticos que sirven de zona de alimentación de los nacederos de ríos y quebradas en las partes altas de las montañas. Durante las épocas normales los excesos fluctúan alrededor de 10.5 mm, sin embargo, como consecuencia del calentamiento global los excesos hídricos se reducirán considerablemente hacia los años 2040, logrando valores que fluctuarán alrededor de 7.8 mm, debido a la reducción de las precipitaciones e incremento de la tasa evaporativa.



1.5.3.3.2. PARTE MEDIA



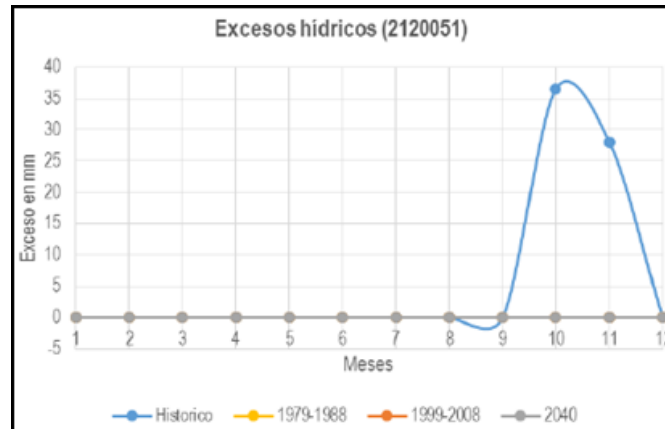


Figura 40. Distribución anual de déficit y excesos hídricos, parte media del municipio.

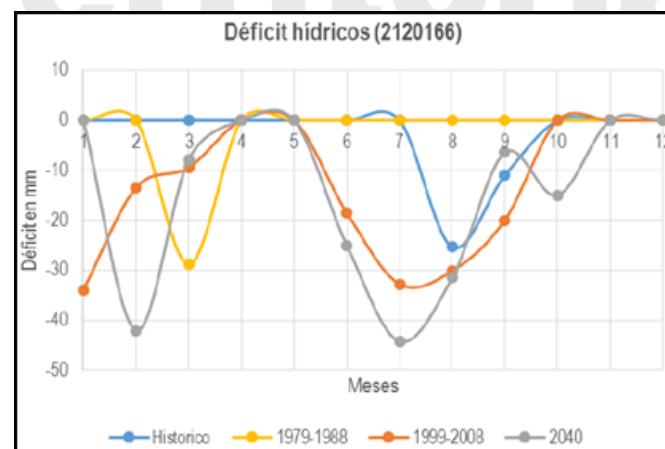
Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

La parte media del municipio de Soacha presenta déficit hídricos durante los años deficitarios o con anomalías negativas de precipitación (decena de los 80, Niños 82-83 y 87-88, ver línea naranja), debido que la disminución en las cantidades de lluvia no son suficientes para saturar los suelos de la zona y adicionalmente el recalentamiento que se presenta en la parte baja de la región intensifica la circulación local y subsecuentemente se eleva el potencial evaporativo de la zona y por ende se genera aumento de temperaturas y resequedad en los suelos.

Los excesos en la parte media de la región en análisis se presentan durante los años lluviosos (La Niña), en donde los suelos logran la saturación logrando valores de 36.5 mm, lo cual produce encharcamiento en la zona y flujos de escorrentía superficial en la mayor parte del área.



1.5.3.3.3. PARTE BAJA



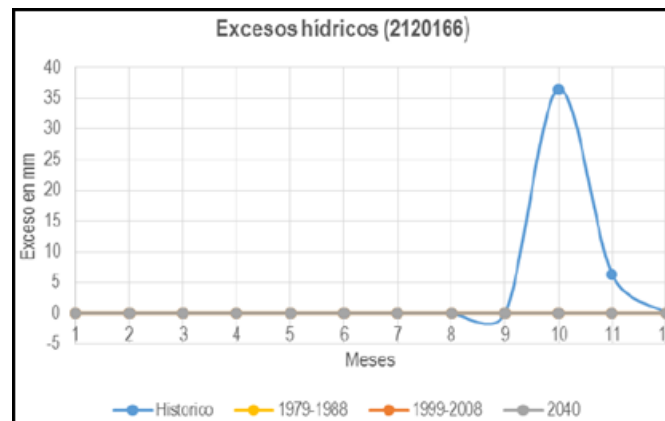


Figura 41. Distribución anual de déficit y excesos hídricos, parte baja del municipio.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

La parte baja del municipio de Soacha por su clima seco, presenta déficits hídricos durante extensos periodos del año, logrando valores de 28.8 mm durante el mes de marzo y 32.7mm en el mes de julio, los cuales se hacen más notables durante los eventos cálidos El Niño que inducen la generación de grietas o agrietamiento en los suelos cuales dañan las vías públicas y edificaciones en los momentos en que se reactivan las lluvias.

Durante las épocas normales esos déficits fluctúan alrededor de 11mm, se proyecta que hacia los años 2040 los déficits en la zona baja del municipio de Soacha se incrementen logrando valores alrededor de 14.3mm mensuales, esto sometería a los suelos y a los cultivos a estrés hídrico por déficit de agua, lo cual afectaría el potencial agrícola de la zona.

Los excesos por lluvias en la parte baja de la zona de análisis se logran durante los meses de octubre y noviembre logrando valores hasta 36.5 mm durante estos meses , sin embargo en la parte baja se pueden presentar excesos hídricos por aumento del nivel del río Bogotá, el cual se infiltra y drena hacia las zonas aledañas, adicionalmente el nivel alto de las aguas del río Bogotá durante los meses de lluvias impide el rápido vertimiento de agua de los ríos Soacha, Tibanica y alcantarillados pluviales hacia el río Bogotá, por tanto aparece la infiltración lateral y el humedecimiento de los suelos en las zonas bajas del municipio.

1.6. ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DE ALGUNOS CONTAMINANTES EN EL MUNICIPIO DE SOACHA Y SU IMPACTO

Para el desarrollo de este componente se tomó referencia la contribución de contaminantes emitidos en el municipio a partir de las emisiones reportadas por las estaciones de calidad del aire dispuestas por la CAR entre los años 2007-2015. A su vez





se realizó una aproximación a la estimación del gas metano, uno de los principales gases de efecto invernadero, a partir de las directrices propuestas por Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

1.6.1. GEI DIRECTOS

Son gases que contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera. En este grupo se encuentran: el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los compuestos halogenados (IDEAM, PNUD, 2016, pág. 28). Adicional a esto, gases como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), son químicamente estables y persisten en la atmósfera durante escalas de tiempo como décadas, siglos o más, de tal forma que sus emisiones ejercen influencia en el clima a largo plazo. Debido a su larga vida, estos gases se mezclan bien en la atmósfera, mucho más rápido de lo que se eliminan (IPCC, 2016). El dióxido de carbono no tiene un período de vida específico, porque está en ciclo continuo con la atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre, su eliminación neta involucra procesos con escalas de tiempo diferentes (IPCC, 2016).

1.6.2. GEI INDIRECTOS

Son precursores de ozono troposférico, además de contaminantes del ambiente de carácter local y en la atmósfera se transforman en gases de efecto invernadero directo. En este grupo se encuentran: los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y el monóxido de carbono (IDEAM, 2016). El dióxido de azufre y el monóxido de carbono son considerados gases de corta vida, son químicamente reactivos y se eliminan por lo general mediante procesos naturales de oxidación en la atmósfera, eliminándolos en la superficie o gracias a las precipitaciones. Sus concentraciones son muy variables (IPCC, 2016). El ozono es un gas de efecto invernadero importante que se forma y se destruye por reacciones químicas que implican a otras especies en la atmósfera. En la troposfera, el ser humano influye sobre el ozono mediante cambios en los gases precursores que conducen a su formación, mientras que, en la estratosfera, el ser humano influye principalmente a través de cambios en las tasas de eliminación del ozono causados por los clorofluorocarbonos (CFC) y otras sustancias que eliminan el ozono (IPCC, 2016).

1.6.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

A continuación, en la *iError! No se encuentra el origen de la referencia.* se presenta la descripción general de los Gases de Efecto Invernadero, sus características generales, el tiempo de vida y las fuentes de donde provienen sus emisiones ya sean antrópicas o naturales.



Tabla 17. Características generales de los gases de efecto invernadero (GEI).

GAS	CARACTERÍSTICAS	TIEMPO DE VIDA	FUENTES
Vapor de Agua (H ₂ O)	Es de los que más contribuye al efecto invernadero debido a la absorción de los rayos infrarrojos.	Se considera como parte de una especie de circuito de retroalimentación en el ciclo del agua.	Las actividades humanas tienen sólo una pequeña influencia directa respecto de la cantidad de vapor de agua en la atmósfera. Es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo.
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Es uno de los gases traza más comunes e importantes en el sistema atmósfera-oceano-Tierra. Es el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua.	Entre 18 a 1.200 años aproximadamente.	Tiene fuentes antropogénicas y naturales. Procesos de combustión de combustibles fósiles y producción de cemento, deforestación, cambio de uso del suelo y prácticas agrícolas.
Metano (CH ₄)	Juega un papel importante en la determinación de la capacidad de oxidación de la troposfera. Es removido de la atmósfera por reacción con radicales hidroxilos (OH) convirtiéndose finalmente en CO ₂	12 años aproximadamente.	Antropogénico: producción de hidrocarburos, rellenos sanitarios, ganadería, descomposición de materia orgánica y cultivos de arroz inundado. Natural: en los humedales.
Óxido Nitroso (N ₂ O)	Es inerte en la troposfera. Su principal sumidero es a través de las reacciones fotoquímicas en la estratosfera que afectan la	310 años aproximadamente.	Antropogénico: por el uso de fertilizantes, combustión, quema de biomasa, descomposición de estiércol.



GAS	CARACTERÍSTICAS	TIEMPO DE VIDA	FUENTES
	abundancia de ozono estratosférico.		Natural: por procesos de oxidación de amoníaco atmosférico y de nitrógeno en suelos particularmente tropicales. Se pueden distinguir tres tipos de emisiones: las directas desde el suelo, las directas de óxido nítrico del suelo debido a la producción animal (pastoreo) y las indirectas generadas por el uso de fertilizantes.
Compuestos hidrofluorocarbonados (HFCs)	Los HFCs fueron inicialmente usados para reemplazar algunas Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO) pero también es emitido como un subproducto en la manufactura del HCFC-22.	Promedio de 0.2 hasta 50.000 años aproximadamente.	La mayoría son producidos industrialmente, se emplean en diversas aplicaciones, principalmente en la industria de la refrigeración y de aerosoles. Están también presentes en aislantes térmicos.
Perfluorocarbonados (PFCs)	No destruyen la capa de ozono y no están cubiertos dentro del Protocolo de Montreal.	Promedio de 0.2 hasta 50.000 años aproximadamente.	Producidos en procesos industriales para elaborar productos de limpieza para metal, fabricación de semiconductores y transmisión y distribución de energía eléctrica.
Sulfuro hexafluorido (SF6)	No destruyen la capa de ozono y no están cubiertos dentro del Protocolo de Montreal.	Promedio de 0.2 hasta 50.000 años aproximadamente.	Producido en procesos industriales para la producción de gases para la fundición del magnesio, como gas aislante de electricidad, y agentes como grabado en procesos de producción de semiconductores.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia con base en (Pulido, 2012), (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLAERÍA, 2016), (Ballesteros y León, 2007).



1.6.3.1.1. FORZAMIENTO RADIATIVO

Se define como una medida de la influencia que tiene la alteración del balance entre la radiación solar incidente y la radiación infrarroja saliente en el sistema atmósfera – Tierra. Generalmente estas perturbaciones se deben a cambios internos o forzamientos externos del sistema climático como cambios en la concentración de un GEI o en la radiación emitida por el sol (Ballesteros y León, 2007). Si el forzamiento es positivo tiende a calentar el sistema, es decir, el planeta recibe más energía que la emitida por la superficie terrestre, mientras que un forzamiento negativo lo enfría, es más energía perdida que recibida (IDEAM, PNUD, 2016). El término forzamiento se utiliza para indicar que el equilibrio radiativo de la Tierra está siendo separado de su estado normal (IPCC, 2007).

Es en la era industrial, en la que se encuentra como factor dominante en el forzamiento radiativo del clima el aumento de la concentración en la atmósfera de varios gases de efecto invernadero, la mayoría de estos gases se producen de manera natural pero el aumento de su concentración en la atmósfera durante los últimos veinte años se debe a actividades humanas (IPCC, 2016)

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar los valores que reflejan el forzamiento total en comparación con el comienzo de la era industrial (alrededor de 1750). Los forzamientos para todos los incrementos de los gases de efecto invernadero son positivos, debido a que cada gas absorbe la radiación infrarroja ascendente en la atmósfera. (IPCC, 2007).

El CO₂ ha sido el que ha causado un mayor forzamiento en este período. Los incrementos del ozono en la troposfera han contribuido también al calentamiento mientras que la disminución del ozono en la estratosfera ha contribuido al enfriamiento (IPCC, 2007).

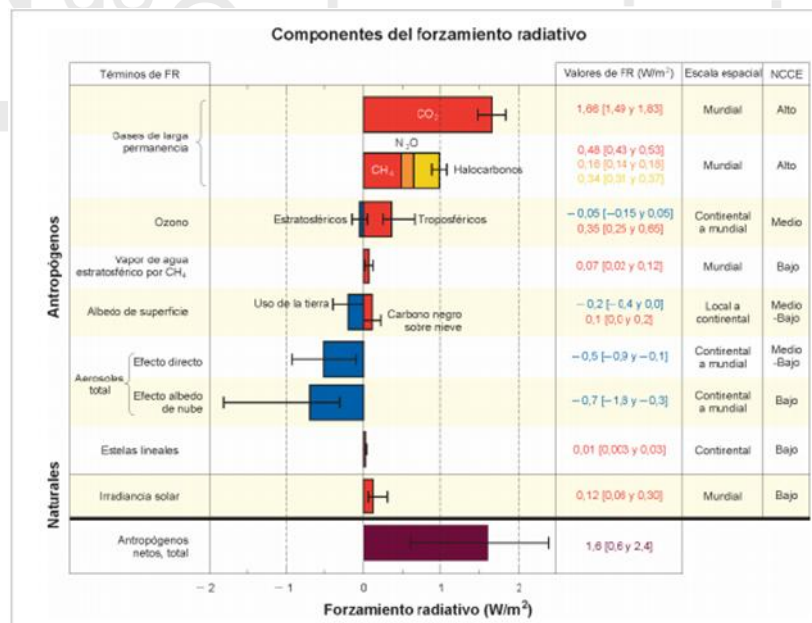


Figura 42. Forzamiento radiativo GEI.
Fuente: IDEAM (2016)



1.6.3.1.2. POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL

El potencial de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés: Global Warming Potentials), es un indicador del efecto radiativo de una sustancia sobre un horizonte de tiempo escogido, teniendo como base al dióxido de carbono. El GWP es mayor en las especies que absorben mayor radiación o tienen grandes tiempos de vida. El horizonte de tiempo escogido generalmente es de 100 años, queriendo representar el futuro impacto de la sustancia en los próximos 100 años (Pulido, 2012).

En la siguiente tabla se observa que de los GEI directos el que refleja mayor potencial GWP es el óxido nitroso, mientras que en los compuestos halogenados los gases con mayor GWP son los PFCs seguidos por los HFCs, los HCFCs y por último los CFCs.

Tabla 18. Valores reportados en el tercer reporte de evaluación del IPCC (2001).

GAS	VIDA MEDIA ATMOSFÉRICA (AÑOS)	FORZAMIENTO O RADIATIVO (W/M) 1750- 2005	FORZAMIENTO O RADIATIVO (W/M) 1970- 2000	POTENCIAL CALENTAMIENTO O 100 AÑOS
CO ₂	-	1,66	0,67	1
Metano	12	0,48	0,13	23
Óxido Nitroso		0,16	0,068	296
CFC-11	45	0,066	0,053	4600
CFC-12	100	0,172	0,137	10600
CFC-13 (CCl ₂ FCClF ₂)	85	0,03	0,023	6000
HCFC-22	12	0,0286	0,026	1700
HCFC-141b	9,3	0,0018	0,0018	700
HCFC-142b	17,9	0,0024	0,0024	2400
HFC-23	270	0,0029	0,0029	12000
HFC-134a	14	0,004	0,004	1300
HFC-152a	1,4	0,0002	0,0002	140
PFC-14	50000	0,0061	0,0061	5820
PFC-116	10000	0,0006	0,0006	12010
PFC-218	2600	0,0001	0,0001	8690
Pentano	0,01	-	-	
Etano	0,214	-	-	

Fuente: Ballesteros y León, (2007).





1.6.4. ESTIMACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Los GEI son compuestos que, aunque están en la atmósfera en concentraciones pequeñas aumentan significativamente la temperatura de la baja atmósfera debido a su capacidad de absorber y emitir radiación infrarroja. Aproximadamente tres cuartas partes del efecto invernadero natural se debe al vapor de agua, el principal GEI de corta vida es el Ozono troposférico pues es un contaminante fotoquímico que se forma bajo la atmósfera a partir de emisiones de sus precursores (NOx y compuestos orgánicos volátiles COVs), por lo que toma importancia la cuantificación también de los gases indirectos. (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2015).

El carácter global del cambio climático está asociado al largo tiempo de vida de la mayoría de GEI, a lo cual implica por un lado que las emisiones de los países industrializados tienen más peso en el cambio climático que en países como Colombia. (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2015).

Cuando se habla de Inventario de emisiones y absorciones de GEI se refiere a la cuantificación de la cantidad de GEI emitidas hacia la atmósfera como producto de fuentes antropogénicas, es decir de actividades humanas y de la cantidad de absorciones hechas por sumideros de carbono ocurridas en un tiempo específico. Es así como los resultados son presentados por cada gas y por cada sector económico involucrado en dicha emisión (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2015).

El inventario de GEI toma importancia y se justifica por los compromisos realizados en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en el artículo 4 donde se establece que todas las partes deben elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las partes (COP) de conformidad al artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases no controlados por el Protocolo de Montreal. Dichos inventarios se calculan a partir de los siguientes módulos, tal como lo señalan el IDEAM (2017) y IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, CAR, Corpogavio, Instituto Alexander Humboldt, Parques Nacionales Naturales de Colombia, MADS, DNP (2012):

- a. Energía: emisiones generadas por el consumo de combustibles fósiles (transporte de fuentes fijas) y emisiones de metano por minas de carbón y producción de petróleo y gas.
- b. Procesos industriales y uso de productos: emisiones resultantes por fabricación de productos (cemento, acero, químicos, etc)
- c. Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra: emisiones de metano y óxido nítrico provenientes de las actividades agropecuarias





- d. Desechos: emisiones de metano y dióxido de carbono por la disposición en vertederos de relleno sanitario, en aguas residuales e incineración de los desechos industriales y hospitalarios.

El inventario es una herramienta que ayuda a los gobiernos locales o entidades interesadas a identificar los sectores, fuentes y actividades que son responsables de las emisiones de GEI dentro de su jurisdicción, comprender las tendencias de emisión, establecer un plan de acción local, hacer seguimiento de la reducción de emisiones de GEI, cuantificar los beneficios de las actividades que contribuyen a la reducción de emisiones y establecer a futuro metas y objetivos de reducción de emisiones. (Guerra, 2014, pág. 14).

1.6.4.1. METODOLOGÍA DE INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) ha desarrollado directrices para la elaboración de inventarios nacionales de GEI que se han seguido habitualmente sobre la versión de 1996 mientras que el inventario de Colombia fue basado en la versión 2006 (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2015).

El objetivo principal de la IPCC es evaluar la información científica, técnica y socioeconómica relevante para la comprensión del cambio climático, sus impactos potenciales y las opciones de mitigación y adaptación. De acuerdo con estos elementos, las metodologías propuestas para la elaboración de los inventarios, incluidas las directrices del IPCC se basan en cálculos de emisiones a partir de datos existentes sobre las actividades económicas y factores de emisión propuestos y planteados por cada país o región. Los factores de emisión a emplear pueden ser propios, lo que indica que sean desarrollados por cada país para las condiciones específicas de cada uno y en caso de no tenerlos se usan los propuestos por las directrices del IPCC que son resultado de muchas investigaciones relacionadas con el tema (IDEAM et al., 2012).

La estructura de las directrices y de la metodología planteada clasifica las emisiones por categorías principales denominadas módulos con sus correspondientes sub-categorías, para cada una de ellas hay propuesto hasta tres niveles metodológicos para el cálculo de las emisiones dependiendo del grado de detalle que se tenga al momento de realizar el cálculo. Es importante mencionar que la metodología propuesta en la versión 2006 si bien tiende a una mejoramiento en organizar la información, se logra una mayor exhaustividad en la identificación de las actividades generadoras de GEI por lo que es posible que para el caso de Colombia a nivel nacional y regional no exista información con el nivel de detalle requerido, como es el caso de la categoría de Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) donde es necesaria información específica sobre usos y cambios de uso del suelo para seis tipos de tierra forestales, de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras (IDEAM et al., 2012) y (Pulido, 2012).





Para la elaboración del inventario se debe establecer el año base para su desarrollo de tal forma que permita ser comparativo con otros y se observe su comportamiento en un tiempo determinado. Para su realización se debe contar con hojas de cálculo, tablas de emisiones y absorciones anuales con las unidades correspondientes (masa/año), la descripción y la fuente de datos por cada actividad analizada y si es posible su incertidumbre, y fuentes de información con datos históricos base para la construcción del inventario.

La expresión más simple del cálculo de emisiones de acuerdo con lo definido por el IDEAM et al., 2015 es:

$$Emision = Dato\ de\ actividad * Factor\ de\ emision$$

Siendo la emisión en unidades de masa de GEI, el dato de actividad y el factor de emisión en unidad de masa de GEI, tiempo, distancia, energía, etc.

1.6.4.2. INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) PARA CUNDINAMARCA

Según el Inventario Nacional de emisiones de GEI de Colombia del 2012 en el departamento de Cundinamarca se presentan resultados del uso de combustibles fósiles en el sector de transporte correspondiente al 16% de las emisiones totales, dentro de este el transporte de carga y el servicio público de pasajeros tienen una mayor participación. Cundinamarca es el quinto departamento con mayor reporte de emisiones en el país por las actividades industriales y transporte, el sector económico que lidera la contribución a los GEI es la agricultura con un 34,72% seguido de la industria manufacturera con un 21,29% y los principales GEI que participan en las emisiones es el CO₂ con un 69,05%, CH₄ con un 20,40% y N₂O con un 9,76%. (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2015, pág. 94).

Ahora bien, en términos generales ya es sabido que el reporte de información y el acceso a ella como fuente de base de datos para el cálculo de emisiones de gases son limitados. Así pues, se debe hacer énfasis en que la información debe coincidir en una misma serie de tiempo para que las emisiones permitan ser comparadas, que hay información específica que se requiere en cada sector económico con la que no se cuenta con acceso y, que se necesita de un nivel de detalle tanto en los datos como en los mismos cálculos que entre otras cosas se logra con encuestas y talleres realizados directamente con la gente que habita el municipio.

Es por esto, que se hace aclaración en que la realización de un Inventario de Gases de Efecto Invernadero para Soacha no es objetivo principal en el presente trabajo y queda como sugerencia la realización de ello puesto que permite tener claridad en el aporte que genera cada actividad económica en el calentamiento global y así mismo posibilita identificar medida precisas y específicas para la disminución de dichas emisiones. Sin





embargo, se plantea como inicio para este objetivo, una estimación de gas metano (CH₄) a partir humedales y de población bovino, que se demuestra a continuación.

1.6.4.3. ESTIMACIÓN DE GAS METANO EN EL MUNICIPIO DE SOACHA (ORIGEN BOVINO Y DE HUMEDALES)

Para el caso de Soacha se hace una estimación gruesa de emisión de metano (CH₄) producida por la gestión del estiércol en uno de los sectores principales económicos del municipio que es la ganadería y en los humedales presentes en el municipio.

1.6.4.3.1. ESTIMACIÓN DE METANO PRODUCIDA POR LA POBLACIÓN DE BOVINOS

Para el caso de la ganadería, se recurre a la metodología propuesta en las directrices planteadas por el IPCC Volumen 4, Capítulo 10 con la aplicación de metodología nivel 1, el cual es un método simplificado que solo requiere datos de la población de ganado por especie/categoría animal, del clima de la región o temperatura y de los factores de emisión por defecto del IPCC. (IPCC, Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol, 2006).

La ecuación utilizada para el cálculo de dichas emisiones fue la siguiente:

$$CH_4 \text{ Estiercol} = \sum_T \frac{EF_T \times N_T}{10^6}$$

Donde:

CH₄ Estiércol = emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población definida, Gg CH₄ año-1

EF(T) = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza-1 año-1

N(T) = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país

T = especie/categoría de ganado

Los datos utilizados para el cálculo de emisiones se tomaron de reportes hechos por la Gobernación de Cundinamarca para el año 2014 (Gobernación de Cundinamarca, 2017). En las de producción de leche predomina la raza Holstein, de carne y de doble propósito Normanda y Mestizo, para el caso del Porcino el total reportado es 6260 teniendo en cuenta el número de crías por parto y los ciclos que tienen por año que son 2.

Tabla 19. Inventario pecuario para el año 2014 en Soacha.

POBLACIÓN BOVINO	UNIDAD
Leche	4231
Carne	507,72
Doble Propósito	3723,28





POBLACIÓN BOVINO	UNIDAD
Porcino	6260

Fuente: Gobernación de Cundinamarca (2017)

Es así, como se estima la producción de metano por estas razas de acuerdo a la metodología propuesta donde el porcino es el que más emisión de metano produce (43%) y el bovino de producción de carne el que menos emisión reporta (3%).

Es importante tener en cuenta que "se estima que el 87% de la producción de metano se da en el rumen y 13% restante en el tracto digestivo posterior. De este último, aproximadamente el 89% es absorbido hacia la sangre y expirado a través de los pulmones (McCaughey et al., 1999) lo cual indicaría que cerca del 98% del total de metano producido por los rumiantes puede ser expirado a través de la boca y los orificios nasales." "El metano es eliminado a través del eructo y la respiración y puede representar pérdidas de energía bruta entre el 5 y el 8% contenida en los alimentos consumidos por el animal (López y Newbold, 2007)" (Marín, 2013)

"Se estima que la formación de metano representa una pérdida de 7 al 10% de la ingesta de los rumiantes de la energía bruta (Moss y Givens, 1993), dependiendo del nivel de consumo de alimento, la composición de la dieta y la digestibilidad aparente de la energía alimentaria (Soliva y Hess, 2007)." (Marín, 2013).

1.6.4.3.2. ESTIMACIÓN DE METANO PRODUCIDA POR HUMEDALES

Teniendo en cuenta el proceso de Metanogénesis producido a partir de bacterias denominadas metanógenas, es posible la remineralización de la biomasa, tanto el aeróbico y el anaeróbico. En el primer caso, ocurren las primeras transformaciones de la materia orgánica tanto disuelta como particulada en CO₂ y biomasa, mediante el metabolismo de la respiración aerobia; siendo este proceso muy eficiente para la producción de energía y por lo tanto para el reciclamiento del carbono (Lehninger, 1980). Como resultado de la degradación biológica aeróbica, en el sistema se propicia una demanda de oxígeno que supera al aporte del mismo, creándose condiciones generalmente anaeróbicas. Cuando el oxígeno se ha agotado, los microorganismos aeróbicos estrictos cesan de crecer y bajo estas circunstancias, la descomposición del carbono orgánico continúa a través de los microorganismos anaeróbicos. Con base en su bioquímica especializada, los microorganismos anaeróbicos llevan a cabo los procesos de fermentación, desnitrificación, reducción de manganeso, reducción de hierro, sulfatorreducción y metanogénesis. La metanogénesis es la última fase de la degradación anaerobia de la materia orgánica y representa una fracción importante en el flujo de carbono en los hábitats anaerobios" (Torres. A, Gutierrez. M, Contreras E., 2002, pág. 22).

"La composición conjunta de los otros gases que componen la atmósfera (CO₂; CO; SO₂) reduce la capacidad oxidante de la atmósfera, permitiendo que el metano





permanezca más tiempo en el aire, aumentando el impacto en el efecto de invernadero (Talaue, 2001)” citado en (Torres. A, Gutierrez. M, Contreras E., 2002, pág. 22).

Lo anterior explica la importancia de estimar el metano producido por la acción de metanogénesis en los humedales, por lo cual de la misma forma que en el bovino se realizó una estimación con metodología tipo 1 siguiendo el Volumen 4, Capítulo 7 de las directrices del IPCC y el apéndice 3 del mismo capítulo considerando un factor de emisión de 0,061 Kg CH₄/ha*día. (IPCC, 2006). La fuente de información tenida en cuenta sobre el área de los humedales presentes en el municipio se tomó de información de la CAR sobre Humedales del territorio, información que se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 20. Área de humedales en Soacha.

Humedal	Área (ha)	CH ₄ (Gg/ año)
Laguna de Neuta	30	7,12E-04
Tibanica	24	5,69E-04
Terreros	18	4,27E-04
Tierra blanca	55	1,30E-07

Fuente: CAR (2011).

De esta forma se estiman las emisiones de metano en donde estas son proporcionales al área de humedal presente siendo el Neuta el que más emisión tiene con una proporción del 42% y Tierra blanca el que menor emisión reporta.

A grandes rasgos se puede observar que las emisiones reportadas por la población bovino son en general las que mayor emisión de metano presentan como el caso del porcino, y las bajas emisiones vienen siendo por parte de los humedales. No se hace el ejercicio comparativo ya que son datos que se tienen en momento distintos.



1.6.5. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Para el análisis del comportamiento de los contaminantes del aire, se procedió adicional al análisis de los datos reportados de las emisiones por cada estación de calidad del aire. Dentro de los gases analizados, se encuentra el NO₂, SO₂, CO y el O₃ como GEI.

Las estaciones seleccionadas para el análisis de contaminantes son las que se encuentran en el municipio de Soacha: Almacafé, Hospital Mario Gaitán y Ladrillera Santafé, las cuales se pueden ver en la Tabla 26 con su periodo de funcionamiento comprendido en el periodo del 2007-2015 y los gases que reportan emisiones en su respectivo periodo. Es de aclarar que la estación Almacafé tuvo funcionamiento hasta el año 2012 y luego entró en operación Ladrillera Santafé, lo cual justifica que no haya reportes del año 2013 y que no todas las estaciones coincidan en el periodo de emisiones.





Tabla 21. Estaciones de calidad del aire ubicadas en Soacha.

Nombre Estación	Tipo Estación	Periodo Operación	SO2	NO2	CO	PM 10	PST	O3
Almacafé	Almacafé	2007-2012	x	x	x	x	x	x
Soacha Hospital Mario Gaitán	Manual	2011-2015		x	x	x	x	
Soacha Ladrillera Santafé	Automática	2014-2015	x	x	x	x		

Fuente: UNAL.

Para la revisión de las emisiones por estación, se hizo análisis del comportamiento de los promedios mensuales y anuales por cada gas contaminante (Promedio geométrico para PST y promedio aritmético para los demás contaminantes), y seguido a esto se realizaron gráficas de promedio anual en la serie de años correspondiente al reporte de cada estación. Finalmente, se realizó un diagrama con reporte consolidado de las emisiones de cada gas contaminante.

Es importante mencionar que los análisis propuestos son hechos con base a la Norma de Calidad del aire establecida en la Resolución 610 del 24 de marzo del 2010 por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril del 2006. En dicha norma está estipulado en el artículo 2º la modificación del artículo 4 que compete a los Niveles Máximos Permisibles para contaminante criterio, los cuales son calculados con promedio geométrico para PST y promedio aritmético para los demás contaminantes (Min. Ambiente, 2010)).



Tabla 22. Niveles máximos permisibles por contaminante y tiempo de exposición.

CONTAMINANTE	NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE (MG/M³)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM10	50	Anual
	100	24 horas
PM2.5	25	Anual
	50	24 horas
SO ₂	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO ₂	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 horas
O ₃	80	8 horas
	120	1 horas
CO	10000	8 horas





CONTAMINANTE	NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE (MG/M ³)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
	40000	1 horas

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010).

Como modelo de análisis y reporte de resultados se ilustra a continuación el comportamiento de las emisiones dadas en la estación Hospital Mario Gaitán comprendidas entre los años 2011 y 2015.

En las siguientes imágenes se observa el comportamiento de emisiones de PM10 en el mes de enero del año 2011 al 2015 donde se presenta una disminución considerable del año 2012 al 2013 y desde ese año un aumento al 2015. Adicional a esto, también se evidencia un comportamiento similar a enero por todos los meses en el aumento y disminución, cabe destacar el aumento representativo dado en el mes de noviembre en el año 2014.

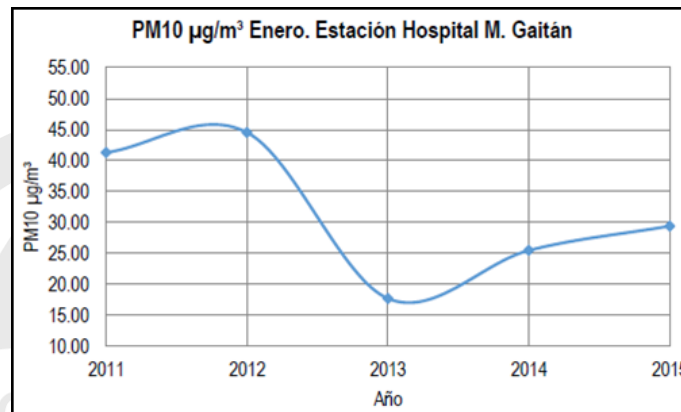


Figura 43. Emisiones PM10 µg/m³ del mes de enero entre 2011 y 2015. Estación Hospital Mario Gaitán.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

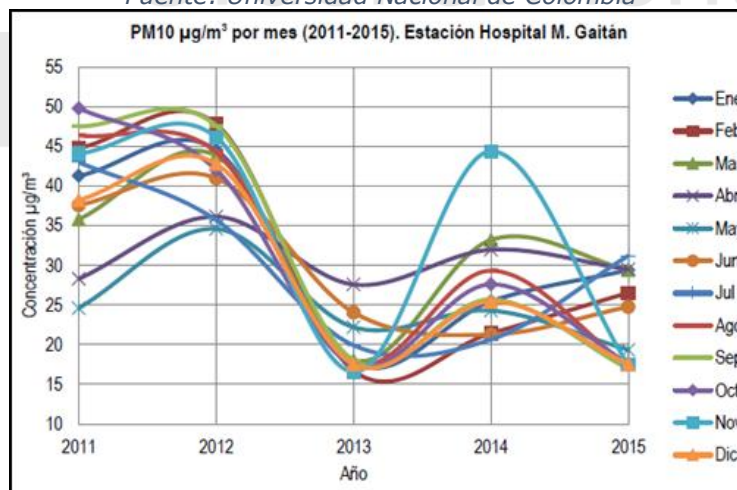


Figura 44. Emisiones PM10 µg/m³ de todos los meses entre 2011 y 2015. Estación Hospital Mario Gaitán.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia





Las emisiones promedio por mes son muy bajas en comparación con el máximo que permite la Resolución 610 del 2010 que es $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin embargo, al analizar los promedios anuales donde el máximo permitido es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2012 se estuvo cerca de alcanzar este valor con un reporte de $42,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

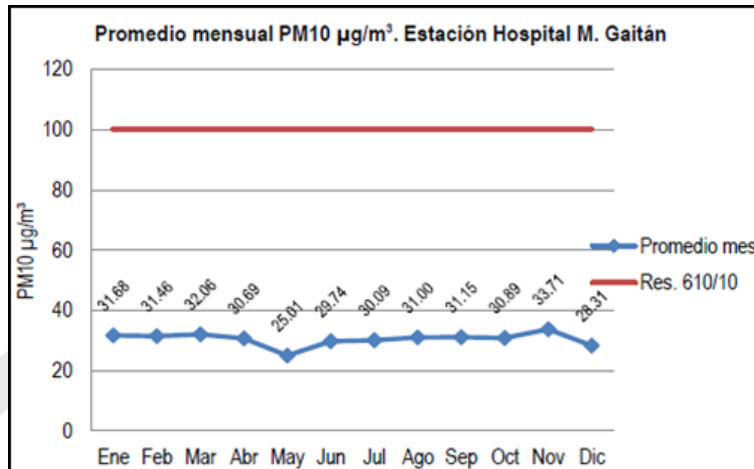


Figura 45. Promedio mensual PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

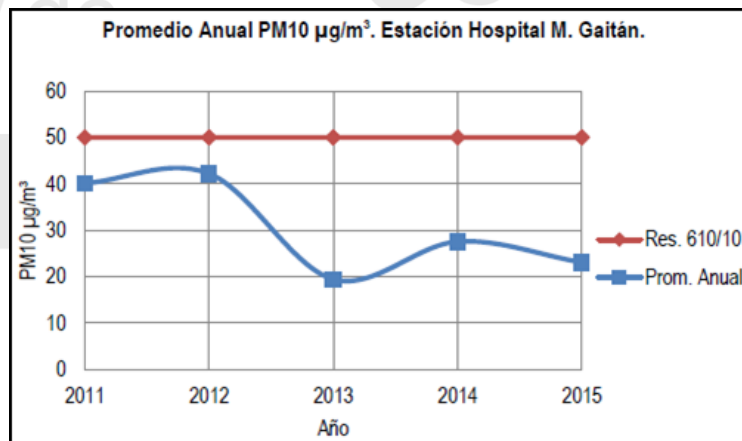


Figura 46. Promedio anual PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

Finalmente, se puede observar como consolidado total de las emisiones de PM10 que las reportadas están por debajo del máximo permitido en un 36 %.



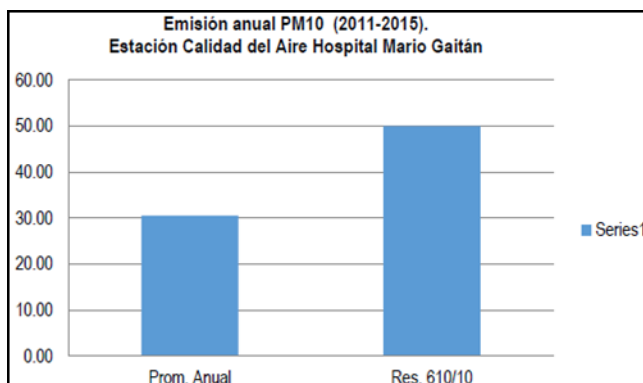


Figura 47. Emisión anual PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

En general las emisiones promedio anual de la serie de años 2011-2015 en las tres estaciones se encuentran por debajo de la cantidad permitida en la Resolución 610 del 2010.

1.6.5.1. CONCEPTO Y METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA)

El ICA es la interpretación de los niveles de las concentraciones registradas en la región metropolitana, es un valor adimensional, que lleva una escala numérica entre 0 y 500 con rangos intermedios y representados por diferentes colores. La principal función del ICA es mantener informada a la población sobre la calidad del aire en escalas que sean comprensibles (Calidad del aire, 2017).

El ICA en Colombia ha sido adoptado de la EPA Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, el cual en nuestro país mide los siguientes contaminantes: Partículas suspendidas Totales PST, Material Particulado PM10, Dióxido de Azufre SO₂, Dióxido de Nitrógeno NO₂, Ozono O₃, Monóxido de Carbono CO.

Con base al Protocolo de Monitoreo y Seguimiento a la calidad del aire se calculó el ICA teniendo en cuenta los puntos de corte que son los límites correspondientes a efectos entre la salud y calidad del aire, información que es basada también en US - EPA citado en (Min. Ambiente, 2008).

Tabla 23. Puntos de Corte para medición de ICA.

ICA	COLOR	DESCRIPCIÓN	PST 24h $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10 24h $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SO ₂ 24h ppm	NO ₂ 1h ppm	O ₃ 1h ppm	CO 8h ppm
0-100	Verde	Bueno	0 - 260,4	0 - 154	0,000 - 0,144	60	0,0 - 9,4	0,0 - 9,4





ICA	COLOR	DESCRIPCIÓN	PST 24h µg/m3	PM10 24h µg/m3	SO2 24h ppm	NO2 1h ppm	O3 1h ppm	CO 8h ppm
101-150	Amarillo	Desfavorable para grupos sensibles	260,5 - 315,4	155 - 254	0,145 - 0,224	60	9,5 - 12,4	9,5 - 12,4
151-200	Naranja	Desfavorables	315,5 - 375,4	255 - 354	0,225 - 0,304	60	12,5 - 15,4	12,5 - 15,4
201-300	Rojo	Muy Desfavorables	375,5 - 625,4	355 - 424	0,305 - 0,604	0,65 - 1,24	15,5 - 30,4	15,5 - 30,4
301-500	Purpura	Peligroso	625,5 - 875,4	425 - 604	0,605 - 1,004	1,25 - 2,04	30,5 - 50,4	30,5 - 50,4

Fuente: Calidad del aire (2017) y Min. Ambiente (2008).

El ICA será calculado siguiendo la siguiente ecuación que corresponde a la metodología US-EPA.

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Dónde:

IP = Índice para el contaminante p.

CP = Concentración medida para el contaminante p.

BPHi = Punto de corte mayor o igual a CP.

BPLo = Punto de corte menor o igual a CP.

IHi = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BPHi.

ILo = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BPLo.

Se realizó el cálculo para todos los reportes que se tenían de 24 horas para cada contaminante en cada estación de Soacha para tener un consolidado sobre los reportes del ICA.

1.6.5.2. ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) EN SOACHA

Para que una sustancia atmosférica sea considerada contaminante, su concentración debe superar el nivel considerado normal durante periodos suficientemente largos como para afectar la salud y el bienestar humano, los ecosistemas, los materiales y el





patrimonio. Aunque los GEI de larga vida (CO₂, CH₄, N₂O Y CFCs) si bien han superado los niveles de concentración no llegan a ser tóxicos como sí lo son los contaminantes atmosféricos criterio como el material particulado PM₁₀, O₃, CO, NO₂, SO₂. Sin embargo, la Corte Suprema de EE.UU en 2007 dictaminó que los GEI sí son contaminantes dado las afectaciones que causa en la población y el medio ambiente (IDEAM, et al., 2015, pág. 6).

Las gráficas realizadas sobre el consolidado anual de las emisiones en el municipio posibilitan ver a más detalle lo que fue la emisión anual consolidada de cada contaminante año a año a diferencia del análisis promedio anual explicado anteriormente.

1.6.5.2.1. MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ MG/M³

El PM₁₀ es considerado un contaminante criterio de mayor impacto en la salud de la población por su tamaño menor a 10 micras y llega a ser un elemento importante en la contaminación atmosférica debido a que generalmente flota en el aire.

El comportamiento de las emisiones mensual en las estaciones reporta tendencias a aumento de todos los meses en el año 2009 y 2010 en la Estación Almacafé siendo el de mayor aumento en el mes de enero, en el año 2014 en la estación Hospital hay un aumento marcado en el mes de noviembre y un mayor reporte de emisión en el mes de enero en la estación Ladrillera. En términos generales hay disminución del contaminante en el año 2011 en Almacafé con menor reporte el mes de abril y en Hospital en el año 2015 con menores reportes de noviembre y diciembre.

El PM₁₀ según la resolución 610 del 2010 tiene niveles de emisiones permitidas mensual de 100 µg/m³ y anual de 50 µg/m³ (Min. Ambiente, 2010). Con base a esto, los reportes de promedio mensual en las tres estaciones estuvieron por debajo del nivel permitido. El mayor promedio mensual coincide en el mes de enero en las tres estaciones y el menor en junio en Almacafé, mayo en Hospital y agosto en Ladrillera. En términos generales hay una tendencia de disminución en la emisión del mes de enero a diciembre.

El promedio anual reportado tiene tendencia a aumentar, allí las emisiones sobrepasan el límite permitido en el año 2009 y 2010 en la estación Almacafé. En Ladrillera y Hospital las emisiones están por debajo del límite teniendo su punto más cercano en el año 2012





y 2014 respectivamente. En el consolidado histórico de emisiones del municipio se observa igual esa tendencia teniendo el menor reporte en el 2013 en la serie de años 2007–201.

Las imágenes representan el comportamiento a nivel mensual y multianual de PM10 a lo largo del territorio del municipio. Se puede observar que las zonas afectadas en general son: Veredas: Alto de la Cruz, el Charquito, Chacua, Villa Nueva, Panamá, Fusungá, Villa Nueva, San Jorge, Hungría y Alto de la Cabra y Barrios: Santa Ana, Altos de la Florida, San Rafael, Villa Nueva Alta y Humedal Tierra Blanca.

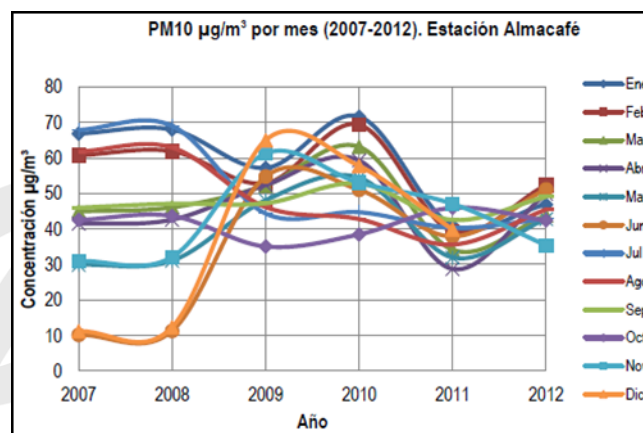


Figura 48. Emisiones PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

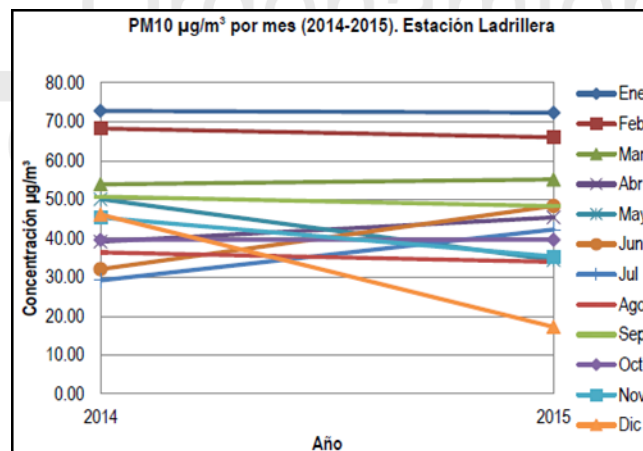


Figura 49. Emisiones PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2014-2015). Estación Ladrillera.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia



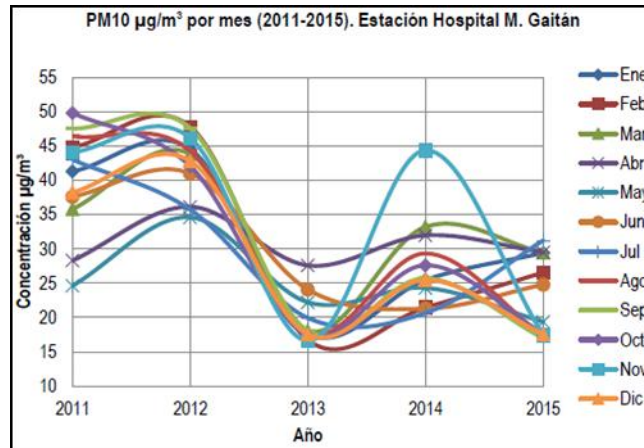


Figura 50. Emisiones PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2011-2015). Estación Hospital M. Gaitán.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

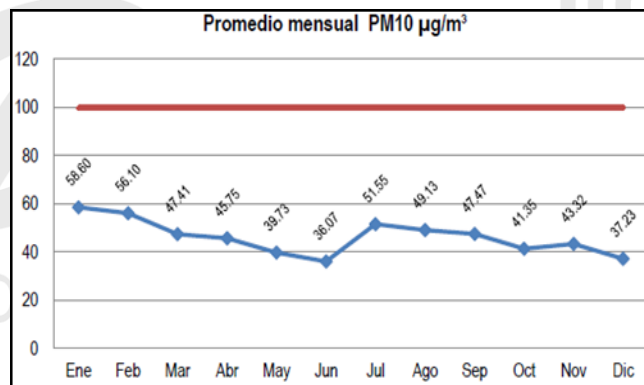


Figura 51. Promedio mensual de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007-2012). Estación Almacafé.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

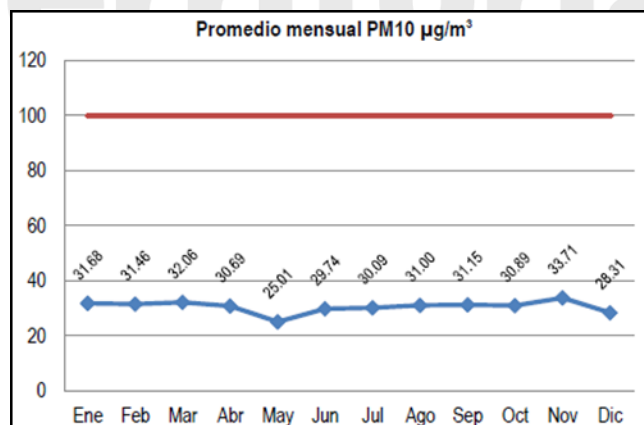


Figura 52. Promedio mensual de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



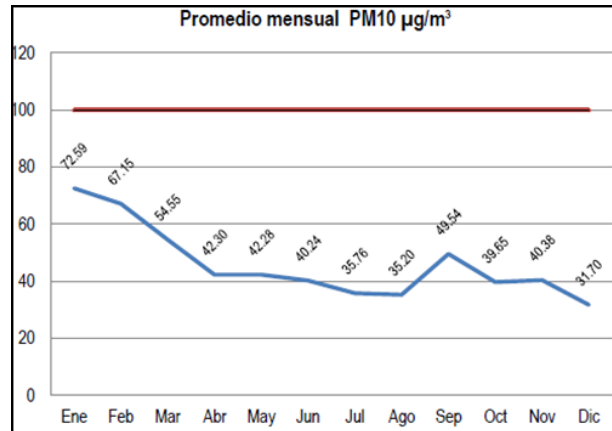


Figura 53. Promedio mensual de PM10 µg/m³ (2014-2015). Estación Ladrillera.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

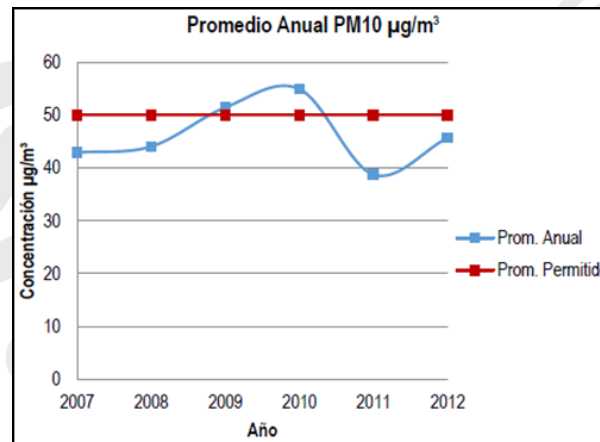


Figura 54. Promedio anual de PM10 µg/m³ (2007-2012). Estación Almacafé.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

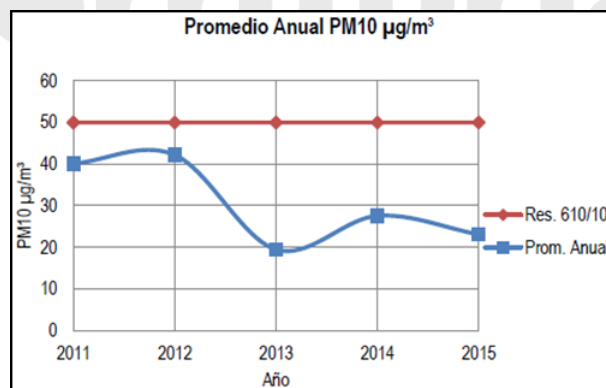


Figura 55. Promedio anual de PM10 µg/m³ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia



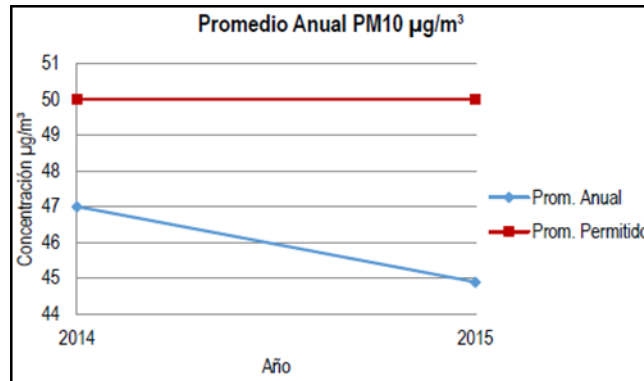
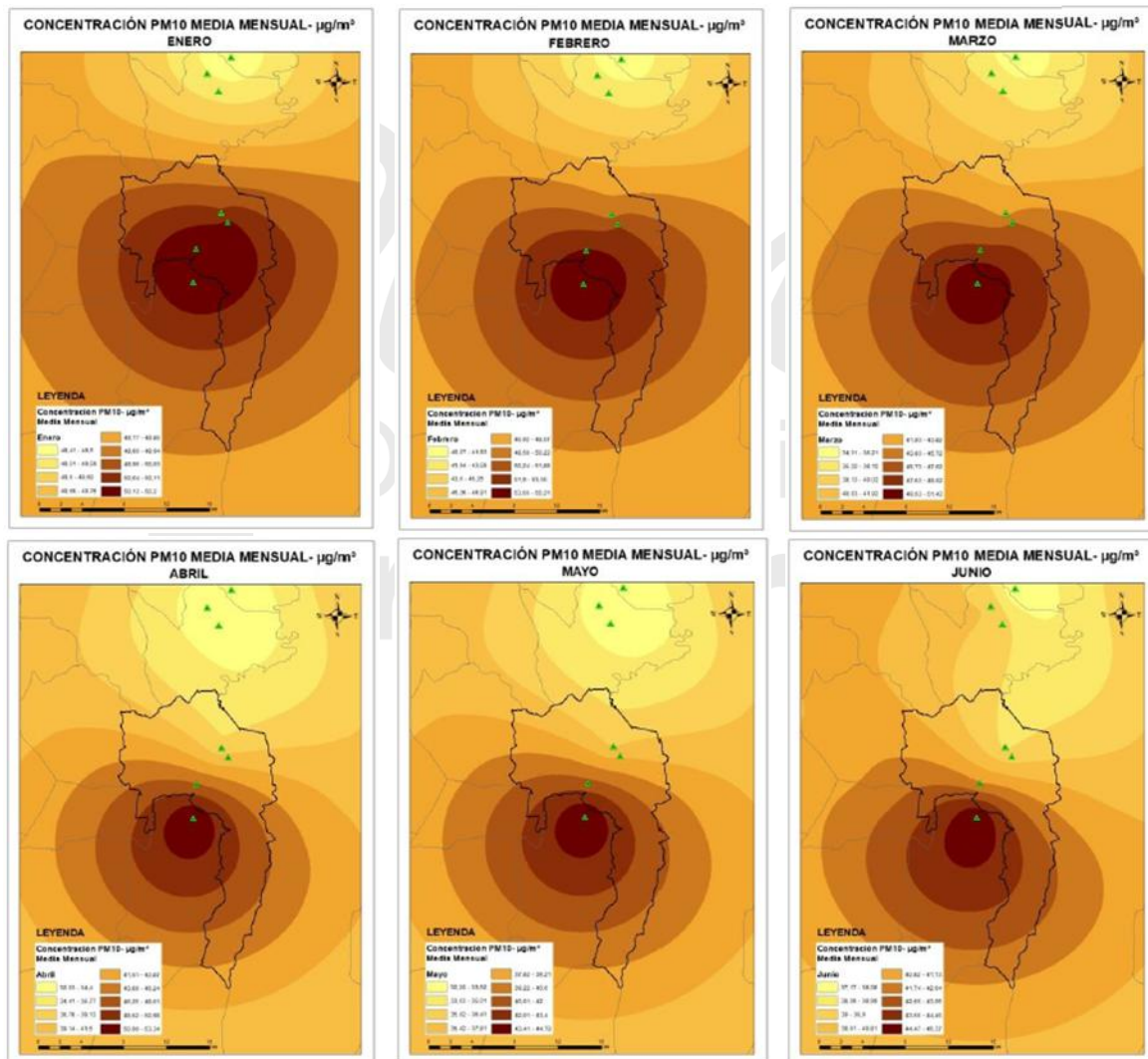


Figura 56. Promedio anual de PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014-2015). Estación Ladrillera.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia



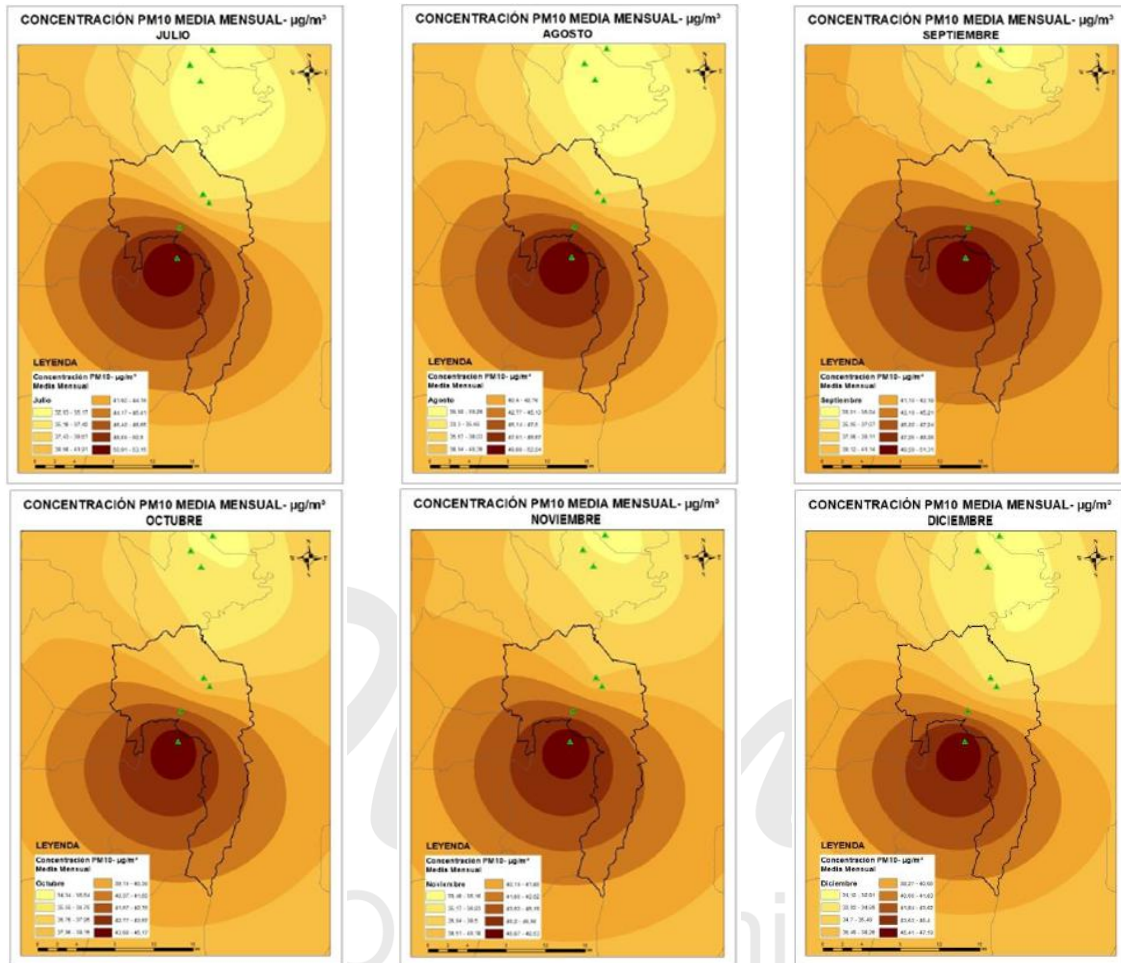


Figura 57. Mapas de concentración de material particulado (PM10) mensual en Soacha.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

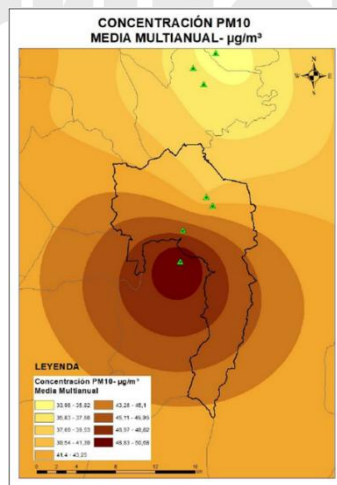


Figura 58. Mapa de concentración de material particulado (PM10) multianual en Soacha.
Fuente Universidad Nacional de Colombia





1.6.5.2.2. PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)

Las PST contienen al PM10 y a partículas de fracción inhalable de diámetro mayor que pueden permanecer en el aire suspendidas dependiendo de su tamaño y densidad, lo cual hace que su exposición en mayor medida tenga implicaciones e impactos negativos sobre la población.

En las emisiones mensuales se evidencia un mayor reporte para el mes de enero y febrero en los años 2007 y 2008 en Almacafé y menores en noviembre para los mismos años, las emisiones presentan una disminución del 2007 al 2012 para el mes de enero y febrero. En la estación Hospital hay una tendencia a disminuir del 2012 al 2013 siendo el mes de octubre con mayor reporte y noviembre con menor reporte y una tendencia al aumento en el 2014 con alta emisión por el mes de noviembre.

Con base a la resolución 610 las PST tienen un límite máximo permitido de 24 horas de 300 y anual de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Min. Ambiente, 2010), para lo cual se hizo el ejercicio comparativo de emisiones teniendo en cuenta el promedio geométrico como se solicita en la norma y como se plantea en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Min. Ambiente, 2008). Los promedios mensuales de enero y agosto presentan picos altos de emisión y diciembre pico bajo en Almacafé, para Hospital el que tiene mayor reporte es enero y menor reporte agosto. Respecto al promedio anual en Almacafé se presentaron aumentos abruptos para el año 2007 y 2008 sobrepasando el límite permitido, de este último año al 2012 hay disminución del promedio anual estando por debajo de lo permitido (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En hospital en términos generales se encuentra por debajo del permitido teniendo un punto cercano en el año 2012 y disminución del 2012 al 2013. En términos generales la emisión histórica anual por PST presenta su mayor emisión en el 2008 y su menor emisión en el 2014 teniendo una tendencia a disminuir entre 2008 – 2015. Las tendencias y comportamiento de las PST en el territorio, mensual y multianual respectivamente, donde se observa que las zonas afectadas principalmente son Veredas: Alto de la Cruz, el Charquito, Chacua, Villa Nueva, Panamá, Fusungá, Villa Nueva, San Jorge, Hungría y Alto de la Cabra y Barrios: Santa Ana, Altos de la Florida, San Rafael, Villa Nueva Alta y Humedal Tierra Blanca.



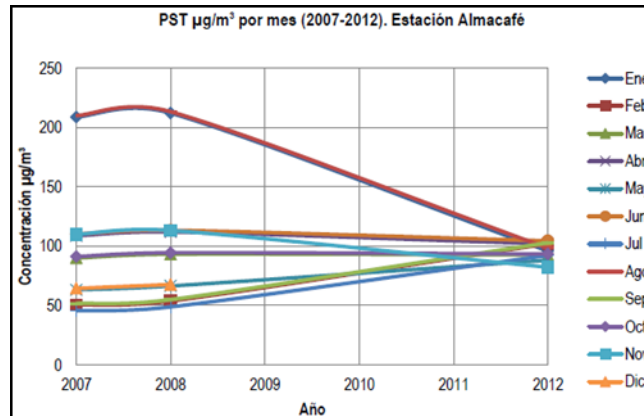


Figura 59. Emisiones PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.

Fuente Universidad Nacional de Colombia

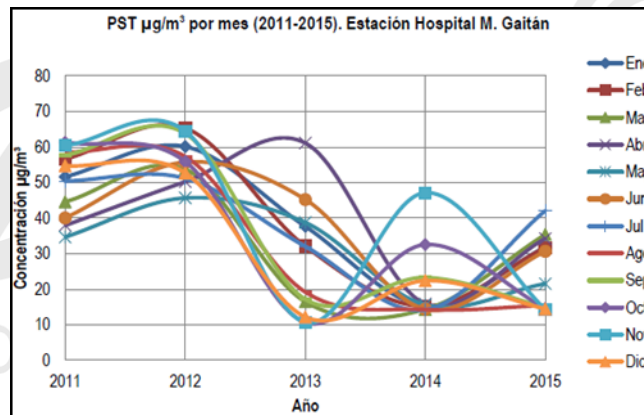


Figura 60. Emisiones PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de todos los meses (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.

Fuente Universidad Nacional de Colombia

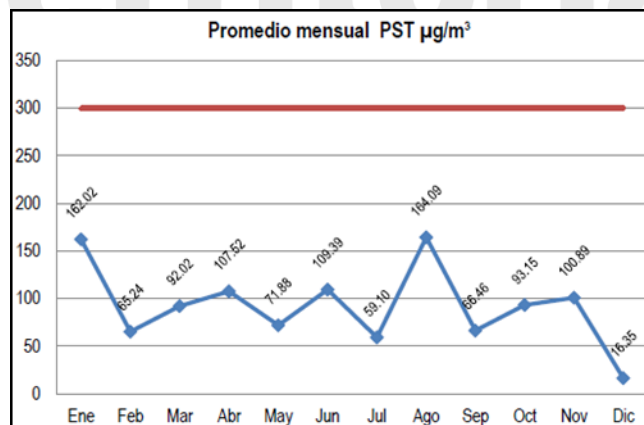


Figura 61. Promedio mensual PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007, 2008, 2012). Estación Almacafé.

Fuente Universidad Nacional de Colombia



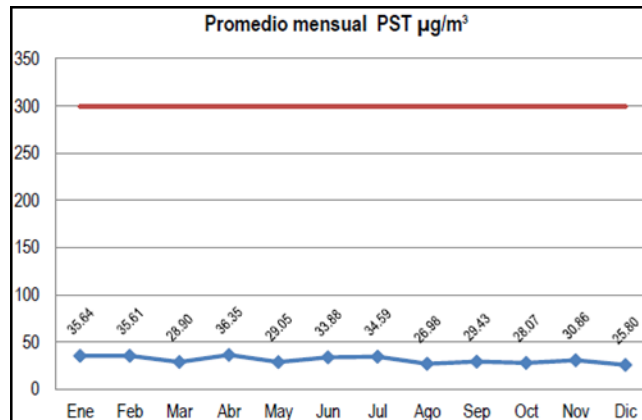


Figura 62. Promedio mensual PST10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

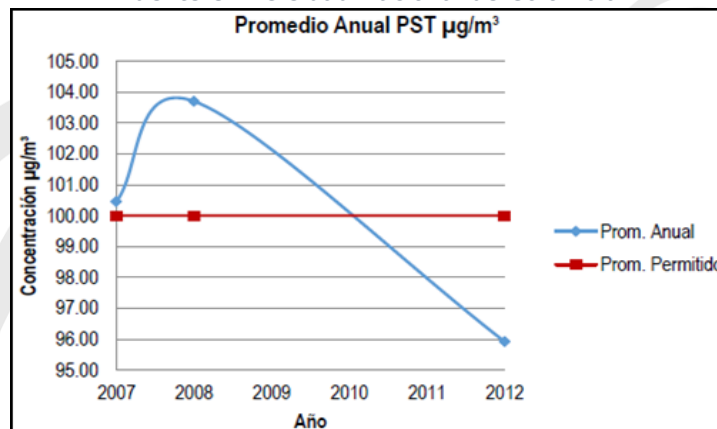


Figura 63. Promedio anual PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007-2012). Estación Almacafé.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

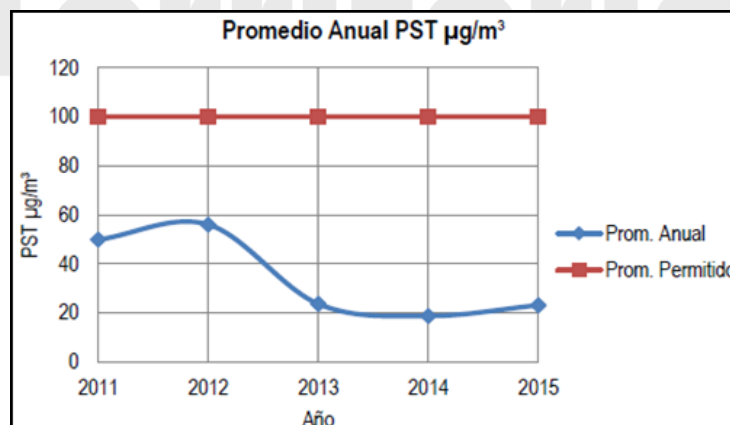


Figura 64. Promedio anual PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2011-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.
Fuente Universidad Nacional de Colombia



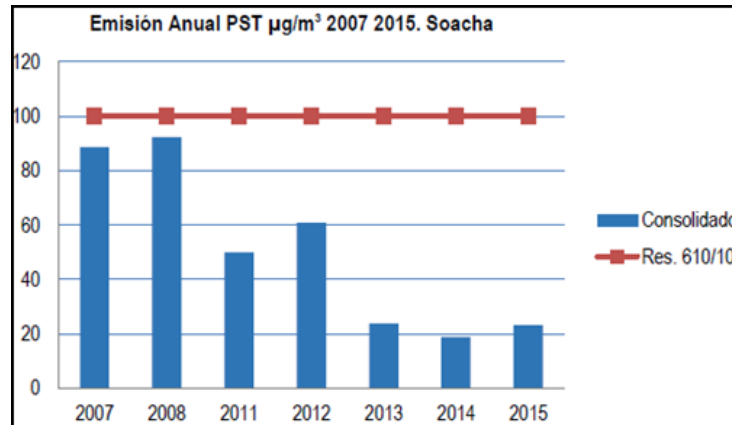
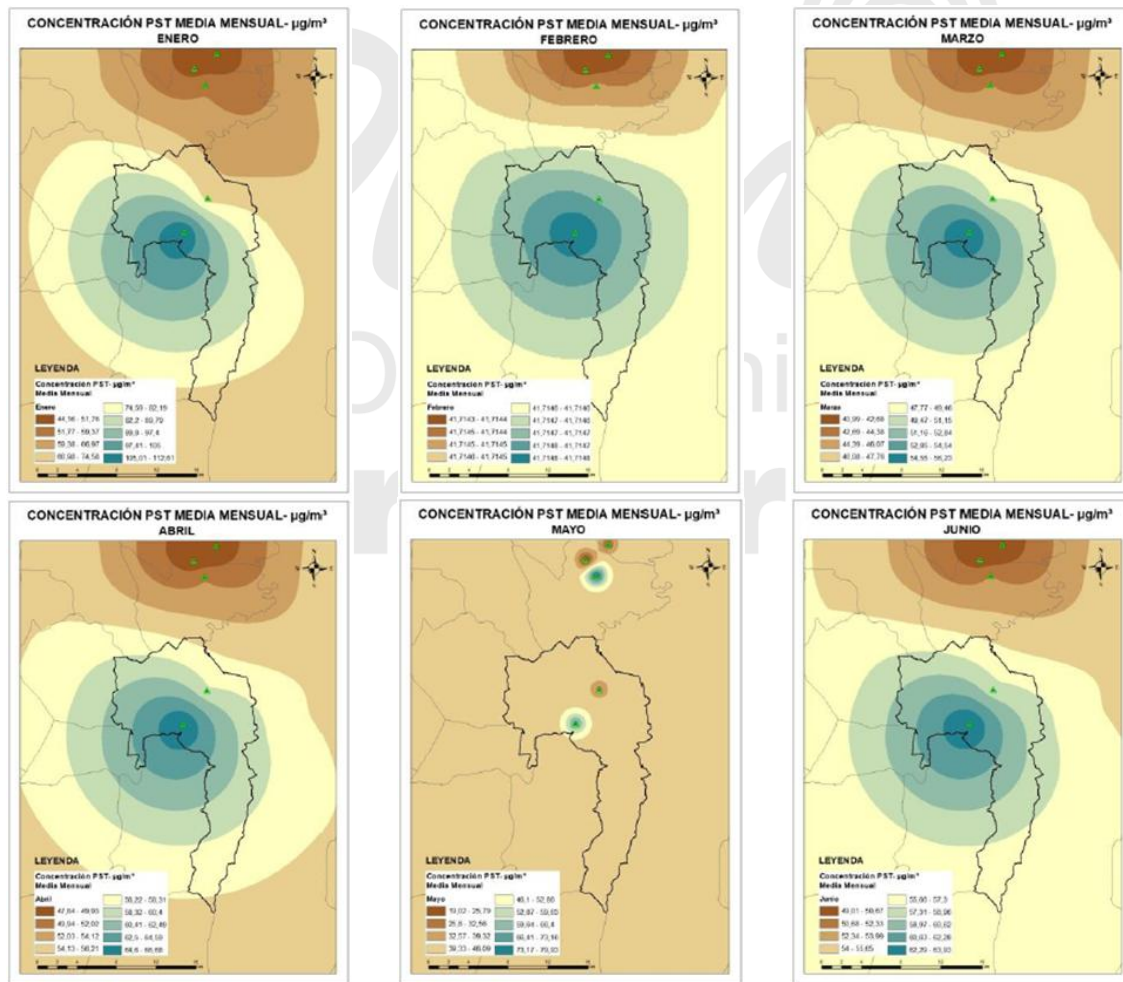


Figura 65. Emisión histórica anual PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2007-2015) de Soacha.
Fuente Universidad Nacional de Colombia



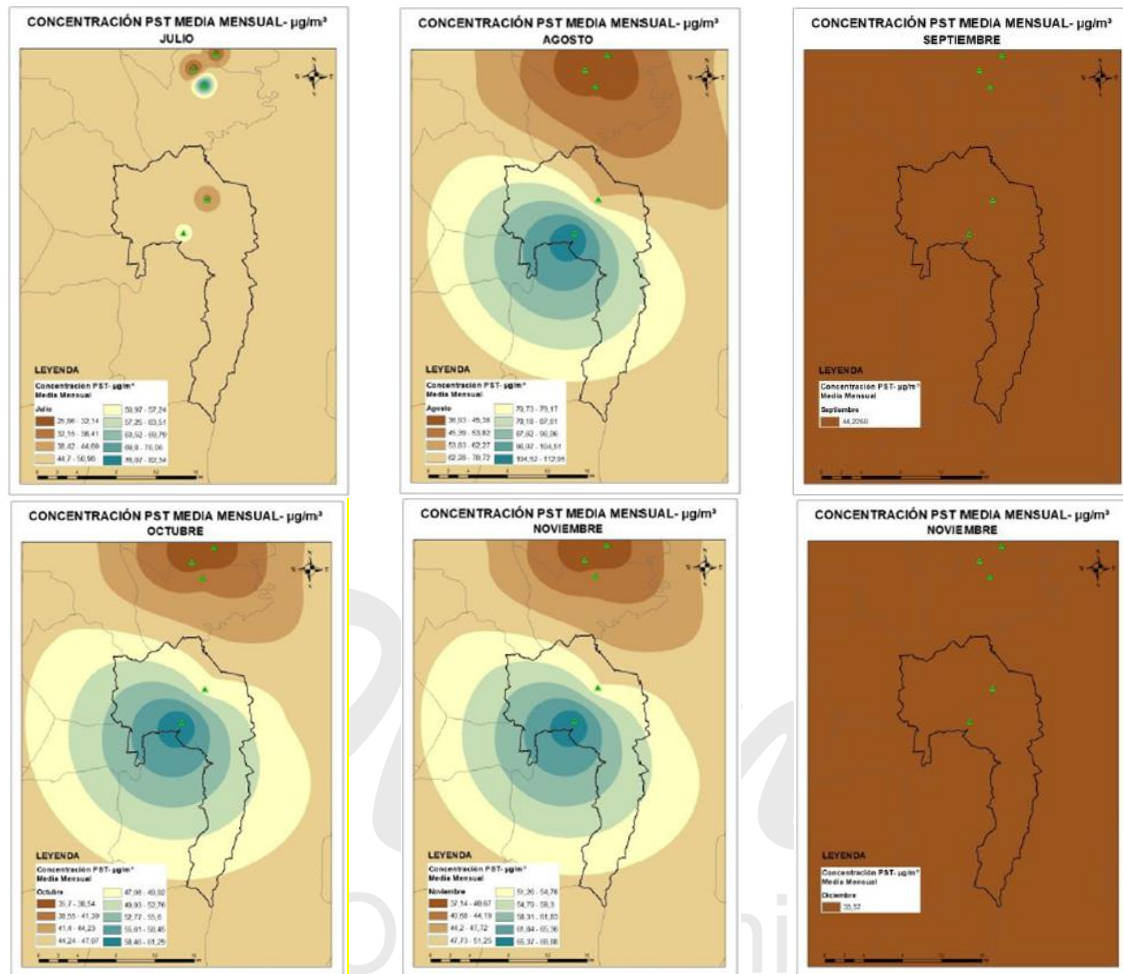


Figura 66. Mapas de concentración de partículas suspendidas totales (PST) mensual en Soacha.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

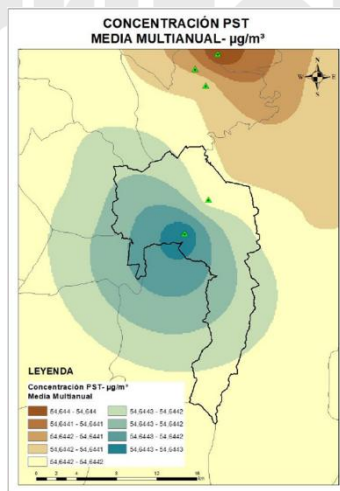


Figura 67. Mapa de concentración de partículas suspendidas totales (PST) multianual en Soacha.
Fuente Universidad Nacional de Colombia



1.6.5.2.3. DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)

El comportamiento mensual del 2007 al 2012 en Almacafé refleja una tendencia marcada en los años 2008 y 2009 con un reporte significativo en el mes de noviembre en el 2009 y de enero en el 2008, en general se presenta una disminución del 2009 al 2010 de todos los meses excepto para septiembre y octubre. Para el año 2015 hay mayor reporte por el mes de marzo y menor para octubre tanto en Almacafé como en Ladrillera.

El mayor promedio mensual registrado entre el 2007 al 2012 en Almacafé fue del mes de enero y el menor para el mes de octubre. Las estaciones de Ladrillera y Hospital reportan promedios de emisión mínimos alrededor de 10, en general están por debajo del límite permitido.

El promedio anual de dióxido de nitrógeno estuvo por debajo de la emisión permitida teniendo una mayor emisión para el año 2008. Esto también se observa en la emisión consolidada (2007-2015) siendo reportes mínimos en el 2014 y 2015.

El comportamiento del dióxido de nitrógeno en el municipio mensual y multianual se puede observar que las principales áreas afectadas por emisión de este gas son: Veredas El Charquito, Chacua y Panamá y Barrios San Nicolás y Santa Ana.

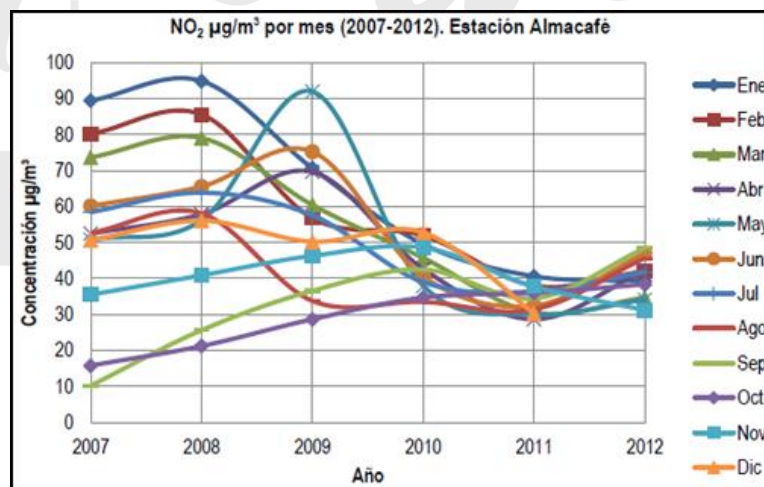


Figura 68. Emisiones NO₂ µg/m³ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.

Fuente Universidad Nacional de Colombia



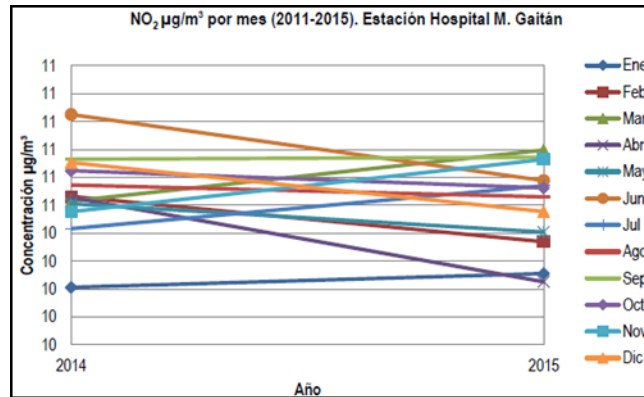


Figura 69. Emisiones NO₂ µg/m³ de todos los meses (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.

Fuente Universidad Nacional de Colombia

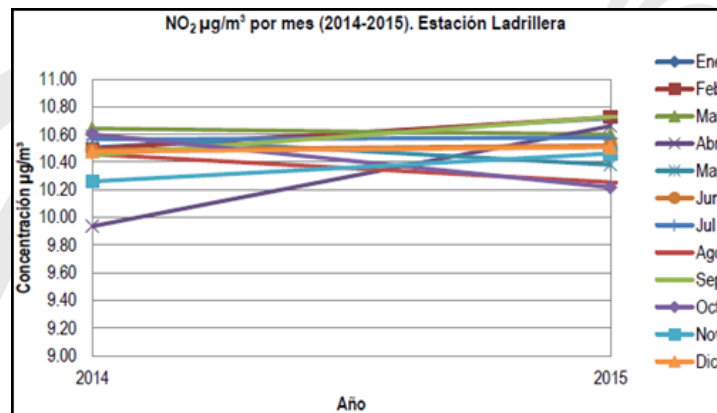


Figura 70. Emisiones NO₂ µg/m³ de todos los meses (2014-2015). Estación Ladrillera.

Fuente Universidad Nacional de Colombia

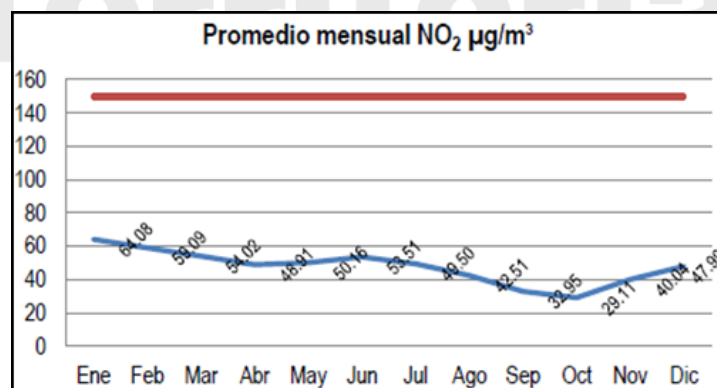


Figura 71. Promedio mensual NO₂ µg/m³ (2007-2012). Estación Almacafé.

Fuente Universidad Nacional de Colombia



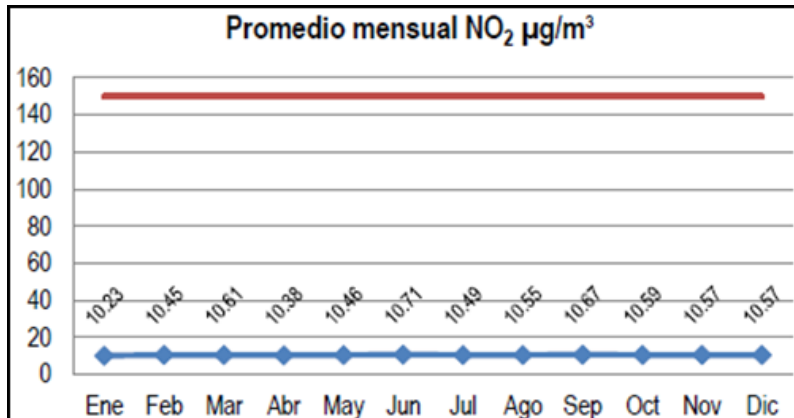


Figura 72. Promedio mensual NO₂ µg/m³ (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

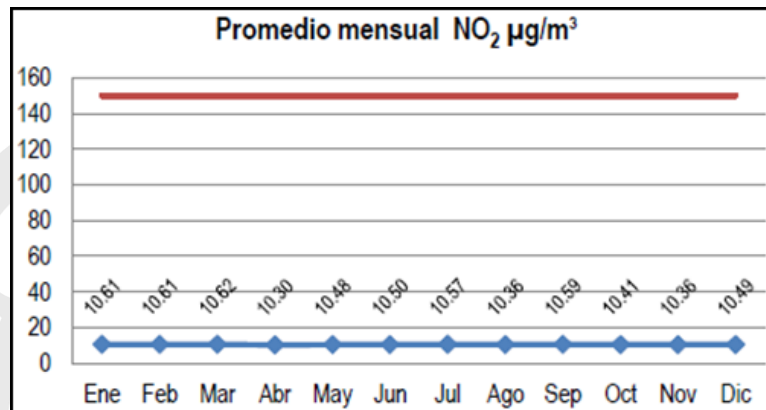


Figura 73. Promedio mensual NO₂ µg/m³ (2014-2015). Estación Ladrillera.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

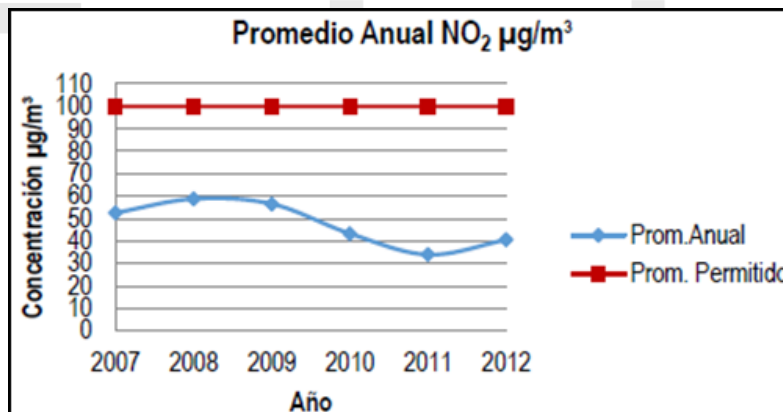


Figura 74. Promedio anual NO₂ µg/m³ (2007-2012). Estación Almacafé.
Fuente Universidad Nacional de Colombia



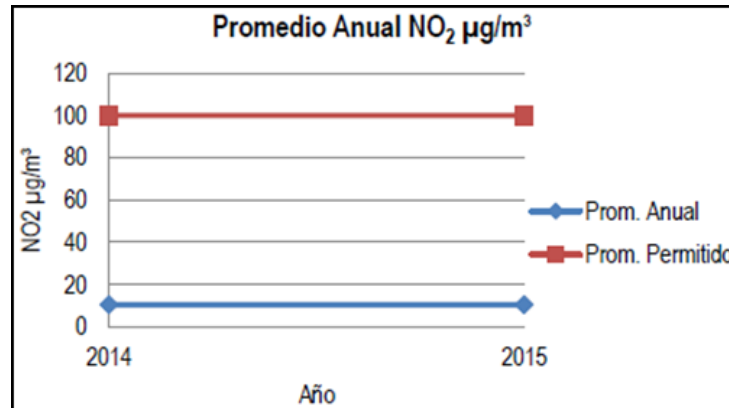


Figura 75. Promedio anual NO₂ µg/m³ (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

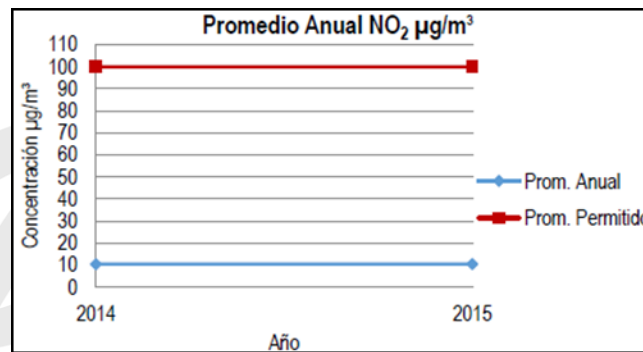
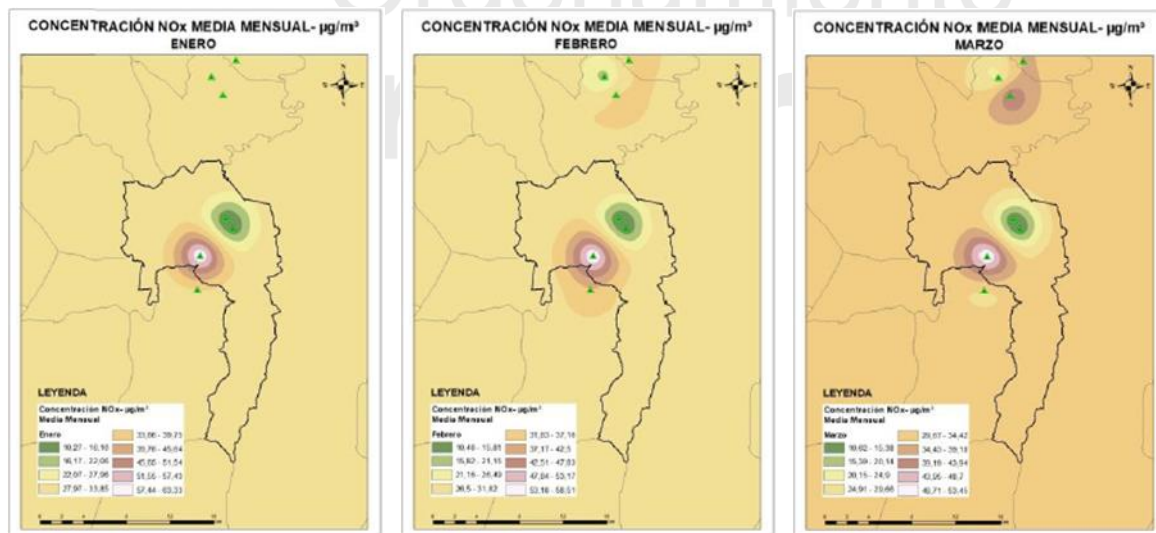


Figura 76. Promedio anual NO₂ µg/m³ (2014-2015). Estación Ladrillera.
Fuente Universidad Nacional de Colombia



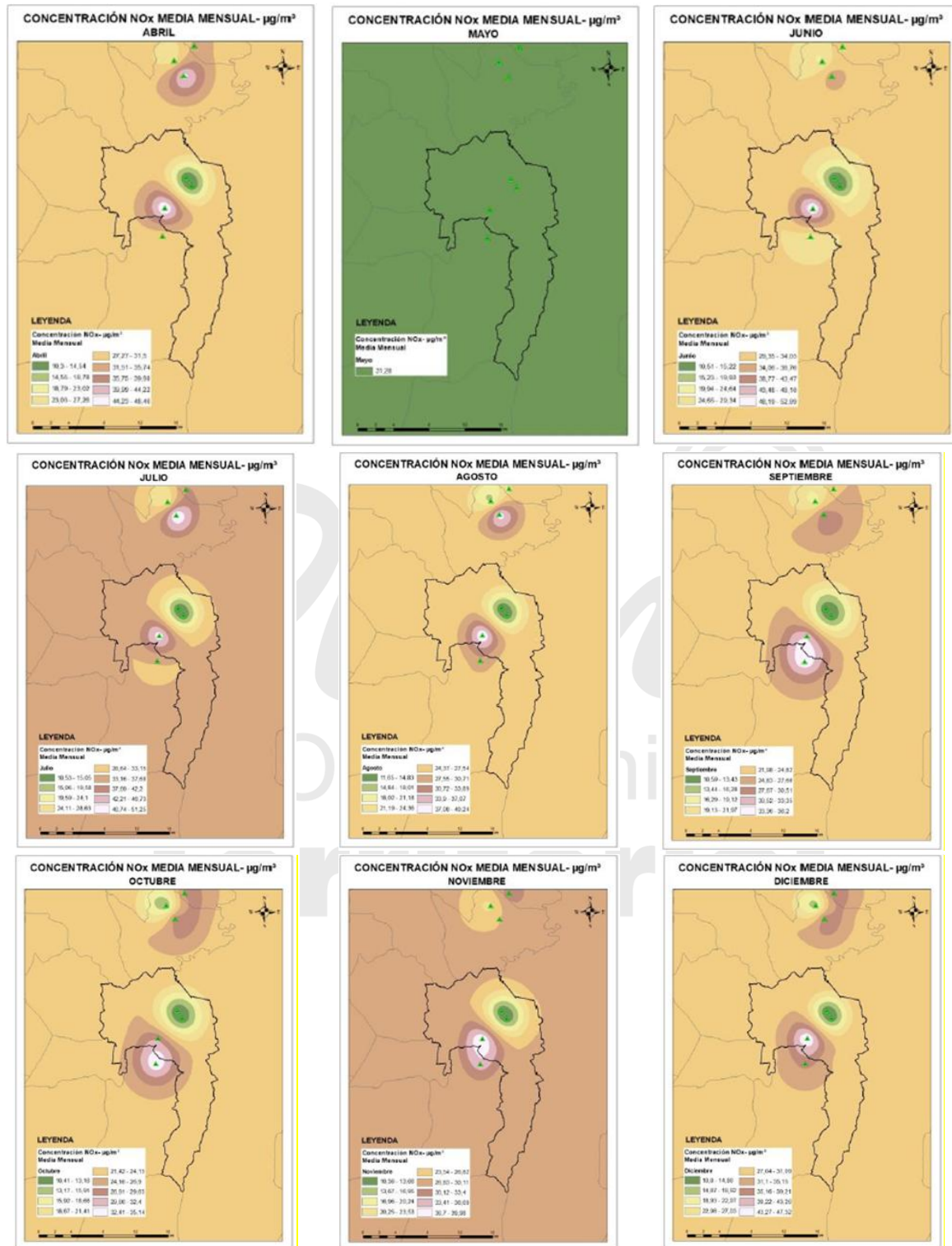


Figura 77. Mapas de Concentración mensual de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) en Soacha.
Fuente Universidad Nacional de Colombia



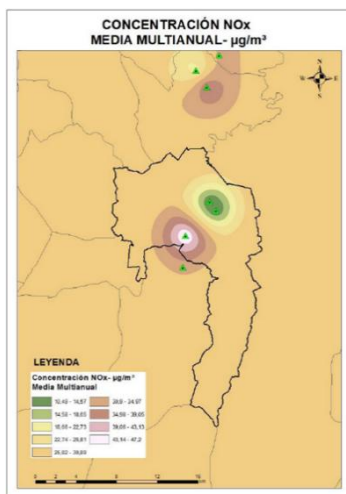


Figura 78. Mapa Concentración Dióxido de Nitrógeno (NO₂) multianual en Soacha.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

1.6.5.2.4. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

El comportamiento mensual entre el 2007 y 2012 en Almacafé presenta una tendencia de aumento en el año 2009 y 2010 siendo de mayor concentración de emisiones el mes de enero en el 2009 y febrero en 2010, debido a la inversión térmica de los vientos Alisios que impiden la dilución vertical y limpieza por parte de las lluvias, en tanto que la menor emisión se registra para el mes de octubre en el 2011; mes y año extremadamente lluvioso que inundó parte de la Sabana de Bogotá. En el año 2015 hay un mayor reporte por julio y menor en noviembre y diciembre en la estación Hospital, y para Ladrillera hay mayor emisión en el mismo año por el mes de noviembre y menor para marzo.

En general el promedio mensual en las tres estaciones está por debajo del límite permitido estando en Hospital alrededor de 13 µg/m³ y en Ladrillera alrededor de 12 µg/m³. Para la estación Almacafé hay mayor reporte en el mes de febrero y menor en el mes de julio. Respecto al promedio Anual, el dióxido de azufre reporta promedios por debajo de lo que permite la norma teniendo su mayor acercamiento al límite en el año 2012 y su menor reporte en el 2007. De igual manera se observa en la emisión anual consolidada que se presenta menor reporte en el año 2015.

El comportamiento del dióxido de azufre en el municipio se puede observar en un mapa de concentración multianual en el que se observa que la emisión de SO₂ altera principalmente a las veredas Charquito, Chacua y Panamá y los barrios San Nicolás, Santa Ana y Salitre.



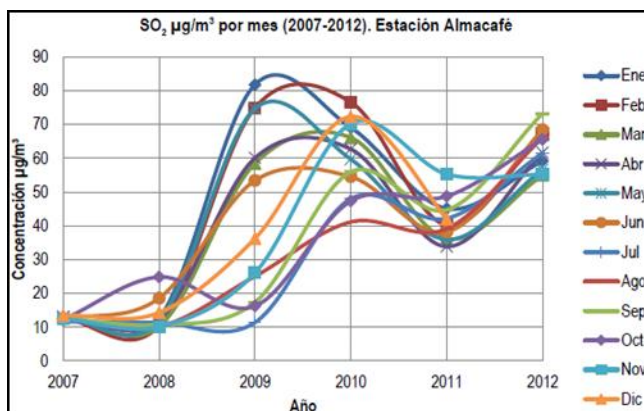


Figura 79. Emisiones SO_2 $\mu g/m^3$ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

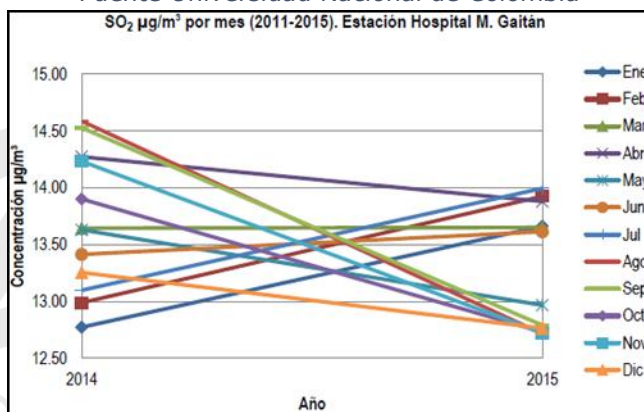


Figura 80. Emisiones SO_2 $\mu g/m^3$ de todos los meses (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

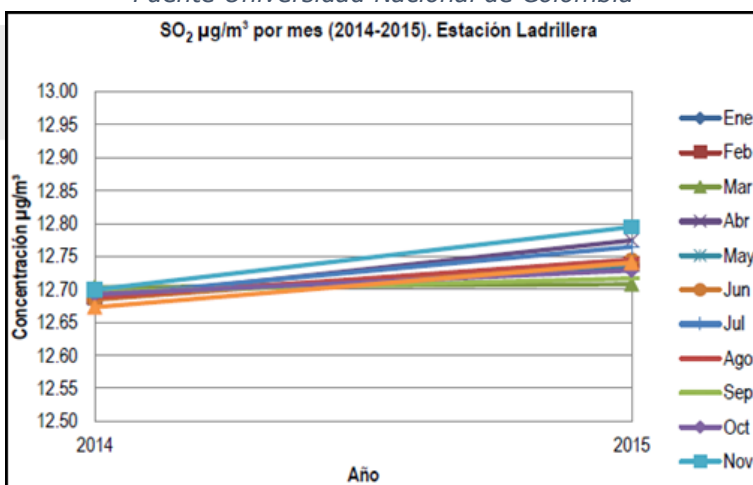


Figura 81. Emisiones SO_2 $\mu g/m^3$ de todos los meses (2014-2015). Estación Ladrillera.
Fuente Universidad Nacional de Colombia



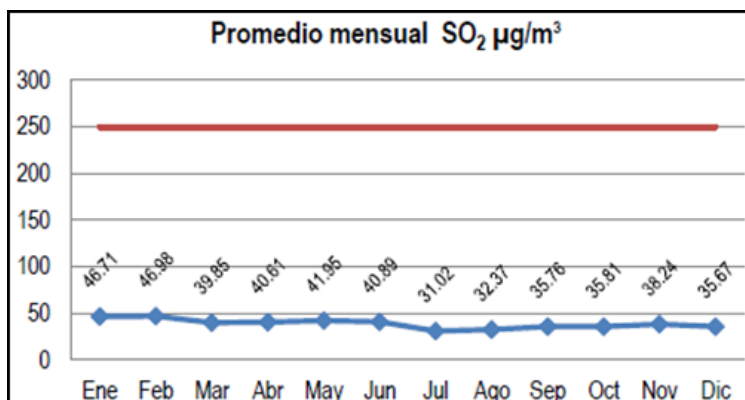


Figura 82. Promedio mensual SO₂ µg/m³ (2007-2012). Estación Almacafé.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

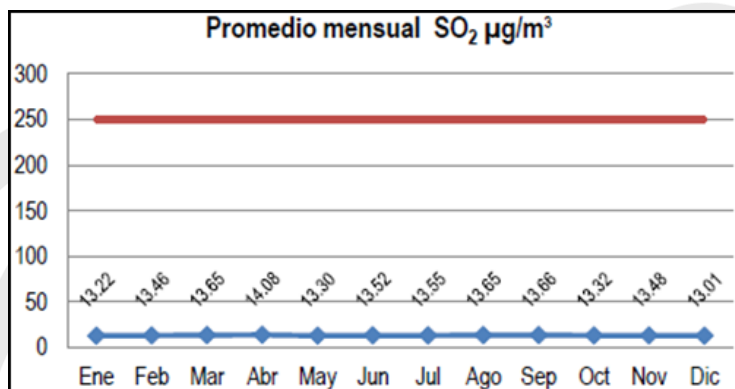


Figura 83. Promedio mensual SO₂ µg/m³ (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

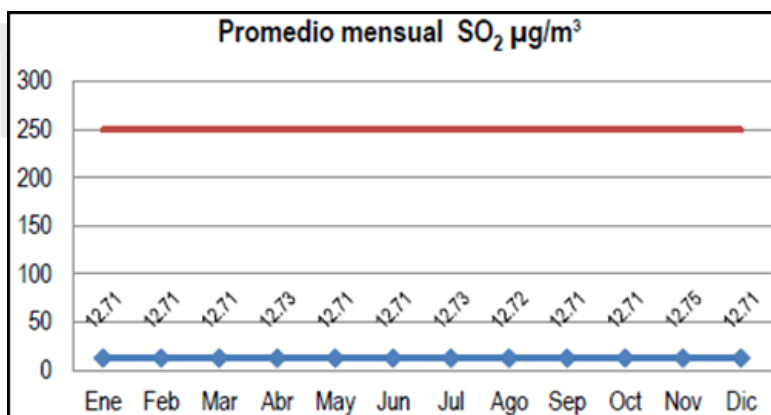


Figura 84. Promedio mensual SO₂ µg/m³ (2014-2015). Estación Ladrillera.
Fuente Universidad Nacional de Colombia



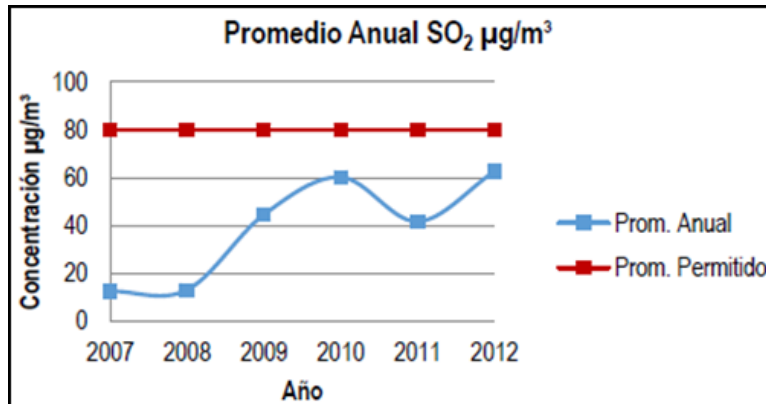


Figura 85. Promedio anual SO_2 $\mu g/m^3$ (2007-2012). Estación Almacafé.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

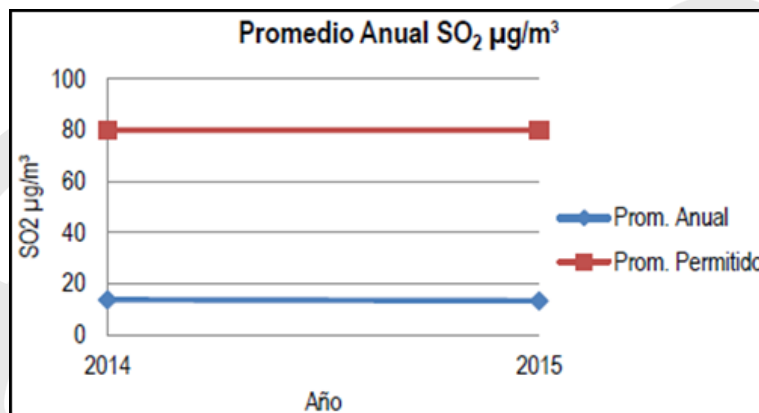


Figura 86. Promedio anual SO_2 $\mu g/m^3$ (2014-2015). Estación Hospital Mario Gaitán.
Fuente Universidad Nacional de Colombia

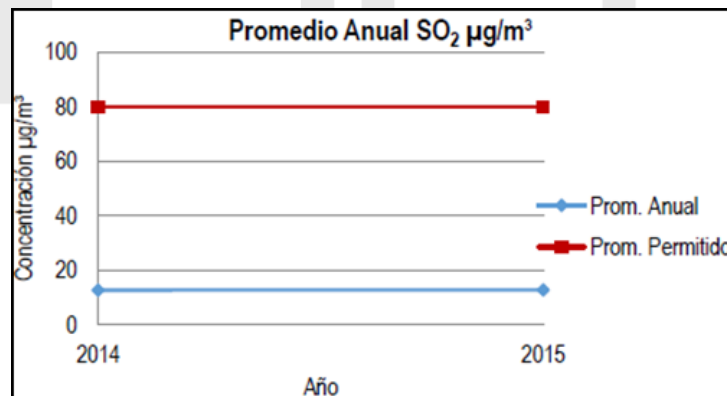
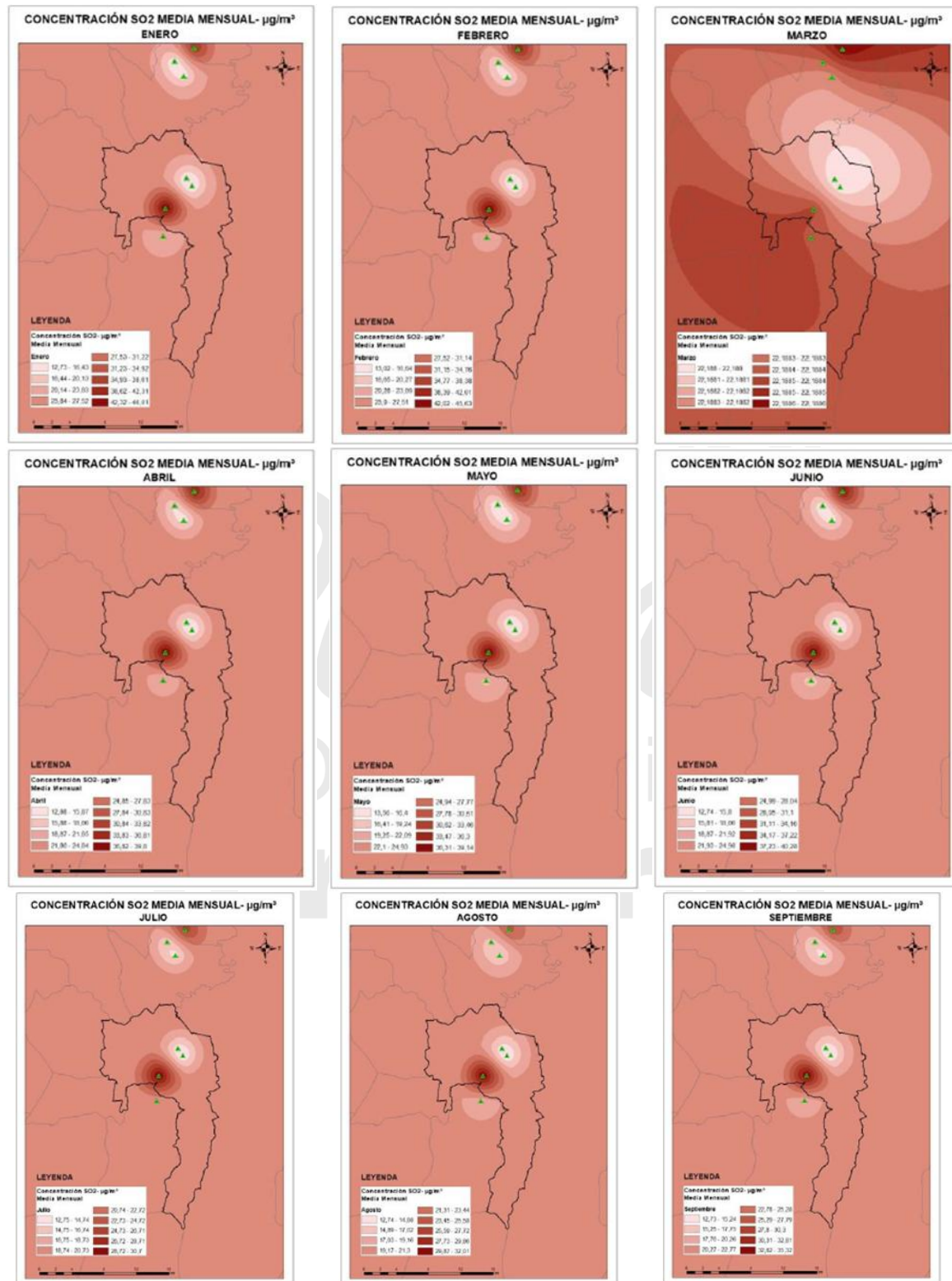


Figura 87. Promedio anual SO_2 $\mu g/m^3$ (2014-2015). Estación Ladrillera.
Fuente Universidad Nacional de Colombia





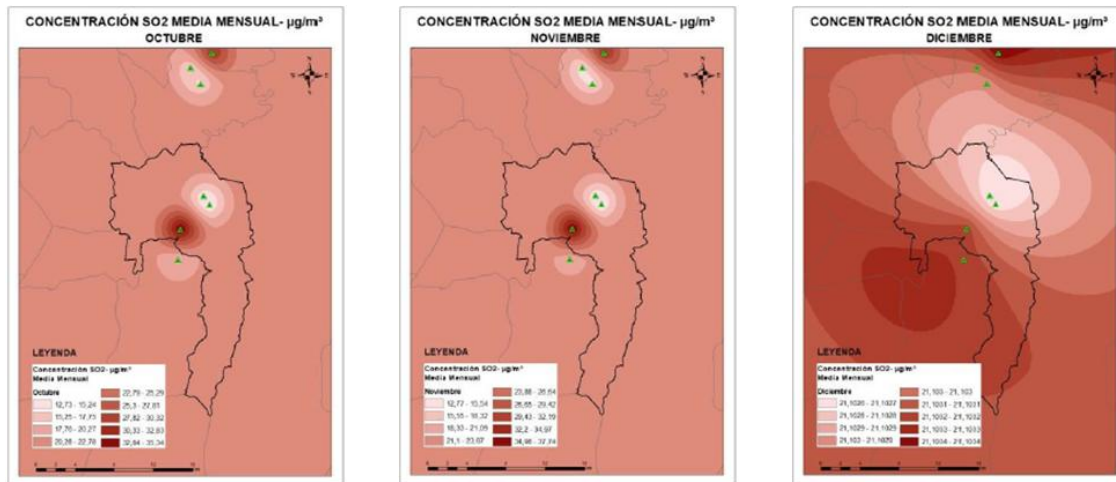


Figura 88. Mapas de concentración de Dióxido de Azufre SO2 en Soacha.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

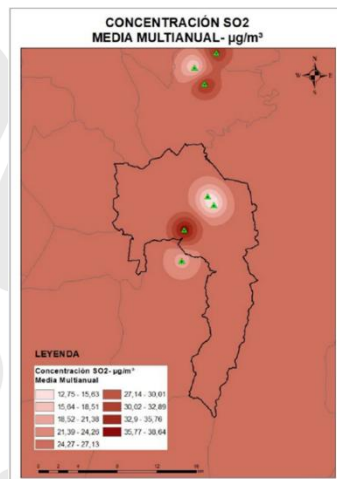


Figura 89. Mapa de concentración del Dióxido de Azufre SO2 en Soacha.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia



1.6.5.2.5. MONÓXIDO DE CARBONO (CO) Y OZONO (O3)

El Monóxido de Carbono junto con el Ozono son los que menor cantidad de reportes tienen en las tres estaciones. El reporte de monóxido de carbono tiene tendencia a disminuir en el año 2011 en Almacafé teniendo menor emisión en el mes de mayo y mayor en noviembre para el mismo año. Para el año 2015 diciembre reporta menor emisión y mayor en febrero y marzo.

El promedio mensual de CO reporta picos altos de emisión en diciembre y septiembre y menores en agosto y octubre (2010-2012 en Almacafé). En Ladrillera las mayores emisiones promedio mensual fueron en octubre y marzo y menores en agosto y





diciembre en 2014 y 2015. El ozono tiende a disminuir del 2010 al 2012 en Almacafé, su promedio mensual mayor fue en diciembre en la misma estación y menor en octubre.

Para ninguno de estos contaminantes se hizo comparación con límites permitidos mensuales y anuales debido a que no se encuentran en la lista que refiere la resolución 610 del 2010. Sin embargo, se evidencia del 2010 al 2015 el año en que hubo mayor emisión de Monóxido de Carbono fue en el año 2015 y menor en el 2011, para Ozono fue mayor el año 2010 entre 2010 y 2012. El consolidado anual para Monóxido de carbono y ozono se puede observar en las siguiente imagenes.

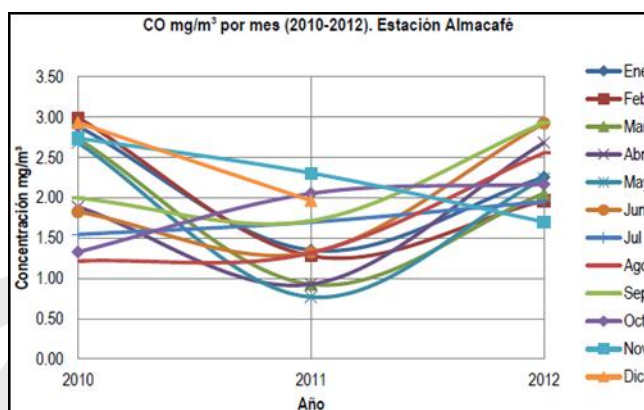


Figura 90. Emisiones CO mg/m³ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

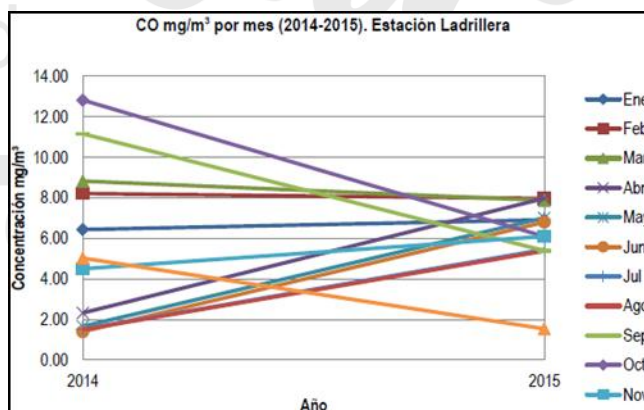


Figura 91. Emisiones CO mg/m³ de todos los meses (2014-2015). Estación Ladrillera.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia



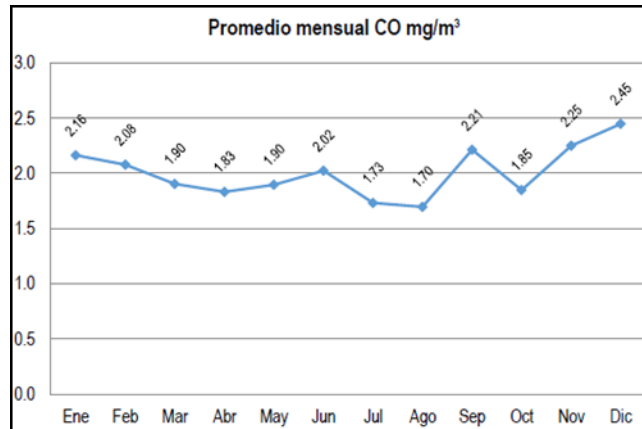


Figura 92. Promedio mensual CO mg/m³ (2010-2012). Estación Almacafé.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

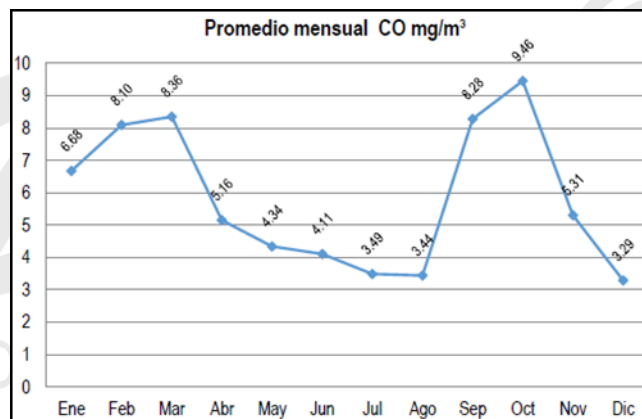


Figura 93. Promedio mensual CO mg/m³ (2014-2015). Estación Ladrillera
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

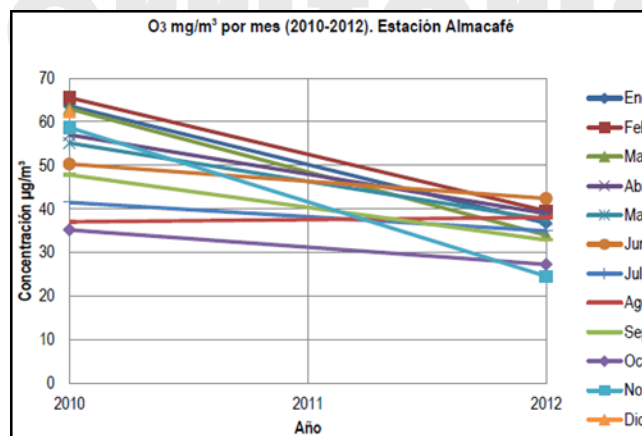


Figura 94. Emisiones O3 mg/m³ de todos los meses (2007-2012). Estación Almacafé.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia



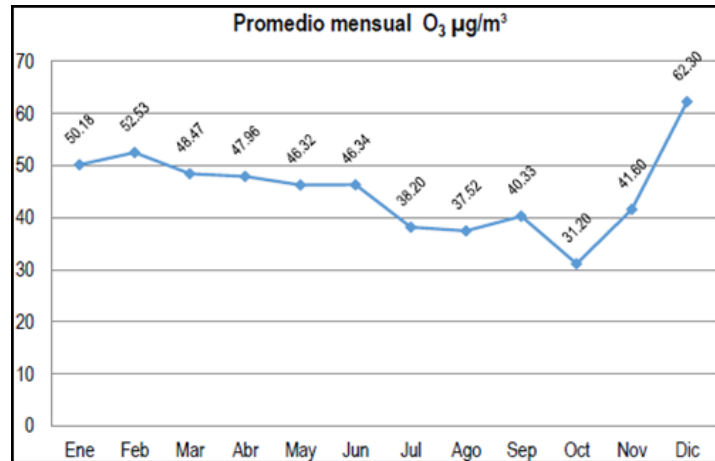


Figura 95. Promedio mensual O₃ µg/m³ (2010,2012). Estación Almacafé.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

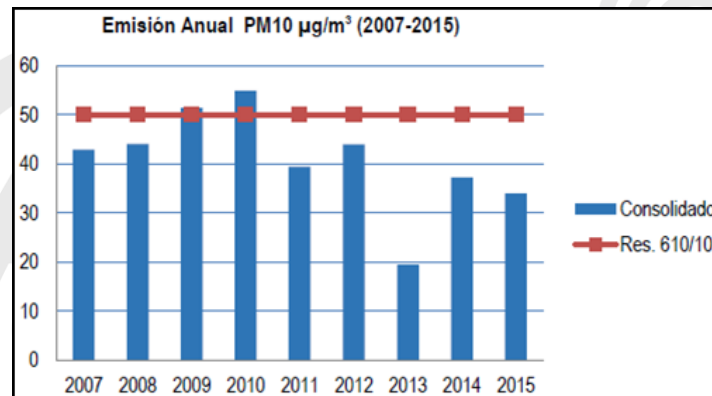


Figura 96. Emisión anual PM10 µg/m³ (2007-2015) en Soacha.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

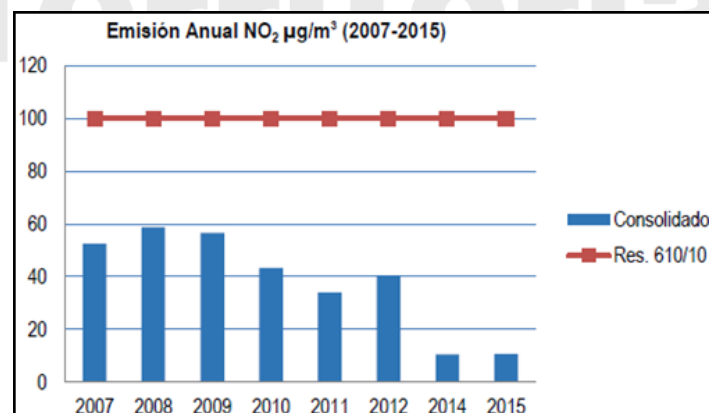


Figura 97. Emisión anual NO₂ µg/m³ (2007-2015) en Soacha.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia



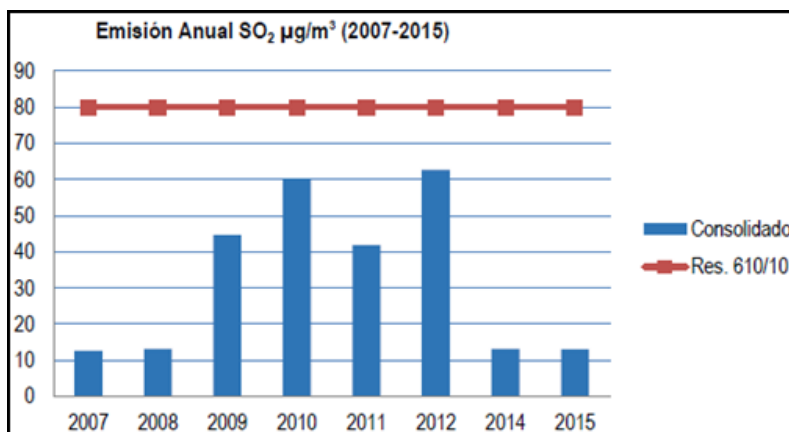


Figura 98. Emisión anual SO₂ µg/m³ (2007-2015) en Soacha.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

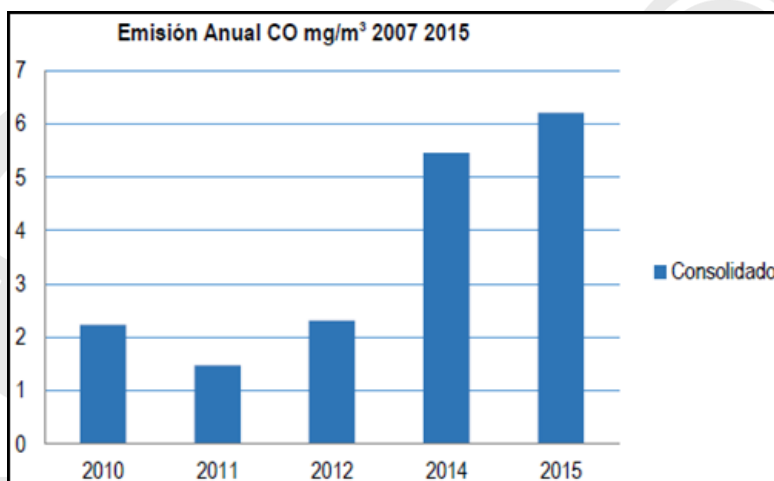


Figura 99. Emisión anual CO mg/m³ (2010-2015) en Soacha.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

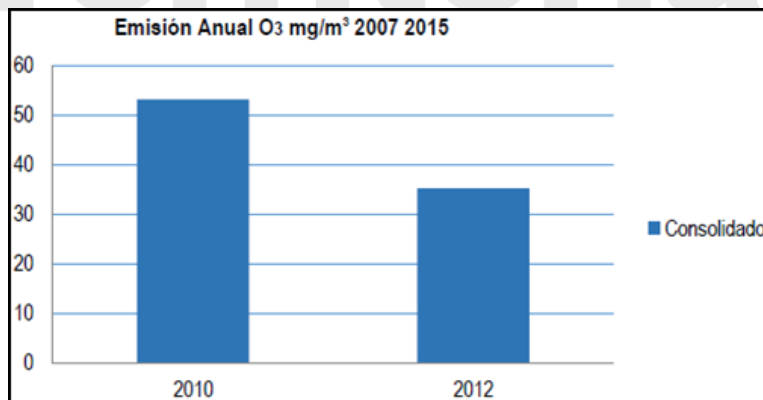


Figura 100. Emisión anual CO mg/m³ (2010-2012) en Soacha.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia



1.6.5.2.6. EMISIONES Y SUMIDEROS DE CARBONO

Con base en el mapa de emisiones y sumideros de carbono, se evidencia claramente que la zona con mayor producción de dióxido de carbono y demás gases contaminantes en toda el área conexas a la autopista sur, resultado de la amplia movilidad en la vía y localización de industrias a los costados de esta arteria vial. Como segunda zona productora de CO₂ y CH₄ se encuentra el área urbana debido al flujo vehicular, los asaderos y restaurantes, pequeñas industrias al interior de esta, a lo que se suman varios humedales que producen CH₄ resultado de la descomposición anaeróbica resultado de la saturación de los suelos y los humedales al interior de esta. Y como tercera zona productora de carbono se tienen las áreas cultivables resultado de la fertilización y mecanización de los suelos.

Como sumideros de carbono se cuenta con las zonas de bosques localizadas en las veredas Hungría, Villa Nueva, San Jorge, Chacua, San Francisco, Charquito, Cascajal.

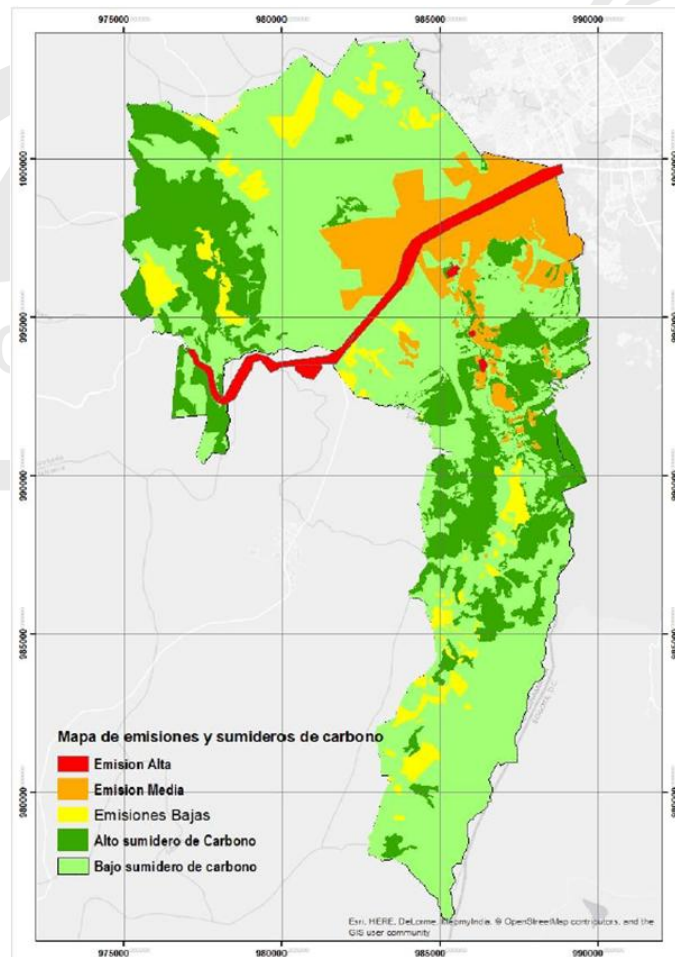


Figura 101. Mapa de emisiones y sumideros de Carbono en Soacha.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia



1.6.5.2.7. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA)

Teniendo en cuenta que el Índice de Calidad del aire (ICA) es el que permite evaluar los efectos e impactos de las concentraciones de emisión generadas por los contaminantes atmosféricos, se calculó el índice para analizar los efectos en la salud de la población.

El ICA según el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Min. Ambiente; 2008), con el índice se asigna un color con base al grado de contaminación y a los efectos que tiene sobre la salud cada contaminante criterio: PM10, PST, CO, O3, NO2 y SO2 en exposición correspondiente a 1 hora y 24 horas. La escala que tiene es de 0 a 500, siendo de 0 a 50 Buena (Verde), 51 a 100 Moderada (Amarillo), 101 a 150 Dañina a la salud para grupos sensibles (Naranja), 151 a 200 Dañina a la salud (Rojo), 201 a 300 Muy Dañina a la salud (Morado) y 301 a 500 Peligrosa (Vinotinto) (AIQ, 2016).

El análisis realizado a los contaminantes solo se hizo a las Partículas Suspendidas Totales (PST), al material particulado PM10 y al Dióxido de Azufre (SO2) considerando que los datos reportados por las tres estaciones son a 24 horas, los demás gases contaminantes requieren para el cálculo tener base de datos reportados a 1 hora.

PST

En las dos estaciones Almacafé y Hospital Mario Gaitán predomina un ICA categoría Bueno. En Almacafé el año que predominó esta categoría fue en el 2012 y en Hospital en el 2011, 2012 y 2015. En Almacafé tuvo mayor reporte de Moderado en el 2011 y en Hospital en el año 2013.

Adicional a esto, en Almacafé se presentaron dos casos de días con ICA Dañino en el año 2008, días en que se pueden ver afectados grupos sensibles aclarando de igual forma que es poco probable que el público en general se vea afectado.

PM10

En las tres estaciones se presentó ICA Bueno y Moderado, para el caso de Almacafé el mayor reporte de ICA bueno ocurrió en el año 2011 con 139 días y 5 casos Moderado, en el 2010 se equipará Bueno y Moderado (71 casos). En el 2013 en Hospital fue el año que se reportó en mayor medida la categoría Bueno. En la estación Ladrillera se encuentra un caso que reportó categoría Muy Dañina para el año 2014, lo cual activa una gran alerta a la salud de la población. En el 2015 se cuenta con mayor reporte de ICA Bueno.

SO2

El comportamiento del dióxido de azufre muestra en general un ICA Bueno en las tres estaciones teniendo mayores reportes Almacafé en el 2007 y 2008, 2014 y 2015 en Ladrillera y Hospital Mario Gaitán. No ha habido alertas por parte de este gas contaminante.

Tabla 24. Índice de calidad del aire (ICA) por estación.





ALMACAFÉ	
TOTAL	%
1823	86.194
290	13.712
2	0.095
2115	

LADRILLERA	
TOTAL	%
1821	82.92
373	16.99
2	0.09
2196	

HOSPITAL M. GAITÁN	
TOTAL	%
3377	96.376
127	3.624
3504	

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

En la Tabla se observa en Almacafé un 86,194% ICA Bueno y un 0,095% Dañino para un total de 2115 casos, en Ladrillera un 82,92% Bueno con un bajo porcentaje de Muy Dañino (0,09%) de un total de 2196 reportes. Finalmente, para Hospital predomina mucho más el ICA Bueno con un 96,376 % de un total de 3504 casos.

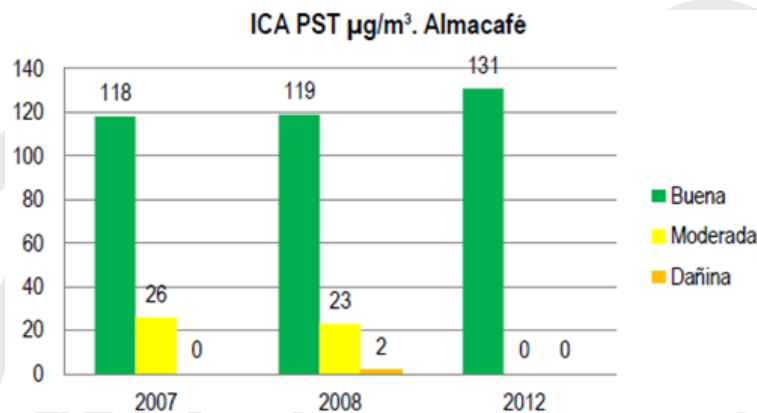


Figura 102. Índice de Calidad del Aire PST $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Soacha (2007, 2008, 2012). Estación Almacafé.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

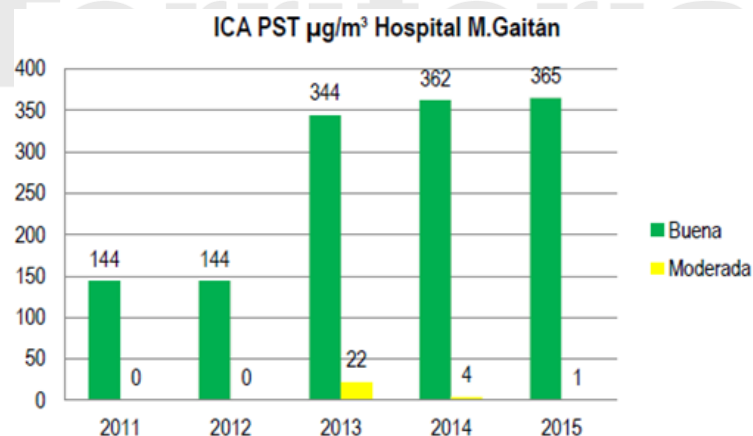


Figura 103. Índice de Calidad del Aire PST PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Soacha (2011-2015). Estación Hospital M. Gaitán.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



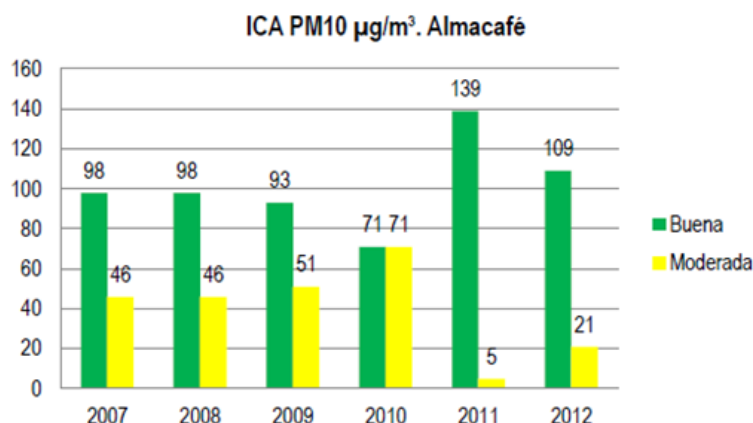


Figura 104. Índice de Calidad del Aire PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Soacha (2007-2012). Estación Almacafé.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

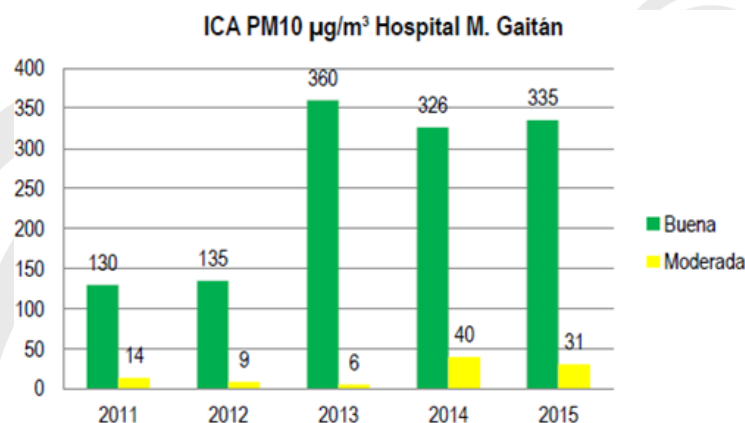


Figura 105. Índice de Calidad del Aire PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Soacha (2011-2015). Estación Hospital M. Gaitán.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

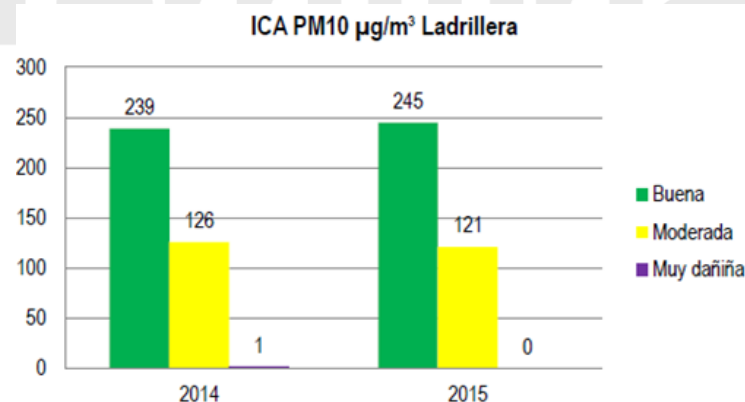


Figura 106. Índice de Calidad del Aire $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Soacha PM10 (2014-2015). Estación Ladrillera.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia



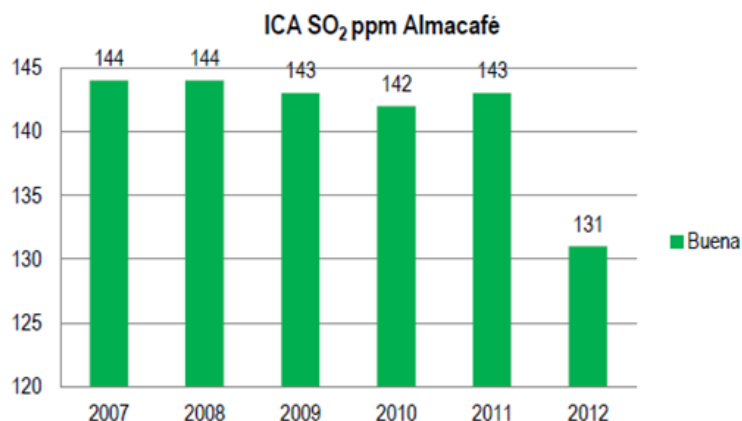


Figura 107. Índice de Calidad del Aire SO₂ en Soacha (2007-2012). Estación Almacafé.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

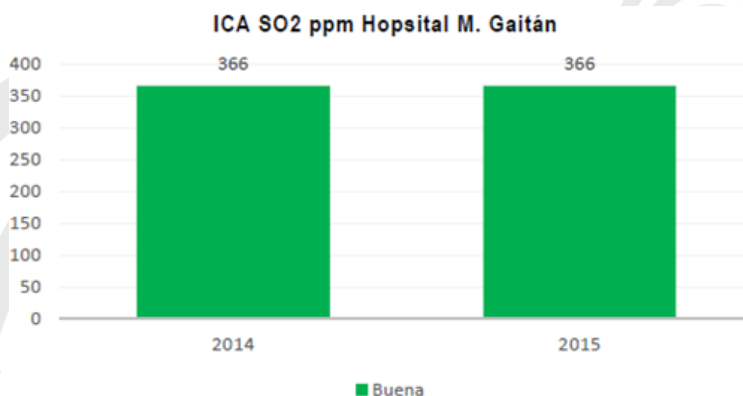


Figura 108. Índice de Calidad del Aire SO₂ (2014-2015). Estación Hospital M. Gaitán.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia

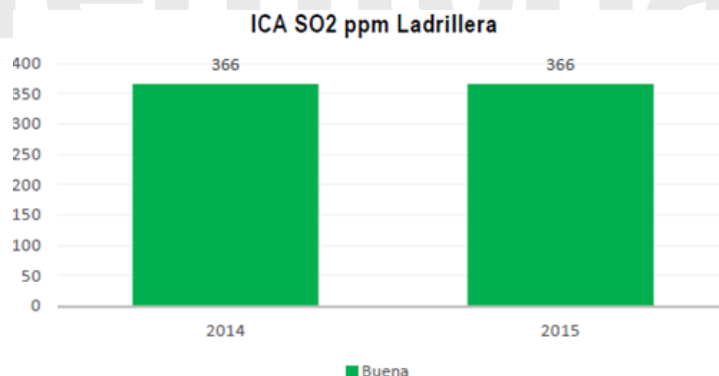


Figura 109. Índice de Calidad del Aire SO₂ (2014-2015). Estación Ladrillera.
Fuente: Universidad Nacional de Colombia



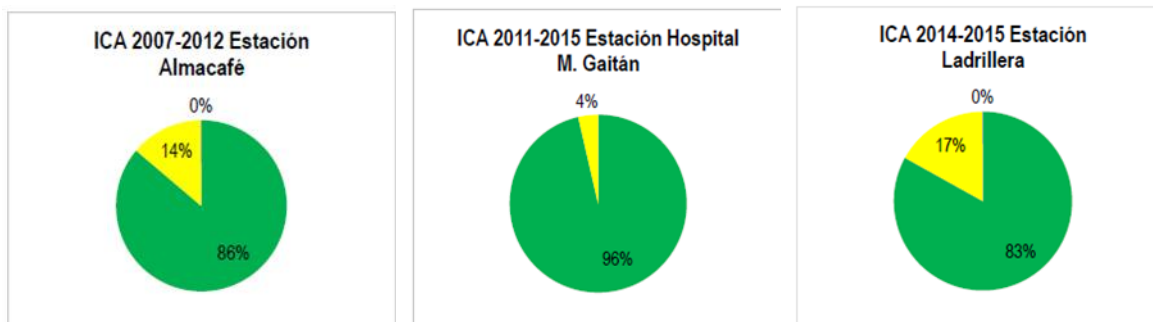


Figura 110. Índice de Calidad del Aire ICA. Estación Almacafé, Estación Hospital Mario Gaitán, Estación Ladrillera.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

Se debe tener en cuenta que los valores ICA pueden variar de una temperatura a otra. En invierno, el monóxido de Carbono puede ser elevado en algunas zonas debido a clima frío. El ozono es a menudo más alto en los meses cálidos debido a la formación de aumento de calor y luz solar.

1.6.6. RESULTADOS PRINCIPALES SOBRE CONTRIBUCIÓN CONTAMINANTE

Si se observa las emisiones anuales consolidadas de emisiones de gases se aprecia una disminución considerable por parte de las PST (2007-2015), NO₂ (2007-2015) y O₃ del 2010 al 2012. Las PST si bien tuvieron emisiones cercanas al límite permitido en el 2008 y 2009 en la estación Almacafé, hacia el 2015 presenta niveles bajos de emisión por parte de la estación Ladrillera y Hospital Mario Gaitán que está ubicada en el casco urbano. De igual forma, el dióxido de nitrógeno presenta mayores emisiones en Almacafé del 2007 al 2009 entrando a disminuir con sus emisiones más bajas 2014 y 2015 en la estación Hospital y Ladrillera. Sus fuentes son la fertilización de la tierra, el estiércol y fuentes fijas y móviles de quema de combustible

El Ozono (O₃) se puede observar que en Almacafé tuvo una disminución del 2010 al 2012 cerca del 50% lo cual es consecuente con la disminución progresiva que tuvo el NO₂ en ese rango de años en la misma estación siendo el dióxido de nitrógeno uno de los precursores de formación del ozono junto con el monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COV). Es sabido que el ozono en la estratósfera ayuda a proteger la atmósfera baja de la incidencia de radiación ultra violeta, y que cerca de la superficie en la tropósfera perjudica y afecta la salud humana, y al medio ambiente en general (CEC, 2014). Las fuentes principales de los gases precursores son principalmente de quema de combustible, centrales eléctricas, escape de vehículos automotores, vapores de gasolina y solventes químicos, los cuales reaccionan con procesos fotoquímicos de la luz solar. Lo anterior justifica que, en temporadas de calor por fuertes radiaciones solares junto con altas emisiones de gases precursores, por disociación fotoquímica se fomente el incremento de ozono cerca de la superficie.





El dióxido de azufre (SO₂) es uno de los gases que ha reportado mayores emisiones en promedio anual, para el año 2012 con 62,67 µg/m³ sin sobrepasar el límite permitido, en los años 2009 al 2012 presenta fluctuaciones de aumento y disminución con valores elevados reportados en la estación Almacafé. Las emisiones más bajas se dan en el 2014 y 2015 en la estación Hospital y Ladrillera. Es importante tener en cuenta que las fuentes principales de estas emisiones son de quema de combustible y procesamiento de gas natural que contiene en su composición sulfuros y en el momento que entran en contacto con oxígeno forman el dióxido de azufre.

En el proceso de oxidación en la atmósfera este gas puede formar sulfatos, sales que pueden ser transportadas en medio del material particulado y además es higroscópico lo que implica que tenga contacto con la humedad del aire y se forme lluvia ácida, escenarios que ponen en riesgo la salud de la población mediante el ingreso directo al sistema circulatorio. Los óxidos de azufre (SO_x) como el ácido sulfúrico (H₂SO₄) están relacionados con el daño y la destrucción de la vegetación, deterioro de los suelos, materiales de construcción y cursos de agua (Min. Ambiente Chile, 2017).

Respecto al material particulado en general presentó emisiones elevadas del 2007 al 2012 sobrepasando el límite permitido en los años 2009 y 2010 en la estación Almacafé y en general hay tendencia de disminución en los años 2014 y 2015 por parte del reporte de emisiones de la estación Ladrillera y Hospital con niveles bajos en el casco urbano. La fuente de emisión de este material particulado son las partículas creadas por la erosión del suelo, por presencia de actividades industriales como fabricación de ladrillo en el sector de construcción y actividades de minería en el municipio.

Teniendo en cuenta las altas emisiones de PM₁₀ Y PST que se presentan en la zona rural del municipio, es importante destacar los impactos que estas emisiones generan. La presencia de estas partículas en las plantas restringe la absorción de CO₂ y el paso de la luz originando daños en la vegetación, cambios de color, reducción en el proceso de fotosíntesis y pérdida de agua por transpiración. Estos efectos alteran el proceso de crecimiento de las plantas y así mismo perjudica el rendimiento agrícola en la región. Adicional a esto, los efectos inmediatos en la población son irritación en los ojos, en la piel y en la garganta alterando el sistema respiratorio que a su vez provoca enfermedades como bronquitis, rinitis, laringitis, asma e intoxicaciones crónicas (Barrios, 2007).

El monóxido de carbono (CO) es el gas que presenta mayores emisiones en comparación con el resto y su comportamiento del 2007 al 2015 es de aumento progresivo presentando menores valores en Almacafé y mayores valores en Ladrillera.

El monóxido de carbono es el contaminante del aire más abundante en la capa inferior de la atmósfera, su principal origen natural es la oxidación del metano que proceden así mismo de fuentes naturales como la descomposición de la materia orgánica lo que implica que en la medida en que se incremente la presencia de bovino y porcino en la región así mismo se tendrá incrementos de emisión de CO. En lo que respecta a las fuentes antrópicas la principal fuente es la producción de minerales como el hierro y las fuentes móviles por parte de los automóviles lo que significa que el volumen del tráfico esté asociado a la emisión de monóxido de carbono. Una de las afectaciones principales hacia las personas y los animales es que se fija en la hemoglobina impidiendo el transporte de oxígeno en el organismo (Contaminación atmosférica, 2017)





El metano (CH₄) es un gas que se forma cuando la materia orgánica se descompone en condiciones de escasez de oxígeno; esto es lo que ocurre en las ciénagas, en los pantanos y en los arrozales de los países húmedos tropicales, se produce en los procesos de la digestión y defecación de los animales herbívoros. Lo anterior se evidencia en materia de emisiones en Soacha gracias a la población bovina por parte del estiércol y por parte de los humedales como fue expuesto anteriormente. El metano es un gas de efecto invernadero fuerte, que contribuye al calentamiento global del planeta Tierra; ya que aumenta la capacidad de retención del calor en la atmósfera por la elevada absorbancia que lo caracteriza. La mayor parte del metano atmosférico, aproximadamente el 90%, se origina en los ecosistemas donde la actividad metanogénica se localiza un metro por arriba de la superficie terrestre (como la actividad de los rumiantes) y un metro debajo de la misma (como los humedales, entre ellos pantanos y campos arroceros) (Vogels, 1979 citado en Torres. A, Gutierrez. M, Contreras E., 2002).

Es así como se identifica que en la estación de Almacafé predomina las altas emisiones de PM₁₀, PST, NO₂ y SO₂, en Ladrillera principalmente de PM₁₀ como consecuencia de las actividades de construcción en el municipio, y en Hospital prevalece la emisión de CO, PST y PM₁₀ teniendo en cuenta que se encuentra en el casco urbano. Lo anterior justifica que en la estación Almacafé junto con Ladrillera tengan menos datos reportados con índice de calidad de aire (ICA) categoría "Buena" en comparación con la estación Hospital, y que los pocos casos con categoría "Dañino" y "Muy dañino" sean reportados por Almacafé y Ladrillera respectivamente acorde a las actividades económicas que prevalecen cerca como lo es la industria, construcción y quema de combustible por fuentes móviles.

Polución por actividad minera

La actividad minera asociada a la extracción de materiales de construcción produce partículas sólidas suspendidas (PST) así como también dióxido de carbono (CO₂) por el continuo movimiento de maquinaria y vehículos de transporte, por lo tanto se recomienda humedecer de manera continua la zona de tránsito hacia la mina, así como también colocar cercas plásticas de considerable altura con el objeto de minimizar el arrastre de material particulado hacia la zona urbana que afectan la parte media y urbana del municipio de Soacha. A esta actividad minera se encuentran títulos tales como GJ3-08, 18964, BG5-111, ADC-101. Respecto a la minería para elaboración de ladrillos los cuales cuentan con hornos donde se necesita someter a cocción del ladrillo a altas temperaturas en los cuales utilizan como combustible carbón y coque, esta quema produce como desechos materiales tóxicos, tales como dióxido de nitrógeno, dióxido de carbono, NO_x, SO_x, entre otros. (Jiménez, 2012) Con el ánimo de aminorar las emisiones de contaminantes se recomienda el uso de hornos a gas natural o propano. A esta minería de ladrillo, se encuentran asociadas minas activas tales como 2992, 959, 10937 y 3694.

En el municipio se cuenta con un considerable depósito de llantas, los cuales se encuentran a la intemperie expuestos a la radiación solar que llega a ser causa de combustión debido a las emisiones de contaminantes criterios como dióxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, entre otros, lo cual al tener contacto con oxígeno puede generar combustión en los almacenamientos de estos residuos. Adicional a esto, las cámaras vacías de los neumáticos sirven de alojamiento a los roedores y cuando se llenan de agua facilitan la reproducción de zancudos y demás vectores para la





propagación de enfermedades. Por lo anterior, es recomendable diseñar estrategias de almacenamiento de las llantas y acogerse a programas o proyectos de reciclaje de este tipo de material.

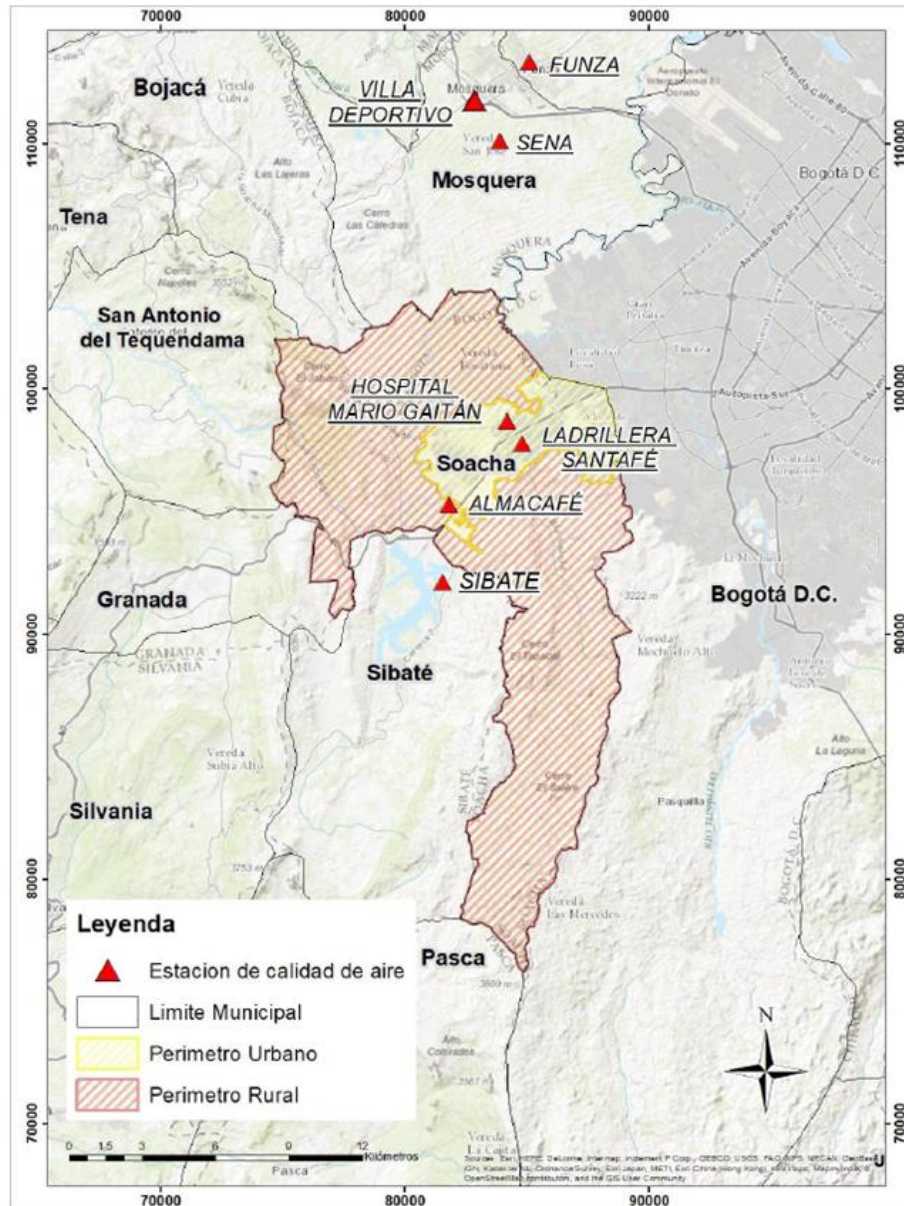


Figura 111. Mapa de ubicación de estaciones de calidad del aire en Soacha y cerca del municipio.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



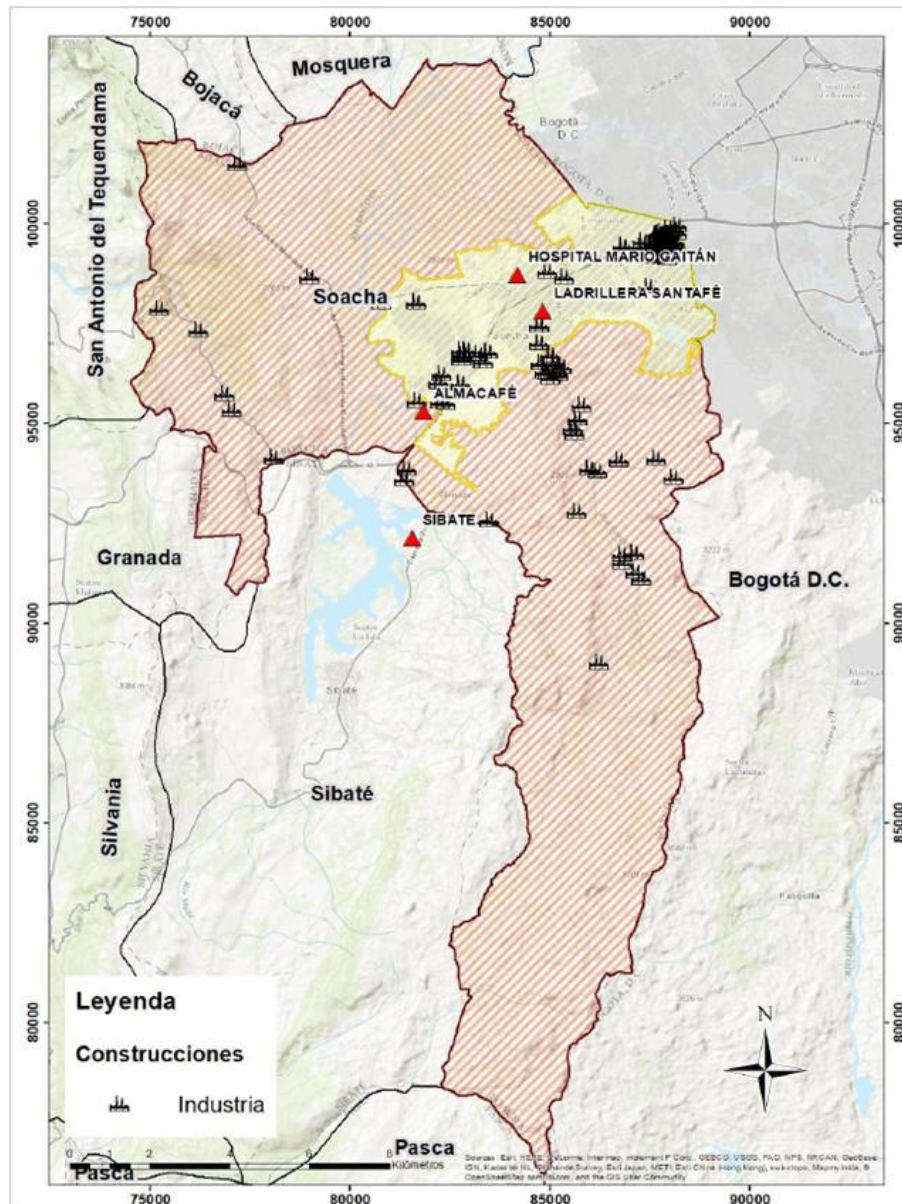


Figura 112. Mapa de actividad de construcción e Industria en Soacha.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



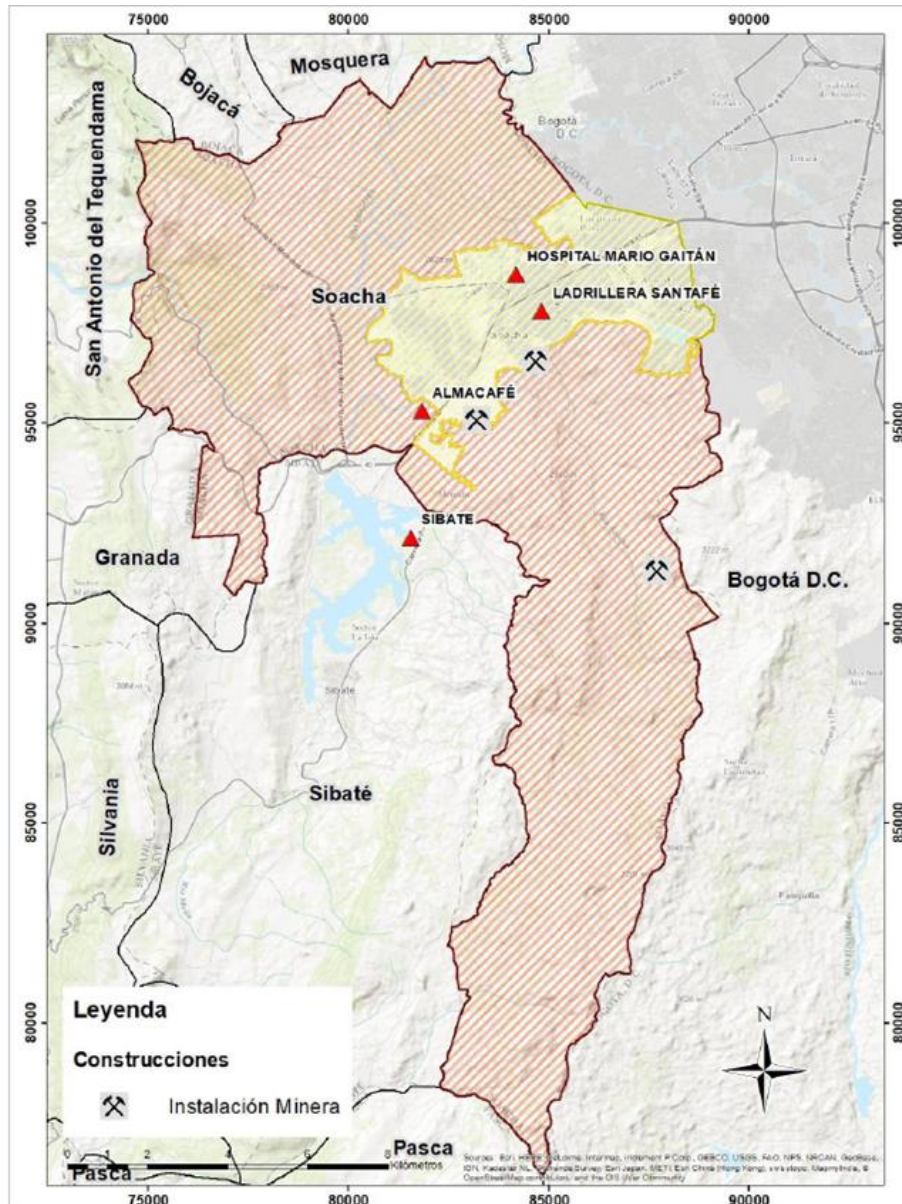


Figura 113. Mapa de actividad de minería en Soacha.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



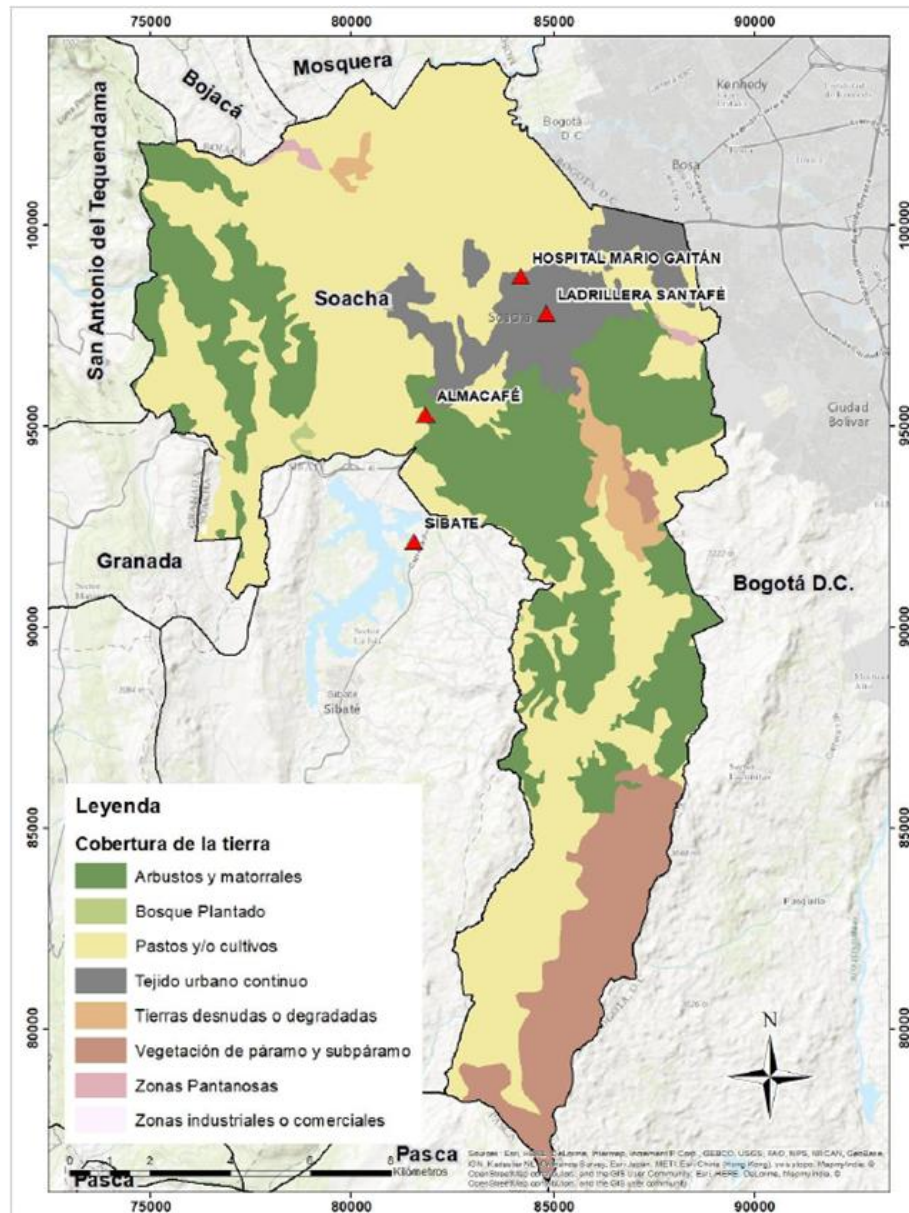


Figura 114. Mapa de cobertura vegetal en Soacha.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia





Necesidades principales identificadas para el componente de cambio climático y variabilidad climática

En este acápite se presentan los principales resultados obtenidos para el componente de cambio climático, así como también se retoman las principales delimitaciones, zonificaciones y condicionamientos. Teniendo en cuenta el alcance de este análisis y de acuerdo a la metodología implementada en el informe Análisis desde la perspectiva de cambio climático y carga contaminante, se presentan las principales necesidades identificadas. Se recomienda que para hacer revisión puntual de los resultados obtenidos se consulte especialmente dicho informe.

- Análisis climatológico del municipio (precipitación, temperatura media, humedad relativa, entre otras)

Para ello se recopiló la información de diversas estaciones en un radio de 5 km del municipio y a partir del desarrollo de diversos tipos de análisis sobre los parámetros meteorológicos como la estimación de la varianza, la revisión de tendencias en períodos decenales entre las décadas de 1960 -2010 y la identificación de tendencias de los mismos, se identificó fundamentalmente el incremento de la variable temperatura (máxima, media y mínima) en aproximadamente un grado en cuarenta años de análisis. Sin embargo, en términos de la variabilidad climática de la variable temperatura, se observó un comportamiento estacional en que se diferencian marcadamente épocas secas de épocas de lluvia ("Granja San Jorge" - 2120572). En cuanto a la variable precipitación se logró determinar que el régimen de lluvias en el municipio es bimodal, se identificaron como periodos de lluvias los meses de abril - mayo y octubre - noviembre, además también se logran identificar eventos ENOS que históricamente se han presentado en el municipio.

- Escenarios del comportamiento de las variables climáticas (Precipitación, Temperatura y Humedad relativa) conforme al fenómeno de cambio climático

Teniendo en cuenta el modelo ensamble de la Tercera comunicación del Clima IDEAM (2015), y la generación de mapas climáticos para el año 2040 generados a partir de diversos escenarios y épocas (trimestres), se logran identificar las modificaciones Nacional de Colombia – Alcaldía de Soacha, Cundinamarca (Contrato 1201-2016). 13 que tendrá el comportamiento de las variables climáticas en el año 2040, la variable temperatura (máxima, media y mínima) tendrá un aumento medio de 0.85 °C, esto evidencia la necesidad de concebir las medidas que aminoren el incremento de temperatura que experimentará el municipio, si a esto se adiciona que la mayor parte del municipio experimentará una reducción de la precipitación en la primera mitad del año (según los RPC 4.5 Y 8.5), se infiere la necesidad de protección del recurso hídrico en la parte alta del municipio, así como la programación y adecuación de las actividades agrícolas de la zona rural del municipio, para que estas condiciones no afecten el abastecimiento de agua potable en la zona urbana de Soacha.

- Contribución de gases contaminantes en el municipio





Para el desarrollo de este elemento se examinó, lo que corresponde a la estimación de metano (CH₄) como uno de los gases de efecto invernadero que se tienen en cuenta en el Protocolo de Kioto, la estimación de la contribución de la carga contaminante del municipio, y así mismo, la identificación de áreas de emisión a partir del análisis de comportamiento de gases por estación a nivel mensual y anual. También se determinó el Índice de Calidad del Aire (ICA) respecto a cada gas contaminante y se generó el mapa de comportamiento de las concentraciones de dichos gases por sector.

Entre algunos de los resultados que dichos análisis arrojaron y que se examinaron como necesidades se encuentran los siguientes elementos:

Se presentaron altas emisiones de gases contaminantes como dióxido de azufre (SO₂) en el año 2012 y dióxido de nitrógeno (NO₂) del 2007 al 2009 debido a principales actividades de industria, quema de combustible y vapores de gasolina por el sector de transporte junto con la fertilización de la tierra y efecto del estiércol. Aunque cabe mencionar que se evidenció una disminución de la concentración de NO₂ entre 2010 – 2012 siendo el dióxido de nitrógeno uno de los precursores de formación del ozono (O₃) junto con el monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

Las partículas suspendidas totales (PST) si bien tuvieron emisiones cercanas al límite permitido en los años 2008 y 2009, hacia el 2015 presentó niveles bajos de emisión por parte de la estación Ladrillera y Hospital Mario Gaitán que está ubicada en el casco urbano. Siendo el material particulado (PM₁₀) parte de las PST, este material presentó emisiones elevadas del 2007 al 2012 sobrepasando el límite permitido en los años 2009 y 2010.

Las emisiones de gas metano (CH₄) se encuentra en sectores como la ganadería y también a partir de humedales, siendo entre los dos la población bovina la que más aporta a la emisión de este gas.

En los años 2009 y 2010 se encontraron registros con relación al índice de calidad del aire (ICA) donde se logró identificar que el material particulado (PM₁₀) menor o igual a 10 micrones sobrepasó el límite permitido por la resolución 610 de 2010. Entre las posibles causas de estas emisiones se encuentran la erosión del suelo, la actividad minera de construcción y arenera, la fricción obtenida de las llantas con el cemento por parte del flujo de transporte, entre otros.

Teniendo en cuenta los resultados de amenaza desde la perspectiva de cambio climático y carga contaminante, se identificaron las siguientes necesidades:

- a. Establecer o fortalecer mecanismos de inspección, vigilancia y control de la calidad de los recursos (agua, aire) así como de estrategias que permitan dar seguimiento a la contribución contaminante y de GEI del municipio en aras de evitar impactos de salud en la población.
- b. Fomentar alternativas que permitan la adaptación al cambio climático en las zonas urbanas y rurales tales como diseños arquitectónicos alternativos, uso de





materiales de construcción con uso sostenible, programas y proyectos de educación ambiental con objeto de sensibilización, adaptación y mitigación frente al cambio climático tanto en el sector urbano y rural, entre otros.

- c. Fomentar el uso eficiente de energía en los sectores de transporte, agricultura e industria.
- d. Disminuir la emisión de gases y de la carga contaminante a partir de diversas estrategias que pueden ser planteadas por sectores (transporte, industria, cambios culturales, cambios tecnológicos).
- e. Proteger, mantener e incrementar zonas que puedan jugar el papel de sumideros de carbono en áreas urbanas y rurales (parques, humedales, ecosistemas estratégicos).
- f. Promover estrategias para la gestión integral de residuos en todo tipo de actividades para sacar provecho de reutilización, como los residuos orgánicos con fines de compostaje para el sector rural.
- g. Promover movilidad urbana y rural sostenible con fines de reducción de consumo energético, reducción de emisiones principales como dióxido de carbono (CO₂).
- h. Promover programas de reforestación y de conservación de ecosistemas con fines de regular los ciclos de gases contaminantes como dióxido de carbono (CO₂), ciclo de nitrógeno y regulación del ciclo hídrico por medio de la vegetación.
- i. Promover actividades agropecuarias sostenibles por medio de la implementación y adaptación de prácticas orgánicas con disminución de uso de fertilizantes químicos.



1.6.7. ACTUALIAZACION DEL COMPONENTE DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL POT DE SOACHA

Atendiendo a lo consignado en el Decreto 1232 de 2020 desde la presente formulación del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Soacha se propone la **Actualización del componente de cambio climático del municipio de Soacha armonizándolo a la normatividad más reciente e incorporando la información de las estaciones de medición de calidad del aire instaladas por la CAR** en la jurisdicción del Municipio, esto, permitirá conocer en tiempo real las cantidades de GEI emitidas en el municipio y la aplicación de medidas pertinentes para la mitigación de los mismos.

En el contexto de la planificación territorial y con el objetivo de garantizar un desarrollo urbano y rural sostenible, se propone la actualización integral del componente de cambio





climático del municipio de Soacha. Esta actualización busca armonizar dicho componente con la normatividad ambiental más reciente a nivel nacional y regional, asegurando su alineación con los lineamientos establecidos por las políticas públicas sobre mitigación y adaptación al cambio climático.

Adicionalmente, se incorporará de manera sistemática la información generada por las estaciones de medición de calidad del aire instaladas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) dentro de la jurisdicción del municipio. Esta información resulta fundamental para la caracterización ambiental del territorio, la identificación de áreas críticas por contaminación atmosférica y la formulación de estrategias de gestión ambiental que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Este proceso fortalecerá la capacidad institucional del municipio para enfrentar los retos del cambio climático, permitiendo una toma de decisiones más informada en temas como el uso del suelo, la planificación del crecimiento urbano, la protección de los ecosistemas estratégicos, y la reducción de riesgos asociados a eventos climáticos extremos.

Finalmente, y en atención a lo dispuesto en el Decreto 1232 de 2020 y en concordancia con la necesidad de incorporar consideraciones ambientales en la planificación del desarrollo territorial, desde la presente formulación del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Soacha se propone la actualización integral del componente de cambio climático.

Dicha actualización tiene como propósito armonizar el componente con la normatividad ambiental más reciente y fortalecer la capacidad del municipio para enfrentar los desafíos asociados al cambio climático. En este sentido, se incorporará la información generada por las estaciones de medición de calidad del aire instaladas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) dentro de la jurisdicción municipal, lo cual permitirá contar con datos actualizados y en tiempo real sobre la concentración de contaminantes atmosféricos, incluyendo gases de efecto invernadero (GEI).

La inclusión de esta información facilitará la identificación de fuentes de emisión, la evaluación del comportamiento espacial y temporal de los GEI y, en consecuencia, la formulación y aplicación de medidas eficaces para su mitigación. Asimismo, esta actualización contribuirá a una planificación territorial más resiliente, basada en evidencia técnica y orientada a reducir la vulnerabilidad climática del municipio y sus comunidades.

Como parte del fortalecimiento del enfoque climático en la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Soacha, y en atención a los resultados del análisis de vulnerabilidad realizado en la fase diagnóstica, el municipio incorpora dentro del contenido estratégico la Política de Gestión del Riesgo, Adaptación y Mitigación al Cambio Climático, integrando sus objetivos y estrategias de manera transversal en los componentes general, urbano y rural del POT.





En este contexto, se priorizan medidas de conocimiento como la estimación y cálculo de la huella de carbono, considerando su importancia para la toma de decisiones basadas en evidencia. Particularmente, se destaca el proyecto denominado “Estimación y cálculo de la huella de carbono para cada uno de los sectores, haciendo énfasis en el sector transporte”, cuyo propósito es determinar el volumen total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a las actividades del municipio, con especial atención en las emisiones derivadas del sistema de movilidad.

Esta acción estratégica permitirá calcular con precisión la huella de carbono del sector transporte, identificar fuentes prioritarias de emisión, y formular medidas específicas de mitigación a ser implementadas en el marco del programa de ejecución del POT. Con ello, se busca orientar la transición hacia una movilidad baja en carbono y fortalecer las capacidades del municipio en la gestión integral del cambio climático.

1.7. ANÁLISIS DE LA TERCERA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL MUNICIPIO DE SOACHA

El departamento de Cundinamarca está inscrito dentro de cinco regiones climáticas: Alto Magdalena, Medio Magdalena, Sabana de Bogotá, Piedemonte Llanero y Rio Sogamoso. El comportamiento estacional de la precipitación es homogéneo a lo largo de su orografía con la existencia de dos máximos y dos mínimos de precipitación al año en los meses de mayo y octubre para los picos altos y en los meses de enero y julio para los meses con menor pluviosidad, variando en la cantidad de precipitación acumulada registrada en cada una de las regiones. La única excepción a este comportamiento se da en la región climática de Piedemonte Llanero donde la precipitación presenta un máximo en el mes de junio y un mínimo en enero. La variabilidad climática departamental se ve influenciada por las dinámicas atmosféricas en el Pacífico Norte, las dinámicas asociadas con la evolución de la temperatura superficial del mar en el Pacífico Central, o la oscilación Maiden Julián, entre las más destacadas. En cuanto a la evolución de la temperatura media se puede apreciar un ligero aumento de anomalía positiva en los en el transcurso de los años analizados, siendo este aumento más significativo en la última década (IDEAM, 2017).

La Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC) indica que, para el departamento de Cundinamarca en cuanto a las dimensiones analizadas, los temas de recurso hídrico, biodiversidad, seguridad alimentaria y salud deben ser prioritarios porque que en su mayoría tienen valores entre muy altos, altos y medios de riesgo, y en conjunto tienen contribuciones relevantes al valor total de riesgo por cambio climático de los municipios.





Figura 115. Datos obtenidos para las dimensiones analizadas en el departamento de Cundinamarca

Fuente: (IDEAM, 2017)

Para el departamento de Cundinamarca se presentan las siguientes afectaciones

- Riesgo:** Recurso hídrico y biodiversidad tienen valores de riesgo muy altos, pero en conjunto tienen una contribución baja al riesgo total por cambio climático del departamento.
- Amenaza:** Seguridad alimentaria tiene amenaza alta y un peso relevante en el valor total de amenaza para el departamento.
- Vulnerabilidad:** Biodiversidad y recurso hídrico tienen vulnerabilidad muy alta, y en conjunto su contribución es moderada en el valor total de vulnerabilidad para el departamento.
- Sensibilidad:** Biodiversidad y recurso hídrico tienen sensibilidad muy alta y alta, y en conjunto su contribución es moderada en el valor total de sensibilidad para el departamento.





- e. **Capacidad adaptativa:** Hábitat humano e infraestructura tienen capacidad adaptativa muy alta y alta, además en conjunto su peso es alto en el valor total para el departamento.

Una vez obtenidos los atributos resultantes del análisis multidimensional, se procede a calcular los índices de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático, los cuales, tal como se menciona en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, se obtuvieron a partir de la implementación de análisis estadísticos multivariados que permitieron analizar simultáneamente la relación entre las variables correlacionadas. A continuación, se presentan los valores obtenidos para cada una de las dimensiones analizadas en el municipio de Soacha.

Tabla 25. Categorización de riesgo por dimensión en el municipio de Soacha

Vr Riesgo por Municipio	RIESGO POR MUNICIPIOS											
	SA		RH		BD		S		HH		I	
	Contribución	Valor	Contribución	Valor	Contribución	Valor	Contribución	Valor	Contribución	Valor	Contribución	Valor
0,16	34,65%	0,17	5,56%	0,46	10,36%	0,29	5,68%	0,16	27,97%	0,11	15,78%	0,14

Fuente: (IDEAM, 2017)

A partir de los cálculos realizados mediante la implementación de la metodología desarrollada en la TCNCC, se obtuvo la zonificación cartográfica relativa a riesgo, vulnerabilidad, amenaza, sensibilidad ambiental y capacidad adaptativa para el país, a continuación, se presentan los resultados obtenidos para el municipio de Soacha.

Para el municipio de Soacha se cuenta con una sensibilidad alta situación que está relacionada con la por el impacto de las actividades antrópicas de índole industrial, de transporte, comercial entre otros. Por otro lado, se tiene que cuenta con una capacidad adaptativa Alta, lo cual se convierte en un ámbito de oportunidad para crear un territorio resiliente al cambio climático.



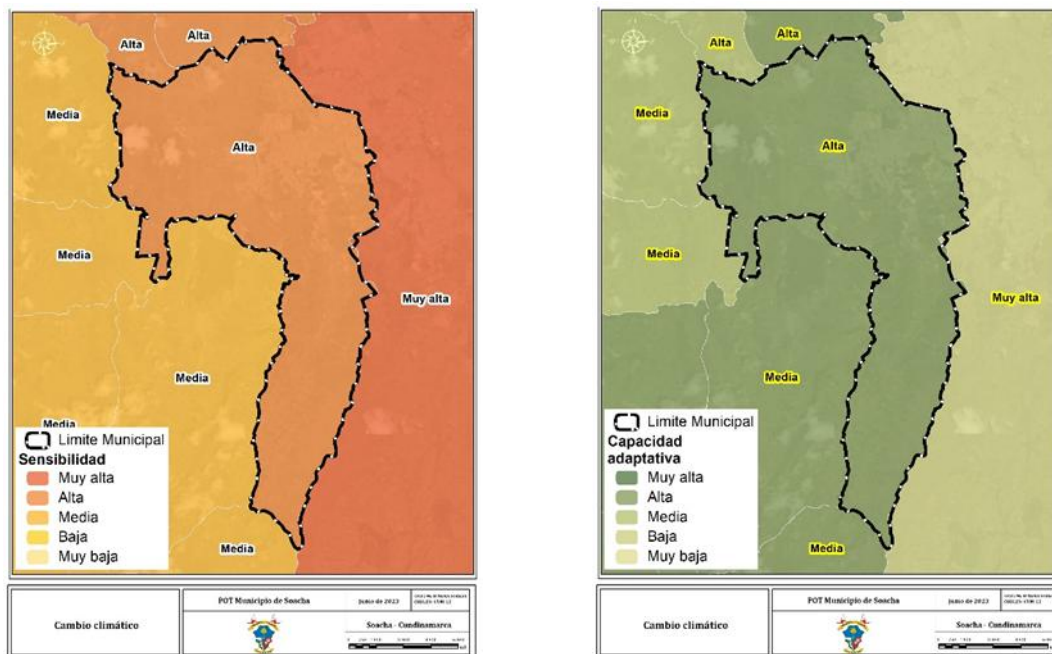


Figura 116. Capacidad adaptativa y sensibilidad al cambio climático en el municipio de Soacha
Fuente: (IDEAM, 2017)

Se puede definir la vulnerabilidad de un territorio como la “característica de un sistema o elemento del sistema que demuestra su capacidad para sobrellevar y recuperarse del impacto de una acción externa. Para la acción de fenómenos extremos (meteorológicos o hidroclimáticos extremos), la vulnerabilidad es el balance de las características intrínsecas del sistema como su sensibilidad y su resiliencia. En el caso de la acción sea el cambio climático, la vulnerabilidad resulta del balance de la sensibilidad al cambio de clima y la capacidad adaptativa al mismo (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca & Universidad Nacional de Colombia, 2018)”. El índice de vulnerabilidad se calcula a partir de la diferencia entre la sensibilidad y la capacidad adaptativa por medio de la siguiente ecuación:

$$v \text{ (vulnerabilidad)} = \text{Sensibilidad (s)} - \text{Capacidad Adaptativa (ca)}$$

Después de realizar la operación se obtienen los valores de vulnerabilidad para el municipio de Soacha.

Tabla 26. Vulnerabilidad para el municipio de Soacha

COMPONENTE	VALOR	CATEGORÍA
Sensibilidad	0,47	Alta
Capacidad adaptativa	0,79	Alta
Vulnerabilidad	0,17	Media

Fuente: (IDEAM, 2017)



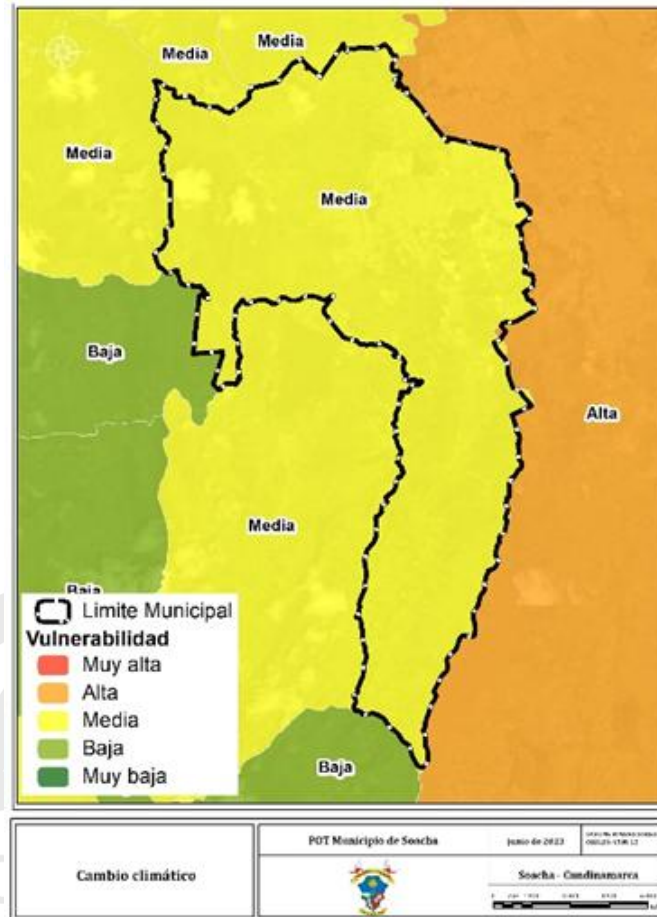


Figura 117. Vulnerabilidad al cambio climático para el municipio de Soacha
Fuente: (IDEAM, 2017)

La Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático establece que “La amenaza por cambio climático representa la posibilidad de afectación en las distintas dimensiones evaluadas, por aumento de temperatura o aumento/disminución de precipitaciones a 2040 bajo los escenarios nacionales (...) (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA, 2017)”; según dicha comunicación el municipio de Soacha para la mayoría de su territorio presenta un índice de amenaza por cambio climático categorizado como MUY BAJA, a pesar que las dimensión recurso hídrico haya arrojado valores de Muy Alto, esto ocurre porque las dimensiones de salud, hábitat humano e infraestructura presentan valores de Muy Bajo; dado que dichas dimensiones tienen un peso importante en el índice de amenaza, adicionalmente se tiene que la dimensión alimentaria está presentando un puntaje Bajo.



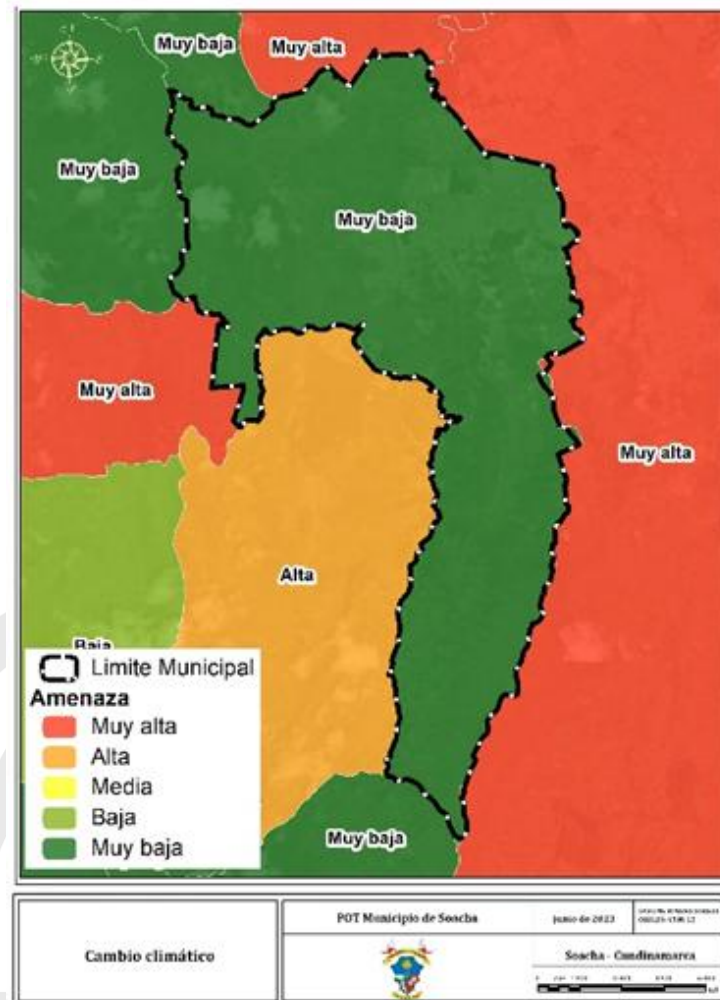


Figura 118. Amenaza por cambio climático para el municipio de Soacha

Fuente: (IDEAM, 2017)

Con los resultados de la amenaza y la vulnerabilidad se procede a calcular el riesgo frente al cambio climático para el municipio de Soacha, por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo (R)} = \text{Amenaza(A)} * \text{Vulnerabilidad(V)}$$

A partir de los resultados finales obtenidos por la Tercera Comunicación Nacional de Colombia (2017), se estableció que los componentes del riesgo por cambio climático para las seis (6) dimensiones analizadas los valores obtenidos varían de bajos a altos; sin embargo, la vulnerabilidad y amenaza presentan valores de MEDIA Y MUY BAJA, respectivamente, dando lugar al resultado BAJO para el riesgo por cambio climático del municipio de Soacha.



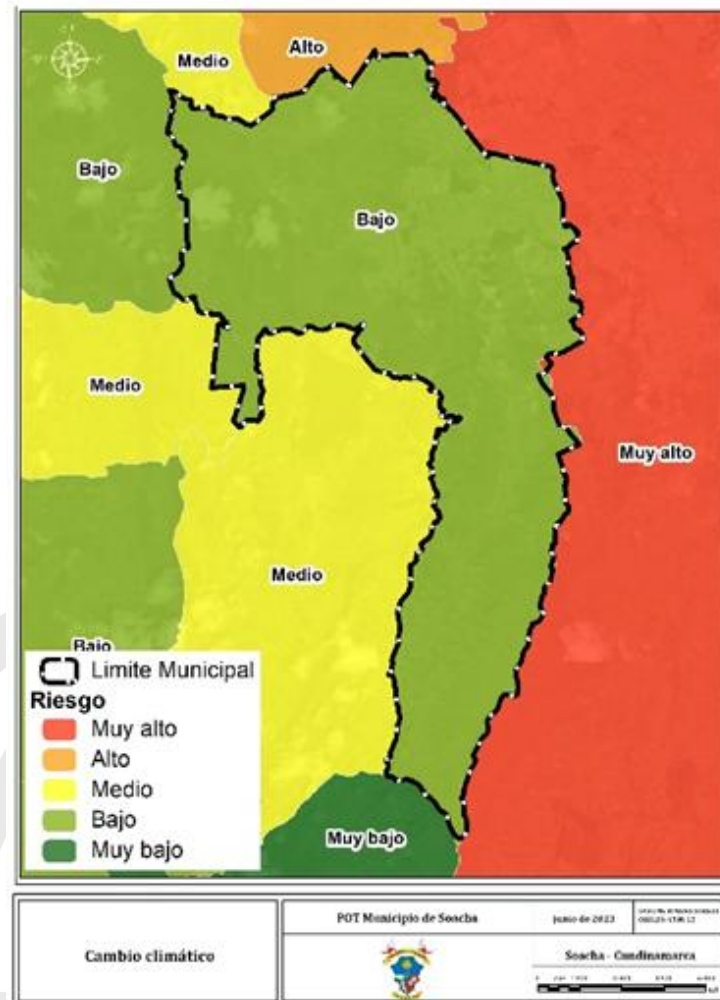


Figura 119. Riesgo por cambio climático en el municipio de Soacha

Fuente: (IDEAM, 2017)

A pesar de que el resultado obtenido para el riesgo por cambio climático es muy positivo para el municipio de Soacha, se deben generar estrategias para mantener dichos resultados, es decir, se deben formular e implementar programas y proyectos para la conservación y protección de las rondas de ríos, quebradas, lagunas y humedales, así como las áreas de páramo y las zonas de bosque protector, las zonas de recarga, áreas forestales protectoras y áreas de bosque protectoras.





1.8. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

1.8.1. INTRODUCCIÓN

El Acuerdo de París (2016) citó entre sus metas globales el incremento de la capacidad de adaptación al cambio climático, la promoción de la resiliencia al clima y el desarrollo bajo en emisiones, de tal forma que no se amenace la seguridad alimentaria, una meta con una clara implicación territorial.

Dentro de los desafíos globales para la OCDE se encuentran cinco de carácter ambiental y por ende territorial, como son, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el uso insostenible del recurso hídrico, los efectos de la contaminación y las sustancias peligrosas; todos ellos interdependientes. De estos cinco, tres tienen una clara repercusión en el ordenamiento, ninguno de ellos incluido en la Ley 388/97, en el Decreto 3600 de 2010 o en La Ley 1523 de 2012.

En su documento "Investing in climate, investing in growth" (OCDE, 2017), indica que la generación de políticas compatibles con el clima puede incrementar en el largo plazo el PIB, ya que los efectos sobre el territorio están relacionados con impactos sobre la situación socioeconómica de los habitantes, como son las pérdidas en infraestructura, la gestión de desastres, el desplazamiento climático, la falta de seguridad alimentaria, la salud pública y el incremento de la pobreza.

Dentro de los municipios los impactos del cambio climático se encuentran asociados a los sistemas estructurantes del territorio, como son: La estructura ecológica principal y los sistemas de servicios públicos, espacio público y de equipamientos colectivos. De acuerdo con el PNAAC, los instrumentos de planificación deben incorporar la gestión del cambio climático, es así que en los planes de ordenamiento de los municipios deben incorporarse las variables climáticas en su formulación. (DNP, MADS, IDEAM, UNGRD, 2012)

1.8.2. METODOLOGÍA

Por adaptación se refiere a las acciones que mejor preparan para el cambio climáticos y sus efectos e impactos. La adaptación generalmente disminuye el riesgo e incrementa las oportunidades frente al cambio climático.

La definición de las medidas de adaptación debe partir de los efectos que se esperan en el territorio y las condiciones de dicho territorio, para identificar las mejores oportunidades y eliminar aquellas medidas que generen respuestas no adaptivas.

Para ello se requiere cruzar la información de los escenarios de cambio climático con los sistemas estructurantes para dilucidar los principales impactos que se pueden presentar



en el municipio y a partir de ellos definir medidas de adaptación que permitan reducir el impacto y construir resiliencia territorial.

A continuación, se presenta el cuadro metodológico:

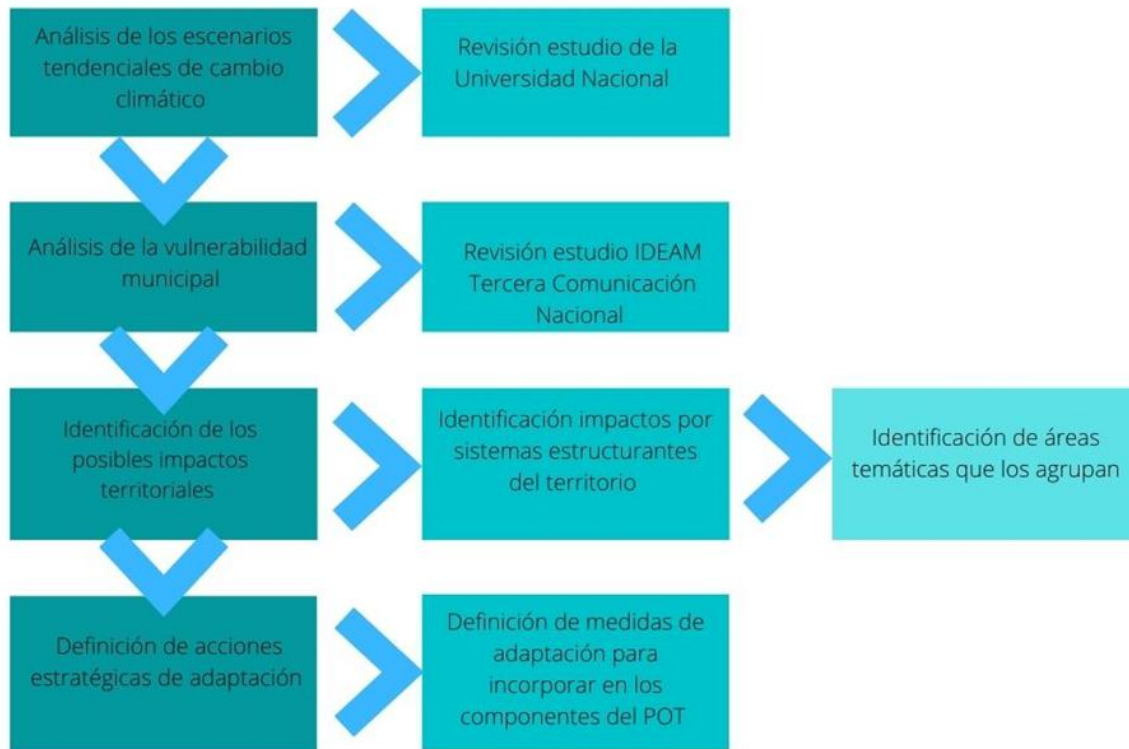


Figura 120. Cuadro metodológico.

Elaboración propia

1.8.3. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA SOACHA

1.8.3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE SOACHA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO AÑO 2040.

La Tercera Comunicación Nacional (IDEAM, 2018) en el informe de vulnerabilidad y riesgo por el cambio climático, indica que Soacha tiene un nivel de vulnerabilidad medio y cuenta con una alta capacidad adaptativa.

Las principales contribuciones en los indicadores de amenaza se encuentran en la pérdida de área idónea para especies naturales y en los cambios de las zonas óptimas agroclimáticas para el cultivo. Respecto a la sensibilidad, los indicadores que más contribuyen son: el porcentaje de área asegurada respecto al área sembrada, el porcentaje del PIB de la producción pecuaria a precios constantes respecto al PIB





departamental, el índice de presión hídrica al ecosistema, el índice de retención y regulación hídrica, la brecha de acueducto, el porcentaje del área del municipio correspondiente a bosque y el porcentaje del área del municipio correspondiente a ecosistema natural. Frente a los indicadores de capacidad adaptativa, la mayor contribución se presenta en acceso a maquinaria pecuaria por UPA e inversión en política de seguridad alimentaria y nutricional; sin embargo, frente al recurso hídrico, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, los indicadores de capacidad son bajos, especialmente el porcentaje del área del Municipio con áreas protegidas registradas en el RUNAP y el índice de eficiencia en el uso del agua.

De acuerdo con el estudio de cambio climático realizado por la Universidad Nacional en Soacha (2017) y los escenarios de cambio climático planteados para el año 2040, los cuales se encuentran analizados por temporadas, se elaboró el siguiente cuadro con las observaciones por vereda y temporada y un resumen final de la tendencia anual, en este cuadro se anotan los efectos sobre el territorio que el estudio incluía:

Tabla 27. Resumen escenarios veredas parte alta (1).

	Vereda	Romeral	Alto de Cabra	Hungria
Periodo	Diciembre – enero – febrero	P normal/ deficit hídrico por aumento T/ > heladas	P normal/ deficit hídrico por aumento T/ > heladas	P normal/ deficit hídrico por aumento T/ > heladas
	Marzo - abril - mayo	Aumento leve P/ aumento eventos extremos depende eventos climáticos que se crucen	Aumento leve P/ aumento eventos extremos depende eventos climáticos que se crucen	Aumento leve P/ aumento eventos extremos depende eventos climáticos que se crucen
	Junio (Universidad Nacional de Colombia - Centro de Investigaciones para el Desarrollo - CID - Grupo de Investigación BioGestión, 2017)– julio – agosto	Sin variaciones importantes	Sin variaciones importantes	Sin variaciones importantes
	Septiembre - octubre - noviembre	Aumento leve P/ aumento eventos extremos depende eventos climáticos que se crucen	Aumento leve P/ aumento eventos extremos depende eventos climáticos que se crucen	Aumento leve P/ aumento eventos extremos depende eventos climáticos que se crucen





Vereda	Romeral	Alto de Cabra	Hungria
Tendencia anual	La tendencia en el año es a un aumento de precipitación que puede exarcerbarse por la presencia de eventos climáticos		

Elaboración propia

Tabla 28. Resumen escenarios veredas parte alta (2).

	Vereda	San Jorge	Fusungá	Villanueva
Periodo	Diciembre – enero – febrero	P normal	P normal	P normal*
	Marzo - abril - mayo	P normal	P normal	P normal*
	Junio – julio – agosto	P normal	P normal	Aumento leve P*/ posibles inundaciones por cruce con eventos climáticos
	Septiembre - octubre – noviembre	P normal	P normal*	P normal*
	Tendencia anual	La tendencia es a mantener la precipitación actual		

Elaboración propia

Tabla 29. Resumen escenarios veredas parte media.

	Vereda	Panama	Chacua	Comunas
Periodo	Diciembre – enero – febrero	Disminución P de leve a moderado/ deficit hídrico/ transición hacia un clima más seco/ > Heladas/> suceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado	Disminución P de leve a moderado/ deficit hídrico/ transición hacia un clima más seco/ > Heladas/> suceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado	Disminución P de leve a moderado/ deficit hídrico/ transición hacia un clima más seco/ > Heladas/> suceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado
	Marzo - abril - mayo	sin variaciones importantes	sin variaciones importantes	sin variaciones importantes
	Junio – julio – agosto	Aumento leve P/ posibles inundaciones por cruce con	Aumento leve P/ posibles inundaciones por cruce con	Aumento leve P/ posibles inundaciones por cruce con





Vereda	Panama	Chacua	Comunas
	eventos climáticos	eventos climáticos	eventos climáticos
Septiembre - octubre - noviembre	Aumento moderado P/ posibles inundaciones por cruce con eventos climáticos/ posible sobresaturación de suelos y deslizamientos	Aumento moderado P/ posibles inundaciones por cruce con eventos climáticos/ posible sobresaturación de suelos y deslizamientos	Aumento moderado P/ posibles inundaciones por cruce con eventos climáticos/ posible sobresaturación de suelos y deslizamientos
Tendencia anual	La tendencia es a aumentar la precipitación en el área, con posible sobresaturación de suelos, encharcamientos e inundaciones en algunos sectores y posibles movimientos en masa por exceso de agua.		

Elaboración propia



143

Tabla 30. Resumen escenarios veredas parte baja (1).

Vereda	Canoas	Cascajal	San Francisco
Periodo	Diciembre - enero - febrero	Leve disminución P /deficit hídrico moderado/ > Heladas/> susceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado	Leve disminución P /deficit hídrico moderado/ > Heladas/> susceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado
	Marzo - abril - mayo	Leve disminución P/Déficit hídrico/ > Heladas/> susceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado	Leve disminución P/Déficit hídrico/ > Heladas/> susceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado
	Junio - julio - agosto	Aumento moderado P/ posibles inundaciones por	Aumento moderado P/ posibles inundaciones por





Vereda	Canoas	Cascajal	San Francisco
	cruce con eventos climáticos	cruce con eventos climáticos	cruce con eventos climáticos
Septiembre - octubre - noviembre	leve disminución P/Deficit hídrico/ > Heladas/> susceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado	leve disminución P/Deficit hídrico/ > Heladas/> susceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado	leve disminución P/Deficit hídrico/ > Heladas/> susceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado
Tendencia anual	La tendencia es a disminuir la precipitación actual con posibilidades de deficit hídrico. Al iniciarse periodos de lluvias después de periodos más largos de sequía es posible que la resequedad de los suelos aumente la erosión y por ende se presenten deslizamientos		

Elaboración propia

Tabla 31. Resumen escenarios veredas parte baja (2).

Vereda	Alto de la Cruz	Charquito	Bosatama
Periodo	Diciembre - enero - febrero	Leve disminución P /deficit hídrico moderado/ > Heladas/> susceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado	Leve disminución P /deficit hídrico moderado/ > Heladas/> susceptibilidad a incendios forestales/ > Material particulado
	Marzo - abril - mayo	P normal a leve disminución P/tendencia a deficit hídrico*	P normal a leve disminución P/tendencia a deficit hídrico*
	Junio - julio - agosto	Aumento leve P*/ posibles inundaciones por cruce con eventos climáticos	Aumento moderado P*/ posibles inundaciones por cruce con eventos climáticos
	Septiembre - octubre - noviembre	aumento leve P/ aumento eventos extremos depende eventos climáticos que se crucen	P normal*





Vereda	Alto de la Cruz	Charquito	Bosatama
Tendencia anual	La tendencia es a aumentar la precipitación en el área, con posible sobresaturación de suelos, encharcamientos e inundaciones en algunos sectores y posibles movimientos en masa por exceso de agua.		La tendencia es a disminuir la precipitación actual con posibilidades de déficit hídrico. La resequedad de suelo puede causar deslizamientos

Elaboración propia

Los principales efectos esperados están dirigidos hacia:

Cambios en la frecuencia e intensidad de la precipitación, el Municipio en su totalidad no se verá afectado por la misma variación; algunas veredas disminuirán en la precipitación, mientras que, en otras, su tendencia será a aumentarla.

El aumento de temperatura será generalizado para todo el Municipio, por lo que se verá un aumento en la evapotranspiración, y en temporadas secas, esta tendencia tendrá un efecto más profundo causando a su vez un déficit hídrico.

En el caso del Niño y la Niña, ambos considerados fenómenos de variabilidad climática, se espera que el cambio climático aumente su frecuencia de uno cada 20 años a uno cada 10 años y su intensidad sea superior a la actual, además de incrementar la generación de ciclones tropicales (McPhaden, Santoso, & Cai, 2020). Este efecto, en algunos casos, al superponerse con los cambios en el territorio agravará los impactos que por sequía se presentan durante El Niño y aquellos que por exceso de precipitación se presenten durante La Niña.



1.8.3.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

De acuerdo con el análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia (IDEAM, 2018) Soacha presenta la siguiente situación frente a las seis dimensiones incluidas: Estructura Ecológica Principal, sistemas productivos, servicios públicos, movilidad y transporte, vivienda y hábitat, y patrimonio cultural.

La siguiente matriz permite cruzar la información de cambio climático y variabilidad climática, el análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático (IDEAM, 2018), con el medio físico y los sistemas que estructuran el territorio y que se consideran dentro del análisis del POT.



Tabla 32. Impactos debidos al calentamiento global vs sistemas estructurantes del territorio.

Climáticos por el calentamiento global	Efectos sobre el medio físico	Estructura ecológica	Sistemas productivos	Espacio público	Movilidad, vías y transporte	Equipamientos colectivos	Servicios públicos domiciliarios	vivienda y hábitat	patrimonio cultural
Aumento de las escorrentías sobresaturación de suelos Aumento en temperatura y precipitación	Aumento de las escorrentías		pérdida de cultivos por exceso de agua	Daños en la infraestructura del espacio público por inundaciones y encharcamientos	Encharcamientos en vías	Pérdida de bienes por inundaciones	Desconexión de sistemas de servicios públicos por deslizamientos	Inundaciones de las áreas bajas de las edificaciones	Inundaciones de las áreas bajas de las edificaciones
	sobresaturación de suelos	Caida de árboles	Pérdida de productos por inundaciones de pisos bajos comerciales	Caída de árboles en parques por exceso de agua	Mayor propensión a movimientos en masa y deslizamientos con taponamiento de vías	Días sin funcionamiento por inundaciones o encharcamientos	Saturación y obstrucción de alcantarillados	Mayor propensión a movimientos en masa y deslizamientos	Posible pérdida de bienes culturales por deslizamientos o derrumbes
		aumento de vectores transmisores de enfermedades	Posible crecimiento de especies invasoras		Pavimentos húmedos con riesgo para la seguridad vial	Mayores costos de mantenimiento y construcción	Mayores costos de mantenimiento y construcción	Mayores costos de mantenimiento y construcción	Mayores costos de mantenimiento y construcción
		Cambios en el crecimiento, migración y/o disturbios en los ciclos de las plantas y cultivos	anegamiento de suelos agrícolas causado por la sobresaturación		Mayores costos de mantenimiento y construcción	Inundaciones de las áreas bajas de las edificaciones	Desestabilización de tuberías por erosión	Pérdida de los bienes de los habitantes	Daños sobre los bienes patrimoniales
		Pérdida de biodiversidad			Aumento en los tiempos de viaje		Posible contaminación de servicios de distribución de agua por aguas residuales	Desplazamiento de personas	
					Daños en esmaforización				
Déficit hídrico resecaimiento de suelos Aumento en temperatura y disminución en precipitación Aumento material particulado Aumento de heladas Tránsito hacia un clima más seco	Déficit hídrico	Aumento en la susceptibilidad de incendios forestales	pérdida de cultivos por déficit de agua	Pérdida de confort térmico para práctica de deportes al aire libre	Agrietamiento de pavimentos	Aumento en las necesidades de refrigeración	Déficit hídrico para prestación de servicios	Aumento en las necesidades de refrigeración	Aumento en las necesidades de refrigeración
	resecaimiento de suelos	Falta de agua y alimento para las especies que las habitan o migratorias	Falta de agua disponible para actividades agrícolas y pecuarias	Daño y agrietamiento de estructuras duras del espacio público por el resecaimiento de los suelos	Recalentamiento de vehículos	Pérdida de confort térmico para desarrollar actividades en los equipamientos	Mayores costos de mantenimiento y construcción	Pérdida de confort térmico para desarrollar actividades del hogar	Mayores costos de mantenimiento y construcción
	Aumento erosión de suelos	pérdida de vegetación nueva por estrés hídrico	Aumento en las necesidades de sistemas de refrigeración y enfriamiento en industrias	Pérdidas en la vegetación del espacio público por estrés hídrico	Reducción de la vida útil de las infraestructuras	Mayores costos de mantenimiento y construcción	Desestabilización de tuberías por erosión	Mayores costos de mantenimiento y construcción	
	Aumento material particulado	Reducción en las tasas de fotosíntesis	Pérdida de confort térmico para trabajo en oficinas y comercio	Pérdida de especies jóvenes	Mayores costos de mantenimiento y construcción				
	Aumento de heladas	susceptibilidad a incendios forestales	Posible crecimiento de especies invasoras	Déficit hídrico para actividades productivas					
	Tránsito hacia un clima más seco	Cambios en el crecimiento, migración y/o disturbios en los ciclos de las plantas y cultivos	Pérdidas en producción de alimentos						

Elaboración propia





En general, los principales impactos que se encontraron por el aumento en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones son:

- Posibles inundaciones debidas a la saturación de los sistemas de drenaje.
- Aumento en los encharcamientos o inundaciones de las áreas bajas con posible afectación a edificaciones y espacios públicos.
- Atascos en los sistemas de alcantarillado de la ciudad.
- Afectación de la calidad de agua por desbordamientos en las zonas de alcantarillado combinado debido a eventos de lluvias intensas.
- Incremento en el costo de las acciones de respuesta por acciones de limpieza después de fuertes lluvias.
- Incremento en costos de mantenimiento.
- Movimientos en masa y deslizamientos debido a la sobresaturación de los suelos.
- Cambios en el crecimiento, migración y/o disturbios en los ciclos de las plantas y cultivos.
- Aumento de vectores transmisores de enfermedades.
- Caída de árboles sobre calles y edificaciones.

El aumento de temperatura y la reducción en la precipitación durante largos periodos del año puede conllevar a los siguientes efectos o impactos en la ciudad:

- Déficit hídrico para la producción de cultivos, hidratación de animales y otras actividades económicas del municipio.
- Incremento en el estrés sobre la estructura ecológica principal por el déficit hídrico.
- Aumento de la presencia de islas de calor.
- Incremento en el material particulado debido al resecamiento del suelo.
- Posible incremento de la erosión debida al agrietamiento del suelo por el exceso de evapotranspiración.
- Decrecimiento del confort climático al interior de las edificaciones.
- Incremento en la pérdida de especies naturales especialmente de arboles nuevos debido a la falta de agua.
- Cambios en las plagas y especies invasoras que afectan los ecosistemas y los servicios que prestan.
- Incremento en la caída de árboles por eventos extremos.
- Reducción del rango geográfico o área de extensión de las especies arbóreas.



1.8.3.3. ÁREAS TEMÁTICAS

En la siguiente matriz se presenta un análisis de los impactos con el fin de identificar las principales áreas temáticas y la definición de las medidas de adaptación:



Tabla 33. Impactos identificados por áreas temáticas.

Climáticos por el calentamiento global	Efectos sobre el medio físico	Estructura ecológica	Sistemas productivos	Espacio público	Movilidad, vías y transporte	Equipamientos colectivos	Servicios públicos domiciliarios vivienda y hábitat	patrimonio cultural
Aumento en temperatura y precipitación	Aumento de las escorrentías		pérdida de cultivos por exceso de agua	Daños en la infraestructura del espacio público por inundaciones y encharcamientos	Encharcamientos en vías	Pérdida de bienes por inundaciones	Desconexión de sistemas de servicios públicos por deslizamientos	Inundaciones de las áreas bajas de las edificaciones
	sobresaturación de suelos	Caída de árboles	Pérdida de productos por inundaciones de pisos bajos comerciales	Caída de árboles en parques por exceso de agua	Mayor propensión a movimientos en masa y deslizamientos con taponamiento de vías	Días sin funcionamiento por inundaciones o encharcamientos	Saturación y obstrucción de alcantarillados	Mayor propensión a movimientos en masa y deslizamientos
		aumento de vectores transmisores de enfermedades	Possible crecimiento de especies invasoras		Pavimentos húmedos con riesgo para la seguridad vial	Mayores costos de mantenimiento y construcción	Mayores costos de mantenimiento y construcción	Mayores costos de mantenimiento y construcción
		Cambios en el crecimiento, migración y/o disturbios en los ciclos de las plantas y cultivos			Mayores costos de mantenimiento y construcción	Inundaciones de las áreas bajas de las edificaciones	Desestabilización de tuberías por erosión	Pérdida de los bienes de los habitantes
		Pérdida de biodiversidad			Aumento en los tiempos de viaje		Possible contaminación de servicios de distribución de agua por aguas residuales	Daños sobre los bienes patrimoniales
Aumento en temperatura y disminución en precipitación	Deficit hídrico	Aumento en la susceptibilidad de incendios forestales	pérdida de cultivos por déficit de agua	Pérdida de confort térmico para práctica de deportes al aire libre	Agrietamiento de pavimentos	Aumento en las necesidades de refrigeración	Deficit hídrico para prestación de servicios	Aumento en las necesidades de refrigeración
	resecaimiento de suelos	Falta de agua y alimento para las especies que las habitan o migratorias	Falta de agua disponible para actividades agrícolas y pecuarias	Daño y agrietamiento de estructuras duras del espacio público por el resecaimiento de los suelos	Recalentamiento de vehículos	Pérdida de confort térmico para desarrollar actividades en los equipamientos	Mayores costos de mantenimiento y construcción	Pérdida de confort térmico para desarrollar actividades del hogar
	Aumento erosión de suelos	pérdida de vegetación nueva por estrés hídrico	Aumento en las necesidades de sistemas de refrigeración y enfriamiento en industrias	Pérdidas en la vegetación del espacio público por estrés hídrico	Reducción de la vida útil de las infraestructuras	Mayores costos de mantenimiento y construcción	Desestabilización de tuberías por erosión	Mayores costos de mantenimiento y construcción
	Aumento material particulado	Reducción en las tasas de fotosíntesis	Pérdida de confort térmico para trabajo en oficinas y comercio	Pérdida de especies jóvenes	Mayores costos de mantenimiento y construcción			
	Aumento de heladas	susceptibilidad a incendios forestales	Possible crecimiento de especies invasoras	Deficit hídrico para actividades productivas				
	Tránsito hacia un clima más seco	Cambios en el crecimiento, migración y/o disturbios en los ciclos de las plantas y cultivos	Pérdidas en producción de alimentos					

Elaboración propia.





Los impactos se agruparon en tres áreas temáticas, cada una de las cuales corresponde a uno o varios sistemas estructurales del territorio:

Ecosistemas y medio natural: se refiere a todos los impactos asociados a la afectación del medio natural. Incluye los efectos sobre las áreas de la estructura ecológica principal, el espacio público con vegetación y espacios verdes de carácter privado, además toda la arborización urbana.

Infraestructura y edificaciones: se refiere a los impactos que recibe la infraestructura vial, de movilidad y transporte, equipamientos colectivos, vivienda y otras edificaciones y la infraestructura de los sistemas de servicios público. Esta área no contempla aquellos impactos asociados al riesgo.

Salud, bienestar y gestión del riesgo: se refiere a cualquier impacto asociado a la salud pública, pérdida de bienestar y aumento en las condiciones del riesgo territorial. Este se contempla para todos los sistemas estructurantes del territorio.

1.8.4. ACCIONES ESTRATÉGICAS DE ADAPTACIÓN.

A partir de áreas estratégicas definidas como prioritarias se proponen cuatro acciones para incorporar medidas de adaptación. Estas medidas pueden tener una doble función, al cubrir la adaptación de varias áreas estratégicas a la vez y al servir como medidas de mitigación. Las áreas estratégicas son:

- Áreas naturales y espacios verdes sanos y conectados.
- Robustecimiento de la infraestructura.
- Edificaciones resilientes al cambio climático.
- Gestión del agua lluvia.

A continuación, se presenta una matriz en donde se cruzan las medidas con las áreas estratégicas en las cuales tienen función.

Tabla 34. Áreas temáticas vs Acciones estratégicas.

	Gestión del agua lluvia	Edificaciones resilientes al cambio climático	Áreas naturales y espacios verdes sanos y conectados	Robustecimiento de la infraestructura
Ecosistemas y naturaleza				
Infraestructura y edificaciones				
Salud, bienestar y				





	Gestión del agua lluvia	Edificaciones resilientes al cambio climático	Áreas naturales y espacios verdes sanos y conectados	Robustecimiento de la infraestructura
gestión del riesgo				

Elaboración propia.

1.8.5. GESTIÓN DEL AGUA LLUVIA.

En Soacha se van a presentar temporadas de exceso de lluvias y otras con déficit hídrico, las cuales se pueden ver afectadas por la superposición de eventos climáticos de escala global: En este sentido, es necesario considerar la lluvia como un recurso adicional, que deberá gestionarse adecuadamente y disminuir los riesgos.

La gestión del agua lluvia debe iniciar un proceso de reconocimiento del exceso como un recurso, el cual servirá durante los periodos de escasez para disminuir la presión sobre este a través del aprovechamiento de las aguas lluvias retenidas. Además, contribuirá con la recarga de las aguas subterráneas y disminuirá la contaminación de las corrientes por escorrentías superficiales no tratadas debido a la filtración natural de contaminantes.

Objetivo: gestionar el agua proveniente de la precipitación como un recurso natural y contribuir a la regularización de su ciclo hidrológico.

Alcance: Aplica para el agua proveniente de las precipitaciones.



150

1.8.5.1. EDIFICACIONES RESILIENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO.

La construcción y reacondicionamiento a edificaciones resilientes reduce el daño sufrido por personas y bienes durante los eventos, evita el uso de medidas no adaptativas y contribuye a mitigar los gases efecto invernadero -GEI- además de disminuir los tiempos de recuperación de las edificaciones frente a los eventos.

Objetivo: Minimizar el daño y los costos de mantenimiento y recuperación de las edificaciones frente a las condiciones de cambio climático.

Alcance: Aplica en todas las edificaciones, tanto de carácter público como privado, que se encuentren en el Municipio.





1.8.5.2. ÁREAS NATURALES Y ESPACIOS VERDES SANOS Y CONECTADOS.

Los sistemas naturales tienen un papel muy importante tanto en la adaptación como la mitigación del cambio climático. A través de la prestación de bienes y servicios ecosistémicos contribuyen eficazmente en la reducción del efecto de islas de calor al interior de las ciudades y en la reducción de la escorrentía superficial deteniendo la velocidad de las crecientes, además colaboran en el mejoramiento de la calidad del agua lluvia que llega a las corrientes naturales.

Sin embargo, también se están viendo afectadas por los climas extremos y la contaminación. Por lo que es necesario definir medidas que contribuyan a la adaptación de estas áreas y el mejoramiento en la prestación de sus servicios ecosistémicos.

Esta acción busca reverdecer el Municipio generando conectividad entre las diferentes áreas verdes y creando corredores que permitan el tránsito de la biodiversidad. Esto se logra a través de la inclusión de diseños flexibles con amplias zonas verdes arborizadas y con áreas para el almacenamiento de agua en los espacios públicos, mayores áreas de infiltración de aguas y creación y ampliación de bosques urbanos.

Objetivo: aumentar la resiliencia de los espacios naturales y verdes al interior del municipio.

Alcance: aplica para todas las áreas verdes tanto públicas como privadas, elementos de la estructura ecológica principal y parques con áreas verdes.



1.8.5.3. ROBUSTECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA.

Las condiciones de diseño y de vida útil de la infraestructura se verá afectada por la incertidumbre asociada al cambio climático y por el aumento en la repetición e intensidad de los eventos extremos. Esta situación hace que sea necesario robustecer las condiciones de diseño de la infraestructura para que soporte y mantenga las condiciones de uso. La adaptación al cambio climático debe considerar aumentar la resiliencia de los sistemas a través de la redundancia y diversidad de estos.

Objetivo: Fortalecer la infraestructura para soportar las nuevas condiciones cambiantes de uso.

Alcance: Aplica para la infraestructura de vías, servicios públicos, andenes y otra infraestructura de movilidad, y para espacios públicos en cobertura dura o infraestructura de soporte de espacios públicos.





1.8.6. ACCIONES ESTRATÉGICAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

A partir de estas áreas temáticas se definen cuatro acciones estratégicas sobre el territorio para incorporar las medidas de adaptación, estas medidas en ocasiones, tienen una doble función al cubrir la adaptación de varias áreas estratégicas a la vez y al servir como medidas de mitigación. Las áreas estratégicas son:

- Áreas naturales y espacios verdes sanos y conectados.
- Robustecimiento de la infraestructura.
- Edificaciones resilientes al cambio climático.
- Gestión del agua lluvia.

A continuación, se presenta una matriz en donde se cruzan las medidas con las áreas estratégicas en las cuales tienen función.

Tabla 35. Áreas temáticas vs Acciones estratégicas.

	Gestión del agua lluvia	edificaciones resilientes al cambio climático	Área naturales y espacios verdes sanos y conectados	Robustecimiento de la infraestructura
Ecosistemas y naturaleza				
Infraestructura y edificaciones				
Salud, bienestar y gestión del riesgo				

Elaboración propia.

1.8.6.1. ROBUSTECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA

Las condiciones de diseño y de vida útil de la infraestructura se verá afectada por la incertidumbre asociada al cambio climático, por el aumento en la repetición e intensidad de los eventos extremos. Esta situación hace que sea necesario robustecer las condiciones de diseño de la infraestructura para que soporte y mantenga las condiciones de uso. La adaptación al cambio climático debe considerar aumentar la resiliencia de los sistemas a través de la redundancia y diversidad de estos.





Objetivo: Fortalecer la infraestructura para soportar las nuevas condiciones cambiantes de uso.

Alcance: Aplica para la infraestructura de vías, servicios públicos, andenes y otra infraestructura de movilidad, y para espacios públicos en cobertura dura o infraestructura de soporte de espacios públicos.

1.8.6.2. EDIFICACIONES RESILIENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO

La construcción y reacondicionamiento a edificaciones resilientes reduce el daño sufrido por personas y bienes durante los eventos, evita el uso de medidas no adaptativas y contribuye a mitigar los GEI además de disminuir los tiempos de recuperación de las edificaciones frente a los eventos.

Objetivo: Minimizar el daño y los costos de mantenimiento y recuperación de las edificaciones frente a las condiciones de cambio climático.

Alcance: Aplica para todas las edificaciones tanto de carácter público como privado que se encuentren en el municipio.

1.8.6.3. ÁREAS NATURALES Y ESPACIOS VERDES SANOS Y CONECTADOS

Los sistemas naturales tienen un papel muy importante tanto en la adaptación como la mitigación del cambio climático. A través de la prestación de bienes y servicios ecosistémicos contribuyen eficazmente en la reducción del efecto de islas de calor al interior de las ciudades y en la reducción de la escorrentía superficial deteniendo la velocidad de las crecientes, además colaboran en el mejoramiento de la calidad del agua lluvia que llega a las corrientes naturales.

Sin embargo, también se están viendo afectadas por los climas extremos y la contaminación. Por lo que es necesario definir medidas que contribuyan a la adaptación de estas áreas y el mejoramiento en la prestación de sus servicios ecosistémicos.

Objetivo: aumentar la resiliencia de los espacios naturales y verdes al interior del municipio.

Alcance: aplica para todas las áreas verdes tanto públicas como privadas, elementos de la estructura ecológica principal y parques con áreas verdes.

Esta acción busca enverdecer el municipio generando conectividad entre las diferentes áreas verdes y creando corredores que permitan el tránsito de la biodiversidad.

Esto se logra a través de la inclusión de diseños flexibles con amplias zonas verdes arborizadas y con áreas para el almacenamiento de agua en los espacios públicos, mayores áreas de infiltración de aguas y creación y ampliación de bosques urbanos.





1.8.6.4. GESTIÓN DEL AGUA LLUVIA

Soacha va a tener temporadas de exceso de agua lluvia y otras de déficit hídrico, las cuales se pueden ver afectadas por la superposición de eventos climáticos de escala global, por lo que es necesario identificar al agua lluvia como un recurso adicional, el cual deberá gestionarse adecuadamente para disminuir el riesgo debido a su exceso o déficit.

Objetivo: gestionar el agua proveniente de la precipitación como un recurso natural y contribuir a la regularización de su ciclo hidrológico.

Alcance: Aplica para el agua proveniente de las precipitaciones.

La gestión del agua lluvia debe iniciar un proceso de reconocimiento del exceso como un recurso, el cual servirá durante los periodos de escasez para disminuir la presión sobre este a través del aprovechamiento de las aguas lluvias retenidas. Además, contribuirá con la recarga de las aguas subterráneas y disminuirá la contaminación de las corrientes por escorrentías superficiales no tratadas debido a la filtración natural de contaminantes.

1.8.7. ACCIONES DE ADAPTACIÓN CON ACCIONES ESTRATÉGICAS

Las medidas de adaptación establecidas cumplen con más de una acción estratégica lo que permite la construcción de resiliencia territorial.

A cada medida se le asigna un código asociado a la principal acción estratégica que cumple, sin embargo, en la siguiente matriz se puede observar cómo las diferentes medidas interactúan con las distintas acciones estratégicas y la función que prestan.

Tabla 36. Matriz de medidas de adaptación vs acciones estratégicas

Medida de adaptación	ID	Gestión del agua lluvia	Edificaciones resilientes al cambio climático	Áreas naturales y espacios verdes sanos y conectados	Robustecimiento de la infraestructura
Establecimiento o ampliación de bosques urbanos	AN-01	Contribuye a la infiltración del agua lluvia. Colabora en la recarga de aguas	La sombra generada mejora el confort térmico. Disminuye las islas de calor	Su principal función está en enverdecer y conectar las áreas naturales y espacios verdes	La sombra genera aumento de la vida útil de andenes, pavimentos. Minimiza el riesgo de inundación de las áreas bajas





Medida de adaptación	ID	Gestión del agua lluvia	Edificaciones resilientes al cambio climático	Áreas naturales y espacios verdes sanos y conectados	Robustecimiento de la infraestructura
		subterráneas			
Uso de sistemas de drenaje sostenible en desarrollos nuevos o procesos de densificación	RI-01	Contribuye a la retención de crecientes e inundaciones. Mejora la infiltración del agua. Colabora en almacenar agua para periodos de déficit	Disminuye el riesgo de inundación	El uso de vegetación asociada a los SUDS incrementa las áreas verdes y la conectividad	Disminución en la presión y necesidades de ampliación de sistemas de drenaje.
Inclusión de jardines de lluvia	GA-01	Contribuye a la infiltración del agua lluvia.	Disminuye el riesgo de inundación	Conecta espacios verdes y áreas naturales. Áreas para soporte de biodiversidad	Disminuye el riesgo de inundación
Creación de espacios públicos funcionales que permitan la infiltración y limpieza del agua lluvia antes de su retorno a las	GA-02	Infiltración y mejoramiento de la calidad del agua	Disminuye el riesgo de inundación	Incremento de la vegetación y conexión del área verde	Disminuye el riesgo de inundación





Medida de adaptación	ID	Gestión del agua lluvia	Edificaciones resilientes al cambio climático	Áreas naturales y espacios verdes sanos y conectados	Robustecimiento de la infraestructura
corrientes naturales					
Conectividad entre áreas naturales a nivel rural	AN-02			Conectar áreas naturales aisladas	
Planes de gestión del suelo de agrícola	AN-03	Retención de agua lluvia. Minimizar el riesgo de inundación		Evitar la pérdida y degradación de suelos agrícolas	
Prohibición de usos habitacionales en zonas de riesgo de inundación	ER-01		Disminuye la pérdida de bienes. Evita el desplazamiento de personas de sus residencias		Evita desconexiones de servicios públicos
Manejo de escorrentías superficiales en edificaciones	ER-02	Retención de agua lluvia durante tormentas fuertes	Retención de agua lluvia durante tormentas fuertes		Retención de agua lluvia durante tormentas fuertes
Normativa para el uso y aprovechamiento de aguas grises	RI-02	Retención de agua lluvia. Minimizar el riesgo de inundación. Diminución de la	Reducción en los costos de agua potable.		Disminución en la presión y necesidades de ampliación de sistemas de drenaje





Medida de adaptación	ID	Gestión del agua lluvia	Edificaciones resilientes al cambio climático	Áreas naturales y espacios verdes sanos y conectados	Robustecimiento de la infraestructura
		presión al recurso hídrico en temporada seca			

1.8.7.1. ESTABLECIMIENTO O AMPLIACIÓN DE BOSQUES URBANOS.

Objetivo: Incrementar la arborización urbana.

Los bosques urbanos se refieren a la totalidad de los árboles y sus ambientes de crecimiento que se encuentran dentro de las ciudades. Incluyen tanto la arborización pública como privada. Este término también se aplica para la arborización en los centros poblados.

Los bosques urbanos contribuyen a regular el microclima y el régimen hidrológico de la ciudad, genera efecto de sombra sobre las edificaciones disminuyendo las necesidades de refrigeración, aumentan la humedad relativa, proveen sombra sobre vías y andenes ampliando la vida útil de los materiales, reduce el fenómeno de islas de calor al interior de la ciudad y colaboran en la retención de escorrentías superficiales que causen encharcamientos e inundaciones.

Es importante entender que los bosques urbanos también se ven amenazados por el cambio climático, por lo que el establecimiento de nuevos bosques urbanos y ampliación de los existentes debe considerar ciertas medidas que contribuyan a disminuir las amenazas y garantizar su permanencia, entre estas medidas se deben considerar: el uso de especies nativas que sean tolerantes a las sequías y resistentes a las plagas, uso de especies variadas que permitan la regeneración de especies naturales funcionales.

La inclusión de los bosques urbanos se puede dar como: arborización en vías, arborización en parques y espacios abiertos e incentivación de arborización en áreas privadas.

Para definir las especies a incluir dentro de las áreas urbanas es necesario establecer una guía de arborización urbana que incluya una visión de gestión de agua lluvia, producción de alimentos y biodiversidad.





Las formas en las que esta medida se pueden incorporar en el territorio son:

Programa de reverdecimiento de barrios: a partir de un trabajo con la comunidad para la sensibilización ambiental y los beneficios económicos, de cohesión social y en seguridad alimentaria incentivar la creación de cubiertas verdes-azules y agricultura urbana. Los incentivos pueden estar dirigidos a beneficios en prediales.

Inclusión en el diseño urbano de vías arborizadas: Para incorporar esta medida es necesario revisar el perfil de las vías permitiendo un espacio en donde sea posible la siembra de especies que aumenten el dosel, preferiblemente priorizar aquellas comunas deficitarias de arborización o que ya tengan fenómenos identificados de islas de calor. También se debe considerar la incorporación de arborización en vías y andenes como un requisito en los planes parciales del tratamiento de desarrollo.

Estacionamientos verdes: los estacionamientos suelen ser áreas impermeabilizadas que no permiten la infiltración del agua lluvia y sin cubierta para el sol, por lo que utilizar arborización con materiales porosos que permitan la infiltración del agua contribuye en la gestión del agua lluvia y provee sombra a los vehículos y suelos, disminuyendo las islas de calor de la ciudad.

1.8.7.2. USO DE SISTEMAS DE DRENAJE SOSTENIBLE EN DESARROLLOS NUEVOS O PROCESOS DE DENSIFICACIÓN.

Los sistemas de drenaje sostenible (SUDS) se diseñan para gestionar las escorrentías urbanas localmente. Si bien se había considerado que contribuían en la mejora de la calidad del agua, ahora se están incorporando como medida de adaptación al cambio climático ya que permite la filtración y retención de aguas lluvias. Funcionan como un símil de los drenajes naturales y fortalecen su filtración, atenuación y tratamiento pasivo de materiales contaminantes. Tienen como objetivo liberar presión sobre los sistemas de alcantarillado pluvial por el aumento de las escorrentías superficiales y retener el agua de escorrentía.

Su contribución a la adaptación parte de la reducción del riesgo de inundación, disminuye los contaminantes difusos que viajan por el agua lluvia, pueden colaborar a recargar las aguas subterráneas y a recoger aguas grises con el fin de reusarlas. Además, si se integran con la infraestructura verde pueden ayudar a crear hábitats, áreas biodiversas y recreativas, las cuales con un diseño de espacio público contribuyen en la cohesión social y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.

Los SUDS ayudan a liberar capacidad en las redes de drenaje, por lo que pueden ser un requisito para el otorgamiento de las licencias de urbanismo.



1.8.7.3. INCLUSIÓN DE JARDINES DE LLUVIA.

Los jardines de lluvia son depresiones vegetales diseñadas para absorber precipitación permitiendo que el agua drene lentamente al suelo. Tienen como objetivo reducir la cantidad de agua lluvia que entra al sistema de drenaje.

Los jardines de lluvia tienen una doble función en la estrategia de adaptación, primero, sirven como reservorio de agua en épocas de sequía y segundo, sirve para infiltrar las aguas lluvias y a través de su diseño mejorar la calidad de estas, especialmente de lluvias leves las cuales son grandes fuentes de contaminantes.

Este tipo de estructuras se deben localizar en lugares donde puedan acumular la mayor cantidad de escorrentía superficial posible, pueden ubicarse sobre andenes, calzadas y techos. En la dimensión territorial se pueden formular dentro del plan de ordenamiento en las siguientes acciones:

- a. Reconversión de antejardines: Recuperar la condición de cobertura blanda en los antejardines permitirá incrementar la infiltración de aguas lluvias y el mejoramiento de la calidad de estas.
- b. En procesos de urbanización puede ser una condición a través de la inclusión de dichos espacios en las edificaciones.

1.8.7.4. CREACIÓN DE ESPACIOS PÚBLICOS FUNCIONALES QUE PERMITAN LA INFILTRACIÓN Y LIMPIEZA DEL AGUA LLUVIA ANTES DE SU RETORNO A LAS CORRIENTES NATURALES

La incorporación en los espacios de zonas verdes, blandas y naturales, preferiblemente incluyendo arborización y zonas de reservorios de aguas, disminuyen el efecto del aumento de la temperatura al interior de la ciudad y de la retención de precipitaciones. Tiene como objetivo retener y mejorar la calidad del agua que llega a las corrientes naturales. Las formas de incluir este tipo de espacios públicos en el territorio pueden ser a través de:

Creación de parques lineales en diferentes áreas de la ciudad que sirvan como corredores de biodiversidad: Este tipo de infraestructura verde facilita el acceso de los ciudadanos a los espacios verdes, pueden incluir vías arborizadas, corrientes de agua e infraestructura de movilidad. Esta tipología sirve para revitalizar áreas postindustriales o bordes.

Inclusión de zanjas de aguas lluvias arborizadas: son una nueva tecnología de infraestructura verde para entornos densos. El suelo estructural o células de suelo sirven de zanjas para recolectar e infiltrar agua al suelo natural y a su vez permite la arborización de la ciudad. En la superficie se ven igual que los sistemas tradicionales sin embargo el subsuelo es diferente ya que a la vez generan una base estable para el





pavimento y un volumen de suelo no compacto para las raíces de los árboles. (Vega, 2018)

1.8.7.5. CONECTIVIDAD ENTRE ÁREAS NATURALES A NIVEL RURAL

El cambio climático aumenta la presión sobre los ecosistemas y las especies, sobre todo aquellas que se encuentran aisladas, en muchos casos generadas por vías o actividades económicas como la agroindustria. Cada organismo tiene condiciones específicas de clima para estar presente en un ecosistema, el cambio climático ha comenzado a amenazar especies que antes no estaban en peligro por los cambios en el clima de los ecosistemas donde se localizan. Los relictos con el tiempo van perdiendo su función ecológica en el territorio y aumentan la vulnerabilidad al cambio climático. La conectividad natural tiene como objetivo aumentar la conectividad entre las áreas naturales.

Conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémico no debe ser solo una función de la estructura ecológica principal sino corresponde al mejoramiento ecosistémico del municipio.

Promover la conectividad entre áreas aisladas, especialmente, a nivel rural contribuye a mejorar y ampliar la biodiversidad de las especies, fortalecer aquellas que estén en peligro de extinción ampliando sus ecosistemas y robustece los servicios ecosistémicos que prestan. Estos corredores se pueden localizar como procesos de reforestación de rondas de ríos y quebradas, división de potreros y como sombrío para cultivos.

Esta conexión se establece a través de amplios corredores a nivel de paisaje que actúan como nodos para la restauración y creación de hábitats, especialmente aquellos amenazados por el cambio climático. Para el diseño de estos corredores es posible considerar espacios como las rondas de las corrientes de agua, nacimientos y linderos de potreros. El plan de ordenamiento contempla la identificación de los posibles corredores para reforestarlos a través de instrumentos como los planes de desarrollo municipales. Este tipo de iniciativas requieren el apoyo y compromiso de la comunidad, especialmente de los dueños de la tierra.

1.8.7.6. PLANES DE GESTIÓN DEL SUELO DE AGRÍCOLA

El suelo agrícola se ve afectado por procesos de erosión hídrica, salinización de suelos por fertilizantes y degradación del suelo. En escenarios de cambio climático, estos efectos se verán potenciados, por lo que iniciar una planeación para el manejo sostenible de los suelos agrícolas a nivel predial contribuye a reducir los impactos sobre el suelo y la seguridad alimentaria. Los planes de gestión del suelo agrícola se deben estudiar y proponer en los planes de desarrollo durante la vigencia del POT. Tienen como objetivo evitar la degradación de los suelos agrícolas.





Se propone que estos planes contengan como mínimo información acerca de las prácticas de manejo, la secuencia de cultivos y la erosión tolerable. Además, en caso de estar en zonas propensas a saturación de suelos, tener en cuenta formas de drenaje o retención del agua lluvia para que evite el anegamiento de los cultivos.

1.8.7.7. PROHIBICIÓN DE USOS HABITACIONALES EN ZONAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN

Objetivo: Evitar la pérdida de bienes y el desplazamiento de personas por inundación.

Durante las tormentas los primeros pisos son los que reciben el flujo de agua, el mantener libre de ocupación el primer piso permite que el agua transite por la edificación de manera controlada sin causar grandes daños, pérdidas de bienes y efectos sobre la salud de sus ocupantes.

Es necesario relocalizar o proteger los equipos que no puedan ser expuestos al agua para evitar desconexiones en los servicios públicos y proveer a la edificación de puntos de entrada y salida del agua para evitar los efectos de la presión hidrostática.

1.8.7.8. MANEJO DE ESCORRENTÍAS SUPERFICIALES EN EDIFICACIONES

Las precipitaciones torrenciales son una de las principales causas de inundación de edificaciones, sobre todo si la ciudad cuenta con alcantarillados combinados, por cuanto la capacidad de la tubería se encuentra, en ocasiones, saturada y no tiene espacio para manejar grandes cantidades de lluvia torrencial. Al incluir la infiltración de agua alrededor de las edificaciones contribuye a disminuir la cantidad de agua que llega al sistema de drenaje.

Dependiendo de la capacidad de drenaje del suelo y de la estabilidad de este, se pueden implementar dos tipos de medidas, aquellas que permitan infiltrar el agua sin afectar la estabilidad de la edificación y otras que permitan el almacenaje y liberación lenta del agua de la tormenta.

Las técnicas de almacenamiento y retención de agua lluvia se pueden incorporar en pequeños espacios o en suelos poco porosos, las cuales deben contar con un tratamiento de aguas grises por los contaminantes que puedan recoger las escorrentías.

Las técnicas de infiltración in situ se pueden incorporar en suelos porosos, en sitios donde no se afecte la estabilidad de la estructura y la cimentación.





1.8.8. NORMATIVA PARA LA INCLUSIÓN EN EL USO DE AGUAS GRISES EN EDIFICACIONES

La retención y aprovechamiento del agua lluvia in situ es una de las principales medidas de adaptación para áreas urbanas, contribuye en la minimización del riesgo y en la disminución de la presión sobre el recurso. Desde el punto de vista de la mitigación de los riesgos en el cambio climático, es necesario generar normas en la prestación de los servicios públicos que conduzcan al uso de aguas lluvias retenidas.

Para su uso al interior de las edificaciones es necesario definir una normativa que indique en qué tipo de usos puede incluirse.

Es posible solicitar que las edificaciones nuevas se restrinjan las escorrentías superficiales a través del uso de aguas lluvias retenidas.

1.8.9. INCLUSIÓN DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN EN LOS COMPONENTES DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

A continuación, se presenta una matriz donde se ordenan las medidas de adaptación por componente en el cual se implementa dentro del plan de ordenamiento y la línea de tiempo en el cual se espera su implementación.

Tabla 37. Matriz de medidas de adaptación vs acciones estratégicas

Medida	Componente	Entidad responsable
Establecimiento o ampliación de bosques urbanos.	Componente urbano.	Secretaría de Planeación / Secretaría de Medio Ambiente.
Uso de sistemas de drenaje sostenible en desarrollos nuevos o procesos de densificación.	Sistemas generales – sistemas de acueducto y alcantarillado.	Secretaría de Planeación
Inclusión de jardines de lluvia.	Componente urbano y sistemas generales.	
Creación de espacios públicos funcionales que permitan la infiltración y limpieza del agua lluvia antes de su retorno a las corrientes naturales.	Sistemas generales – Sistema de espacio público.	Secretaría de Planeación / Secretaría de Medio Ambiente.
Conectividad entre áreas naturales a nivel rural.	Componente general – Estructura ecológica principal.	





Medida	Componente	Entidad responsable
Planes de gestión del suelo de agrícola.	Componente rural.	
Prohibición de usos habitacionales en zonas de riesgo de inundación medio.	Componente urbano.	Secretaría de Planeación
Manejo de escorrentías superficiales en edificaciones.	Sistemas generales – sistema de acueducto y alcantarillado.	
Normativa para la inclusión en el uso de aguas grises en edificaciones.	Sistemas generales – sistema de acueducto y alcantarillado.	

1.8.10. INDICADORES DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

El plan de medición de la adaptación se basa en la definición de indicadores. Para ellos se plantea su organización en tres grupos diferentes con objetivos de medición específicos. A continuación, se presentan los cuadros de cada grupo con su respectiva formulación y frecuencia de medición.

1.8.10.1. INDICADORES EXPLICATIVOS

Se refiere a aquellos que permiten conocer los eventos relacionados con el cambio climático que suceden anualmente en el municipio. Este grupo de indicadores permitirá monitorear los eventos relacionados con la variabilidad o el cambio climáticos en el Municipio.

Tabla 38. Indicadores explicativos

Indicador	Formula	Frecuencia de reporte
Días con alertas de contaminación	Número de días al año con alertas de contaminación ambiental/Total de días al año	Anual
Días con eventos climáticos de lluvia	Número de días con eventos relacionados con lluvias extremas en el año/Total de días al año	Anual
Pérdida de arborización urbana	Número de árboles urbanos perdidos por impactos de eventos climatológicos en el año/Total de árboles en el Municipio.	Anual





Indicador	Formula	Frecuencia de reporte
Días sin funcionamiento de acueducto veredal por niveles mínimos	Número de días que no pudieron funcionar los acueductos veredales por niveles mínimos de agua en las fuentes prestadoras/Total de días al año	Anual

1.8.10.2. INDICADORES DE PROGRESO

Incluye los indicadores que permiten determinar el progreso en la implementación de las medidas de adaptación.

Tabla 39. Indicadores de progreso

Indicador	Formula	Frecuencia de reporte
% de bosques urbanos nuevos o ampliados	$\frac{\text{Área de bosque urbano nuevo o ampliado}}{\text{Área total existente de bosques urbanos}} \times 100$	Bianual
% Sistemas de drenaje sostenibles nuevos (SUD)	$\frac{\text{Área de sistemas de SUD nuevos}}{\text{Área total de SUD existentes}} \times 100$	Bianual
% proyectos nuevos que incorporan SUD	$\frac{\text{Número de proyectos nuevos con SUD}}{\text{Número de proyectos nuevos en el municipio}} \times 100$	Bianual
% jardines de lluvia nuevos	$\frac{\text{Área de jardines de lluvia nuevos}}{\text{Área total de jardines de lluvia existentes}} \times 100$	Bianual
Área de espacios públicos funcionales para la gestión del agua	$\frac{\text{Área de EP nuevos o adaptados}}{\text{Área total de EP existentes}} \times 100$	Bianual
Conectividad áreas naturales rurales	$\frac{\text{Número de áreas naturales conectadas}}{\text{Áreas naturales totales}} \times 100$	Bianual
Planes de gestión del suelo agrícola formulados	$\frac{\text{Planes de gestión del suelo agrícola formulados}}{\text{Posibles planes de gestión del suelo}} \times 100$	Bianual
Planes de gestión del suelo agrícola en ejecución	$\frac{\text{Planes de gestión del suelo agrícola en ejecución}}{\text{Planes de gestión del suelo agrícola formulados}} \times 100$	Bianual
Manejo de escorrentías superficiales en edificaciones en zonas con riesgo medio	$\frac{\text{Número de edificaciones con manejo de escorrentías superficiales}}{\text{Número de edificaciones existentes en zonas de riesgo medio}} \times 100$	Bianual





Indicador	Formula	Frecuencia de reporte
Normativa para el uso y aprovechamiento de aguas grises	%avance en la definición de la normativa para el uso y aprovechamiento de aguas grises	Bianual
Porcentaje de medidas de adaptación que han sido iniciadas	Número de medidas de adaptación iniciadas / total de medidas de adaptación definidas	Anual

1.8.10.3. INDICADORES POR OBJETIVOS

De acuerdo con los objetivos de las acciones estratégicas se plantean indicadores compuestos de las medidas que permitan observar si se están cumpliendo los objetivos planteados.

Tabla 40. Indicadores por objetivo

Objetivos	Acción estratégica medida	Indicador / Formula	Frecuencia de reporte
Minimizar las inundaciones y sus consecuencias debidas a las lluvias	Gestión del agua lluvia	Número de atenciones de emergencias por inundaciones o movimientos en masa por lluvias intensas anual	Anual
Fortalecimiento en el largo plazo de la salud de las zonas verdes, biodiversidad y arborización	Áreas naturales y espacios verdes sanos y conectados	Incremento del área de dosel de la ciudad/Total de áreas de dosel en Soacha Densidad de arborización urbana en las áreas con islas de calor//Total áreas islas de calor	Bianual
Fortalecimiento a largo plazo de la vida útil de la infraestructura	Robustecimiento de la infraestructura	Incremento en la vida útil de la infraestructura de alcantarillado por el uso de SUD/Total vida útil del alcantarillado Incremento en la vida útil de los pavimentos por aumento del sombreado de la arborización/Total vida útil de pavimentos	Bianual





Objetivos	Acción estratégica medida	Indicador / Formula	Frecuencia de reporte
Diseño robusto de las edificaciones que funcionen adecuadamente y provea beneficios en la resiliencia	Edificaciones resilientes al cambio climático	Incremento de las áreas en zonas de riesgo medio de inundación de la ciudad con edificaciones adaptadas al manejo de escorrentías superficiales/Área total de amenaza por inundaciones	Bianual

Nota: La fórmula de cálculo de los indicadores y los indicadores presentados puede variar durante la ejecución del proyecto "Proyección de indicadores en función de la actualización de la información disponible para el cálculo de indicadores anuales de medidas de adaptación al cambio climático"

1.8.10.4. ESTRATEGIAS DESDE EL SUELO RURAL PARA LA MITIGACIÓN A LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

La planificación del suelo rural de Soacha gira en torno a proveer entornos adaptados y preparados ante eventos climáticos críticos, es decir, Soacha como un territorio resiliente ante los impactos de los gases de efecto invernadero. Lo anterior, a partir de la integración de energías limpias y elementos verdes como piezas fundamentales de estos para fomentar la calidad de vida y el bienestar de sus habitantes.

El suelo rural de Soacha recibe las presiones ejercidas desde el suelo urbano por su crecimiento y las actividades antrópicas que en él se desarrollan, por lo tanto, presenta factores que favorecen la degradación ambiental al producirse Gases de Efecto Invernadero, a continuación, se presentan las estrategias y acciones para la disminución de los Gases de Efecto Invernadero que aceleran el cambio climático en materia de transporte e infraestructura, energía, vivienda y saneamiento, así como en comercio, industria y turismo teniendo en cuenta lo estipulado en el Artículo 9 de la Ley 1931 de 2018.

Tabla 41. Estrategias para la disminución de los Gases de Efecto Invernadero en el suelo rural del municipio de Soacha

MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
Institucional, transporte, industrial, agropecuario, residuos y uso /	Implementar el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial para determinar el total	Es necesario abordar acciones que permitan conocer las principales fuentes de emisiones de GEI en el suelo rural del municipio de	Cálculo de la huella de carbono a partir de la implementación de la Guía





MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
cambio del suelo en el suelo rural	de emisiones de gases de efecto invernadero.	Soacha. Lo anterior debe realizarse para buscar soluciones de mitigación en armonía con el desarrollo sostenible en el territorio.	Metodológica para el Cálculo de La Huella de Carbono Corporativa a Nivel Sectorial
Transporte	Incentivar el uso de medios de transporte amigables con el ambiente como el uso de bicicleta.	La medida se enfoca en reducir las emisiones de GEI generadas por los procesos de combustión en los sistemas de transporte rural (vehículos particulares), a través del fomento del uso de transporte que utilice fuentes de energía alternativa (bicicleta).	Organizar un sistema público de bicicletas (prestamos públicos). Incentivar la cultura del respeto hacia el biciusuario.
Infraestructura	Establecer programas de incentivos a la construcción sostenible con base en sus diseños arquitectónicos.	Con esta medida se espera reducir los riesgos que se puedan generar sobre la infraestructura municipal como consecuencia de los eventos climáticos extremos, minimizando la ocurrencia de daños a la infraestructura, evitando la generación de mayores emisiones de Gases de Efecto Invernadero.	Promover el uso de materiales alternativos de construcción. Incentivar diseños arquitectónicos que reduzcan el consumo de energía. Promover el uso de energías limpias, paneles y calentadores solares. Promover que el excedente de energía limpia producida, sea introducido al





MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
			sistema de interconexión eléctrica. Fomentar la construcción de techos y paredes verdes.
Energía	Establecer normas para el uso eficiente de la energía en zonas comerciales e industriales de los centros poblados.	La medida busca un consumo de energía sustentable que no genere efectos adversos a la estructura ecológica principal.	Usar tarifas diferenciales en función de los consumos promedios presentados. Incentivar el uso eficiente de energía por parte de empresas del sector industrial y comercial en los centros poblados.
Vivienda	Propiciar el uso de estufas ecoeficientes en hogares rurales del municipio, a partir del uso de plantaciones dendroenergéticas, reduciendo la emisión de GEI debido a la quema de combustible.	Esta medida busca reducir las emisiones GEI debido al uso de combustibles líquidos para la producción de energía térmica mejorando la calidad de vida de los habitantes por la disminución de su exposición a las emisiones atmosféricas de contaminantes de corta duración. La medida busca complementarse con el fortalecimiento de cultivos dendroenergéticos,	Apoyo técnico y financiero para la implementación de estufa ecoeficientes en los hogares rurales del municipio.





MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
		reduciendo la presión sobre el recurso forestal en las zonas donde la leña es utilizada en actividades cotidianas.	
Saneamiento	Fortalecer la gestión integral de los residuos sólidos en el suelo rural partir de la captura de metano en rellenos sanitarios para la producción de energía y la Producción de compostaje a partir de residuos orgánicos.	Mediante la medida se busca implementar procesos eficientes en el manejo de los residuos sólidos para reducir y generar valor agregado a las emisiones generadas durante estos tratamientos. Los residuos sólidos presentan uno de los mayores problemas ambientales, por la escasa clasificación en la fuente, la insuficiente educación ambiental de las comunidades rurales, su inadecuado manejo y las continuas declaratorias de emergencia sanitaria. Por lo tanto, se deben encaminar esfuerzos para realizar una adecuada gestión que permita reducir las emisiones de GEI.	Evaluar la posibilidad del aprovechamiento del metano producido en el relleno sanitario para la producción de energía. Motivar en las poblaciones rurales el tratamiento de las excretas de los animales para el aprovechamiento del metano con fines de producción de energía y el aprovechamiento de los residuos para la producción de los fertilizantes. Separar los residuos orgánicos en las áreas rurales para la producción de compostaje con propósitos de





MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
			fertilización en el sector rural.
Comercio	Desincentivar el uso de bolsas plásticas durante el desarrollo de actividades asociadas al comercio, en especial en los centros poblados.	Esta medida busca fomentar el uso de empaques reutilizables.	Implementación de campañas de educación y formación para la elaboración de canastos para evitar al máximo el uso de bolsas plásticas
Industria	Implementar cercas plásticas en las minas y canteras.	Esta medida busca implementar cercas plásticas como parte del desarrollo de actividades económicas con baja generación de residuos y GEI.	Implementar el uso de cercas o defensas plásticas con alturas superiores a los tres metros en los límites de las zonas mineras, para detener la propagación de material particulado PM10 hacia las áreas rurales. Humedecer de manera continua las vías no pavimentadas de circulación del tráfico vehicular en las zonas mineras y rurales aledañas a las áreas rurales.
Turismo	Promover el uso de los humedales como áreas de recreación pasiva y espacio útil	Esta medida busca incentivar el desarrollo sustentable en el municipio, a partir de la implementación de	Incentivar la reforestación, adecuación y conservación de los humedales





MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
	para beneficio de las familias.	rutas para la recreación y contemplación de las áreas destinadas a la protección y conservación de los recursos naturales.	como áreas de esparcimiento, recreación pasiva y concentración de especies. Promover la revegetalización de los reservorios artificiales no declarados humedales, para que cumplan la función ecológica del humedal.
Transporte, infraestructura, energía, vivienda, saneamiento, comercio, industria y turismo	Promover la implementación de indicadores de manera periódica para conocer el estado actual de las medidas de adaptación al cambio climático implementadas.	La medida de indicadores le permitirá saber al municipio de Soacha en tiempo real si las medidas de adaptación al cambio climático son asertivas, de lo contrario esta información permitirá formular las medidas correctivas pertinentes.	Proyección de indicadores en función de la actualización de la información disponible para el cálculo de indicadores anuales de medidas de adaptación al cambio climático en el suelo rural.

Fuente: Elaboración propia



1.8.10.5. ESTRATEGIAS DESDE EL SUELO URBANO PARA LA MITIGACIÓN A LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

La planificación del suelo urbano de Soacha gira en torno a proveer entornos adaptados y preparados ante eventos climáticos críticos, es decir, Soacha como un territorio resiliente ante los impactos de los gases de efecto invernadero. Lo anterior, a partir de la integración de energías limpias y elementos verdes como piezas fundamentales de estos para fomentar la calidad de vida y el bienestar de sus habitantes.

El suelo urbano de Soacha corresponde al eje de crecimiento en el municipio y por lo tanto presenta factores que favorecen la degradación ambiental al producirse Gases de





Efecto Invernadero por el desarrollo de actividades cotidianas en el mismo, a continuación, se presentan las estrategias y acciones para la disminución de los Gases de Efecto Invernadero que aceleran el cambio climático en materia de transporte e infraestructura, energía, vivienda y saneamiento, así como en comercio, industria y turismo teniendo en cuenta lo estipulado en el Artículo 9 de la Ley 1931 de 2018.

Tabla 42. Estrategias para el conocimiento y la disminución de los Gases de Efecto Invernadero en el suelo urbano del municipio de Soacha

MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
Institucional, transporte, industrial, agropecuario, residuos y uso / cambio del suelo en el suelo urbano	Implementar el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial para determinar el total de emisiones de gases de efecto invernadero. Nota: Se debe enfatizar el sector transporte	Es necesario abordar acciones que permitan conocer las principales fuentes de emisiones de GEI en el suelo urbano del municipio de Soacha. Lo anterior debe realizarse para buscar soluciones de mitigación en armonía con el desarrollo sostenible en el territorio.	Cálculo de la huella de carbono a partir de la implementación de la Guía Metodológica para el Cálculo de La Huella de Carbono Corporativa a Nivel Sectorial
Transporte	Incentivar el uso de medios de transporte amigables con el ambiente como el uso de bicicleta, la implementación de un sistema público de transporte eléctrico y la chatarrización del transporte obsoleto en el municipio de Soacha.	La medida se enfoca en reducir las emisiones de GEI generadas por los procesos de combustión en los sistemas de transporte urbano (vehículos particulares), a través del fomento del uso de transporte que utilice fuentes de energía alternativa (bicicleta).	• Organizar un sistema público de bicicletas (prestamos públicos). • Incentivar la cultura del respeto hacia el biciusuario. • Desincentivar el uso del carro en el centro de la ciudad de Soacha. • Adquisición de Taxis eléctricos





MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
			para el municipio de Soacha. • Impulsar acciones para la implementación de un sistema de transporte eléctrico entre Bogotá y Soacha. • Trabajar con el gobierno central para la implementación de programas de chatarrización en el municipio.
Infraestructura	Establecer programas de incentivos a la construcción sostenible con base en sus diseños arquitectónicos.	Con esta medida se espera reducir los riesgos que se puedan generar sobre la infraestructura municipal como consecuencia de los eventos climáticos extremos, minimizando la ocurrencia de daños a la infraestructura, evitando la generación de mayores emisiones de Gases de Efecto Invernadero	• Promover el uso de materiales alternativos de construcción. • Incentivar diseños arquitectónicos que reduzcan el consumo de energía. • Promover el uso de energías limpias, paneles y calentadores solares. • Promover que el excedente de energía limpia producida, sea introducido al sistema de interconexión eléctrica. • Fomentar la construcción de





MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
			techos y paredes verdes.
Energía	Establecer normas para el uso eficiente de la energía en zonas comerciales e industriales	La medida busca un consumo de energía sustentable que no genere efectos adversos a la estructura ecológica principal	- Usar tarifas diferenciales en función de los consumos promedios presentados. - Incentivar el uso eficiente de energía por parte de empresas del sector industrial y comercial.
Vivienda	Propiciar el uso de estufas ecoeficientes en hogares urbanos del municipio, a partir del uso de plantaciones dendroenergéticas, reduciendo la emisión de GEI debido a la quema de combustible	Esta medida busca reducir las emisiones GEI debido al uso de combustibles líquidos para la producción de energía térmica mejorando la calidad de vida de los habitantes por la disminución de su exposición a las emisiones atmosféricas de contaminantes de corta duración. La medida busca complementarse con el fortalecimiento de cultivos dendroenergéticos, reduciendo la presión sobre el recurso forestal en las zonas donde la	Apoyo técnico y financiero para la implementación de estufa ecoeficientes en los hogares del municipio





MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
		leña es utilizada en actividades cotidianas	
Saneamiento	Fortalecer la gestión integral de los residuos sólidos en el suelo urbano partir de la captura de metano en rellenos sanitarios para la producción de energía y la Producción compostaje a partir de residuos orgánicos	Mediante la medida se busca implementar procesos eficientes en el manejo de los residuos sólidos para reducir y generar valor agregado a las emisiones generadas durante estos tratamientos. Los residuos sólidos presentan uno de los mayores problemas ambientales, por la escasa clasificación en la fuente, la insuficiente educación ambiental de las comunidades urbanas, su inadecuado manejo y las continuas declaratorias de emergencia sanitaria. Por lo tanto, se deben encaminar esfuerzos para realizar una adecuada gestión que permita	• Evaluar la posibilidad del aprovechamiento o del metano producido en el relleno sanitario para la producción de energía. • Motivar en las poblaciones urbanas el tratamiento de las excretas de los animales para el aprovechamiento o del metano con fines de producción de energía y el aprovechamiento o de los residuos para la producción de los fertilizantes. • Separar los residuos orgánicos en las áreas urbanas para la producción de compostaje con propósitos de fertilización en el sector rural.





MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
		reducir las emisiones de GEI.	
Comercio	Desincentivar el uso de bolsas plásticas durante el desarrollo de actividades asociadas al comercio	Esta medida busca fomentar el uso de empaques reutilizables	Implementación de campañas de educación y formación para la elaboración de canastos para evitar al máximo el uso de bolsas plásticas
Industria	Implementar cercas plásticas en las minas y canteras	Esta medida busca implementar cercas plásticas como parte del desarrollo de actividades económicas con baja generación de residuos y GEI.	- Implementar el uso de cercas o defensas plásticas con alturas superiores a los tres metros en los límites de las zonas mineras, para detener la propagación de material particulado PM10 hacia las áreas urbanas. - Humedecer de manera continua las vías no pavimentadas de circulación del tráfico vehicular en las zonas mineras y rurales aledañas a las áreas urbanas.
Turismo	Promover el uso de los humedales como áreas de recreación pasiva y espacio útil para beneficio de las familias.	Esta medida busca incentivar el desarrollo sustentable en el municipio, a partir de la	Incentivar la reforestación, adecuación y conservación de los humedales como áreas de





MATERIA	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACCIONES
		implementación de rutas para la recreación y contemplación de las áreas destinadas a la protección y conservación de los recursos naturales.	esparcimiento, recreación pasiva y concentración de especies. • Promover la revegetalización de los reservorios artificiales no declarados humedales, para que cumplan la función ecológica del humedal.
Transporte, infraestructura, energía, vivienda, saneamiento, comercio, industria y turismo	Promover la implementación de indicadores de manera periódica para conocer el estado actual de las medidas de adaptación al cambio climático implementadas.	La medida de indicadores le permitirá saber al municipio de Soacha en tiempo real si las medidas de adaptación al cambio climático son asertivas, de lo contrario esta información permitirá formular las medidas correctivas pertinentes.	Proyección de indicadores en función de la actualización de la información disponible para el cálculo de indicadores anuales de medidas de adaptación al cambio climático en el suelo urbano.



1.8.10.6. RECOMENDACIONES FINALES PARA LA MITIGACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA DISMINUCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE DEL MUNICIPIO DE SOACHA

Con base en el artículo 7 del acuerdo No 13 de mayo 30 de 2016 por medio del cual se adoptó el plan de desarrollo del municipio de Soacha "Juntos Formando Ciudad" (2016-2019) en donde se presentan los principios de valores fundamentales del plan, esboza en el numeral 3: Primero la vida que es imposible el desarrollo humano al margen de los servicios ecosistémicos, implicando con ello que todas nuestras acciones orientadas





al crecimiento provienen del ambiente y en consecuencia el crecimiento ilimitado es imposible. Esto conlleva a que las acciones institucionales y ciudadanas realizadas en el marco de la ejecución del plan municipal de desarrollo tendrán especial énfasis en la protección y el cuidado integral de los ecosistemas que rigen la vida en el municipio y cualquier acción que tenga afectación directa sobre estos deberá ser suspendida de manera inmediata.

De acuerdo con el presente estudio el análisis del cambio climático del municipio ha mostrado que las afectaciones del calentamiento global y el cambio climático hacia el año 2040 arrojará un incremento en los promedios de temperatura alrededor de 1°C en todas las veredas del municipio de Soacha, de la misma manera se experimentará cambios en los patrones de circulación local, lo cual alterará la distribución de los regímenes de lluvias durante el año y las cantidades de precipitaciones a depositarse sobre cada una de las veredas que conforman el municipio de Soacha.

La alteración del régimen de lluvias y el incremento de temperatura sobre la zona, alterará el régimen hídrico y de humedad en los suelos, y en la atmósfera, lo cual traerá como consecuencias excesos de humedad sobre algunas veredas y déficit hídricos sobre otras, que a su vez producirá eventos de incendios forestales, sequías extremas, aumento de la concentración de contaminantes durante los eventos de sequías extremos e inundaciones, eventos erosivos y deslizamientos durante las épocas de lluvias intensas, lo cual producirá efectos directos sobre los ecosistemas, las viviendas, obras de infraestructura y sistemas productivos.

Para mitigar los efectos generados por el Cambio Climático se proponen una serie de medidas de adaptación que puedan ser implementadas dentro del actual plan de desarrollo municipal.

En el ámbito del cambio climático se define la mitigación como las acciones que permiten reducir las emisiones de efecto invernadero, estas acciones se determinan en el marco de los patrones socioculturales existentes en el municipio de Soacha los cuales se refieren principalmente a planes de prevención y contingencia. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, presenta las diferentes propuestas de medidas de adaptación.



Tabla 43. Presentación de medidas y acciones de mitigación al cambio climático.

MEDIDAS	ACCIONES		TIPO
1. Educación formal, no-formal y sensibilización: La implementación de programas de educación ambiental en los sectores (educativos formales, no formales y sectores productivos) y poblaciones (rurales, y urbanos).			
1.1 Promover la responsabilidad ambiental en empresas públicas y privadas	Promoción y generación de conciencia ambiental de los ciudadanos y gerentes de empresas industriales y comerciales del municipio de Soacha sobre el buen uso de los recursos naturales. Así como promover la producción y el consumo sostenible.	Urbano-rural	Sensibilización
1.2 Promover el conocimiento sobre los efectos del cambio climático en las escuelas y colegios del municipio de Soacha	Realizar charlas en las escuelas y colegios sobre los efectos del cambio climático en el municipio.	Urbano-rural	Sensibilización
	Elaboración de cartillas didácticas.	Urbano-rural	
1.3 Promover el conocimiento sobre los efectos del cambio climático en las comunidades agrícolas	Incentivar el uso adecuado de los fertilizantes.	Rural	Sensibilización y Mitigación
	Incentivar el uso racional del agua en la agricultura.	Rural	
	Tomar medidas de reforestación a través de programas municipales en diferentes niveles.	Rural	
	Incentivar la Producción de gas a partir de excretas.	Rural	
1.4 Promover el conocimiento del cambio climático en las comunidades urbanas	Incentivar la reducción del consumo de energía.	Urbano	Sensibilización y mitigación.
	Incentivar las prácticas de buen uso y manejo del agua potable.	Urbano	
	Incentivar el control de natalidad en las poblaciones urbanas.	Urbano	
2. Promover la construcción sostenible: El incentivo de la construcción sostenible logra una mayor absorción de energía y reducción de materiales de construcción tradicionales.			
2.1 Establecer programas de incentivos a la	Promover el uso de materiales alternativos de construcción.	Urbano-rural	Mitigación



MEDIDAS	ACCIONES		TIPO
construcción sostenible con base en sus diseños arquitectónicos	Incentivar diseños arquitectónicos que reduzcan el consumo de energía.	Urbano-rural	.
	Promover el uso de energías limpias, paneles y calentadores solares.	Urbano-rural	
	Promover que el excedente de energía limpia producida, sea introducido al sistema de interconexión eléctrica.	Urbano-rural	
	Fomentar la construcción de techos y paredes verdes	Urbano-rural	
2.2 Establecer normas para el uso eficiente de la energía en zonas comerciales e industriales	Usar tarifas diferenciales en función de los consumos promedios presentados.	Urbano-rural	Mitigación
	Incentivar el uso eficiente de energía por parte de empresas del sector industrial y comercial.	Urbano-rural	
3. Promover la movilidad urbana sostenible: La promoción de la movilidad urbana sostenible tiene incidencia sobre la cohesión social y la salud de la población.			
3.1 Incentivar el uso de la bicicleta	Organizar un sistema público de bicicletas (prestamos públicos).	Urbano	Mitigación
	Incentivar la cultura del respeto hacia el biciusuario.	Urbano	
	Desincentivar el uso del carro en el centro de la ciudad de Soacha.	Urbano	
3.2 Implementar un sistema público de transporte eléctrico	Adquisición de Taxis eléctricos para el municipio de Soacha.	Urbano	Mitigación
	Impulsar acciones para la implementación de un sistema de transporte eléctrico entre Bogotá y Soacha.	Urbano	
3.3 Promover la chatarrización del transporte obsoleto en el municipio	Trabajar con el gobierno central para la implementación de programas de chatarrización en el municipio.	Urbano	Mitigación
3.4 Desarrollar un estudio de emisiones de gases en el sector del transporte.	Promover la medición y el estudio de emisiones de gases en un principio, en sectores identificados en el municipio con alto flujo de transporte como la autopista sur, y en todas las vías principales del municipio.	Urbano	Mitigación



MEDIDAS	ACCIONES		TIPO
4. Promover programas de reforestación urbana y rural: Con este tipo de promoción se reduce la concentración de gases contaminantes y de polvo. En las áreas rurales la nueva cobertura vegetal, amortigua las crecidas disminuye el riesgo de erosión y conserva la humedad del suelo, atenuando la probabilidad de incendios forestales.			
4.1 promover la campaña de reforestación urbana.	Promover la siembra de árboles y arbustos nativos en las zonas residenciales urbanas y en las vías del municipio.	Urbano	Mitigación
	Desarrollar parques como zonas de áreas verdes y para la recreación pública en el municipio.	Urbano	
4.2 Promover la reforestación rural.	Incentivar la reforestación en los cerros de las veredas y en la ciudad.	Rural	Mitigación
	Mantener e incrementar las áreas de conservación.	Rural	
	Incentivar e impulsar la creación de áreas protegidas en aquellas zonas donde los modelos predigan reducción en los volúmenes de precipitación.	Rural	
	Impulsar la reforestación a nivel de cuencas hidrográficas.	Rural	
5. Promover la conservación de los ecosistemas: con la conservación y ampliación de estos ecosistemas se logra mejorar la oferta hídrica durante los períodos de estiaje, mejora de la calidad del aire, la integración social, la recuperación de especies de fauna y flora.			
5.1 Promover el uso de los humedales como áreas de recreación pasiva y espacio útil para beneficio de las familias.	Incentivar la reforestación, adecuación y conservación de los humedales como áreas de esparcimiento, recreación pasiva y concentración de especies.	Urbano-rural	Adaptación
	Promover la revegetalización de los reservorios artificiales no declarados humedales, para que cumplan la función ecológica del humedal	Urbano-rural	
5.2 Conservar de los ecosistemas de páramos.	Controlar el ingreso y deterioro de las zonas de páramo, para que recupere su función de esponja almacenadora de agua para alimentar las quebradas y ríos durante las temporadas secas.	Rural	Mitigación
	Detener la expansión y el corrimiento de la frontera agrícola hacia las zonas de páramos.	Rural	



MEDIDAS	ACCIONES		TIPO
5.3 Conservar de los ecosistemas de bosques de niebla	Conservar y ampliar las zonas de parques ecológicos en las áreas de bosques de niebla, como zonas productoras de agua y pulmón ambiental para las áreas urbanas.	Rural	Mitigación
6. Acciones para disminuir la concentración de contaminantes y gases de efecto invernadero – GEI: con estas acciones se persigue mejorar la calidad del aire y la reducción de las concentraciones de GEI.			
6.1 Implementar estrategia de huella de carbono	Incentivar a los gremios productivos y sectores industriales a que utilicen las herramientas disponibles en la web, Min. Ambiente e IDEAM de manera autónoma.	Urbano-rural	Mitigación
	Estimular a los gremios productivos y sectores industriales para la auto generación de sistemas de captura, absorción y sumideros de emisiones de GEI.	Urbano-rural	
6.2 Implementar cercas plásticas en las minas y canteras	Implementar el uso de cercas o defensas plásticas con alturas superiores a los tres metros en los límites de las zonas mineras, para detener la propagación de material particulado PM10 hacia las áreas urbanas.	Rural	Mitigación
	Humedecer de manera continua las vías no pavimentadas de circulación del tráfico vehicular en las zonas mineras y rurales aledañas a las áreas urbanas.	Rural	
6.3 Producir compostaje a partir de residuos orgánicos	Motivar en las poblaciones rurales el tratamiento de las excretas de los animales para el aprovechamiento del metano con fines de producción de energía y el aprovechamiento de los residuos para la producción de los fertilizantes.	Rural	Sensibilización y Mitigación
	Separar los residuos orgánicos en las áreas urbanas para la producción de compostaje con propósitos de fertilización en el sector rural.	Rural	
6.4 Captura de metano en rellenos sanitarios para la producción de energía	Evaluar la posibilidad del aprovechamiento del metano producido en el relleno sanitario para la producción de energía.	Rural	Sensibilización y Mitigación

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.





2. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Soacha. (2000). Diagnóstico plan de ordenamiento territorial POT Soacha.

Alcaldía Municipal de Soacha. (2017). Información general. Consultado en Mayo de 2017 en sitio web <http://www.soacha-cundinamarca.gov.co/index.shtml>.

Alcaldía de Soacha, 2017. listado de expediente Títulos mineros.

Aldana, C., y Chindicue, C. (2006). Análisis multitemporal humedales tierra blanca y neuta municipio de socha sector compartir. Bogotá, Colombia. Consultado en marzo de 2017 en:
<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/11888/2/An%C3%A1lisis%20Multitemporal%20Humedales%20Municipio%20de%20%20Soacha%20sector%20Compartir%20%282%29.pdf>

Almorox, J. (2003). Climatología aplicada al medio ambiente y agricultura. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Roma: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimetación (FAO). Consultado en febrero de 2017 en
<http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>

Arnoldous, H. M. J. (1977). Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. FAO Soil Bulletin 34, Assessing Soil Degradation. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-ar114e.pdf>

Amézquita.E. (1990). El agua y la erodabilidad de los suelos". En: Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos plantas yaguas para riego. Memorias del Seminario Taller, Sociedad colombiana de la Ciencia del Suelo. Santa Fe de Bogotá.

Arnoldus H., M. J. (1977). Predicting Soil Losses Due to Sheet and Rill Erosion. En Guidelines for watershed management: FAO Conservation Guide n.º 1, Italia: FAO Rome; Forest Resources Div.

Ariza, Carvajal, & Hernández. (2009). Soacha Biodiversa: Caracterización de flora y fauna en el Municipio de Soacha - Cundinamarca. Alcaldía Municipal de Soacha: Convenio 009-2009 - Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

AVR-CAR (2015). Consultoría para elaborar estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, inundación, avenidas torrenciales e incendio forestales en los municipios priorizados en la jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca – CAR. contrato 1185/13 UT AVR-CAR (2014). Documento metodológico de aplicación. Bogotá, Enero de 2015.





IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). Nuevos escenarios de Cambio Climático para Colombia (2011-2100) herramientas científicas para la toma de decisiones enfoque nacional –departamental. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Colombia.

AIQ. (2016). Air Quality Index (AQI). Air Now. consultado en Mayo de 2017 en sitio web:<https://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>

Ballesteros, H., y León, G. (Diciembre de 2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Norma Técnica del IDEAM.

Barrios, O. (2007). Contaminación ambiental por material particulado generado en las obras civiles. Universidad de Sucre - Facultad de Ingeniería - Departamento Ingeniería Civil. Sucre.

British Columbia. Ministry of Community, Sport and Cultural Development. (2010, july). Urban forests: A climate adaptation guide. From http://toolkit.bc.ca/sites/default/files/Urban_Forests_Guide.pdf

Caballero, J. H. 2011. Las avenidas torrenciales, una amenaza potencial en el Valle de Aburra. Volumen 14- No.3, diciembre de 2011, Medellín ISSN 0124.17X. pp. 45-50).

Calidad del aire. (2017). Calidad del Aire. Valle de Aburrá. Medellín, Colombia. Consultado en Mayo de 2017 en el sitio web:
<http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/Paginas/default.aspx>

Cámara de Comercio de Bogotá. (Enero - Abril de 2010). Resultados censo empresarial municipio de Soacha. Cundinamarca, Colombia.

Cámara de Comercio Bogotá (2005). Caracterización social y económica de las provincias de cobertura de la CCB. Soacha, Cundinamarca, Colombia.

Campo, Bernal, Páramo, & Morales & Otros. (2011). Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Cali - Colombia: Universidad Autónoma de Occidente, Red Colombiana de Formación Ambiental y PNUMA.

Caro P., García, J., 1988. Zonificación Geotécnica del Distrito Especial de Bogotá; INGEOMINAS-DAPD

CAR. (2006). Acuerdo No. 33. Por el cual se declara Reserva Hídrica el Humedal Tierra Blanca, se establece su franja de protección y se adoptan otras determinaciones. Corporación Autónoma Regional. Bogotá D.C., Colombia.

CAR. (2006). Acuerdo No. 37. Por el cual se declara Reserva Hídrica el Humedal de Neuta, se establece su franja de protección y se adoptan otras determinaciones. Corporación Autónoma Regional. Bogotá D.C., Colombia.

CAR. (2006). Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá. Elaboración del Diagnostico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá. Corporación Autónoma Regional. Bogotá D.C, Colombia.





CAR. (2006). Revisión y ajuste de los planes de manejo ambiental de los humedales de Neuta, Tierra Blanca, Laguna de la Herrera y Humedal El Yulo de acuerdo con lo establecido en la resolución 157 de 2004 del MAVDT. Contrato 245 de 2005. Corporación Autónoma Regional. Bogotá D.C, Colombia.

CAR. (2008). Acuerdo N° 32 del 18 de diciembre de 2008. Por medio del cual se adopta el PMA de la reserva hídrica humedal de Neuta, localizada en el municipio de Soacha. Corporación Autónoma Regional. Bogotá D.C, Colombia.

CAR. (2010). Los humedales de Soacha. Humedal de Neuta. Corporación Autónoma Regional. Bogotá D.C, Colombia.

CAR. (2014). Boletín hidrometeorológico mensual jurisdicción CAR. Consultado el 05 de febrero de 2017 en:
<https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=30747&download=Y>

CAR. (2011). Humedales del Territorio CAR. Corporación Autónoma Regional. Consultada en Abril de 2017 en sitio web:

<https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=26618&download=Y>

CAR & IGAC. (2011). Convenio interadministrativo 2975 de 2008. Cundinamarca.

CAR - Grupo de Cambio Climático DGOAT. (2018). Orientaciones para la inclusión del cambio climático en los planes de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT). From <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b070c9370ad3.pdf>

CAR. (2018). Informe Técnico DRBC No. 1377 de 12 de Julio de 2018. Municipio de Cota - Cundinamarca: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - Dirección Regional Sabana Centro.

CAR Cundinamarca. (15 de Octubre de 2020). Jurisdicción CAR. Obtenido de <https://bit.ly/35ZpOUZ>

CAR, C. (2011). Humedales del Territorio CAR: Consolidación de humedales de la jurisdicción CAR. Municipios con jurisdicción en la CAR: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR.

CARC. (2013). Cartilla para la reducción del riesgo en incendios forestales. Municipios en jurisdicción CAR: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR.

Carvajal, J. H. (2011). Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Documento Ingeominas, 71 p.

Cardenas, B.2011. Programa de eficiencia energética en ladrilleras artesanales de américa latina para mitigar el cambio climático – EELA . Determinación de emisiones de gases de efecto invernadero en base a factores de emisión y monitoreos de eficiencia energética en la comunidad ladrillera el refugio, león Guanajuato. ELLA. México.





CEC. (2014). El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes. Consultado en Mayo de 2017 en sitio web: <http://www3.cec.org/islandora/es/item/2349-north-american-mosaic-overview-key-environmental-issues-es.pdf>

Charlesworth, Susanne. (2010). A Review of the Adaption and Mitigation of Global Climate Using Sustainable Drainage Cities. Journal of Water and Climate Change. 1. 165. 10.2166/wcc.2010.035.

CIIFEN. (15 de Agosto de 2020). Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño. Obtenido de Aproximación para el cálculo de riesgo.: [http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=336&lang=es#:~:text=RIESGO%20%3D%20AMENAZA%20x%20VULNERABILIDAD%20\(1,relaci%C3%B3n%20en%20la%20siguiente%20f%C3%B3rmula.](http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=336&lang=es#:~:text=RIESGO%20%3D%20AMENAZA%20x%20VULNERABILIDAD%20(1,relaci%C3%B3n%20en%20la%20siguiente%20f%C3%B3rmula.)

Consorcio PGIRS, S. (Agosto de 2015). Actualización Plan de Gestión de Residuos Soacha. Soacha, Colombia: Soacha Bienestar para todos. Consultado en Mayo de 2017 sitio

web:<http://www.cundinamarca.gov.co/wps/wcm/connect/dcb2455e-f29b-49d6-b392-c7347a6b27b0/Politica+Residuos++FINAL.pdf?MOD=AJPERES>

Contraloría Municipal de Soacha. (Julio de 2016). Informe del Estado de los Recursos Naturales y del ambiente. Municipio de Soacha Vigencia 2015.

Colombia. Consultado en Mayo de 2017 en sitio web <http://www.contraloria.gov.co/documents/20181/461292/Informe+sobre+el+Estado+de+los+Recursos+Naturales+y+del+Ambiente+2015+-+2016/b89427cb-857e-407c-9ef3-1aac6aaf3708?version=1.1>

Corporación Osso, (2008). Pérdidas por desastres en la subregión andina. En Comunidad Andina. Consultado el mayo de 2017 en: http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/r2/osso/subregion_andina.pdf

Cruden, D. M., y Varnes, D. J. (1996). Landslide types and processes. Landslides: investigation and mitigation. Edited by, A. K. Turner and R. L. Schuster. Transportation Research Board, Special Report 247, pp. 36-75.

Cuadrat, J. M., y M. Pita. (2009). Climatología. Madrid: Ediciones Cátedra.

DANE. 2014. Encuesta Ambiental Industrial - EAI - 2009 - 2010 - 2011. Departamento Nacional de Estadística.

DANE, 2014. Censo Nacional Agropecuario 2014. Anexos Municipales. DANE. Consultado en el sitio web: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>

DANE. (2018). Departamento Administrativo Nacional de Estadística: Información Para Todos. Obtenido de Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018:





<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>

Dávila, C. (2015). Desagregación espacio-temporal del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes fijas y móviles en Cundinamarca. Trabajo Final presentado como requisito parcial para optar al título de: Magister en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

Desinventar – UNDGRD. Consultado en Julio de 2017 en: <http://www.desinventar.org/es/database>

Díaz, J. M. (2008). El Abc de los índices usados en la identificación y definición cuantitativa de El Niño - Oscilación del Sur (ENSO). 24(35), 85-140p. Tera.

Dinesh D, (Ed). 2016. Adaptation Measures in Agricultural Systems: Messages to SBSTA 44 agriculture workshops. CCAFS Working Paper no. 145. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).

DNP, MADS, IDEAM, UNGRD. (2012). Plan Nacional de Adaptación al Cambio climático (PNACC). Bogotá: DNP.

DMA Aragon. (2006). Manual de incendios forestales para cuadrillas - Segunda Edición. Comunidad Autónoma de Aragon, España: Departamento de Medio Ambiente.

EAAB. (2003). Los humedales de Bogotá y la Sabana. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Conservación Internacional Colombia, Banco Mundial. Bogotá -Colombia. Vol II.

ECOFORST. (2013). Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica del Río Bogotá - Subcuenca del Río Soacha (2120-07). Soacha, Cundinamarca: ECOFORST LTDA.

Esper, M., & Perucca, L. (2014). Caracterización morfométrica de la Cuenca del río Seco a propósito de las fuertes precipitaciones de enero de 2013, Departamento Sarmiento, San Juan, Argentina. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 235-245.

ESRI. (2016). A quick tour of lidar in ArcGIS. Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/a-quick-tour-of-lidar-in-arcgis.htm>

ESRI. (2016). What is a TIN surface? Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/tin/fundamentals-of-tin-surfaces.htm>

ESRI. (2016). What is raster data? Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>





García Yagüe, A. (1966). Contribución para la Clasificación de los Movimientos del Terreno. Revista de obras públicas, 1, 995-1003.

GIA Consultores LTD. (2012). Identificación y caracterización de vulnerabilidad y análisis del riesgo en seis (6) barrios de la comuna 4 de soacha – generalidades.

GFDRR & Banco Mundial (2012). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia, Banco Internacional de Reconstrucción y fomento/banco mundial –Bogotá, Colombia. 436 p

Gobernación de Cundinamarca. (2011-2013). Estadísticas de Cundinamarca 2011-2013. Economía Departamental. Cundinamarca.

Gobernación de Cundinamarca. (2016). Plan de Desarrollo Departamental "Unidos Podemos Más 2016 - 2020": Apartes Especiales 1.0. Soacha. Bogotá: Gobernación de Cundinamarca.

Gobernación de Cundinamarca. (2017). Centro de documentos. Obtenido de http://www.cundinamarca.gov.co/wps/portal/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretariadeagricultura/Secagriculturadespliegue/asdocumentacion_contenidos/csecreagri_centrodoc_documentos

González , A. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. Boletín de la A.G.E, 311-329.

González-Murillo, C. A. (1998). Hacia un enfoque integral en la conservación de suelos. In CECIL (Ed.), Actualización en conservación de suelos de ladera. (pp. 1–36). CECIL-INAT.

González de Vallejo. (2012). Ingeniería Geológica. Editorial Pearson – Education S.A. Nuñez de Balboa; Madrid: 2002

Gonzálvez, J. (2013). Alternativas para la generación de cartografía temática en entorno WEB relativa a vigilancia epidemiológica. Obtenido de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/19158/6/jgonzalezfernaTFC0113memoria.pdf>

Guerra, A. J. T., Fullen, M. A., Jorge, M. do C. O., Bezerra, J. F. R., & Shokr, M. S. (2017). Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. Pedosphere, 27(1), 27–41. [http://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60294-7](http://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60294-7)

Guerra, D. (2014). Inventario de gases de efecto invernadero generados por actividades agrícolas en el Valle de Aburrá. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ciencias Agrarias - Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Medellín.

Hutchinson, J. (1972) General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. Fifth International Symposium on





Landslides, 3–35. Nemčok, A., Pašek, J., & Rybář, J. Classification of landslides and other mass movements. Rock Mechanics and Rock Engineering, 4(2), 71–78. Melo, R.E.,

IDEAM. (2001). Colombia Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM. Consultado el 05 de febrero de 2017 en: <http://www.ideam.gov.co/documents/40860/219937/primeracomunicacionnacional/b99663bb-9023-47d1-b54a-41f74cca0b1e>

IDEAM. (2005). Atlas Climatológico de Colombia (Vol. 2). Bogotá D.C., Colombia.

IDEAM (2010). Segunda comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Consultado el 05 de febrero de 2017 en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021658/2Comunicacion/IDEAM TOMOII Preliminares.pdf>

IDEAM. (2012). Informe de calidad del aire en Colombia 2007-2012. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Consultado el 05 de febrero de 2017 en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021658/2Comunicacion/IDEAM TOMOII Preliminares.pdf>

IDEAM. (2013). Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para la Evaluación Regional del Agua. Bogotá: IDEAM.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2013a). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. Bogotá: IDEAM.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2013e). Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Bogotá:

IDEAM. (2015). Síntesis del Estudio Nacional de la Degradación de Suelos por Erosión en Colombia.

IDEAM. (2016). Cambio Climático. Instituto de Estudios Ambientales. Consultado en Abril de 2017 en sitio web: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>.

IDEAM. (2017). CAMBIO CLIMÁTICO - Gases de Efecto Invernadero. Consultado en Abril de 2017 en el sitio web: <http://www.cambioclimatico.gov.co/gases-de-efecto-invernadero>

IDEAM, PNUD. (2016). Conocer el primer paso para adaptarse. Guía básica de conceptos sobre el Cambio Climático. Punto aparte. Consultado en Mayo de 2017 en sitio web: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023631/ABC.pdf>





IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, CAR, Corpoguavio, Instituto Alexander Humboldt, Parques Nacionales Naturales de Colombia, MADS, DNP. (2012). Inventario de Gases de efecto invernadero de la Región Capital. Bogotá, Colombia.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011- 2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia. Bogotá, Colombia.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia. Bogotá, Colombia.

IDEAM & CAR, I. d. (2014). Memoria Técnica: Mapa zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal para la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. Cundinamarca: IDEAM.

IDEAM & MINAMBIENTE. (02 de 09 de 2020). Portal Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Obtenido de Tiempo y Clima - Química de la Atmósfera: Radiación Solar: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>

IDEAM & Otros. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra: Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Orden Nacional: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales & Otros.

IDEAM, I. d. (2015). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal . Orden Nacional: IDEAM.

IGAC, C. &. (2008). Convenio Interadministrativo 2975 de 2008. Departamento de Cundinamarca: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - Gobernación de Cundinamarca.

Ingeominas. (sf). Movimientos en masa en la Región Andina. Bogotá.

Ingeominas. (1996). Estudio Geotécnico Cazucá Sector La Capilla. Bogotá.

Ingeominas. (1999). Mapa geológico de la Sabana de Bogotá. Bogotá.

Ingeominas (2000). Informe Técnico sobre la Visita de Emergencia al Barrio Villa Esperanza del Municipio de Soacha – Cundinamarca. Bogotá.

Ingeominas. (2002). Informe técnico sobre la visita de asistencia técnica al barrio La Capilla del Municipio de Soacha – Cundinamarca. Bogotá.

Ingeominas. (2005). Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá. Esc. 1:100.000.

INGEOMINAS. (2006). Zonificación de Amenaza por movimientos en masa de tres sectores del municipio de Soacha. Cundinamarca: Convenio Interadministrativo 050/2005.





Ingetec. (2014). CURVAS IDF. Bogotá: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá Esp.

IPCC. (2006). Emisiones de CH₄ provenientes de tierras inundadas: Base para su futuro desarrollo metodológico. En: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol 4. IPCC.

IPCC. (2006). Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. Consultado en Mayo 2017 en el sitio web: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf

IPCC. (2007). ¿Cómo varía la precipitación en la actualidad?. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Consultado en Mayo 2017 en el sitio web: <https://goo.gl/T24RHR>.

IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

IPCC. (2007). ¿Cómo contribuyen las actividades humanas a los cambios climáticos? y ¿Cómo se comparan con las influencias humanas? Fourth Assessment Report: Climate Change. IPCC. Consultado en Marzo de 2017 en sitio web: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html

IPCC. (2016). Intergovernmental Panel On Climate Change. Gases de Efecto Invernadero. IPCC.

IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

JICA y Dirección de Atención y Prevención de Emergencias de Bogotá, DPAE. (2001). Estudio sobre prevención de desastres en el área metropolitana de Bogotá en la República de Colombia. Bogotá.

Jordán Francés, V. (2015). Aplicación de datos LiDAR del sistema aéreo en la actualización catastral urbana. Valencia, España: Universitat Politècnica de València. Escuela Politécnica Superior de Gandia - Escola Politècnica Superior de Gandia .

Larsen, L., Rajkovich, N., Leighton, C., McCoy, K., Calhoun, K., Mallen, E., Bush, K., Enriquez, J., Pyke, C., McMahon, S., and Kwok, A. Green Building and Climate Resilience: Understanding Impacts and Preparing for Changing Conditions. University of Michigan; U.S. Green Building Council, 2011.

Leiva, O. Y., Moya B, H. G., Trejos, G. A., & Carvajal, J. H. (2012). Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos





aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Documento Servicio Geológico Colombiano – SGC. Bogotá D.C. 103 p.

Magdaleno Mas, F., & Martínez Romero, R. (2006). Aplicaciones de la teledetección láser (LIDAR) en la caracterización y gestión del medio fluvial. Ingeniería Civil. No. 142, pp. 1-15. ISSN 0213-8468.

Marín, A. (2013). Estimación del inventario de emisiones de metano entérico de ganado lechero en el departamento de Antioquia Colombia. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ciencias Agrarias. Medellín.

Martínez, G., & Días, J. (2011). Morfometría en la cuenca hidrológica de San José del Cabo, Baja California Sur, México. Revista Geológica de América Central. No. 44. pp. 83-100.

Marquez, G. (2003). Bienes y servicios ecológicos de los Humedales. En: Los humedales de Bogotá y la Sabana. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Conservación Internacional Colombia, Banco Mundial. Bogotá –Colombia. Vol II pp , 11-27.

McPhaden, M. J., Santoso, A., & Cai, W. (2020). El Niño Southern Oscillation in a Changing climate. American Geophysical Union.

Méndez, W. y Marcucci, E. (2006). Análisis morfométrico de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela. Revista Geográfica Venezolana. Vol 47. No. 1. pp. 29-55.

Min. Ambiente. (2010). Resolución 610 del 2010. Norma de Calidad del aire. Colombia. Consultado en Marzo de 2017 en sitio web: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/bf-Resoluci%C3%B3n%20610%20de%202010%20-%20Calidad%20del%20Aire.pdf>

Min. Ambiente Chile. (2017). Daños causados por el dióxido de azufre al medio ambiente y la salud humana. Consultado en Mayo de 2017 en sitio web: <http://www.mma.gob.cl/retc/1279/article-43789.html>

Min. Ambiente. (2008). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de calidad del aire. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. Colombia. Consultado en Mayo de 2017 en sitio web: <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d-4f3d-b210-011a45f3ee88> consultado en Mayo de 2017.

MinAmbiente. (2014). Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Ministerio Ambiente y desarrollo Sostenible. Consultado en febrero de 2017 en: http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Gu%C3%ADa_POMCAS/1._Gu%C3%ADa_T%C3%A9cnica_pomcas.pdf





Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación de manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Bogotá.

MinAmbiente – ANLA. (2013). Metodología para la estimación y evaluación del caudal ambiental en proyectos que requieren licencia ambiental. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Consultado en febrero de 2017 en: http://www.anla.gov.co/documentos/institucional/Metodologia_Caudal_Ambiental.pdf

Montealegre, J. E. (2014). Actualización del componente Meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo del Atlas Climatológico. Bogotá D.C.: Publicaciones IDEAM.

Montoya, Y. (2005). Caracterización morfométrica básica de tres lago someros en el municipio de el Carmen de Viboral (Antioquia), Colombia. Actual Biol. Vol. 30. No. 2. 413-420.

Moscovich, I. &. (2010). Manual de combate de incendios forestales y manejo de fuego. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

NTC 5662. (2010). Información Geográfica. Especificaciones Técnicas de Productos Geográficos

NTC 5798. (2011). Información Geográfica. Referencia Espacial por Coordenadas

NTC 4611. (2011). Información Geográfica. Metadato Geográfico.

Oficina de planeación de Soacha. (2012). Actualización Estudio de riesgo, estabilización y recuperación del sector de la Represa de Terreros Soacha.

OMM. (1994). Guía de prácticas hidrológicas, adquisición y proceso de datos, análisis, producción y otras aplicaciones. Organización Meteorológica Mundial. Quinta edición. Ginebra.

OMM, 2008. Guía de prácticas hidrológicas (OMM No. 168). Organización Meteorológica Mundial.

OMM. (2011a). Guía de prácticas climatológicas OMM-No100 (2011th ed.). Ginebra: Organización Meteorológica Mundial, (OMM). Consultado en febrero de 2017 en: www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/wmo_100_es.pdf.

OMM. (2011b). Guía de prácticas hidrológicas OMM-No168. Volumen I (Sexta). Ginebra: Organización Meteorológica Mundial, (OMM)OMM-UNESCO, 2012. OMM No. 385.

OMM. (2012). Glosario Hidrológico Internacional. Ginebra: Organización Meteorológica Internacional - Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Consultado en febrero de 2017 en: http://www.wmo.int/pages/prog/hwrr/publications/international_glossary/385_IGH_2012.pdf





OSSO – PREDECAN.(2008). Informe de análisis de base de datos de pérdidas por desastres. Bolivia. Informe para PREDECAN, consultoría 025 de 2006 "Creación y/o actualización de inventarios históricos de desastres a nivel nacional en los cinco países de la Subregión Andina para el periodo de 1970 – 2006".

Páramo G.E. (2007). Análisis, diagnóstico y elaboración del mapa de susceptibilidad a los incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Bogotá: Reporte final del contrato de consultoría N°. 2062372 (Convenio MAVDT-FONADE).

Pacheco Gil, H. A. (2012). El Índice de erosión potencial en la vertiente norte del Waraira Repano , estado Vargas , Venezuela. Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía, 21(2), 85-97.

Pabón, J. (2011). El Cambio Climático en el territorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 128 p. Bogotá D.C.

Perea, J. (1980). Erosión por Salpique en la Serie de Suelos Morelia del Centro Regional de Investigación Macagual. ICA.

Periodismo Público Soacha. (12 de Septiembre de 2014). "Se reactivaron operaciones para controlar incendio entre Soacha y Sibaté". Obtenido de <https://periodismopublico.com/se-reactivaron-operaciones-para-controlar-incendio-entre-soacha-y-sibate>

Periodismo Público. (14 de Enero de 2017). Restauración del Humedal Neuta en Soacha es una realidad. Periodismo Público.

Porras, G. E., Delgado, J. D., Murcia, F. R., y A. Roa. (2014). Escenarios de cambio climático para precipitación. Colombia.

Pulido, A. (2012). Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para la Región de Cundinamarca - Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Bogotá, Colombia.

Reining, L. (1992). Erosion in Andean hillside farming. Hohenheim University.

Restrepo, H. E., Amezquita, E., y Navas, J. (1991). Dinámica del proceso de erosión en algunos suelos del Piedemonte Llanero. Suelos Ecuatoriales., 21(1), 81-85.

Restrepo, H., & Navas, J. (1984). Resultados preliminares sobre erosión en la Orinoquía Colombiana. Revista SIALI (Sociedad de Ingenieros Agrónomos Del Llano), 1, 16-18.

Restrepo, H., Perea, J., & Torrente, A. (1991). Estudios de Erodabilidad y Erosividad en la Cuenca alta del Río Magdalena. Suelos Ecuatoriales., 21(1), 50-61.

Rivas, M., Ovalles de Cabezas, Y., Soto, A. C., Ripanti, F., & Gonzalez, J. L. Determinación deniveles de potencialidad torrencial de la cuenca del río Mocotíes, Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Merida (Venezuela).





Roa Lobo, J., y Kamp, U. (2006). Modelo de Elevación Digital (MED) a partir de sistemas satelitales. Una introducción y análisis comparativo en la cordillera de Mérida, Venezuela. Revista Geográfica Venezolana, 10-42 p.

Ruppenthal, M. (1995). Soil conservation in Andean cropping systems. Hohenheim University.

Salas, J. & Obeysekera, J., 2014. Revisiting the concepts of return period and risk for nonstationary hydrologic extreme events. Journal of Hydrologic Engineering, Issue 19, pp. 554-568.

Salas, J., Delleur, J., Yevjevich, V., & Lane, W. (1980). Applied modeling of hydrologic times series. Colorado. Littleton: Water Resources Publications.

San José Albacete, A. (2011). Procesamiento de datos LiDAR con Arcgis Desktop 10.0. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.

Secretaría de Planeación del Municipio de Soacha. (2015). Revisión y ajuste del plan de ordenamiento territorial.

Servicio Geológico Colombiano. (2004). Zonificación Geomecánica básica de la Sabana de Bogotá -- Mapa geomorfológico de la Sabana de Bogotá.

Servicio Geológico Colombiano. (2011). Zonificación Geomecánica y de amenaza por movimientos en masa del Municipio de Soacha- Cundinamarca.

Servicio Geológico Colombiano. (2017). Reporte del Sistema de Información de Movimientos en Masa para el municipio de Soacha en Cundinamarca.

Servicio Geológico Colombiano. (2012). Zonificación geomecánica y de amenazas por movimiento en masa en el municipio de Soacha Cundinamarca zona urbana y de expansión urbana Escala 1:5000. Colombia: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.

Storch, H. y F. Zwiers. (1999). Statistical Analysis in Climate Research. University of Cambridge.

Temez, J. R. (1987). Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Lérida, Madrid.

Thomson, A. M., Calvin, K. V., Smith, S. J., Kyle, G. P., Volke, A., Patel, P., . . . Clarke, L. E. (s.f.). RPC4.5: A Pathway for Stabilization of Radiative Forcing by 2100. 2-3p.

Torres, A., Gutiérrez, M., y E. Contreras. (2002). Calentamiento atmosférico: la importancia de la metanogénesis y los humedales. Departamento Hidrobiología - Laboratorio Ecosistemas Costeros.

Unesco - PHI. (2010). Procesos de erosión - sedimentación en cauces y cuencas. Documento Técnico 22. (UNESCO). <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>





United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) (2013). Impacto de los Desastres en América latina y el Caribe, 1990-2011: Tendencias y estadísticas para 16 países. UNISDR y Corporación OSSO, 72 pag.

Universidad Nacional de Colombia - Centro de Investigaciones para el Desarrollo - CID - Grupo de Investigación BioGestión. (2017). Estudio de cambio climático en el municipio de Soacha - Cundinamarca. Soacha.

UNGRD. (2019). "Lo que usted debe saber sobre incendios de cobertura vegetal". Orden Nacional: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo del Desastre.

Universidad Politécnica de Valencia. (2010). Plan de defensa contra incendios forestales en el Parque Natural Serranía Alta de Cuenca. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia & Escuela Politécnica Superior de Gandia.

Vargas, R. y M. Díaz. (1998). Curvas sintéticas regionalizadas de intensidad-duración-frecuencia para Colombia.

Varnes, D. J. (1978). Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Publicación Geológica Multinacional No. 4 (Vol.1).

Vanegas Benítez, J. A. (1987). Predicción Cuantitativa de la Pérdida de Suelo por Erosión Pluvial (Cuenca del Río Checua). Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Vega, O. (2018). Application of stormwater Tree Trenches in the city of Vancouver. Vancouver: Greenest city Scholars (GCS) Program.

Wilford, D. J., Sakals, M. E., Innes, J. L., Sidle, R. C., & Bergerud, W. A. (2004). Recognition of debrisflow, debris flood and flood hazard through watershed morphometrics. Landslides, 1(1), 61-66.

Yacovlef, A. (1971). Meteorología Aeronáutica. Moscú: Editorial Transporte.

